



**THALES BARCELOS RESENDE**

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS  
FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE N, P e K**

**LAVRAS – MG  
2019**

**THALES BARCELOS RESENDE**

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS FERTIRRIGADOS  
COM DIFERENTES NÍVEIS DE N, P e K**

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

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Resende, Thales Barcelos.

Crescimento e produtividade de cafeeiros fertirrigados com diferentes níveis de N, P e K / Thales Barcelos Resende. - 2019.  
82 p. : il.

Orientador(a): Rubens José Guimarães.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.  
Bibliografia.

1. Café. 2. Recepa. 3. Nutrição. I. Guimarães, Rubens José. II.  
Título.

**THALES BARCELOS RESENDE**

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS FERTIRRIGADOS COM  
DIFERENTES NÍVEIS DE N, P e K**

**GROWTH AND PRODUCTIVITY OF COFFEE FERTIGATED WITH  
DIFFERENT DOSES OF N, P AND K**

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

APROVADA em 20 de setembro de 2019.

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA
Dr. Tiago Teruel Rezende	UNIFENAS
Dra. Danielle Pereira Baliza	IFSUDESTE MG
Dr. Élberis Pereira Botrel	UFLA

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2018**

*A Deus, autor da minha vida.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, que sempre me fortalece, aumenta minha fé, abre meus caminhos e livra-me do mal.

A Nossa Senhora Aparecida, minha intercessora, pela proteção e bênçãos.

Aos meus pais e à minha irmã, ‘meus esteios’, pelo amor incondicional. Sempre presentes nos erros e acertos, junto a vocês aprendo os princípios da vida.

À Luzia, pelo amor, paciência, companheirismo e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de adquirir e ampliar meus conhecimentos.

Aos Professores Rubens José Guimarães e Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pela orientação, carinho, presteza e confiança durante grande parte da minha trajetória acadêmica.

À Professora Dalysse Toledo Castanheira, e ao pessoal do Setor de Cafeicultura da UFLA, Alexandre, Filipe e Matheus, pelo companheirismo, apoio e valiosas contribuições.

A todos do Setor de Cafeicultura e do NECAF, a quem devo totalmente minha formação, e que possibilitaram que eu me tornasse o profissional que sou.

Aos companheiros da Republica SEM PORTEIRA, que se tornaram minha família em Lavras durante este período.

Aos colegas de experimento, Augusto e Hugo, pela disposição e empenho na condução dos trabalhos.

Aos meus companheiros de Período, em especial ao Gabriel e Ademilson, que sempre se mostraram dispostos a ajudar.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–CAPES pela concessão da bolsa de doutorado, ao CNPq, FAPEMIG, INCT-CAFÉ, e ao Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio ao projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos que contribuíram para a construção deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e a colheita de cafeeiros fertirrigados com diferentes níveis de N, P e K desde o plantio até o período após a poda. Dois experimentos foram conduzidos em Lavras - MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As lavouras foram implantadas em março de 2010 e conduzidos com diferentes níveis de adubação (fertirrigação), sendo que no experimento 1, os níveis de adubação foram variados desde a implantação da lavoura, e no experimento 2, os níveis variaram após o primeiro ano de formação. As mudas utilizadas foram da cultivar Topázio MG-1190, cada parcela constou de 3 linhas com um total de 24 plantas (28,8 m<sup>2</sup>), sendo as seis centrais consideradas como úteis. Cada experimento contou com 6 níveis de adubação (10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão recomendada para cafeicultura de sequeiro) com 4 repetições (24 parcelas). Em 2015, as plantas foram submetidas a poda do tipo recepa baixa, sem pulmão, e avaliadas quanto ao crescimento e produtividade (2018). O delineamento utilizado nos experimentos no período anterior a poda (2º capítulo deste trabalho) foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, sendo o experimento 1, um fatorial 6x4 (seis níveis de adubação e quatro colheitas) e, o experimento 2, um fatorial 6x3 (seis níveis de adubação e 3 colheitas). Quando se varia o nível de adubação desde o plantio das mudas em campo, maiores produtividades são alcançadas (quatro colheitas), em lavouras que receberam níveis de adubação entre 116% e 131% do recomendado, desde a sua implantação. Quando a lavoura cafeeira é implantada com 100% da recomendação, maiores produtividades poderão ser alcançadas se os níveis de adubação superarem 160%, porém, o incremento de produtividade é pequeno, acima de 130%. Após a recepa de lavouras adensadas e fertirrigadas, na produtividade dos cafeeiros que tiveram diferentes níveis de adubação desde o plantio em campo, obtém-se maiores valores no nível de 129,50% da adubação recomendada para lavouras de sequeiro, alcançando 92,60 sacas por hectare. Após a recepa das lavouras adensadas e fertirrigadas, a produtividade destas que seguiram a adubação recomendada para sequeiro, já no plantio das mudas, obteve resultado semelhante aos encontrados antes da recepa, com maiores produtividades obtidas com níveis de adubação acima de 160% , ultrapassando 87,07 scs ha<sup>-1</sup>. O efeito dos diferentes níveis de adubação desde o período de formação das plantas e continuando com os mesmos tratamentos após recepa, interferem no crescimento, produtividade e granação dos frutos, tanto na formação quanto na recuperação das plantas após recepa.

**Palavras-chave:** Café. Implantação. Recepa. Nutrição.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth and harvest of coffee fertigated with different levels of N, P and K since planting until after pruning. Two experiments were conducted in Lavras, state of Minas Gerais, in the Coffee Sector of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras (UFLA). Coffee trees were planted in March 2010 and different levels of fertilization (fertigation) were applied. In Experiment 1, fertilization levels were varied since crop implantation, and in Experiment 2, the levels of fertilization varied only after the first year of production. The cultivar Topázio MG-1190 was used in the experiments. Each plot consisted of three rows with a total of 24 plants (28.8 m<sup>2</sup>). The six central plants were considered useful. Each experiment had six different fertilization levels (10%, 40%, 70%, 100%, 130% and 160% of the recommended dose), with four replications (24 plots). In 2015, the plants were pruned in order to evaluate growth and productivity (2018). The design used in the experiments prior to pruning (second chapter of this study) was randomized blocks in factorial scheme with split-time plots, with four replications. In Experiment 1, a 6x4 factorial was used, being composed of six fertilization levels and four harvests. As for Experiment 2, a 6x3 factorial was used (six fertilization levels and three harvests). Since its implantation, when the level of fertilization varied since planting of the seedlings in the field, higher productivity was achieved (four harvests) in crops that received levels of fertilization between 116% and 131% of the recommended doses. When 100% of the recommendation dose was applied, higher yields could be achieved if the fertilization levels exceed 160%. Nevertheless, the productivity increase was small (up to 130%). After cutting, the productivity of coffee trees that had different fertilization levels since field planting increased at the level of 129.50% of the recommended fertilization dose for upland crops, reaching 92.60 bags per hectare. After cutting, the productivity of plants that followed the recommended fertilization in the planting of seedlings obtained similar results to those found before cutting, with higher productivity obtained with fertilization levels higher than 160%, reaching up to 87.7 bags per hectare. The effect of different levels of fertilization since the plant formation period and continuing with the same treatments after reception interfered in fruit growth, productivity and graining, both on plant formation and recovery after cutting.

**Keywords:** Coffee. Implementation. Recepa. Nutrition.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 2

Figura 1 -	Croquis representativo da área irrigada com lavoura formada com diferentes níveis de adubação, em relação a recomendação padrão, desde sua formação (experimento 1).....	32
Figura 2 -	Croquis representativo da área irrigada com lavoura onde as adubações foram de 100% da recomendação padrão até o primeiro ano após o ano de implantação (experimento 2). .....	32
Figura 3 -	Produtividades dos anos 2012, 2013, 2014, e 2015 em função dos níveis de adubação com N, P e K. UFLA, 2019. ....	36
Figura 4 -	Produtividade acumulada dos 4 anos em função das doses de N, P e K aplicadas. UFLA, 2019. ....	39
Figura 5 -	Produtividade em função das doses de N, P e K aplicadas. UFLA, 2019. ....	42
Tabela 1 -	Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde foram montados os experimentos.....	31
Tabela 2 -	Resumo da análise de variância para Produtividade e Rendimento do café colhido em função das doses de N, P e K aplicadas e levando-se em consideração os anos de produção (safras). UFLA, 2019.....	35
Tabela 3 -	Médias de produtividade (sacs.ha-1) das plantas de cafeeiro fertirrigadas nas doses de 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% de N, P e K, em função do ano agrícola avaliado. UFLA, 2019.....	38
Tabela 4 -	Resumo da análise de variância para produtividade acumulada nos anos em função das doses de N, P e K aplicadas. UFLA, 2019.....	38
Tabela 5 -	Rendimento de café colhido na lavoura para um saco de 60kg em função dos anos de colheita. UFLA, 2019. ....	41
Tabela 6 -	Resumo da análise de variância para produtividades e rendimentos em função dos anos de colheita (safras) e níveis de adubação com N, P e K. UFLA, 2019. ....	41
Tabela 7 -	Médias de produtividade (scs.ha -1 ) para os anos de 2013, 2014 e 2015. UFLA, 2019. ....	44

Quadro 1 -	Quadro de tratamentos, produtividade média, produtividade relativa, valor da produção (R\$), quantidade de adubo aplicado e valor gasto com fertilizantes nas lavouras. UFLA, 2019. ....	40
Quadro 2 -	Quadro de tratamentos, produtividade média, produtividade relativa, valor da produção (R\$), quantidade de adubo aplicado e valor gasto com fertilizantes nas lavouras. UFLA, 2019. ....	43

### CAPÍTULO 3

Figura 1 -	Croquis representativo da área irrigada com o experimento lavoura que foi formada com diferentes níveis de adubação, em relação a recomendação padrão, desde sua formação (experimento 1). ....	60
Figura 2 -	Croquis representativo da área irrigada com o experimento onde as adubações foram de 100% da recomendação até o primeiro ano após o ano de implantação, com variação dos níveis de adubação a partir daí (experimento 2). ....	60
Figura 3 -	Crescimento do cafeeiro sob diferentes níveis de adubação em setembro/2017 no experimento 1, UFLA, 2019. ....	64
Figura 4 -	Crescimento do cafeeiro sob diferentes níveis de adubação em janeiro/2018 no experimento 1. UFLA, 2019. ....	66
Figura 5 -	Crescimento do cafeeiro sob diferentes níveis de adubação em maio/2018 no experimento 1. UFLA, 2019. ....	68
Figura 6 -	Produtividade do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação em 2018 no experimento 1. UFLA, 2019. ....	69
Figura 7 -	Altura do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação em maio de 2018 no experimento 2. UFLA, 2019. ....	70
Figura 8-	Produtividade do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação no experimento 2. UFLA, 2019. ....	70
Figura 9 -	Índice de clorofila B e índice de clorofila total do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação em 2018 no experimento 2. UFLA, 2019. ....	71
Tabela 1 -	Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde foram instalados os experimentos. ....	59

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Os nutrientes .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Nutrição de cafeeiros irrigados.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Manejo do cafeeiro com podas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Avaliação do estado nutricional das plantas .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Nitrogênio .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Fósforo .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Potássio .....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
	<b>CAPÍTULO 2 PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE N, P e K .....</b>	<b>28</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da área experimental .....</b>	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>Avaliações em pós-colheita.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Experimento 1: Adubações impostas já no ano após o plantio .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Experimento 2: Adubações diferenciadas após o primeiro ano de formação, sendo o primeiro ano com 100% da dose recomendada para cafeeiros de sequeiro.....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>
	<b>CAPÍTULO 3 CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES DOSES DE N, P e K, APÓS A RECEPA .....</b>	<b>55</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>58</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da área experimental .....</b>	<b>58</b>
<b>2.2</b>	<b>Avaliações de crescimento.....</b>	<b>61</b>

<b>2.3</b>	<b>Avaliação fisiológica .....</b>	<b>61</b>
<b>2.4</b>	<b>Avaliações em pós-colheita.....</b>	<b>62</b>
<b>2.5</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>62</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
<b>3.1</b>	<b>Experimento 1: Aplicação dos tratamentos (diferentes níveis de adubação) já no primeiro ano pós plantio, desde a implantação da lavoura .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b>Experimento 2: Adubação recomendada na implantação e no primeiro ano pós plantio e com aplicação dos tratamentos somente após o segundo ano pós plantio . .....</b>	<b>69</b>
<b>3</b>	<b>DISCUSSÕES .....</b>	<b>72</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>80</b>

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira é uma das principais atividades econômicas no país, sendo opção de renda para milhares de agricultores e, em muitos casos, a única atividade desenvolvida. No ano de 2018 foram produzidos 61,66 milhões de sacas de café beneficiadas, sendo projetadas para 2019, o volume de 50,92 milhões de sacas de café beneficiadas (CONAB, 2019), o que evidencia a força da cafeicultura no país, que é o maior produtor mundial da *commoditie*.

Ressalta-se a grande importância do café no mundo, se destacando como um dos produtos primários comercializados de maior valor, cultivado principalmente no Brasil, maior país produtor e exportador, gerando progresso para a economia e sociedade (OIC, 2017). No entanto, aspectos relacionados à planta e ao solo podem ainda ser explorados para otimizar a produtividade do cafeeiro em condições adversas (ASSAD; PINTO, 2008), como é o caso da irrigação.

Quando se trata da cultura do café, no Brasil existem vários tipos de cultivos, sendo que, dentre eles, se destaca a cafeicultura irrigada por possuir um grande potencial produtivo. No Brasil existem mais de 230 mil hectares de lavouras de café irrigadas, o que representa 10% da área total cultivada com a cultura, sendo que essa área contribui com 30% da produção anual de café (CONAB, 2019).

As lavouras de café fertirrigadas têm melhor desenvolvimento que as cultivadas em regime de sequeiro, justificando a fertirrigação no Sul de Minas Gerais (ASSIS, 2010; SOBREIRA et al., 2011). Assim, maiores crescimentos e maiores produtividades obtidas no sistema irrigado, demandam maiores adubações (PINTO et al., 2013).

O crescimento acelerado das lavouras irrigadas, muitas vezes leva à necessidade de se trabalhar com podas para melhorar o manejo nas áreas irrigadas, garantindo a arquitetura ideal das plantas, evitando o autossombreamento excessivo na entre linha, o que pode levar à perda de ramos plagiotrópicos na parte inferior do dossel (THOMAZIELLO et al., 2000), e consequente queda na produtividade.

Sendo na formação das lavouras ou em lavouras recuperadas por meio de podas, quando se trata do sistema irrigado/fertirrigado, a calibração das adubações é necessária, pois na literatura disponível, são raras as recomendações para este tipo de cultivo.

Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e as safras dos cafeeiros cultivados no sistema fertirrigado, com diferentes níveis de adubação com N, P e K antes e após a poda.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Os nutrientes**

Todos os elementos essenciais estão presentes na planta, mas nem todos os elementos encontrados na planta são essenciais. Os nutrientes presentes na planta podem enquadrar-se nas seguintes categorias: a) essenciais, ou seja, sem eles a planta não vive, em função da quantidade em que estão presentes, classificam-se como macronutrientes ou micronutrientes; b) benéficos, ou seja, sem eles a planta vive, mas, em dadas condições a sua presença pode ajudar o crescimento e aumentar a produtividade e; c) tóxicos, ou seja, elementos essenciais ou benéficos podem tornar-se tóxicos quando presentes em concentrações muito altas no meio. Por definição são aqueles que diminuem o crescimento e a produtividade, podendo ser naturais ou antropogênicos (MALAVOLTA, 2006).

Os nutrientes essenciais exercem funções específicas na vida da planta, embora numa ou noutra, possa haver certo grau de substituição. Classificam-se as funções da seguinte maneira: a) estrutural, em que o elemento faz parte da molécula de um ou mais compostos orgânicos; b) constituinte de enzima e; c) ativador enzimático. As plantas podem conter altas concentrações de elementos químicos não essenciais que podem ter efeitos tóxicos, como por exemplo: alumínio, níquel, selênio, flúor, dentre outros. É necessário lembrar, que um nutriente pode também ter efeito tóxico, caso esteja presente na planta em concentração superior à necessária, sendo mais frequente para os micronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997).

### **2.2 Nutrição de cafeeiros irrigados**

Devido à carência de estudos em nutrição de cafeeiros irrigados, especialmente em lavouras em formação, as recomendações têm sido baseadas na recomendação para lavouras de sequeiro, com poucas adaptações. Tal fato pode comprometer o desenvolvimento das plantas quando conduzidas com irrigação, induzindo a uma carência ou excesso de nutrientes, pois o cafeeiro irrigado apresenta padrão de crescimento e produtividade diferenciados, conforme resultados obtidos em várias pesquisas (CARVALHO et al., 2006; SILVA et al., 2008; ARANTES et al., 2009; SOBREIRA et al., 2011).

Utilizava-se a irrigação apenas em áreas com limitações hídricas acentuadas e se discutia a viabilidade ou não da fertirrigação em regiões aparentemente sem essas limitações para o cultivo do café, como é o caso do Sul de Minas Gerais, porém, consideráveis perdas de produtividade e má qualidade dos grãos são observadas mesmo nessas regiões, com a ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura (SILVA et al., 2008). Ou seja, devido às especificidades da cafeicultura irrigada, há necessidade de pesquisas quanto à nutrição e adubação nesse tipo de cultivo. Também, Sobreira (2010) e Assis (2010) concluíram que o cafeeiro fertirrigado apresenta melhor desenvolvimento que o cultivado em sequeiro, justificando a fertirrigação no sul de Minas Gerais.

No Brasil, existem cerca de 250 mil hectares de lavouras de café irrigado, o que representa 10% da área total cultivada com a cultura, e esta área responde por 23% da produção anual de café (SANTINATO; FERNANDES, 2012). Na região Sul de Minas Gerais, devido à ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura quanto à demanda hídrica, a área de café irrigado tem crescido de forma expressiva nos últimos anos. A irrigação vem apresentando bons resultados (FERNANDES; DRUMOND, 2002), sendo o gotejamento, na maioria das vezes, aliado à prática da fertirrigação.

Também a fertirrigação do cafeeiro, quando comparada ao sistema convencional, pode reduzir os custos com mão de obra durante as adubações, diminuir a compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas, e, principalmente, promover maior eficiência na utilização dos nutrientes devido à possibilidade de parcelamento e de uniformização da distribuição dos mesmos (GOMES et al., 2007).

Porém, cuidados devem ser tomados com a fertirrigação para se evitar perdas de nutrientes no solo, pois, a adição de fertilizantes, mesmo que em quantidades adequadas, pode afetar a disponibilidade e a lixiviação de outros nutrientes, alterando a composição da solução do solo e promovendo modificações nos equilíbrios químicos entre a fase sólida e líquida (ERNANI et al., 2007). Neves et al. (2009), estudaram a influência de doses de nutrientes na lixiviação do solo e observaram aumento nas concentrações de  $K^+$  na solução lixiviada com a elevação da dose de  $K_2O$  aplicada.

Com a escassez de pesquisas para adubação de cafés irrigados, as recomendações ainda são conflitantes, principalmente quando se considera a fertirrigação (PINTO et al., 2013). A fertirrigação consiste na aplicação dos fertilizantes juntamente com a água de irrigação e, quando comparada ao sistema convencional de adubação, possibilita ao cafeeiro aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, diminuição da compactação do

solo pelo menor tráfego de máquinas, redução nos gastos com mão de obra e, principalmente, maior eficiência na utilização dos nutrientes, dado à possibilidade de parcelamento e de uniformização da distribuição dos mesmos (VIVANCOS, 1993).

Sobreira (2010), trabalhando com lavouras fertirrigadas, recomendou que a adubação de N e  $K_2O$  do cafeeiro fertirrigado em formação (1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> anos após o ano de implantação da lavoura) deve ser 30% inferior à recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro. Já Pinto et al. (2013) constataram que para adubação no primeiro ano em lavouras fertirrigadas, o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 118,33% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro, porém, em seus trabalhos, os autores levaram em consideração a primeira produção da lavoura, identificando ‘fome oculta’ nos primeiros anos de formação. Villela (2015) recomendou uma dose ainda superior, de 122,61 % de N, P e K também em relação ao recomendado por Guimarães et al. (1999), trabalhando com lavouras fertirrigadas no segundo ano pós-plantio, concordando em parte com os resultados de Pinto et al. (2013).

Encontra-se na literatura disponível, trabalhos que não encontraram diferenças significativas entre a fertirrigação e a adubação manual convencional junto com irrigação, indicando que um maior fracionamento das doses poderia ser desnecessário quando se trata de cultivo irrigado (FURTINI NETO et al., 2001). Porém, resultados positivos de maiores parcelamentos no cultivo irrigado do cafeeiro são encontrados na literatura, como o trabalho de Silva et al. (2002) em que parcelamentos acima até 12 vezes produziram melhores resultados. Também o excesso de parcelamentos pode não ser recomendado considerando seu potencial de perda por lixiviação (COELHO, 1994). Assim, é provável que o parcelamento ideal esteja próximo de 12 vezes durante o ano, conforme resultados encontrados por Sobreira (2010), que trabalhando com parcelamentos de 4 e 12 vezes, encontrou melhores resultados na segunda opção.

Para o cafeeiro cultivado em sequeiro, a dose de N e  $K_2O$  na adubação da lavoura em fase de formação (primeiro e segundo anos após o ano de plantio) pode ser dividida em três ou quatro parcelamentos (GUIMARÃES et al., 1999). Já para lavouras recepadas, o parcelamento não interferiu na recuperação da lavoura (ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009).

Com a fertirrigação é possível atender as necessidades das plantas nas suas diferentes etapas de desenvolvimento, com base, principalmente, na demanda de nutrientes determinada pela marcha de absorção da cultura. Existem poucas pesquisas quanto às curvas de

crescimento e absorção de nutrientes em lavouras de café irrigadas, para se estabelecer novos padrões de fertilização, sendo que as recomendações de fertilizantes adotadas são, na maioria das vezes, as mesmas usadas na aplicação de fertilizantes sólidos (método convencional). Assim, são necessários estudos para se estabelecer critérios próprios a serem usados na fertirrigação, especificamente no sistema de irrigação por gotejamento.

### **2.3 Manejo do cafeeiro com podas**

As podas nos cafeeiros não são essenciais para a produção, como é o caso das videiras e algumas frutíferas, porém, é mais uma prática no manejo dos cafezais, que deve ser aplicada de acordo com a necessidade (MATIELLO et al., 2010). Já na visão de Thomaziello et al. (2000) a poda é uma prática indispensável e que deve ser empregada evitando-se o fechamento da lavoura, com o objetivo de renovar os cafezais por meio da eliminação dos tecidos vegetativos improdutivos e o desenvolvimento de novos ramos, propiciando aumento da luminosidade e produtividade.

O manejo antes e após a poda, são fatores preponderantes para o sucesso da mesma (CUNHA et al., 1999), por isso, é especialmente importante levar em consideração o estado nutricional da planta, a época e a altura da recepa, dentre outros. O baixo estado nutricional da planta pode provocar a emissão de pouca brotação, ou mesmo não brotar, o que diminuiria o estande da lavoura.

Quanto a época de se fazer as podas, Pereira et al. (2008) recomendam que seja após a colheita, ou seja, nos meses de julho/agosto, quando a planta estaria pronta para vegetar, logo no início do período chuvoso. Os mesmos autores lembram que no caso de recepa tardia a planta perderia um ano produtivo.

O sistema de condução do cafeeiro determina a necessidade e forma de realização ou não das práticas de poda, as quais direcionam, corrigem e mantêm a estrutura vegetativa adequada do cafeeiro (SANTOS, 2009). Assim, a poda consiste em eliminar partes das plantas que perderam ou diminuíram a capacidade produtiva, onde sua recuperação seja praticamente nula quando de forma natural (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008).

Por meio da poda, a dominância apical é suprimida como consequência da alteração do equilíbrio hormonal, havendo assim, um estímulo na emissão e no desenvolvimento dos brotos a partir de gemas latentes. A regulação da indução e a diferenciação das gemas em cafeeiro são promovidas por fatores bioquímicos e fisiológicos, relacionados com o

fotoperíodo, a intensidade de luz, água, temperatura e relação C/N (CAMAYAO-VÉLEZ et al., 2003).

As reservas contidas nos caules como fonte de energia para a rebrota foram verificadas por Livramento et al. (2002), que observaram que plantas de cafeeiros com maiores teores de amido nos ramos e nos caules, após a colheita, proporcionam brotações mais vigorosas, mantendo maior crescimento até 12 meses depois. Maior vigor foi associado ao maior teor de amido alocado do caule, sugerindo que o aproveitamento do amido das raízes para as brotações pode ocorrer, caso o amido do caule não seja suficiente. Sendo assim, o aproveitamento de amido de caules e raízes deve influenciar o número e o vigor das brotações.

Livramento et al. (2003), também afirmaram que o crescimento e o desenvolvimento das plantas envolvem uma complexa relação entre parte aérea e sistema radicular, na qual fotoassimilados produzidos na parte aérea são translocados para toda a planta, a fim de suprir a demanda de formação de tecidos jovens.

Reduções no espaçamento de plantio entre as linhas e entre as plantas nas linhas refletem em maior altura do ramo ortotrópico, causam morte mais intensa dos ramos plagiotrópicos no terço inferior dos cafeeiros e diminuem a área útil produtiva de cada planta, representada pelo diâmetro e o comprimento da copa (MATIELLO et al., 2002). Com este nível significativo de ‘fechamento’, tanto entre, quanto dentro das linhas de plantio, é constatada a necessidade da poda, uma vez que a produtividade tende a diminuir com o avanço da idade das plantas, desencadeada pelo aumento da competição entre elas (CARVALHO et al., 2006).

As podas em cafeeiros podem ser agrupadas em dois tipos principais, as leves e as drásticas. As podas leves são representadas pelo decote e o desponte; já as drásticas incluem recepas e esqueletamentos (MATIELLO; GARCIA; ALMEIDA, 2007).

O decote é realizado entre 1,5 a 2,0 metros de altura, eliminando a parte superior do ramo ortotrópico da planta, estimulando o crescimento de ramos plagiotrópicos, de forma a manter a lavoura em um porte adequado (MATIELLO, 1991; MENDES et al., 1995).

A recepa, conhecida como poda de renovação, consiste em podar o ramo ortotrópico a 30 – 40 cm do solo, sendo utilizada em lavouras que sofreram danos severos na parte aérea ou perderam seu potencial produtivo devido à perda de ramos plagiotrópicos da base (GONÇALVES, 1970; MIGUEL et al., 1986). Em situações onde há possibilidade de deixar

ramos plagiotrópicos no terço inferior, realiza-se a recepa alta sendo a planta podada entre 0,5 a 1,0 metro do solo (MIGUEL; MATIELLO; ALMEIDA, 1986; MATIELLO et al., 1987).

O desponte e esqueletamento consistem no corte dos ramos plagiotrópicos, onde se pretende obter grande ramificação secundária, sendo associados a um decote. No desponte, os ramos laterais são cortados apenas nas extremidades a uma distância de 40 a 60 cm da haste ortotrópica (MATIELLO, 1991). No esqueletamento, os ramos são podados a cerca de 20 a 40 cm do ramo ortotrópico, reduzindo grande porção da parte aérea e, conseqüentemente, do sistema radicular, que será recuperado à medida que a brotação da parte aérea se intensificar produzindo fotoassimilados (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2006).

De acordo com Matiello (2002), esse tipo de poda drástica apresenta três finalidades principais. Primeiramente, visa a recuperação dos ramos laterais produtivos, quando estão muito longos e finos e improdutivos. A segunda finalidade é a recuperação da copa como um todo, sendo que para isto, recomenda-se poda mais baixa do ortotrópico conduzindo-se a brotação. E a última, mais buscada atualmente, consiste em zerar a safra seguinte, ao ano em que houve uma elevada produtividade, promovendo alternância de safras, o que facilita o manejo da lavoura pela simplificação dos tratos culturais.

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

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

Com procedimentos diretos ou indiretos é possível determinar o estado nutricional das plantas. Os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes (análise visual) e ou reais (análise da matéria seca ou da seiva) dos nutrientes são determinadas. De forma geral os métodos mais utilizados são a diagnose visual, a análise de solo e a diagnose foliar. Os indiretos são aqueles em que a concentração de determinado nutriente na planta é estimada por meio de uma característica cujos valores sejam correlacionados com as concentrações do nutriente na planta (FONTES, 2001).

A observação visual dos sintomas é uma forma rápida e pouco dispendiosa de diagnóstico do estado nutricional, porém, sua principal limitação é que, quando constatada, parte da produtividade das plantas já estará comprometida. Também é limitação o fato de que, em condições de campo, comumente tem-se associado mais de um sintoma de carência e/ou excesso. Como a água é o veículo para a absorção e transporte dos nutrientes, é comum que em períodos secos, alguns sintomas se acentuem (MARTINEZ et al., 2004). Deve-se considerar ainda, que o método é qualitativo, o que permite identificar o nutriente limitante, mas não estabelece doses para sua correção, e que a diagnose visual não permite o diagnóstico de deficiências múltiplas, devido o mascaramento dos sintomas típicos (FAQUIM, 2001). É importante lembrar ainda, que o diagnóstico de uma deficiência ou de um excesso pode ser dificultado devido à semelhança que pode haver com o sintoma causado por pragas, moléstias ou por causas abióticas, como condições de clima (MALAVOLTA, 2006).

No diagnóstico alguns pontos devem ser ressaltados quando da avaliação visual no campo, como a distribuição do sintoma. Outro ponto a ser ressaltado é a simetria, isto é, se uma folha mostra o sintoma, a folha oposta também deverá mostrar, e a anormalidade deve manifestar-se na planta independentemente da exposição cardinal. Também o gradiente deve ser observado, ou seja, é possível encontrar os sintomas de deficiência ou toxidez com diferentes intensidades numa mesma planta ou num mesmo ramo. Normalmente, quando a causa dos sintomas são as pragas ou doenças, não se observa características de simetria e gradiente. Outro ponto importante a ser observado é o ataque de pragas e/ou doenças, pois, deve-se ter em mente, que estes podem causar sintomas de anormalidades facilmente confundíveis com sintomas de deficiência ou toxidez, podendo ainda ocorrer à deficiência (sintoma secundário) devido ao ataque das mesmas. Ressalta-se ainda que, condições climáticas severas podem agravar ou atenuar as deficiências e a toxidez, podendo mesmo condicionar seus aparecimentos (MALAVOLTA, 1980; GUIMARÃES; MENDES; BALIZA, 2010).

#### **2.4.1 Nitrogênio**

A exigência desse nutriente pelo cafeeiro é alta, sendo que, se a adubação for adequada e não houver outros fatores limitantes, ocorrem um crescimento rápido da planta e a formação de folhas verdes e brilhantes (MALAVOLTA, 1986). É um importante nutriente componente da clorofila, enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucleicos e outros compostos

orgânicos, sendo que a sua carência acarreta drástica redução no crescimento das plantas. Possui grande mobilidade no floema, apresentando os sintomas de carência a partir das folhas mais velhas. Plantas deficientes apresentam folhas amareladas, inicialmente as mais velhas; as folhas permanecem pequenas, devido ao menor número de células, logo se tornam cloróticas (MALAVOLTA, 2006; GUIMARÃES; MENDES; BALIZA, 2010).

#### **2.4.2 Fósforo**

A exigência desse nutriente pelo cafeeiro é pequena, se comparada à de N e K, e sintomas de toxidez não são descritos na literatura disponível (MALAVOLTA, 1980). Porém, a utilização do fósforo no desenvolvimento das mudas é de extrema importância (NEVES; GOMES; NOVAIS, 1990), sendo que, em substratos com deficiência do elemento, as mudas mostram desenvolvimento irregular na parte aérea e sistema radicular (MAY, 1984).

Em muitas espécies vegetais sob condições de deficiência de fósforo há formação de pigmentos de antocianina, fazendo aparecer uma coloração arroxeadada. Algumas vezes o sintoma manifestado nas folhas é um verde escuro. As plantas afetadas por carência de fósforo têm pequeno desenvolvimento radicular, acompanhado de uma paralisação do crescimento e folhas, e caule são bem menores do que nas plantas normais (crescimento retardado). As folhas velhas apresentam-se com coloração púrpuro-alaranjado e as folhas novas de coloração verde escuro (MALAVOLTA, 2006; GUIMARÃES; MENDES; BALIZA, 2010).

#### **2.4.3 Potássio**

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

O sintoma mais característico da deficiência é a clorose, seguida de necrose das margens e pontas das folhas, inicialmente das mais velhas. Primeiramente as folhas amarelecem, a seguir se tornam de cor marrom e, finalmente, secam. Plantas deficientes em

potássio apresentam um aumento de sensibilidade a doenças, déficit hídrico e injúrias pelo frio (MALAVOLTA, 2006; GUIMARÃES; MENDES; BALIZA, 2010).

## **2.5 Diagnose com base na análise química do solo**

A análise química do solo é um dos métodos mais usados no Brasil para a avaliação da fertilidade do solo. Por meio desta técnica procura-se determinar o grau de suficiência ou deficiência de nutrientes no solo, bem como quantificar condições adversas que apresentam efeitos prejudiciais ao desenvolvimento das culturas (acidez, salinidade, toxidez de Al<sup>+++</sup> etc.), pelo uso de extratores químicos (CARVALHO et al., 2001; GUIMARÃES; MENDES; BALIZA, 2010).

Além de ser uma ferramenta de diagnóstico útil para a avaliação da fertilidade do solo com vistas à recomendação de adubação, também possui um importante papel na preservação ambiental, por fornecer informações básicas para minimizar perdas superficiais de nutrientes ou para o lençol freático. Essa técnica oferece vantagens como baixo custo operacional, rápida execução e boa disponibilidade de laboratórios, além de permitir o planejamento da recomendação de fertilizantes antes da implantação da cultura (CARVALHO et al., 2001; GUIMARÃES; MENDES; BALIZA, 2010).

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, K. R.; FARIA, M. A.; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos de adubação. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 31, n. 2, 2009.
- ASSIS, G. A. **Faixas críticas de teores foliares de nitrogênio e potássio para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado em produção.** 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.
- ASSAD, E.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil.** São Paulo: Embrapa, 2008. Disponível em: <[http://www.embrapa.br/pu\\_blicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf](http://www.embrapa.br/pu_blicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf)> Acesso em: 30 maio. 2019.
- BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, may/june, 1996.
- BATAGLIA, O. C.; DENCHEN, A. R.; SANTOS, W. R. Diagnose e análise de plantas. In REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBCS, 1992. p. 369-404.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- CARVALHO, J. G. de; LOPES, A. S.; BRASIL, E.; JÚNIOR, R. A. R. **Diagnose da Fertilidade do Solo e do Estado Nutricional de Plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 95 p.
- CARVALHO, G. R. et al. Avaliação de produtividade de progênies de cafeeiro em dois sistemas de plantio. *Ciência. Agrotecnologia*, v. 30, n. 5, p. 838-843, 2006.
- CAMAYO-VÉLEZ, G. C. et al. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná. *Cenicafé*, Chinchiná, v. 54, n. 1, p. 35-49, 2003.
- COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 201-227.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café – segundo levantamento,** maio de 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe>. Acesso em: 09 jun. 2019.
- CUNHA, R. L.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. Efeito da época, altura de poda e adubação foliar na recuperação de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) depauperados. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 23, n. 1, p. 222-226, jan./mar., 1999.

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

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

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

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

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

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

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; RESENDE, A. V. de; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

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

GONÇALVES, J. C. **Fechamento e poda dos cafezais**. Campinas: CATE, 1970. 30 p.

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

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

LIVRAMENTO, D. E. et al. Influência da produção nos níveis de carboidratos e recuperação de cafeeiros após a recepagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 292, p. 737-752, 2003.

LIVRAMENTO, D. E. do; ALVES, J. D.; BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, T. G.; MAGALHÃES, M. M.; FRIES, D. D.; PEREIRA, T. A. Influência da produção nos teores de carboidratos e na recuperação de cafeeiros (*Coffea arábica* L.) após “colheita”. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS DO SUL DE MINAS, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 156-160.

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

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 Fósforo, 1997. 319 p.

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

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. In: SIMPOSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p. 165-274.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R.; **Cultura de Café no Brasil, Novo Manual de Recomendações**. MAPA, Fundação Procafé, 2010. 546 p.

MATIELLO, J. B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 319 p.

MATIELLO, J. B. et al. **A moderna cafeicultura nos cerrados**. Rio de Janeiro: IBC, 1987. 148 p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R. A poda em cafezais. **Coffea**, Varginha, v. 4, n. 11, Jan. 2007.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. et al. **Cultura de café no Brasil**. Novo Manual de Recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PRCAFE, 2002. p. 256-274.

MAY, J. T. Soil moisture. In: **Southern pine nursery handbook**. (S. 1): USDA. Forest Service. Southern Region, 1984. cap. 11, p. 1-19.

MENDES, A. N. G. et al. **Recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro no sul de Minas**. Lavras: UFLA: 1995. 76 p.

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

MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Espaçamento e Condução do Cafeeiro. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa potassa e do fósforo, 1986. p. 303-322.

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

NEVES, P. Y. **Conteúdo foliar de zinco, produção, qualidade de grãos e plasticidade foliar do cafeeiro em resposta ao suprimento do nutriente**. 2009. 87 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

OIC. Organização Internacional do Café. **A história do café**. 2017. Disponível em: <[http://www.ico.org/pt/coffee\\_storyp.asp?section=Sobre\\_o\\_café](http://www.ico.org/pt/coffee_storyp.asp?section=Sobre_o_café)> Acesso em: 30 maio. 2019.

OIC. Organização Internacional do Café. **Relatório sobre o mercado de café**. Julho de 2017. Disponível em: <http://www.ico.org/documents/cy2016-17/cmr-0717-p.pdf> Acesso em: 30 maio 2019.

PEREIRA, C. S. et al. Controle da cercosporiose e da ferrugem do cafeeiro com extrato etanólico de própolis. **Revista Ceres**. v. 55, n. 5, p. 369-376, set./out. 2008.

SANTOS, J. C. F. **Execução de desbrota e poda do cafeeiro**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=342&pg=2&n=2>>. Acesso em: 28 mar. 2009.

PINTO, C. G.; GUIMARAES, R. J. ; VILLELA, G. M.; SCALCO, M. S. Faixas Críticas de Teores Foliares de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para o Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Fertilizado para o Primeiro Ano Pós-plantio. **Coffee Science**, v. 8, p. 530-538, 2013.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 433-440, 2006.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. Uberaba: Embrapa, 2012. 388 p.

SILVA, V. A. et al. Efeito de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu e Mn) na formação e produção do cafeeiro e solo latossolo vermelho amarelo fase arenosa (LVA) com cultivo anterior na região cafeeira de Franca-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2002. **Anais...2002**.

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

SOBREIRA, F. M. **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, MG, 2010.

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

THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M. L. C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 82 p. (Boletim Técnico, 187).

THOMAZIELLO, R. A.; PEREIRA, S. P. **Poda e consuação do cafeeiro arábica**. Campinas: IAC, 2008. 39 p.

VILLELA, G. M.; GUIMARAES, R. J.; **PINTO, C. G.**; SCALCO, M. S.; SALES JUNIOR, J. C.; CAMILO, W. R.; ALVES, G. Faixas Críticas de Teores Foliare de Macronutrientes Primários para Cafeeiros Fertirrigados em Formação. **Coffee Science**, v. 10, p. 271-279, 2015.

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

## **CAPÍTULO 2 PRODUTIVIDADE DE CAFEZEIROS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE N, P e K**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar as primeiras safras (produtividades) de cafeeiros fertirrigados com diferentes níveis de adubação com N, P e K, desde o plantio. Dois experimentos foram conduzidos em Lavras - MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As lavouras foram implantadas em março de 2010 e conduzidas com diferentes níveis de adubação (fertirrigação), sendo que no experimento 1, os níveis de adubação foram variados desde a implantação da lavoura, no experimento 2, as doses variaram após o primeiro ano de formação. As mudas utilizadas foram da cultivar Topázio MG-1190. Cada parcela constou de três linhas de 8 plantas totalizando 24 plantas (28,8 m<sup>2</sup>), sendo as seis centrais consideradas como úteis. Cada experimento contou com 6 níveis de adubação (10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160%) da adubação padrão recomendada para cafeicultura de sequeiro com 4 repetições (24 parcelas). O delineamento utilizado nos experimentos foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, sendo o experimento 1, um fatorial 6x4 (seis níveis de adubação e quatro colheitas) e, o experimento 2, um fatorial 6x3 (seis níveis de adubação e 3 colheitas). Os tratamentos constaram de 6 níveis de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), correspondentes a 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão (100%) recomendada para a cafeicultura de sequeiro. Avaliou-se quatro safras (produtividades) no experimento 1 (2012, 2013, 2014 e 2015) e 3 safras (produtividades) no experimento 2 (2013, 2014 e 2015). Avaliou-se as produtividades e rendimentos das colheitas nos dois experimentos. Da formação da lavoura, até a quarta safra, as maiores produtividades foram encontradas na faixa de 116% a 131% da adubação padrão com N, P e K. Quando se forma a lavoura com 100% da recomendação para a lavoura de sequeiro, a maior produtividade ficou fora do intervalo testado neste experimento, sendo possivelmente acima de 160% da adubação padrão, porém, o incremento na produtividade é insatisfatório nos níveis acima de 130%. Os níveis de adubação não tiveram efeito no rendimento quando esses variaram desde o plantio.

**Palavras-chave:** Fertirrigação. Café. Nutrição. Colheita

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the first harvests (productivity) of fertigated coffee with different doses of fertilization with N, P and K since planting. Two experiments were conducted in Lavras, state of Minas Gerais, in the Coffee Sector of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras (UFLA). Coffee trees were planted in March 2010 and different levels of fertilization (fertigation) were applied. In Experiment 1, fertilization levels were varied since crop implantation, and in Experiment 2, the levels of fertilization varied only after the first year of production. The cultivar Topázio MG-1190 was used in the experiments. Each plot consisted of three rows with a total of 24 plants (28.8 m<sup>2</sup>). After germination, six plants were considered. Each experiment had six different fertilization levels (10%, 40%, 70%, 100%, 130% and 160% of the recommended dose), with four replications (24 plots). In Experiment 1, a 6x4 factorial was used, being composed of six fertilization levels and four harvests. As for Experiment 2, a 6x3 factorial was used (six fertilization levels and three harvests). The treatments consisted of six different fertilization levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), corresponding to 10%, 40%, 70%, 100%, 130% and 160% of standard fertilization (100%) recommended for coffee. Four harvests (productivity) in Experiment 1 (2012, 2013, 2014 and 2015) and three harvests (productivity) in Experiment 2 (2013, 2014 and 2015) were evaluated. The productivities of the crops were evaluated in both experiments. From crop formation to the fourth crop, the highest productivities were found in the range of 116% to 131% of standard N, P and K fertilization. When plants received 100% of the crop recommendation, the yields were outside the range tested in this experiment, possibly above 160% of standard fertilization. However, the increase in productivity was unsatisfactory at levels higher than 130%. Thus, fertilization levels had no effect on productivity when they were varied since planting.

**Keywords:** Fertigation. Coffee. Nutrition. Harvest.

## 1 INTRODUÇÃO

A formação de lavouras cafeeiras é um importante passo para o sucesso a longo prazo, sem que seja preciso renovar lavouras de maneira precoce. Assim, os ajustes de adubação para lavouras irrigadas que possuem um grande potencial produtivo, em relação as recomendações para sequeiro são importantes (SOBREIRA et al., 2011).

A cafeicultura irrigada tem uma grande expressão no cenário nacional de produção de café, principalmente em regiões consideradas não aptas para o cultivo da cultura. Isso pode ser comprovado pelos levantamentos de área e produtividade como feito em 2018, em que a área irrigada ficou em torno de 10% do total de café plantado e sua produção representou 30% de toda a produção brasileira (CONAB, 2018). Assim, lavouras mais produtivas, naturalmente terão necessidade de ajuste das adubações para garantir alto desempenho produtivo e evitar o depauperamento precoce.

O fornecimento de água em fases fenológicas críticas, a fertirrigação permite aumentar a produtividade das lavouras e melhorar a qualidade dos frutos de café, reduzindo os custos com mão de obra durante as adubações (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007).

A nutrição equilibrada e suficiente é importante em qualquer sistema de produção de café, seja adensado, convencional, irrigado ou de sequeiro, porém, tem se negligenciado as condições produtivas das lavouras. Desta forma, prejuízos econômicos têm ocorrido pela quantidade insuficiente de fertilizantes, ou mesmo por quantidades excessivas utilizadas pelos cafeicultores.

O cafeeiro necessita de dois anos para completar seu ciclo fenológico de frutificação, ou seja, no primeiro ano há o crescimento do ramo, para em seguida ser iniciado o desenvolvimento reprodutivo, sendo que, para isso, é necessário que se promova a nutrição adequada (CAMARGO; CAMARGO 2001). A maioria das recomendações de adubação de lavouras cafeeiras encontradas na literatura disponível é baseada em lavouras sem irrigação (chamadas de lavouras de sequeiro), porém, com o incremento de produtividade alcançado pelo uso de irrigação nas áreas cafeeiras, os estudos e pesquisas devem buscar ajustes mais precisos, para garantir os melhores resultados em campo.

Objetivou-se avaliar as diferenças de produtividades nas safras de 2012, 2013, 2014 e 2015, para cafeeiros submetidos a diferentes doses de N, P e K.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

Dois experimentos foram conduzidos em Lavras - MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), a 910 metros de altitude latitude sul de 21°14'06" e longitude de 45°00'00" W Gr. As lavouras foram implantadas em março de 2010 e conduzidas com diferentes níveis de adubação: a) experimento 1, com aplicação dos tratamentos (diferentes níveis de adubação) já no primeiro ano pós plantio e; b) experimento 2, com adubação recomendada por Guimarães et al. (1999), no primeiro ano pós plantio e com aplicação dos tratamentos (diferentes níveis de adubação) somente após o segundo ano pós plantio.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho-escuro distroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). As amostras para análise química e física foram coletadas nas camadas de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm de profundidade, e os resultados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde foram montados os experimentos.

Característica	0-20 cm	20-40 cm	Característica	0- 20 cm	0- 20- 40 cm
pH (H <sub>2</sub> O)	5,5	5,2	Ca - T%	39,18	23,36
P-rem - (mg L <sup>-1</sup> )	23,48	14,87	K - T%	2,87	1,64
P - (mg.dm <sup>-3</sup> )	76,08	10,43	V - (%)	51,2	28,9
K - (mg.dm <sup>-3</sup> )	108	58	m - (%)	2,23	7,76
Ca - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,77	2,12	Matéria org. - dag.kg <sup>-1</sup>	3,84	3,28
Mg - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,88	0,35	Zn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
Al - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,40	Fe - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
H + Al - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,70	6,44	Mn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
T - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	9,62	9,06	Cu - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
Mg - T%	9,12	3,89	B - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-

Fonte: Do autor (2019).

Os experimentos foram implantados em março de 2010 com mudas de cafeeiro da cultivar Topázio MG-1190, com espaçamento de 60 centímetros entre plantas e 2 metros entre linhas. Cada parcela foi constituída de 24 plantas (28,8 m<sup>2</sup>), sendo 3 linhas de 8 plantas considerando as 6 plantas centrais como uteis, totalizando 48 parcelas como mostrado no croqui (FIGURAS 1 e 2).

Figura 1- Croquis representativo da área irrigada com lavoura formada com diferentes níveis de adubação, em relação a recomendação padrão, desde sua formação (experimento 1).

		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Bordadura	1° exp.				
<b>Tratamento</b>		6 3 2 5 4 2 2 4 1 5 2 1			
Bordadura					
Bordadura					
<b>Tratamento</b>		4 1 5 1 6 3 5 3 6 3 4 6			
Bordadura					

Fonte: Do autor (2019).

Figura 2- Croquis representativo da área irrigada com lavoura onde as adubações foram de 100% da recomendação padrão até o primeiro ano após o ano de implantação (experimento 2).

		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Bordadura	2° exp.				
<b>Tratamento</b>		5 2 6 4 6 1 2 6 1 5 4 1			
Bordadura					
Bordadura					
<b>Tratamento</b>		1 3 4 5 3 2 4 5 3 2 6 3			
Bordadura					

Fonte: Do autor (2019).

Cada experimento contou com 6 níveis de adubação (10%,40%, 70%, 100%, 130% e 160%) da adubação padrão recomendada para cafeeicultura de sequeiro (GUIMARÃES et al., 1999), tomada como base para as recomendações, com 4 repetições (24 parcelas). O delineamento utilizado nos experimentos foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições, sendo o experimento 1, um fatorial

6x4 (seis níveis de adubação e quatro colheitas) e, o experimento 2, um fatorial 6x3 (seis níveis de adubação e 3 colheitas).

Para se realizar os cálculos de adubação, em outubro de cada ano realizou-se as amostras de solo de 0-20 cm, para fins de cálculos utilizou-se como base para a recomendação, a dose proposta por Guimarães et al. (1999).

Os fertilizantes contendo nitrogênio e potássio foram aplicados via fertirrigação em doze parcelamentos iguais, conforme sugerido por Sobreira et al. (2011), enquanto que a adubação fosfatada foi distribuída 50% nos sulcos de plantio e 50% via fertirrigação, considerando as mesmas porcentagens em relação à recomendação padrão para cafeicultura de sequeiro. Nitrogênio, fósforo e potássio foram fornecidos na forma de uréia (45% de N), superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ), MAP purificado (60% de  $P_2O_5$  + 11% de N) e nitrato de potássio (12% de N + 43% de  $K_2O$ ).

O sistema de fertirrigação nos experimentos 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. Os gotejadores (vazão nominal de  $3,8 \text{ L.hora}^{-1}$ ) foram espaçados de 30 em 30 cm na linha, formando uma faixa molhada ao longo da fileira de plantas. O controle da irrigação foi feito por meio de dados climatológicos diários monitorados por uma estação meteorológica cadastrada no INMET, localizada próxima ao Departamento de Ciência do Solo, nas proximidades da área do experimento.

As fontes de nutrientes foram: uréia (N), MAP purificado (P), nitrato de potássio (K). Os micronutrientes foram aplicados somente em pulverizações conforme recomendações de Guimarães et al. (1999) e sem variações de doses.

## **2.2 Avaliações em pós-colheita**

Para avaliação da produtividade, realizou-se as colheitas dos frutos de cada parcela separadamente nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 para o experimento 1, e para o experimento 2, as colheitas foram realizadas em 2013, 2014 e 2015. No momento da colheita o estágio de maturação dos frutos era em média, 10% em estágio verde e 90% em estágio cereja ou passa, para a maioria das parcelas. Os frutos foram colhidos somente nas plantas úteis das parcelas, sobre panos apropriados. Após a colheita de toda a parcela foi realizada a

medição em litros e retirada uma amostra de 5 litros para secagem em terreiro e cálculo das demais características a serem avaliadas. Essas amostras foram colocadas para secar ao sol sobre peneiras quadradas de 50 cm por 50 cm de dimensão até umidade média de 11%.

Em seguida, as amostras foram descascadas, quando foram novamente pesadas e medidas em volume (litros), obtendo-se o peso e volume da amostra beneficiada.

Com a obtenção dos pesos das amostras beneficiadas e de posse do volume inicial das amostras no momento da colheita (5 litros) e do volume obtido em cada parcela no momento da colheita foi possível obter os valores da produtividade (sacas beneficiadas por hectare) e rendimento dos frutos (litros de café da lavoura no momento da colheita para produzir uma saca de 60 kg de café beneficiado).

a) Rendimento ( $L$  de café da lavoura. $60kg$  de café beneficiado $^{-1}$ ) =  $(60 \text{ kg} * \text{volume retirado para análise}) / \text{peso da amostra beneficiada}$ ;

b) Produtividade ( $scs.ha^{-1}$ ) =  $((\text{litros por parcela} / 6) * 8333 \text{ plantas por hectare}) / \text{Rendimento}$ .

Após o fechamento das 4 safras para o experimento 1, foi realizada a análise da produtividade acumulada dos quatro anos, para melhor explicar o ocorrido durante as 4 safras na lavoura.

### 2.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos às pressuposições da ANOVA, verificando a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk.

Posteriormente, realizou-se a análise de variância, com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Quando significativo, os dados foram submetidos a uma análise de regressão quando quantitativos, e teste de médias de Scott-knott quando qualitativos, para melhor explicar os resultados. Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software R (R CORE TEAM, 2019).

### 3 RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir foram significativos ao nível de 5% pelo teste F.

#### 3.1 Experimento 1: Adubações impostas já no ano após o plantio

Os resultados da análise de variância para produtividade e rendimento, das colheitas ao longo dos anos no experimento 1 são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para Produtividade e Rendimento do café colhido em função das doses de N, P e K aplicadas e levando-se em consideração os anos de produção (safra). UFLA, 2019.

FV	GL	Produtividade	Rendimento
		QM	QM
DOSE	5	4543,649500*	86672,00000
BLOCO	3	342,951528	73440,805556
ERRO 1	15	297,449611	70482,038889
ANO	3	6443,185972*	132849,416667*
DOSE * ANO	15	561,371056*	67434,75000
ERRO 2	54	233,872338	46386,259259
CV 1		40,34	52,25
CV 2		35,77	42,39

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

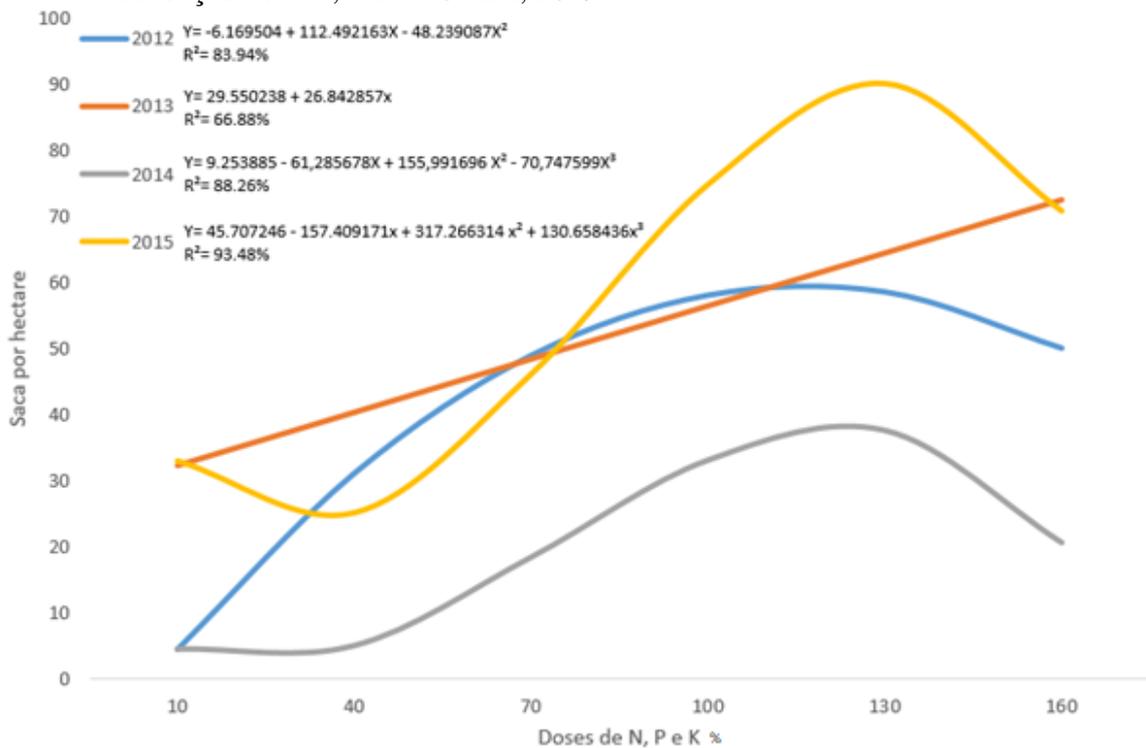
Fonte: Do autor (2019).

Nota-se pela Tabela 2, o efeito significativo da interação entre as doses de adubação e o ano de colheita na produtividade dos cafeeiros, ou seja, os efeitos causados na produtividade dos cafeeiros dependem da dose dos fertilizantes e da safra em estudo. Já para a variável rendimento, os resultados não tiveram interação com os níveis de adubação, mas somente foi influenciada para a safra em questão.

Nota-se pela Figura 3 a tendência das produtividades (scs. ha<sup>-1</sup>) em função dos níveis de adubação utilizados durante os anos (safra) analisados. Quando se observa a curva de 2012, o efeito é quadrático, sendo o ponto de f da adubação padrão para lavouras de sequeiro o nível que atingiu maior produtividade (68.36 scs. ha<sup>-1</sup>). No ano de 2013 o comportamento

da produtividade em função das doses foi linear crescente à medida que se aumentava a dose de fertilizantes, então quanto maior foi a adubação, maior foi a produtividade, chegando a 72,49 scs. ha<sup>-1</sup> na dose de 160% da adubação padrão para lavouras de sequeiro, podendo a maior produtividade estar fora do intervalo de níveis de adubação estudados. Em 2014, um ano atípico, com pouca chuva, e uma alta temperatura, a produtividade teve uma queda intensa, a curva teve um comportamento de terceiro grau sendo que a máxima produtividade foi atingida no ponto de 123% com 38,22 scs. ha<sup>-1</sup> e a menor produtividade encontrada em 23% de adubação com 2,55 scs. ha<sup>-1</sup>. No último ano avaliado (2015) a curva também teve um comportamento de terceiro grau, possivelmente por interferência ainda do calor intenso de 2014, atingindo o recorde de produtividade do experimento até o presente momento (90,23 scs. ha<sup>-1</sup>) no ponto de máxima produtividade, coincidente com o nível de adubação de 131% e o mínimo produzido na dose de 30% da adubação padrão de cafeeiros de sequeiro.

Figura 3 - Produtividades dos anos 2012, 2013, 2014, e 2015 em função dos níveis de adubação com N, P e K. UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

As médias de produtividade das plantas fertirrigadas, em diferentes níveis de adubação após quatro safras, foram diferentes significativamente. Quando se analisou as produtividades na dose de 10%, 40% e 70% nota-se uma bienalidade precoce, pois, já nas primeiras safras há

uma queda brusca na produtividade (TABELA 3). Essa bienalidade precoce pode ter ocorrido por falta de nutrientes necessários ao pleno crescimento da planta e a formação dos frutos nessa fase da cultura. Normalmente, a produtividade é crescente nas primeiras safras, como o ocorrido nos tratamentos com níveis de adubação superiores a 70%, levando-se em conta que a planta ainda está em crescimento, porém, adubação insuficiente pode ter limitado a produção de fotoassimilados, conforme ocorrido nos tratamentos de 10%, 40% e 70% , forçando a bienalidade precoce.

O ano de 2014 por ter sido um ano atípico, como falta de chuva e elevadas temperaturas, afetou a produtividade de todos os tratamentos, em função das altas temperaturas principalmente, já que se tratava de uma área com irrigação (TABELA 3).

Quando se compara as médias de produtividade das plantas que receberam 10% da dose ideal de fertilizantes, durante os quatro anos em análise, nota-se que nos anos 2012 e 2014 as médias foram inferiores as dos demais anos. No tratamento em que as plantas receberam a dose de 40% observa-se uma característica interessante de baixas produtividades, sendo o ano de 2013, superior aos outros três anos. A partir daí, observou-se queda nas produtividades dos anos seguintes, inclusive com mortalidade de plantas (TABELA 3).

A produtividade das plantas do tratamento com 70% da dose foi superior nos anos de 2012 e 2015, com dois anos consecutivos, intermediários, de baixa produtividade (TABELA 3).

As plantas das parcelas com doses de 100% e 130% tiveram comportamentos semelhantes, sendo apenas o ano de 2014 inferior aos demais, provavelmente devido às ‘altas temperaturas’ ocorridas nesse ano atípico (TABELA 3).

Já na maior dose aplicada, o comportamento foi diferente com as maiores produtividades em 2013 e 2015 (TABELA 3), porém, as produtividades das plantas deste tratamento foram quase sempre menores que das plantas dos tratamentos de 100% e 130%, com exceção para o ano de 2013 (FIGURA 3).

Tabela 3 - Médias de produtividade (sacs.ha-1) das plantas de cafeeiro fertirrigadas nas doses de 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% de N, P e K, em função do ano agrícola avaliado. UFLA, 2019.

Ano	Tratamentos					
	10%	40%	70%	100%	130%	160%
2012	12,35 b	19,72 b	42,15 a	69,22 a	63,40 a	44,75 b
2013	35,52 a	48,35 a	27,80 b	63,52 a	63,10 a	75,90 a
2014	5,72 b	0,45 b	26,30 b	27,10 b	40,00 b	20,47 c
2015	35,95 a	16,17 b	52,62 a	79,92 a	81,95 a	73,67 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para produtividade acumulada nos anos em função das doses de N, P e K aplicadas. UFLA, 2019.

FV	Produtividade acumulada
	QM
DOSE	23898,803417*
BLOCO	1648,341528
ERRO	906,507194
CV%	20,17

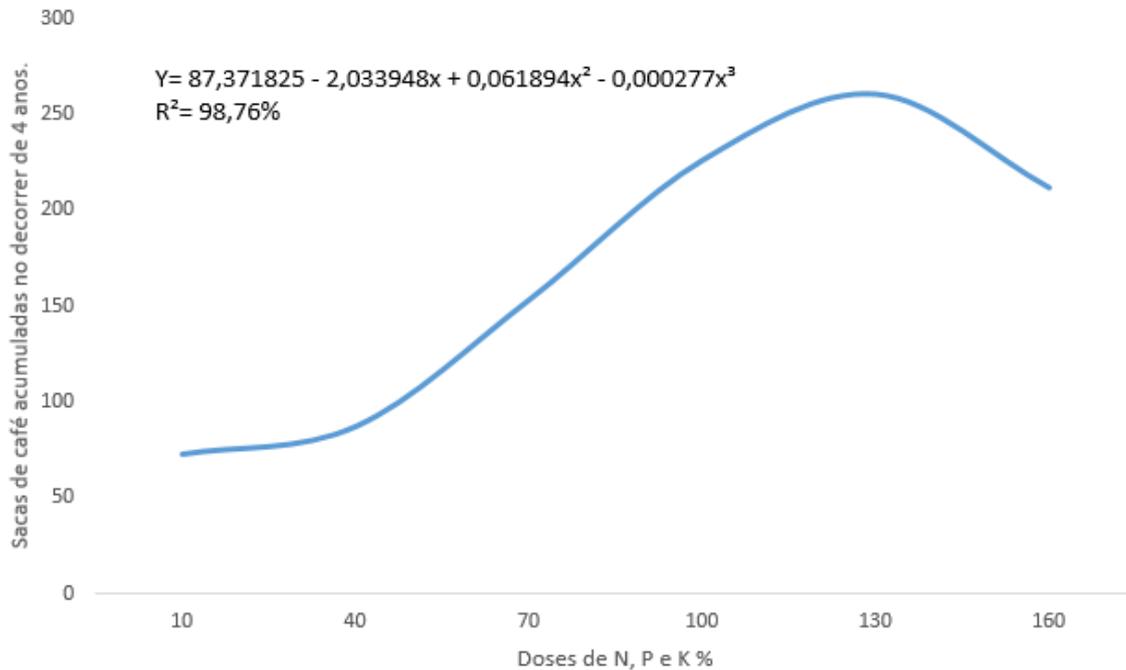
\*Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

Nota-se pela Tabela 4, o efeito significativo das doses para a variável produtividade acumulada.

Quando se observa a produtividade acumulada dos 4 anos em questão, nota-se um efeito cúbico no comportamento da reta, sendo o ponto de máxima produção encontrado em 130,16% de adubação, com uma produtividade acumulada de 260,4 sacos de café beneficiados por hectare, o ponto de mínima produtividade com 69,17 sacos no ponto de 18,8% da adubação com N, P e K proposta para a cafeicultura de sequeiro.

Figura 4 - Produtividade acumulada dos 4 anos em função das doses de N, P e K aplicadas. UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

É possível observar no Quadro 1 a relação de ganhos e perdas na produtividade do café quando se utiliza doses altas ou baixas nas lavouras irrigadas. Levando em consideração a produtividade média para todos os tratamentos, observou-se a maior produtividade quando se aplicou uma dose 30% maior que a recomendada para a cafeicultura de sequeiro na maioria das safras nas lavouras irrigadas, ocorrendo prejuízos quando se aumenta ou diminui as doses. Tomando a dose de 130% como referência às demais, nota-se uma produtividade 14% menor quando se utiliza uma dose de 160%, portanto, o incremento de fertilizantes além desse nível, é prejudicial. O mesmo acontece quando se utiliza doses abaixo de 130%, com uma queda na produtividade chegando a perdas de até 66% quando se aplica apenas 40% da dose recomendada para cafeicultura de sequeiro.

Quadro 1- Quadro de tratamentos, produtividade média, produtividade relativa, valor da produção (R\$), quantidade de adubo aplicado e valor gasto com fertilizantes nas lavouras. UFLA, 2019.

Dose	10%	40%	70%	100%	130%	160%
Produtividade média (scs ha <sup>-1</sup> )	22,38	21,17	37,34	59,94	62,11	53,69
Produtividade Relativa	36,03%	34,08	60,12%	96,5%	100%	86%
Valor da produção (R\$)*	9.0412	8.553	15.085	24.216	25.092	21.691
Quantidade de fertilizantes( Kg ha <sup>-1</sup> )**	185,09	740,38	1.295,66	1.850,95	2406,23	2962
Valor gasto com fertilizantes (R\$)***	370	1.481	2.591	3.702	4.812	5.923
Diferença entre o valor de venda do produto e o gasto com fertilizantes (R\$)	8.671	7.072	12.494	20.514	20.280	15.768

\*Preço cotado no dia 26/08/2019 Região de Lavras-MG (R\$404,00).

\*\* Dados Obtidos por Oliveira et al.(2016) no mesmo experimento.

\*\*\* Valor adotado para fins de cálculo: R\$2.000,00 por tonelada do Formulado 20-05-20.

Fonte: Do autor (2019).

Nota-se pela Tabela 5, que o rendimento (litros de café no momento da colheita, necessários para fazer uma saca de 60 kg de café beneficiado) não foi influenciado pelo nível de adubação, mas somente pelo ano de colheita. As safras de 2012, 2013 e 2015 tiveram rendimentos significativamente iguais, porém, o rendimento obtido no café colhido em 2014 foi inferior aos colhidos nas outras safras. Ou seja, no ano de 2014 foram necessários 615,50 litros de café (no momento da colheita) para se fazer uma saca de 60 quilos de café beneficiado, enquanto nos outros anos conseguiu-se com apenas 445,20 litros de café (no momento da colheita). Foram necessários, portanto, mais 170,3 litros de café no momento da colheita, para se conseguir a mesma saca de café, no ano de 2014, ou seja, 27,70% litros a mais de café colhido.

Esses resultados permitem inferir, que o rendimento (litros de café no momento da colheita, necessários para fazer uma saca de 60 kg de café beneficiado), a exemplo da produtividade, sofreu influência das altas temperaturas do ano de 2014, interferindo na granação dos frutos.

Tabela 5 - Rendimento de café colhido na lavoura para um saco de 60kg em função dos anos de colheita. UFLA, 2019.

Anos de colheita	Médias
2012	493.9583 a
2013	477.8333 a
2014	615.5000 b
2015	445.2083 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferenciam entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

**3.2 Experimento 2:** adubações diferenciadas após o primeiro ano de formação, sendo o primeiro ano com 100% da dose recomendada para cafeeiros de sequeiro.

Abaixo são apresentados os resultados da análise de variância para rendimento e produtividade (TABELA 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para produtividades e rendimentos em função dos anos de colheita (safras) e níveis de adubação com N, P e K. UFLA, 2019.

FV	GL	Produtividade	Rendimento
		QM	QM
DOSE	5	2676,398917*	25403,018750
BLOCO	3	349,071250	64977,732639
ERRO 1	15	103,643361	401665,874306
ANO	2	563,876250*	53910,760417
DOSE * ANO	10	223,671417	22321,502083
ERRO 2	36	109,537593	21995,887731
CV 1		35,01	33,85
CV 2		35,99	30,17

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

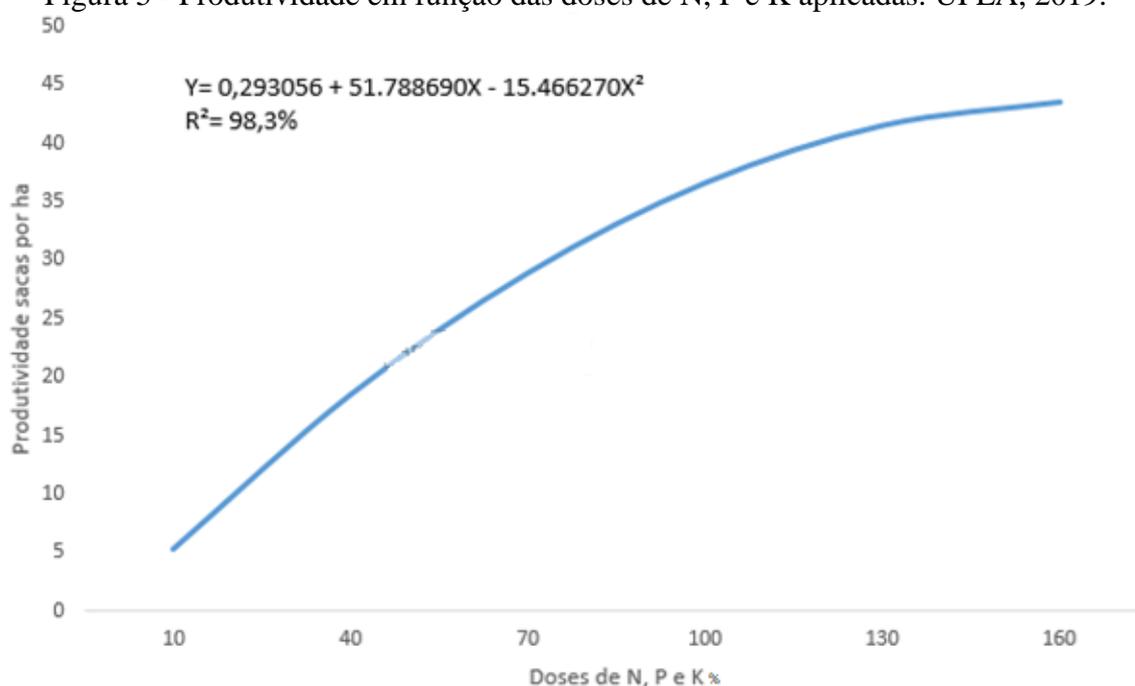
Nota-se pela Tabela 6, o efeito significativo para os fatores ‘dose’ e ‘ano’ de forma independente, quando se analisa a produtividade dos cafeeiros. Ou seja, a produtividade dos cafeeiros variou em função da dose de fertilizantes aplicada, independente da safra avaliada. Também houve efeito significativo das safras observadas na produtividade, independente da

dose de fertilizantes aplicada, provavelmente pelo crescimento natural das plantas e a influência das altas temperaturas observadas no ano de 2014.

Quando se avaliou o rendimento do café (litros de café no momento da colheita necessários para fazer uma saca de 60 kg de café beneficiado), nota-se que as doses de fertilizantes aplicadas não influenciaram essa característica, independente da safra em questão (TABELA 6).

Observou-se o efeito quadrático crescente da produtividade em função das doses de N, P e K sem, contudo, ser possível fazer o cálculo do ponto de inflexão da curva no intervalo de adubação utilizado.

Figura 5 - Produtividade em função das doses de N, P e K aplicadas. UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

Observa-se no Quadro 2 a diferença de comportamento em relação ao Quadro 1, isso se deve à ocasião de formação da lavoura, neste caso, a lavoura foi formada no primeiro ano sem nenhum tipo de restrição nutricional, portanto, as diferentes doses de N, P e K foram aplicadas após o primeiro ano. A maior produtividade foi encontrada na maior dose 160%, produzindo 43,56 scs por hectare, e a menor produção foi observada na dose de 10% com uma perda de 87,8%. Neste caso, observa-se um incremento da ordem de segundo grau (FIGURA 4), portanto, os incrementos não seguem um padrão, por exemplo, a maior produtividade gerou um valor de R\$17698,24 gastando R\$5.923, restando ao produtor

R\$11.775 para realizar a demais atividade, quando se reduz 30% desta adubação, ou seja, aplica-se uma dose de 130% o lucro gerado é maior que o de maior produtividade, ficando em R\$11945, com isso, o produtor terá maior lucro quando se aplica uma dose menor que a máxima testada. Para as demais doses testadas o resultado final sempre gera um lucro menor que o obtido na dose de 130%.

Quadro 2 - Quadro de tratamentos, produtividade média, produtividade relativa, valor da produção (R\$), quantidade de adubo aplicado e valor gasto com fertilizantes nas lavouras. UFLA, 2019.

Dose	10%	40%	70%	100%	130%	160%
Produtividade média (scs ha <sup>-1</sup> )	5,32	18,59	28,97	36,61	41,48	43,56
Produtividade Relativa	12,2%	34,7%	66,5%	84,04%	95,2%	100%
Valor da produção (R\$)*	2149	7510	11704	14790	16758	17698
Quantidade de fertilizantes(Kg ha <sup>-1</sup> )**	185,09	740,38	1295,66	1850,95	2406,23	2961,52
Valor gasto com fertilizantes (R\$)***	370	1481	2591	3702	4812	5923
Diferença entre o valor de venda do produto e o gasto com fertilizantes (R\$)	1779	6030	9113	11089	11945	11775

\*Preço cotado no dia 26/08/2019 Região de Lavras-MG

\*\* Dados Obtidos por Oliveira et al. (2016) no mesmo experimento.

\*\*\* Valor adotado para fins de cálculo R\$2000,00 t do Formulado 20-05-20

Fonte: Do autor (2019).

Observa-se que a produtividade crescente (característica de lavouras em crescimento) a partir dos primeiros anos de produção (TABELA 7), não ocorreu nesse experimento, com uma queda de produtividade em 2015, possivelmente causada por temperaturas elevadas (acima da média histórica) em 2014, que foi um ano atípico, mesmo para lavouras irrigadas. As altas temperaturas observadas em 2014, possivelmente afetaram negativamente o crescimento dos ramos plagiotrópicos e o desenvolvimento reprodutivo. Essas interferências negativas podem ter ocorrido ainda na safra de 2014, sem, contudo, alterar a tendência de aumento de produtividade em relação a 2013 (porém, ocorrendo crescimento da produtividade aquém do normal para lavouras cafeeiras), porém, em 2015, as altas temperaturas de 2014 foram suficientes para causar queda de produtividade, apesar da tendência natural de alta.

Tabela 7 - Médias de produtividade (scs.ha -1 ) para os anos de 2013, 2014 e 2015. UFLA, 2019.

Anos de colheita	Médias
2013	25.29 b
2014	34.54 a
2015	27.40 b

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

Fonte: Do autor (2019).

#### 4 DISCUSSÃO

Quando se trata de cafeeiros irrigados, o incremento em produtividade é eminente, porém, pesquisadores ainda discutem muito a respeito da viabilidade de se usar esta tecnologia em regiões como o Sul de Minas Gerais (SILVA; FARIA; REIS, 2003). Outro fato comumente observado na região é a perda de produtividade e qualidade dos frutos devido a ocorrência de veranicos comuns em fases fenológicas importantes desta cultura (SILVA; TEODORO; MELO, 2008).

Dessa forma, além do fornecimento de água nestas fases fenológicas, a fertirrigação diminui custos com a aplicação de adubos, por substituir a utilização de tratores pelo sistema de irrigação, aumentando a produtividade e a disponibilidades de máquinas para outras atividades na lavoura (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007). O parcelamento das adubações, como feito no presente trabalho, em 12 vezes por ano, é outro benefício constatado por Clemente et al. (2008). Com todos estes resultados, o benefício da irrigação, independente da região, porém, devido a escassez de estudos para quantificar as doses ideais de fertilizantes para lavouras irrigadas, as recomendações se baseiam ainda nas tabelas sugeridas por Guimarães et al. (1999), para lavouras não irrigadas, o que não é ideal, tendo em vista que lavouras cafeeiras irrigadas crescem mais do que lavouras não irrigadas, o que altera a exigência de nutrientes da planta.

Tratando-se da importância da formação da lavoura com técnicas adequadas, tendo em vista o alcance de altas produtividades já nas primeiras produções, o presente trabalho mostra a necessidade de ajustes para as adubações da cafeicultura irrigada. Outros autores também buscaram ajustar as adubações de lavouras irrigadas em formação, como Pinto (2013) e Villela (2015), que encontraram os melhores resultados com adubações acima de 100% da recomendação feita para lavouras de sequeiro.

Como constatado no experimento 1 do presente trabalho, as maiores produtividades são alcançadas na faixa de adubação entre 116% a 131% nas 4 primeiras safras. Pinto (2013) e Villela (2015) também encontraram em seus trabalhos, uma maior produtividade quando se adubou os cafeeiros com os níveis de 118.33% e 122.61% da adubação recomendada com N, P e K respectivamente, ou seja, níveis de adubação bem próximos dos encontrados neste trabalho.

Outra evidência da importância do nível de adubação nos primeiros anos de formação da lavoura foi encontrada por Scalco et al. (2011) que constataram aumento da produtividade

de cafeeiros irrigados em relação a cultivos de sequeiros por 7 safras, porém, ao longo das safras, se observava bienalidade acentuada nas produtividades dos cultivos irrigados. Possivelmente essa bienalidade pode ter ocorrido devido a maior produtividade da lavoura irrigada, que por sua vez, gera um maior dreno de fotoassimilados nas plantas (RENA; MAESTRI, 1986), sendo que os autores usaram nesse trabalho; somente a adubação recomendada para lavouras de sequeiro.

Quando se avaliou as produtividades em função das doses em cada ano (safra), foi possível constatar em todas as doses testadas, um decréscimo de produtividade no ano de 2014, possivelmente devido ao efeito das altas temperaturas e a baixa precipitação observadas, Wang et al. (2001) mencionaram que o estresse abiótico leva a uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares que afetam negativamente o crescimento e a produtividade vegetal. Martins et al. (2015), trabalhando na mesma região de estudo do presente trabalho (Sul de Minas Gerais), relatam que os principais fatores que influenciaram negativamente as safras de café não se limitam à disponibilidade de água, mas também a alta temperatura do ar. No presente trabalho as plantas eram fertirrigadas, portanto, a queda de produtividade em 2014 se deveu possivelmente às altas temperaturas. Também Santini et al. (2015), considerando as altas temperaturas na copa dos cafeeiros, observaram que a fotossíntese, na maior parte do tempo (em 2014), operou em taxas insatisfatórias e que em certos momentos foi negativa. Esses mesmos autores ainda comentam que, nessas condições, o ganho de carbono é suficiente apenas para a manutenção da planta viva, prejudicando o crescimento da planta e o enchimento dos frutos. A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese e também provoca elevação das taxas de respiração (TAIZ; ZEIGER, 2004). Com o aumento da temperatura, também se acelera o processo de evapotranspiração, causando diminuição na disponibilidade de água no solo e, conseqüentemente, podem reduzir a umidade relativa do ar e prejudicar a produção agrícola, (PRIMAVESI et al., 2007). A situação geográfica do território brasileiro é favorável à ocorrência de episódios de seca, e que este fenômeno não constitui propriamente uma surpresa, devendo antes ser encarado como um elemento climático de determinada frequência no sentido de que já ocorreu no passado e ocorrerá no futuro (MENESES et al., 2006). O estresse térmico faz com que muitas proteínas, que funcionam como enzimas ou componentes estruturais, tornem-se estendidas ou mal dobradas, levando assim, à perda da estrutura e da atividade enzimática (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tais informações podem explicar a queda de produtividade dos cafeeiros em todos os tratamentos (doses de fertilizantes) na safra de 2014, pois ainda que neste experimento as plantas tenham sido irrigadas, as altas temperaturas possivelmente comprometeram a produtividade e o rendimento dos grãos. Aliado a isto, Matiello et al. (2015) verificaram efeito negativo de altas temperaturas na característica tamanho dos frutos de café, ou seja, foi necessário maior quantidade de frutos colhidos para se obter uma saca de café beneficiada. No presente trabalho, no ano de 2014 foi necessário mais de 600 litros de café da lavoura (no momento da colheita) para se obter uma saca de café, valor este muito superior ao volume necessário para se obter uma saca de café nos demais anos, com consequente baixo rendimento de frutos.

Já na outra situação em que se forma a lavoura sem a restrição de nutrientes no primeiro ano (experimento 2), seguindo a recomendação para cafeicultura de sequeiro, os resultados independem do ano de colheita, e em uma média de 3 colheitas, a maior produtividade estaria acima do intervalo de adubação testado. Possivelmente, o plantio e condução da lavoura com nutrição correta durante o ano de formação, possibilitaram às plantas maior tolerância aos efeitos das altas temperaturas, como observadas em 2014, não apresentando, porém, queda de produtividade naquele ano. Assim, na cafeicultura é desejável que se utilize tecnologias adequadas desde a formação da lavoura como: cultivares recomendadas para a região, mudas saudáveis e vigorosas, escolha e preparo da área para o plantio, implantação de quebra-ventos e condução adequada das plantas na fase de formação (PINTO et al., 2013), pois estas influenciam as lavouras durante todo o período produtivo.

A produtividade crescente (característica de lavouras em crescimento) a partir do primeiro ano de produção, não ocorreu nesse experimento, com uma queda de produtividade em 2015, possivelmente causada por temperaturas elevadas (acima da média histórica) em 2014, causando sérios danos, como queda na fotossíntese e translocação de carboidratos, murcha e queda de folhas, seca dos ponteiros, morte de raízes, queda no número e no rendimento de colheita, dentre outros (SANTINI et al., 2015). As altas temperaturas observadas em 2014, possivelmente afetaram negativamente o crescimento dos ramos plagiotrópicos e o desenvolvimento reprodutivo para o próximo ano. Essas interferências negativas podem ter ocorrido ainda na safra de 2014, sem, contudo, alterar a tendência de aumento de produtividade em relação a 2013 (porém, ocorrendo crescimento da produtividade aquém do normal para lavouras cafeeiras). No entanto, em 2015, as altas temperaturas de 2014 foram suficientes para causar queda de produtividade, apesar da tendência natural de

alta. Grisi (2008) relata que a ocorrência de altas temperaturas é uma das condições que mais limitam o cafeeiro, principalmente pelas restrições que impõem a fixação fotossintética do carbono.

O rendimento do café da lavoura, que é representado pelo volume (litros) de café no momento da colheita, necessário para produzir uma saca de 60 kg de café beneficiado é outro ponto a ser levado em consideração, principalmente quando se trabalha com nutrição e manejos como a irrigação.

No presente trabalho, em que se avaliou 4 safras com as adubações diferentes do plantio, até a última colheita realizada (experimento 1), é possível notar uma diferença de rendimento em apenas um ano, 2014, sem interferência das doses, mas acredita-se que esta diferença não está relacionada aos tratamentos e sim a fatores climáticos. Martins et al. (2015) constataram que um dos principais fatores que influenciam as safras em condições de estresse é a temperatura do ar na região de cultivo das lavouras. Santini et al. (2015) também constataram que a fotossíntese, na maior parte do tempo, opera em taxas insatisfatórias e em certos momentos negativa, sobrando muito pouco, ou quase nada, para o crescimento da planta em condições de altas temperaturas. No presente trabalho foi observada queda também no rendimento (litros colhidos para se obter uma saca de 60 kg de café beneficiado) possivelmente devido às altas temperaturas do período.

Quando se trata de lucros e retorno (QUADRO 1 e 2), Oliveira et al. (2016), trabalhando com custos de aplicação de fertilizantes NPK em lavouras irrigadas, observaram que a produção máxima foi alcançada com a aplicação do fertilizante no nível de 145,57% da recomendação padrão (para lavouras de sequeiro) e produtividade ótima econômica ocorreu com a aplicação no nível de 118,12% quando comparada a adubação para cafeicultura de sequeiro. Tal resultado corrobora com o presente trabalho no qual as produtividades mais altas são encontradas em níveis de adubação acima do recomendado, sendo que os maiores lucros para o cafeicultor nem sempre estão na maior produtividade.

Falando-se em perdas de produtividade, conseqüentemente se remete a perdas de receitas e aumento de custos, como se pode observar no Quadro 1, onde as doses de fertilizantes foram aplicadas já no plantio da lavoura.

Adubando o café irrigado com 130% do recomendado para a cafeicultura de sequeiro, dose esta que possibilitou maior produtividade (62,11 sacas . ha<sup>-1</sup>), obtém-se R\$25.092,44 com a venda da produção (considerando R\$404,00 como preço de venda do café). Neste caso, o valor gasto com fertilizantes foi de R\$4812,46, ou seja, obteve-se uma diferença de

R\$20.279,98, fazendo o mesmo cálculo para lavouras fertirrigadas com 100% da recomendação, a produtividade cai para 59,94 sacas . ha<sup>-1</sup> , gerando R\$24.215,76 como valor da produção e um gasto de R\$3.701,90 com fertilizantes. Apesar de menor produtividade, a diferença entre receita e despesa com fertilizantes aumenta para R\$ 20.513,86 (R\$236,98 a mais), ou seja, a dose de 100% parece estar mais próxima da Produtividade Máxima Econômica (PME).

No caso das adubações feitas em excesso, os prejuízos parecem ainda maiores, ou seja, com 160% da recomendação a produtividade cai para 53,69 sacas . ha<sup>-1</sup> , gerando R\$21.690,76 como valor da produção e um gasto de R\$5.923,04 com fertilizantes. Ou seja, com um gasto de 60% a mais de fertilizantes em relação ao tratamento de 100% (com possível maior PME), perde-se ainda R\$4.746,14 por hectare, ou seja, 23,14% no valor da produção.

Em outro caso, quando o produtor formou a lavoura no primeiro ano sem nenhum tipo de restrição nutricional, o comportamento é semelhante, porém, com produtividades menores (QUADRO 2).

Quando se aduba o café irrigado com 130% do recomendado para o cultivo em sequeiro, dose esta que possibilitou uma produtividade 41,48 sacas . ha<sup>-1</sup>, obtém-se R\$16.7575,92 com a venda da produção. Neste caso, o valor gasto com fertilizantes foi de R\$4812,46, ou seja, obteve-se uma diferença de R\$11.945,46, maior receita encontrada no trabalho, possivelmente a dose de 130% está mais próxima da produtividade máxima econômica (PME).

Levando em consideração a maior produtividade 43,56 sacas . ha<sup>-1</sup> que foi obtida nas parcelas que receberam 160% de adubo, foi gerado R\$17698,24 como valor da produção e um gasto de R\$5.923,04 com fertilizantes. Ou seja, com um gasto de 30% a mais de fertilizantes em relação ao tratamento de 130% (com possível maior PME), perde-se ainda R\$170,26 por hectare, ou seja, 1,6% no valor da produção. Fazendo o mesmo cálculo para lavouras fertirrigadas com 100% da recomendação, a produtividade cai para 36,61 sacas . ha<sup>-1</sup> , gerando R\$11.088,54 como valor da produção e um gasto de R\$3.701,90 com fertilizantes. Ou seja, com uma economia de 30% de fertilizantes em relação ao tratamento de 130% (com possível maior PME), perde-se R\$856,92 por hectare, a economia de 30% na quantidade aplicada de fertilizantes leva a uma perda de 17,8% no valor da produção.

Santinato e Fernandes (2002) sugerem um acréscimo de 30% na adubação para a cafeicultura irrigada, valor este, semelhante aos encontrados no presente trabalho, que proporcionaram melhores produtividades e lucros.

Pinto et al. (2017), trabalhando na condição do cerrado, também mostram uma boa resposta em relação aos gastos quando se utiliza a 400 kg de N por ha, onde a redução do custo ficou em 33% sem danos na produtividade, trabalho este que corrobora com a afirmativa de que a aplicação de nutrientes nas doses adequadas gera maior lucro para o cafeicultor. Segundo Bliska et al. (2009), o custo de insumos para a produção de uma saca de café gira em torno de R\$85,87, incluindo a adubação, sendo que em preços atuais equivale a aproximadamente 21% do custo, porém, quando se analisa apenas o uso de fertilizantes a proporção é ainda menor. Reis et al. (2001) mostram que entre os custos variáveis, com um peso de 14,29% no custo de produção da cafeicultura com produtividade de até 20 sacas por hectare, foi composto principalmente pelo fertilizante formulado NPK (8,44%), micronutrientes (0,73%), matéria orgânica (0,52%) e grupo fungicida inseticida-acaricida-herbicida (3,52%), o que torna ainda mais barato o ajuste de adubações para a cafeicultura que representam pouco no custo de produção, mas podendo gerar maiores produtividade como mostrado no presente trabalho.

## 5 CONCLUSÕES

Quando se varia o nível de adubação desde o plantio das mudas em campo, maiores produtividades são alcançadas (quatro primeiras safras), em lavouras que receberam níveis de adubação entre 116% e 131% do recomendado para lavouras de sequeiro.

Quando a lavoura cafeeira é implantada com 100% da recomendação para cafeicultura de sequeiro, maiores produtividades poderão ser alcançadas se os níveis de adubação superarem 160% nos anos subsequentes, porém, o incremento de produtividade é pequeno acima de 130%.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, L. A. Efeito da seca sobre o armazenamento de água no solo para 2014 e impactos futuros sobre as plantas. Fundação Procafé – Equipe técnica de monitoramento climatológico e de alerta fitossanitário. **Rede Social de Café**, 25 de março de 2014. Disponível em: <  
[http://www.redepeavirus.com.br/redes/form/post?topico\\_id=51014&pag=1&order=>](http://www.redepeavirus.com.br/redes/form/post?topico_id=51014&pag=1&order=>). Acesso em: 05 abr. 2019.
- BLISKA, F. M de M. et al. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. Embrapa Café-Artigo em periódico indexado (ALICE). **Informações Econômicas**, SP, v. 39, n. 9, set. 2009.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- CLEMENTE, F. M. V. T.; 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**, v. 3, n. 1, p. 47-57, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café – quarto levantamento**, dezembro de 2018. Disponível em: <  
<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. >. Acesso em: 30 maio 2019.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.
- GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 564-570, 2007.
- GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café “catuaí” e “siriema” submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, nov./dez., 2008, 1730-1736.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.
- MARTINS, E.; APARECIDO, L. E. D. O.; SANTOS, L. P. S.; MENDONÇA, J. M. A. D.; SOUZA, P. S. D. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v.10, n.4, 2015, 2015.
- MATIELLO, J. B. et al. Redução no tamanho dos frutos de café na safra cafeeira de 2015. In: CONGRESSO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 41., 2015. Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 2015.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento intrínseco: critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. *Informações Técnicas. O Agrônomo*, Campinas, v. 55, n. 2, 2003.

MENESES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M; LIMA M. M. A.; VIDAL, M. S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072, 2006.

OLIVEIRA, D. H. de et al. Margem de lucro proporcionada pela aplicação de um fertilizante NPK em diferentes níveis em cafeeiros irrigados. *Coffee Science*, Lavras, v. 11, n. 4, p. 467-474, out./dez. 2016.

PINTO, C. G.; GUIMARAES, R. J.; VILLELA, G. M.; SCALCO, M. S. Faixas Críticas de Teores Foliares de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para o Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Fertirrigado para o Primeiro Ano Pós-plantio. *Coffee Science*, v. 8, p. 530-538, 2013.

PINTO, V. M. et al. Excessive use of nitrogen causes monetary loss for coffee growers in the Cerrado. *Coffee Science*, v. 12, n. 2, p. 176-186, 2017.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 213 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

REIS, R. P. et al. **Custos de produção da cafeicultura no sul de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2001.

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

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. Uberaba-MG: ASSOCAFE, 2012. 388 p.

SANTINI, P. T. et al. Mapeamento da temperatura e taxas fotossintéticas no dossel do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015. **Anais...** 2015.

SCALCO, M. S. et al. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. *Coffee Science*, Lavras, v. 6, n. 3, p. 193-202, 2011.

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

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

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; SOARES, A. A. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2005.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 613-643.

VILLELA, G. M.; GUIMARAES, R. J.; PINTO, C. G.; SCALCO, M. S.; SALES JUNIOR, J. C.; CAMILO, W. R.; ALVES, G. Faixas Críticas de Teores Foliares de Macronutrientes Primários para Cafeeiros Fertirrigados em Formação. **Coffee Science**, v. 10, p. 271-279, 2015.

WANG, W. X.; VINOCUR, B.; SHOSEYOV, O.; ALTMAN, A. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. **Acta Horticulturae**, v. 560, p. 285-292, 2001.

### **CAPÍTULO 3 CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS FERTIRRIGADOS COM DIFERENTES DOSES DE N, P e K, APÓS A RECEPA**

#### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o crescimento e a produtividade de cafeeiros fertirrigados com diferentes níveis de adubação com N, P e K, desde o plantio ou após o primeiro ano de implantação, em lavouras submetidas à poda do tipo recepa baixa sem pulmão. Os experimentos foram conduzidos em Lavras - MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As lavouras foram implantadas em março de 2010 e conduzidas com diferentes níveis de adubação: a) no experimento 1, com aplicação dos tratamentos (diferentes níveis de adubação), já no primeiro ano pós plantio; b) no experimento 2, com adubação recomendada para cafeicultura de sequeiro no primeiro ano pós plantio e com aplicação dos tratamentos (diferentes níveis de adubação) somente após o segundo ano pós plantio. Em 2015, realizou-se a poda do tipo recepa baixa sem pulmão, nas plantas dos dois experimentos. De setembro de 2017, até maio de 2018, foram realizadas as avaliações de crescimento, avaliações fisiológicas e avaliação da produtividade (2018). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco níveis de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), correspondentes a 10%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão (100%) recomendada para cafeicultura de sequeiro, com 4 repetições, perfazendo 20 parcelas em cada experimento (40 parcelas no total). As parcelas foram compostas por três linhas de 8 plantas totalizando 24 plantas, sendo as 6 plantas centrais consideradas úteis. O crescimento do cafeeiro irrigado após recepa baixa foi linear crescente, independentemente do nível de adubação. A produtividade do cafeeiro fertirrigado submetido à recepa baixa foi maior na dose de 129,5% de nitrogênio, fósforo e potássio, chegando a 92,6 sacas de 60 quilos por hectare.

**Palavras-chave:** Café. Poda. Nutrição. Fertirrigação.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth and productivity of coffee fertigated with different levels of N, P and K, since planting or after the first year of implantation, in crops submitted to pruning. The experiments were conducted in Lavras, state of Minas Gerais, in the Coffee Sector of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras (UFLA). Coffee plants were planted in March 2010 and different levels of fertilization were applied: a) in Experiment 1, different levels of fertilization were applied in the first year after planting; b) in Experiment 2, different fertilization levels were applied only after the second year after planting, using recommended fertilization doses for upland coffee cultivation. In 2015, pruning was performed on plants from both experiments. From September 2017 until May 2018, growth evaluations, physiological and productivity evaluations were performed (2018). A completely randomized block design with four replications was used. The treatments consisted of five levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) fertilization, corresponding to 10%, 70%, 100%, 130% and 160% of the recommended standard fertilization (100%) for upland coffee growing. Four repetitions were used, totaling 20 plots in each experiment (40 plots in total). The plots were composed of three rows of eight plants totaling 24 plants, in which the six central plants considered useful. The growth of fertigated coffee after low reception increased linearly, regardless of the fertilization level. The productivity of fertigated coffee under pruning was higher at 129.5% of N, P and K, reaching 92.6 bags of 60 kilos per hectare.

**Keywords:** Coffee. Pruning. Nutrition. Fertigation.

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada tem grande expressão no Brasil, com uma área de 230 mil hectares, sendo responsável pela produção de quase 30% de todo o café produzido no país (CONAB, 2019).

Porém, grande parte das recomendações de adubação destas lavouras se baseia na recomendação de lavouras de sequeiro, não sendo suficiente para atender ao potencial de produtividade das lavouras irrigadas. Assim, a produtividade destas lavouras fica prejudicada por falta de nutrientes. Segundo Sobreira et al. (2011), as lavouras irrigadas apresentam maior crescimento que as lavouras cultivadas em regime de sequeiro, justificando, portanto, o estudo de ajustes da adubação que hoje ainda é utilizada para a cultura do café irrigado.

É grande a importância realizar trabalhos para a nutrição adequada das lavouras irrigadas, pois além de prejuízos na produtividade e qualidade dos frutos, conseqüentemente haverá aumentos do custo de produção. A adição de qualquer nutriente no solo, mesmo que em quantidades adequadas, pode causar um desequilíbrio de outros nutrientes, pelo fato de alterarem a composição da solução e promoverem modificações nos equilíbrios químicos entre as fases, sólida e líquida (ERNANI et al., 2007).

A renovação de lavouras irrigadas é mais frequente pelo fato de seu maior crescimento em relação as lavouras de sequeiro, como constatado por Sobreira et al. (2011), portanto, ao se recomendar o plantio de lavouras cafeeiras em sistema irrigado deve-se prever a intervenção pelo uso de podas (MATIELLO et al., 2010). Principalmente quando se utiliza o sistema de plantio adensado, as podas são mais requeridas, pois garantem a arquitetura das plantas e evitam o autossombreamento evitando a perda de ramos plagiotrópicos e garantindo a produtividade da lavoura (THOMAZIELLO et al., 2000).

Quando se decide recuperar uma lavoura por meio de poda do tipo recepa baixa, o cafeicultor deve se lembrar de que as produtividades significativas somente voltarão a ocorrer depois de cerca de 3 anos. Ou seja, o primeiro ano após a poda será apenas para crescimento de ramos e a produtividade significativa voltará a acontecer apenas no terceiro ano (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e a produtividade de cafeeiros fertirrigados com diferentes níveis de adubação com N, P e K, em lavouras submetidas à poda do tipo recepa baixa sem pulmão.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área experimental**

Os dois experimentos foram conduzidos em Lavras - MG, no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), a 910 metros de altitude. As lavouras foram implantadas em março de 2010 e conduzidas com diferentes níveis de adubação.

No período de março de 2010 até agosto de 2015, estabeleceu-se as faixas críticas de macronutrientes para lavouras fertirrigadas, produtividade (curvas de produção em função da adubação diferenciada), qualidade de bebida, alterações anatômicas e análises econômicas (PINTO et al., 2013; VILLELA et al., 2015).

A partir da poda de recuperação por recepa baixa (sem pulmão), em agosto de 2015, e daí até julho de 2017, buscou-se avaliar o crescimento das plantas em relação aos tratamentos aplicados nos dois experimentos.

Em nova fase, a partir de setembro de 2017 até maio de 2018, as avaliações de crescimento foram feitas com o intuito de realizar o presente trabalho, onde foram coletados dados de crescimento, alguns dados fisiológicos e a produtividade (avaliando-se a primeira produtividade após a recepa feita em 2015).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho-escuro distroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). As amostras para análise química e física foram coletadas nas camadas de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm de profundidade, e os resultados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde foram instalados os experimentos.

Tabela	0-20 cm	20-40 cm	Característica	0- 20 cm	0- 20-40 cm
pH (H <sub>2</sub> O)	5,5	5,2	Ca - T%	39,18	23,36
P-rem - (mg L <sup>-1</sup> )	23,48	14,87	K - T%	2,87	1,64
P - (mg.dm <sup>-3</sup> )	76,08	10,43	V - (%)	51,2	28,9
K - (mg.dm <sup>-3</sup> )	108	58	m - (%)	2,23	7,76
Ca - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,77	2,12	Matéria org. - dag.kg <sup>-1</sup>	3,84	3,28
Mg - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,88	0,35	Zn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
Al - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,40	Fe - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
H + Al - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,70	6,44	Mn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
T - (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	9,62	9,06	Cu - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-
Mg - T%	9,12	3,89	B - (mg.dm <sup>-3</sup> )	-	-

Fonte: Do autor (2019).

Os experimentos foram implantados em março de 2010, com mudas de cafeeiro da cultivar Topázio MG-1190, com espaçamento de 60 centímetros entre plantas na linha e 2 metros entre linhas de plantio. Cada parcela consta de três linhas de 8 plantas totalizando 24 plantas (28,8 m<sup>2</sup>), sendo 6 plantas na parcela útil. As plantas foram submetidas à poda tipo ‘recepta baixa’ ou ‘sem pulmão’, a 30 cm do solo, no mês de agosto de 2015. Foram conduzidos dois experimentos distintos:

- a) No primeiro experimento, em que a lavoura foi formada com diferentes níveis de adubação (em relação à recomendação padrão) até a recepta, desde sua formação (primeiro ano), sendo que os tratamentos continuaram variando após a poda. Ou seja, busca-se quantificar as alterações em crescimento, fisiológicas e produtividade, ocasionadas pelos manejos distintos de adubação, desde sua formação, e continuando com os mesmos níveis de adubação após a recepta;
- b) No segundo experimento as adubações foram de 100% da recomendação até o primeiro ano após a implantação, e a partir daí, os diferentes níveis de adubação foram implementados até a recepta e continuaram após a poda. Nesse caso, busca-se quantificar as alterações em crescimento, fisiologia e produtividade, no caso de se continuar os manejos com diferentes níveis de adubação, porém, neste caso, a formação da lavoura foi com níveis de adubação atualmente recomendados.

As 40 parcelas (20 em cada experimento) ocupam uma área de 1.382,40 m<sup>2</sup> com 960 plantas, que foram avaliadas trimestralmente quanto ao crescimento e quanto à produtividade, em maio de 2018.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os croquis das áreas experimentais.

Figura 1 - Croquis representativo da área irrigada com o experimento lavoura que foi formada com diferentes níveis de adubação, em relação a recomendação padrão, desde sua formação (experimento 1).

		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Bordadura	1° exp				
<b>Tratamento</b>		6 3	5 4	4 1	5 1
Bordadura					
Bordadura					
<b>Tratamento</b>		4 1 5 1	6 3	5 3 6	3 4 6
Bordadura					

Figura 2 - Croquis representativo da área irrigada com o experimento onde as adubações foram de 100% da recomendação até o primeiro ano após o ano de implantação, com variação dos níveis de adubação a partir daí (experimento 2).

		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Bordadura	2° exp.				
<b>Tratamento</b>		5 6	4 6 1	6 1	5 4 1
Bordadura					
Bordadura					
<b>Tratamento</b>		1 3 4 5 3	6 4 5 3	4 5 3	6 3
Bordadura					

Fonte: Do autor (2019).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco níveis de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), correspondentes a 10%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão (100%) recomendada por Guimarães et al. (1999), para lavoura de sequeiro.

Para proceder aos cálculos de adubação, em outubro de cada ano, realizou-se as amostras de solo de 0-20 cm nas parcelas de 100%, e para fins de cálculos utilizou-se como base para a recomendação, a dose proposta por Guimarães et al. (1999).

Os fertilizantes contendo nitrogênio, fósforo e potássio foram aplicados via fertirrigação em doze parcelamentos iguais, conforme sugerido por Sobreira et al. (2011), Nitrogênio, fósforo e potássio foram fornecidos na forma de ureia (45% de N), MAP purificado (60% de  $P_2O_5$  + 11% de N) e nitrato de potássio (12% de N + 43% de  $K_2O$ ).

O sistema de fertirrigação nos experimentos 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. Os gotejadores (vazão nominal de  $3,8 \text{ L.hora}^{-1}$ ) foram espaçados de 30 em 30 cm na linha, formando uma faixa molhada ao longo da fileira de plantas. O controle da irrigação foi feito por meio de dados climatológicos diários monitorados por uma estação meteorológica cadastrada no INMET localizada próxima ao Departamento de Ciência do Solo nas proximidades da área do experimento.

As fontes de nutrientes foram: ureia (N), MAP purificado (P), nitrato de potássio (K). Os micronutrientes foram aplicados somente em pulverizações e sem variações de doses, conforme recomendações de Guimarães et al. (1999).

## **2.2 Avaliações de crescimento**

As avaliações de crescimento foram realizadas em três épocas do ano, sendo setembro, janeiro e maio (antes da colheita), avaliando-se: número de ramos plagiotrópicos primários (contados a partir do ramo ortotrópico); comprimento e número de nós no ramo plagiotrópico primário marcado e; altura das plantas em centímetros.

## **2.3 Avaliação fisiológica**

Com o auxílio de um analisador de trocas gasosas no infravermelho (IRGA LCA-4 ADC Hoddesdon, UK) foram avaliadas a condutância estomática, transpiração, taxa fotossintética e eficiência no uso da água, no período entre 08h30min e 10h30min, sendo que a densidade de fótons de fluxo fotossinteticamente ativos é fixada na câmara do aparelho para  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . As análises foram feitas em uma planta de cada tratamento, no mês de setembro de 2017, por ocasião do início da florada do cafeeiro.

Os índices de clorofila A, B e Total foram medidos com o auxílio de um clorofilômetro portátil, medido após as avaliações de crescimento.

#### **2.4 Avaliações em pós-colheita**

Para a avaliação da produtividade, realizou-se a colheita em cada parcela separadamente, quando os frutos se apresentavam, em média, 10% em estágio verde e 90% em estágio maduro ou passa. Os frutos foram colhidos somente nas plantas úteis das parcelas, sobre panos apropriados, e desses frutos, foi retirada uma amostra de 5 litros para secagem em terreiro e, posteriormente, se fazer outras avaliações como peso e volume após a seca até 11% de umidade.

Essas amostras foram então colocadas sobre peneiras quadradas de 50 cm por 50 cm de dimensão e secadas ao sol até umidade média de 11%. Após a secagem, foram levadas imediatamente para o descascamento, quando foram novamente pesadas e medidas (em litros), para se obter o peso e volume da amostra beneficiada.

Com obtenção dos pesos das amostras beneficiadas e com o volume inicial das amostras recém-colhidas foi possível obter os valores da produtividade (sacas por hectare), rendimento (litros de café no momento da colheita para produzir uma saca de 60 kg) e renda (quantidade em quilos de café em coco necessários para se ter 60 quilos de café beneficiado) por parcela.

#### **2.5 Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos às pressuposições da ANOVA, verificando a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk.

Posteriormente, realizou-se a análise de variância, com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade. Quando significativo os dados foram submetidos à análise de regressão que melhor explique os resultados. Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software R (R CORE TEAM, 2019).

### 3 RESULTADOS

Os resultados a seguir se referem às variáveis significativas ao nível de 10% de probabilidade pelo teste F.

#### 3.1 Experimento 1: Aplicação dos tratamentos (diferentes níveis de adubação) já no primeiro ano pós plantio, desde a implantação da lavoura

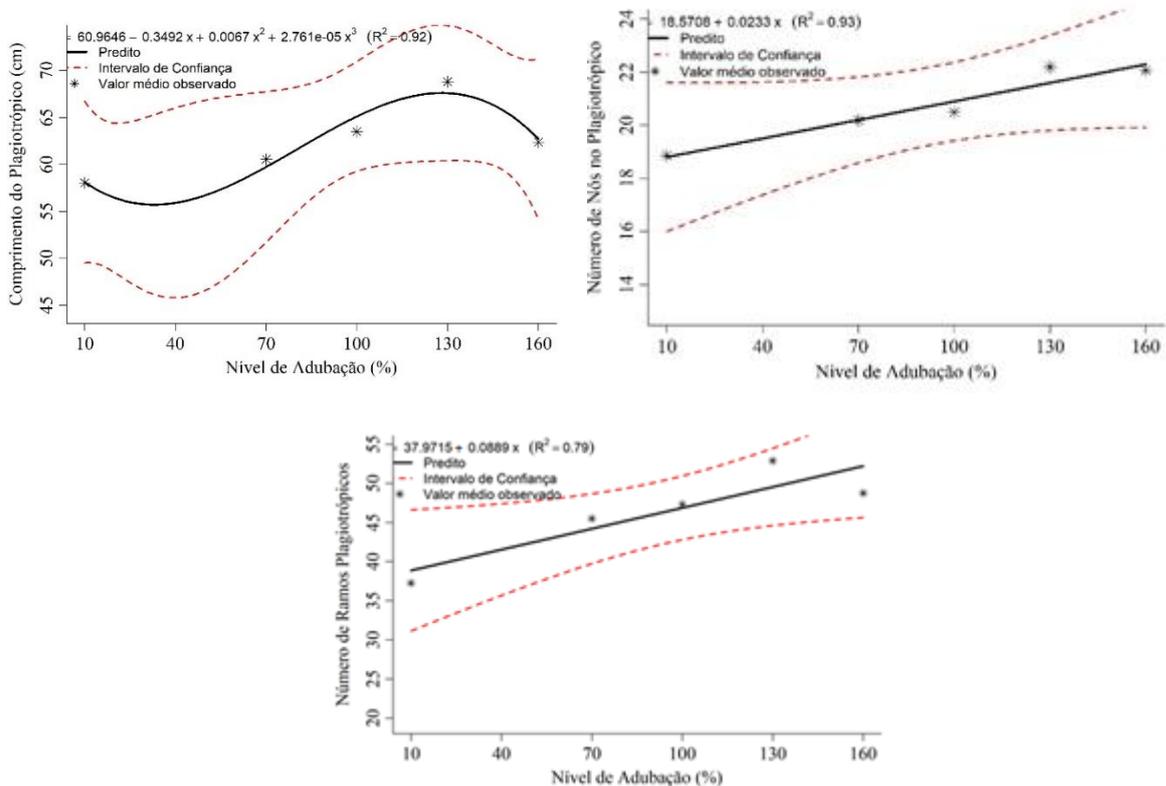
Avaliando-se o crescimento das plantas em setembro de 2017, verificou-se que o comprimento de ramos plagiotrópicos, número de nós no ramo plagiotrópico, número de plagiotrópico, foram influenciados pelos níveis de fertilizantes aplicados (APÊNDICE A).

O comprimento de ramos plagiotrópicos foi influenciado pelo nível de adubação seguindo um comportamento de terceiro grau com ajuste de 92%, com um ponto mínimo de crescimento no nível de 25,96% de adubação e aumentando até um ponto máximo de 135,8% da adubação, quando alcançou o comprimento máximo do ramo plagiotrópico de 67,37cm (FIGURA 3).

Quando se avaliou o número de nós do ramo plagiotrópico observou-se um comportamento linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o número de nós, partindo de 18,8 nós a 10% da adubação padrão e chegando-se a 22,29 nós com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,23 nós nos ramos plagiotrópicos, a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 3).

Na avaliação do número de ramos plagiotrópicos existentes nas plantas de cafeeiro, observou-se a mesma tendência linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o número de ramos plagiotrópicos, partindo de 38,86 ramos a 10% da adubação padrão e chegando-se a 52,19 ramos com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,88 no número dos ramos plagiotrópicos a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 3).

Figura 3 - Crescimento do cafeeiro sob diferentes níveis de adubação em setembro/2017 no experimento 1, UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

Percebe-se, portanto, que o crescimento das plantas de cafeeiro foi muito influenciado pelo nível de adubação nas avaliações de setembro/2017, com diferenças de 11,43 cm no comprimento de ramos plagiotrópicos (16,8% de variação), 3,49 nós (15,6 % de variação) e 13,33 ramos plagiotrópicos por planta (25,5% de variação), entre os piores e os melhores níveis de adubação. Ressalta-se que o efeito dos diferentes níveis de adubação desde o período de formação das plantas e continuando com os mesmos tratamentos após recepa. Ou seja, a adubação em níveis adequados interfere tanto na formação quanto na recuperação das plantas após recepa.

Quando se avaliou o crescimento das plantas de cafeeiro em janeiro de 2018, verificou-se que os níveis de adubação utilizados influenciaram na altura de plantas, comprimento do ramo plagiotrópico, número de nós no ramo plagiotrópico e número de ramos plagiotrópicos (APÊNDICE A).

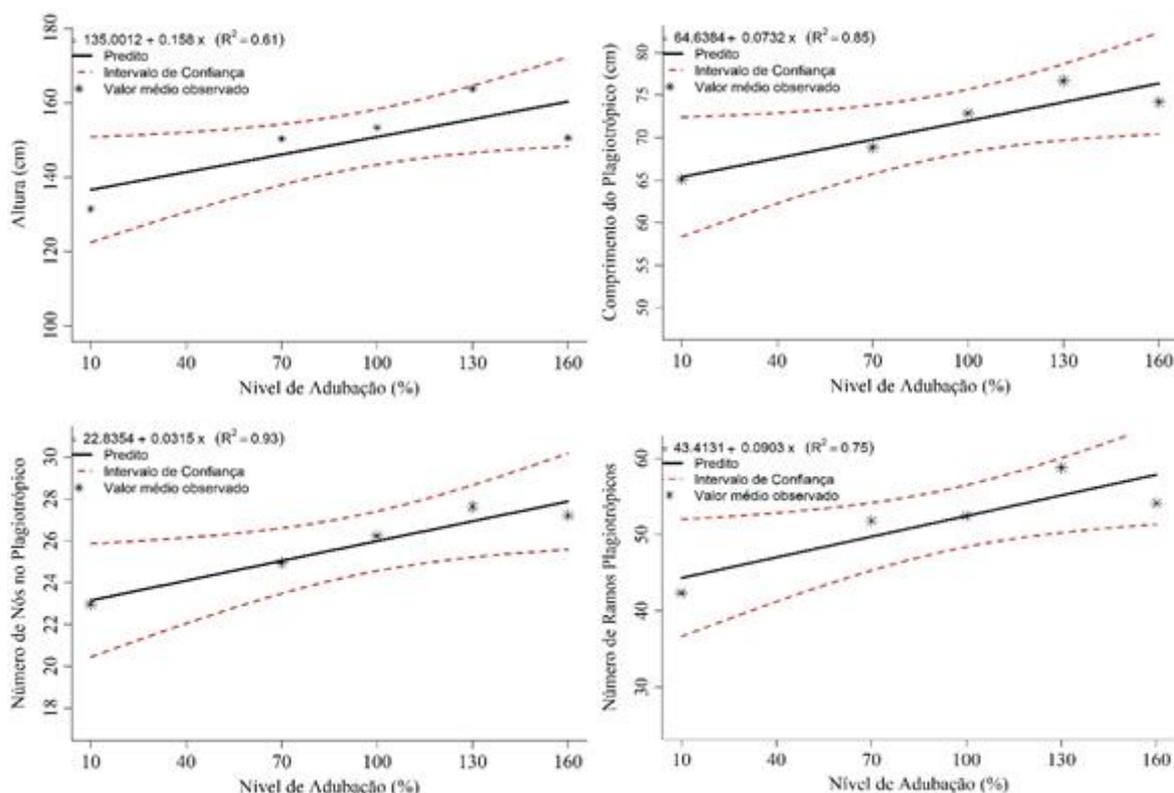
Ao avaliar a altura das plantas, observou-se um comportamento linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava a altura das plantas, partindo de 136,58 cm a 10% da adubação padrão e chegando-se a 160,28 cm com um nível

de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 1,58 cm na altura, a cada 10% que se aumentava no nível de adubação, para o comprimento dos ramos plagiotrópicos, observou-se um comportamento também linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o comprimento dos ramos plagiotrópicos, partindo de 65,37 cm a 10% da adubação padrão e chegando-se a 76,35 cm com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,73 cm no comprimento dos ramos plagiotrópicos, a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 4).

No número de nós do ramo plagiotrópico observou-se um comportamento linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o número de nós, partindo de 23,15 a 10% da adubação padrão e chegando-se a 27,87 nós com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,31 no número de nós dos ramos plagiotrópicos, a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 4).

Na avaliação do número de ramos plagiotrópicos existentes nas plantas de cafeeiro, observou-se a mesma tendência linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o número de ramos plagiotrópicos, partindo de 44,31 ramos a 10% da adubação padrão e chegando-se a 57,86 ramos com um nível de 160% da adubação padrão. (FIGURA 4). Ou seja, as plantas cresciam em média 0,90 no número dos ramos plagiotrópicos a cada 10% que se aumentava no nível de adubação.

Figura 4 - Crescimento do cafeeiro sob diferentes níveis de adubação em janeiro/2018 no experimento 1. UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

Percebe-se, portanto que o crescimento das plantas de cafeeiro foi muito influenciado pelo nível de adubação nas avaliações de janeiro/2018, com diferenças de 23,7cm na altura de plantas (14,7% de variação), diferenças de 10,98 cm no comprimento de ramos plagiotrópicos (14,3% de variação), 13,55 ramos plagiotrópicos por planta (23,4 de variação) e diferença de 4,72nós (16,9% de variação), entre 10% e 160% (níveis de adubação) em relação a adubação padrão para lavouras de sequeiro. Mais uma vez, percebe-se o efeito positivo dos níveis de adubação mais adequados, desde o período de formação das plantas e continuando com os mesmos tratamentos após recepa. Ou seja, a adubação em níveis adequados interfere tanto na formação quanto na recuperação das plantas após recepa.

Quando se avaliou o crescimento das plantas de cafeeiro em maio de 2018, verificou-se que os níveis de adubação utilizados influenciaram na altura de plantas, comprimento do ramo plagiotrópico, número de nós no ramo plagiotrópico e número de ramos plagiotrópicos (APÊNDICE A).

Quando se avaliou a altura das plantas, observou-se um comportamento linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava a altura das

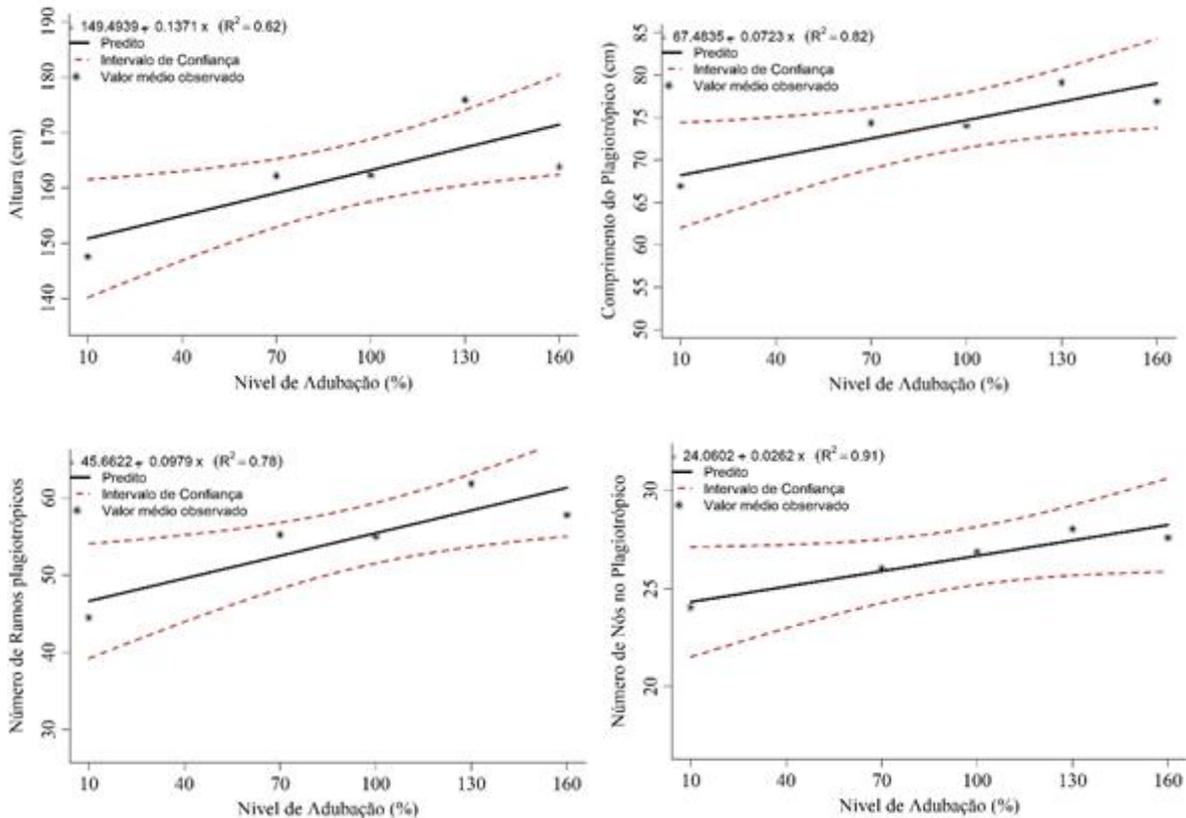
plantas, partindo de 150,86 cm a 10% da adubação padrão e chegando-se a 171,43 cm com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 1,37 cm na altura a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 5).

Quando se avaliou o comprimento dos ramos plagiotrópicos, observou-se um comportamento também linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o comprimento dos ramos plagiotrópicos, partindo de 68,2 cm a 10% da adubação padrão e chegando-se a 79,05 cm com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,72 cm no comprimento dos ramos plagiotrópicos a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 5).

Quando se avaliou o número de nós do ramo plagiotrópico observou-se um comportamento linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o número de nós, partindo de 24,32 nós a 10% da adubação padrão e chegando-se a 28,25 nós com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,26 no número de nós dos ramos plagiotrópicos, a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 5).

Na avaliação do número de ramos plagiotrópicos existentes nas plantas de cafeeiro, observou-se a mesma tendência linear crescente, ou seja, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o número de ramos plagiotrópicos, partindo de 46,64 ramos a 10% da adubação padrão e chegando-se a 61,32 ramos com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em 0,97 no número dos ramos plagiotrópicos a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 5).

Figura 5 - Crescimento do cafeeiro sob diferentes níveis de adubação em maio/2018 no experimento 1. UFLA, 2019.



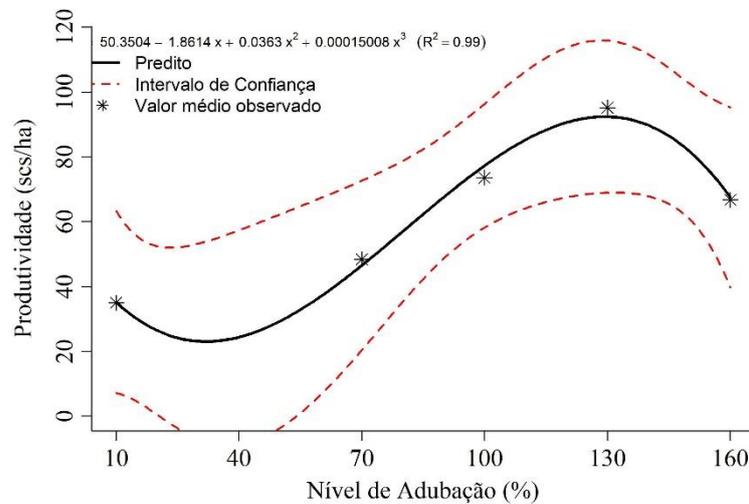
Fonte: Do autor (2019).

Percebe-se, portanto, que o crescimento das plantas de cafeeiro foi muito influenciado pelo nível de adubação nas avaliações de maio/2018, com diferenças de 20,57 cm na altura de plantas (11,9% de variação), diferenças de 10,85 cm no comprimento de ramos plagiotrópicos (13,7% de variação), 14,68 ramos plagiotrópicos por planta (23,9% de variação) e diferença de 3,92 nós (13,9% de variação), entre 10% e 160% (níveis de adubação) em relação a adubação padrão para lavouras de sequeiro.

Avaliando-se a produtividade em sacas por hectare (colheita de 2018), verificou-se que os níveis de fertilizantes aplicados influenciaram nessa característica (APÊNDICE B).

A produtividade das plantas de cafeeiro foi influenciada pelo nível de adubação seguindo um comportamento de terceiro grau com ajuste de 99%, com um ponto mínimo de 23,80 sacas por hectare, no nível de 31,9% de adubação e aumentando até um ponto máximo de 129,50% da adubação, quando alcançou 92,60 sacas por hectare (FIGURA 6).

Figura 6 - Produtividade do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação em 2018 no experimento 1. UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

Percebe-se, portanto, que a produtividade das plantas de cafeeiro foi muito influenciada pelo nível de adubação na colheita de 2018, com diferenças de 68,8 sacas por hectare (74,2% de variação), entre o ponto de mínimo e máximo produtividade em relação a adubação padrão para lavouras de sequeiro.

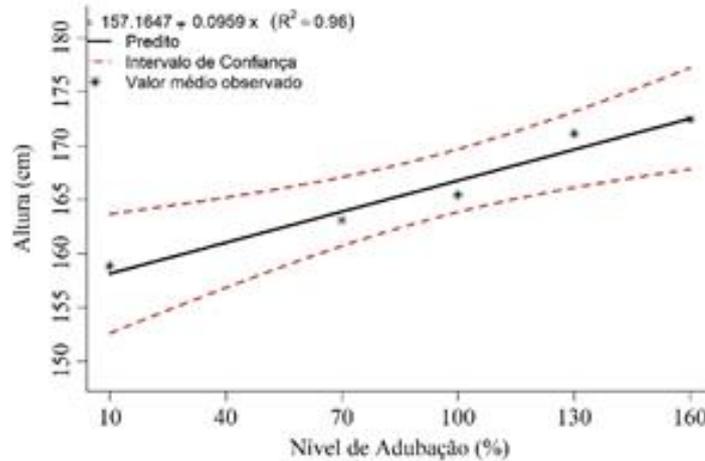
### 3.2 Experimento 2: Adubação recomendada na implantação e no primeiro ano pós plantio e com aplicação dos tratamentos somente após o segundo ano pós plantio

No experimento 2, as variações nos níveis de adubação influenciaram no crescimento das plantas de café quanto ao número de nós dos ramos plagiotrópicos na avaliação de setembro de 2017, e quanto à altura das plantas de cafeeiro na avaliação de maio de 2018 (APÊNDICE D).

No caso da influência dos níveis de adubação no número de nós nos ramos plagiotrópicos (avaliação de setembro de 2017), apesar de significativa, os dados não foram consistentes.

Quanto a influência dos níveis de adubação na altura das plantas de cafeeiro em maio de 2018, houve tendência de crescimento linear a medidas que se aumentou os níveis de adubação (FIGURA 7).

Figura 7 - Altura do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação em maio de 2018 no experimento 2. UFLA, 2019.



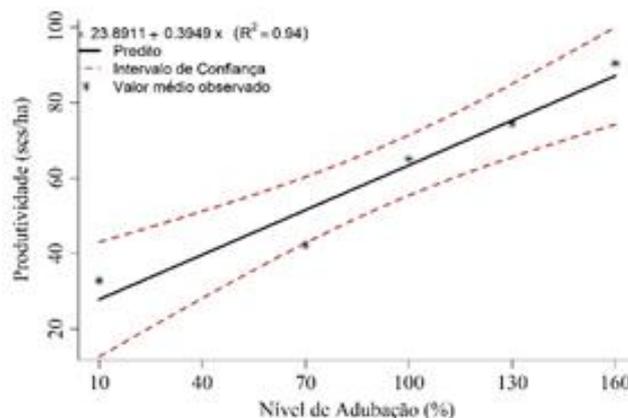
Fonte: Do autor (2019).

À medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava a altura das plantas, partindo de 158,12 cm a 10% da adubação padrão e chegando-se a 172,5 cm com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas cresciam em média 0,96 cm a cada 10% que se aumentava no nível de adubação.

Quanto as avaliações feitas em pós-colheita, apenas a variável produtividade foi significativa ao nível de 10% de probabilidade sendo submetida a análise de regressão para melhor explicar os resultados (APÊNDICE E).

À medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava a produtividade das plantas, partindo de 27,8 scs ha<sup>-1</sup> a 10% da adubação padrão e chegando-se a 87,07 scs ha<sup>-1</sup> com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas produziam em média 3,7 scs ha<sup>-1</sup> a cada 10% que se aumentava no nível de adubação (FIGURA 8).

Figura 8- Produtividade do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação no experimento 2. UFLA, 2019.

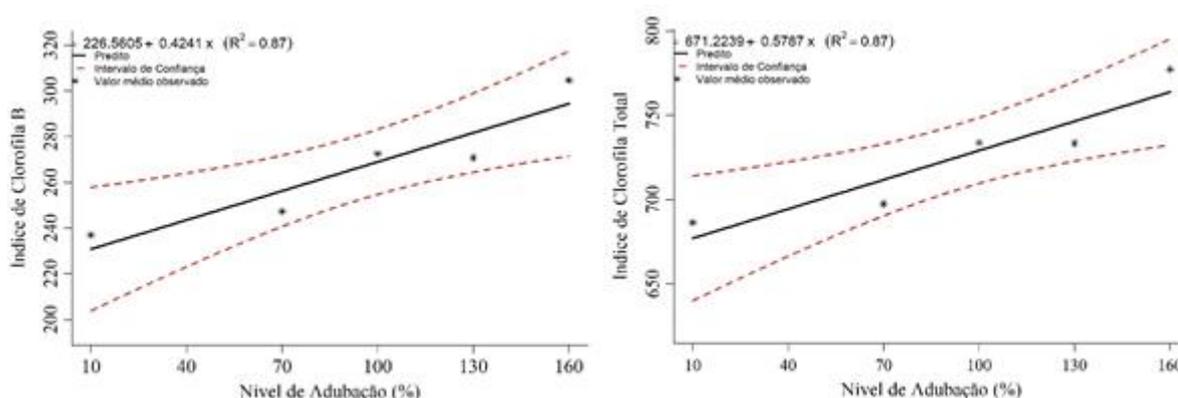


Fonte: Do autor (2019).

As variáveis fisiológicas ajudam a explicar os efeitos dos níveis de adubação no crescimento e na produtividade das plantas de cafeeiro. Neste trabalho, encontrou-se efeitos significativos dos níveis de adubação no índice de clorofila B e índice de clorofila total (APÊNDICE F).

O comportamento das plantas de café quanto a essas duas variáveis fisiológicas foi semelhante, sendo a equação de primeiro grau a que melhor explica os resultados encontrados, ou seja, a medida que se aumentou o nível de fertilizantes, maior foi o índice de clorofila B e Total nas folhas das plantas (FIGURA 9).

Figura 9 - Índice de clorofila B e índice de clorofila total do cafeeiro cultivado sob diferentes níveis de adubação em 2018 no experimento 2. UFLA, 2019.



Fonte: Do autor (2019).

À medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o índice de clorofila B nas folhas das plantas de cafeeiro, partindo do índice de 230,8 a 10% da adubação padrão e chegando-se a 294,41 com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas aumentavam em média 4,24 o índice de clorofila B nas folhas a cada 10% que se aumentava no nível de adubação.

Da mesma forma, à medida que se aumentava o nível de adubação, aumentava o índice de clorofila total nas folhas das plantas de cafeeiro, partindo do índice 677,01 a 10% da adubação padrão e chegando-se a 763,8 com um nível de 160% da adubação padrão. Ou seja, as plantas aumentavam em média 5,79 o índice de clorofila Total nas folhas a cada 10% que se aumentava no nível de adubação.

### 3 DISCUSSÕES

A disponibilidade hídrica afeta significativamente o crescimento das plantas, sendo a água, fator principal nas reações metabólicas e nos processos de transporte, translocação de foto assimilados, turgescência celular e abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2013). A irrigação também influencia o crescimento e distribuição do sistema radicular do cafeeiro irrigado por gotejamento, maior quantidade de raízes ocorre na área compreendida pelo úmido bulbo de irrigação (COVRE et al., 2015). Segundo do Martins et al. (2015) a água e a temperatura são os elementos que mais interferem na produtividade do café, no caso do presente trabalho, por se tratar de uma lavoura irrigada, não houve restrição hídrica que pudesse influenciar nas respostas obtidas pela utilização dos diferentes níveis de adubação.

A carência de estudos sobre adubação adequada de cafeeiros irrigados dificulta o manejo para uma nutrição adequada, o que pode comprometer o desenvolvimento das plantas quando conduzidas com irrigação, induzindo a uma carência ou excesso de nutrientes. O cafeeiro irrigado apresenta padrão de crescimento e produtividade diferenciados, conforme resultados obtidos em várias pesquisas (CARVALHO et al., 2006; SILVA et al., 2008; ARANTES et al., 2009; SOBREIRA et al. 2011). Com isso, os resultados observados no presente trabalho podem contribuir com os demais trabalhos desta linha de pesquisa, pois evidenciam a necessidade de ajustes na adubação de cafeeiros irrigados.

A prática de podas também precisa de uma atenção especial, pelo fato de, muitas vezes, a tomada de decisão ser equivocada. Matiello et al. (2010) ressaltam que as podas nos cafeeiros não são essenciais para a produtividade, porém, é mais uma prática no manejo dos cafezais, que deve ser aplicada de acordo com a necessidade. Thomaziello et al. (2000) relataram que a poda é uma prática indispensável e que deve ser empregada evitando-se o fechamento da lavoura, com o objetivo de renovar os cafezais por meio da eliminação dos tecidos vegetativos improdutivos e o desenvolvimento de novos ramos, propiciando aumento da luminosidade e produção.

A realização de podas em lavouras cafeeiras adultas é uma prática bem aceita pelos cafeicultores para a manutenção da capacidade produtiva, correção de problemas relacionados à arquitetura das plantas, controle de severidade de doenças, recuperação das plantas que não atendem aos aspectos técnicos e econômicos desejáveis, ou ainda, para a minimização do

efeito da alternância de produção (JAPIASSU et al., 2010; PEREIRA et al., 2007, 2013; QUEIROZ-VOLTAN et al., 2006).

Especialmente no caso do plantio adensado, as podas assumem grande importância para um manejo adequado, pois ocorrerá depauperamento dessas lavouras pelo fechamento nas linhas e entre linhas, além de que as podas podem rejuvenescer e restabelecer altas produtividades. No presente trabalho optou-se pela realização de ‘recepta baixa sem pulmão’, pelo fato de ser uma lavoura adensada com 5 anos de idade e irrigada, o que aumentou o crescimento dos cafeeiros, levando a um fechamento precoce das entrelinhas com consequente perda de ramos plagiotrópicos inferiores.

Silva et al. (2016) relatam a boa adaptação da cultivar Topázio MG-1190 às podas. Também as cultivares com elevado vigor vegetativo podem condicionar à melhor aclimação da cultivar ao ambiente de cultivo, refletindo-se em plantas com menor depauperamento frente a estresses abióticos e bióticos (CARVALHO et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2012), o que provavelmente garantiu uma boa brotação no presente trabalho. O crescimento do cafeeiro podado irrigado no presente trabalho foi em sua maioria de tendência linear, mostrando a exigência de maior quantidade de nutrientes para o crescimento de lavouras irrigadas após recepta. Tal fato pode ser explicado pela maior eficiência fotossintética alcançada pelas plantas que receberam níveis mais elevados de adubação e que apresentaram maior índice de clorofila. Livramento et al. (2002), observaram que plantas de cafeeiros com maiores teores de amido nos ramos e nos caules após a colheita proporcionam brotações mais vigorosas, mantendo maior crescimento até 12 meses depois. Em Lavras-MG, Arantes et al. (2006) analisaram o crescimento vegetativo do cafeeiro recepado em função das lâminas d’água, 0, 40, 80 e 120% do saldo positivo do balanço entre evaporação do Tanque classe A e precipitação. Dentre outros resultados, foi verificado que a lâmina de 120% proporcionou à altura de plantas e ao diâmetro de copa, ganhos de 23 e 15%, respectivamente, em relação ao tratamento não irrigado. Segundo Assis et al. (2015) a obtenção dos pontos de máximo crescimento para essa característica foi obtida com níveis de 194,81, 191,61, 185,04, 185,43, 192,28 e 189,59% da adubação de referência proposta por Guimarães et al. (1999). Esse aumento pode ser atribuído principalmente ao uso da irrigação no experimento, que promoveu maior produtividade e, conseqüentemente, maior demanda por nutrientes. Resultados semelhantes do aumento dos níveis de fertilização em cafeeiros irrigados na fase de produção foram obtidos por Costa et al. (2010). Esses resultados são diferentes dos encontrados por Sobreira et al. (2011), que afirmam, em seus trabalhos, ser possível a redução de 30% na

adubação para a formação de lavouras irrigadas em relação a adubação de sequeiro, porém, as condições experimentais foram diferentes, pois o menor nível de adubação testado por Sobreira et al. (2011) foi de 70% da dose recomendada para lavouras de sequeiro e o experimento teve duração menor (novembro de 2007 a novembro de 2009).

Os resultados lineares para crescimento das plantas de café encontradas no presente trabalho podem estar relacionados com os efeitos acumulados nas plantas que sofreram interferência dos diferentes níveis de adubação desde a formação em campo, ou seja, plantas prejudicadas em seu crescimento no início de sua formação teria menor taxa de crescimento relativo (g / g/dia) em relação às plantas com maiores níveis de adubação (FIGURAS 3, 4, 5 e 7), resultado este semelhante aos trabalhos desenvolvidos por Assis et al. (2015), que observam um maior crescimento vegetativo do cafeeiro em níveis de adubação acima do recomendado por Guimarães et al. (1999).

Quando se analisa a primeira produtividade da lavoura após a poda, os resultados foram semelhantes aos encontrados por Pinto et al. (2013), que em seu trabalho encontrou a maior produtividade no nível de adubação de 118,33%, nível esse, próximo a 129,5% da adubação de sequeiro recomendada no caso do presente trabalho, atingindo uma primeira produção de 92,6 sacos por hectare, após a recepa (FIGURA 6). Assis et al. (2014) observaram uma correlação positiva para altura de plantas e número de ramos plagiotrópicos em relação a produtividade, resultado este, diferente do encontrado no presente trabalho, pois quando se formou a lavoura com níveis de adubação variados desde o plantio, nem sempre a maior produtividade foi encontrada na parcelas de maior crescimento.

No caso de queda de produtividade após o nível de 129,5% Malavolta et al. (1997) salientam que um nutriente pode também ter efeito tóxico, caso esteja presente na planta em concentração superior à necessária. Também Winston et al. (1992) e Nazareno et al. (2003), trabalharam com o aumento nas doses de N e K<sub>2</sub>O encontrando reduções de crescimento e produtividade em maiores doses.

Já no experimento que avaliou as plantas que receberam 100% da adubação recomendada para a cafeicultura de sequeiro na formação da lavoura, o comportamento da produtividade acompanhou o crescimento da lavoura se comportando de maneira linear crescente igualando aos resultados de Assis et al. (2014). Ou seja, os resultados são semelhantes aos obtidos antes da recepa, com maiores produtividades obtidas com níveis de adubação acima de 160%, ultrapassando 87,07 scs ha<sup>-1</sup>. Resultado semelhante foi observado por Guerra et al. (2007) e Mera et al. (2011), que observaram respostas lineares da

produtividade do cafeeiro à aplicação de fósforo, observando inclusive, a interação entre regime hídrico e doses de  $P_2O_5$  em algumas variáveis de crescimento. Assis et al. (2014) correlacionam de maneira positiva a interação entre a altura de planta e produtividade, sendo as plantas mais altas, responsáveis pelas maiores produtividades. Ainda Carvalho et al. (2010) e Martinez et al. (2007) encontraram resultados semelhantes aos obtidos nesse trabalho e verificaram que a altura é uma das características que mais contribui para o aumento da produtividade.

Assis et al. (2012) também encontraram pontos de máximo crescimento acima do recomendado por Guimarães et al. (1999) sendo a maior produtividade encontrada no ponto de 179,91%.

Resultados semelhantes do aumento dos níveis de fertilização em cafeeiros irrigados na fase de produção foram obtidos por Costa et al. (2010) e também por Santinato e Fernandes (2012) que afirmam que as exigências nutricionais do café irrigado são 1,5 a 2,5 vezes maiores em relação ao café não irrigado.

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação solar em energia, sob a forma de ATP e NADPH, sendo assim, estão estreitamente relacionadas à eficiência fotossintética das plantas (STREIT et al., 2005). Elas estão presentes nos vegetais superiores nas formas a e b e são constantemente sintetizadas e destruídas em processos influenciados por fatores internos e externos às plantas. Dentre os fatores externos destaca-se o Nitrogênio, por integrar a estrutura molecular das plantas e também atuar em alguma etapa das reações que levam à síntese desses pigmentos (TAIZ; ZEIGER, 20014). Schadchina e Dimitrieva (1995) afirmaram que o teor de clorofila se relaciona com o teor de N nas plantas e Piekielek e Fox (1992) observaram que o teor de clorofila também está relacionado com a produtividade das culturas. O comportamento desta estrutura mostra a reação da planta a diversas condições de ambiente e estresse, como no presente trabalho, em que as clorofilas aumentaram juntamente com o nível de adubação, concordando com resultado de Caires e Rosolem (1999). Para Chapman e Barreto (1997) este fato é devido à presença de enzimas associadas aos cloroplastos, dentre elas, a redutase de nitrato, que regula o metabolismo do nitrogênio nas plantas.

#### 4 CONCLUSÕES

Após a recepa de cafeeiros fertirrigados que receberam os tratamentos desde o plantio, as maiores produtividades foram encontradas no nível de 129,5% da adubação recomendada para cafeicultura de sequeiro.

Após a recepa de cafeeiros fertirrigados que receberam a dose recomendada para cafeicultura de sequeiro no primeiro ano de formação, a maior produtividade foi encontrada acima do nível de 160% ultrapassando 87 scs.ha<sup>-1</sup>.

O efeito dos diferentes níveis de adubação desde o período de formação das plantas e continuando com os mesmos tratamentos após recepa interferem no crescimento, produtividade e granação dos frutos, tanto na formação, quanto na recuperação das plantas após recepa.

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, K. R. et al. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podado sob irrigação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p. 75-86, 2006.
- ARANTES, K. R.; FARIA, M. A.; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos de adubação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 2, 2009.
- ASSIS, G. A. de et al. Critical ranges for leaf nitrogen and potassium levels in coffee fertigated at the production phase1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 126-134, 2015.
- ASSIS, G. A. de et al. Correlação entre crescimento e produtividade do cafeeiro em função do regime hídrico e densidade de plantio. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.
- ASSIS, G. A. de et al. Leaf miner incidence in coffee plants under different drip irrigation regimes and planting densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 157-162, 2012.
- CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Efeitos da calagem, cobalto e molibdênio sobre a concentração de clorofila nas folhas de amendoim. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 79- 84, 1999.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- CARVALHO, A. M. de; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.
- CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89 n. 4, p. 557-562, 1997.
- COSTA, A. R. et al. Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 571-581, 2010.
- COVRE, A. M. et al. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 535-545, oct/dec. 2016.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

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

GODOY, L. J. G.; VILLAS BOAS, R. L.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Sci. Agron.**, v. 25, p. 373-380, 2003.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G. C.; TOLEDO, P. M. dos R.; RIBEIRO, L. F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Item**, v. 73, p. 52-61, 2007.

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

JAPIASSU, L. B. et al. Ciclos de poda e adubação nitrogenada em lavouras cafeeiras conduzidas no sistema “safra zero”. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 28-37, 2010.

LIVRAMENTO, D. E. et al. Influência da produção nos níveis de carboidratos e recuperação de cafeeiros após a recepagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 292, p. 737-752, 2003.

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 Fósforo, 1997. 319 p.

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

MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 481-489, 2007.

MARTINS, E. et al. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do sul de minas gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 499-506, oct/dec. 2015.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R.; **Cultura de Café no Brasil, Novo Manual de Recomendações**. MAPA: Fundação Procafé, 2010.5 46 p.

MERA, A. C.; OLIVEIRA, C. A. da S.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. **Bragantia**, v. 70, p. 302-311, 2011.

NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. D. da 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**, v. 38, p. 903-910, 2003.

- PEREIRA, S. P. et al. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 643- 649, maio/jun. 2007.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n.1, p. 59-65, 1992.
- PINTO, C. G.; GUIMARAES, R. J. ; VILLELA, G. M. ; SCALCO, M. S. . Faixas Críticas de Teores Foliares de Nitrogênio, Fósforo e Potássio para o Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Fertirrigado para o Primeiro Ano Pós-plantio. **Coffee Science**, v. 8, p. 530-538, 2013.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B. R. B. et al. Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 433-440, 2006.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.  
Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 04 abr. 2019.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. Belo Horizonte: O Lutador, 2012. 388 p.
- SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, p. 1427-1437, 1995.
- SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 387-394, 2008.
- SILVA, V. A. et al. Recuperação de cultivares de café submetidas ao esqueletamento aos quatro anos e meio de idade. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 55-64, jan. 2016.
- SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, jan. 2011.
- STREIT, N. M. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2014. 954 p.
- THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 82 p. (Boletim Técnico, 187).
- 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**, v. 32, p. 217-224, 1992.

## APÊNDICES

Apêndice A - Resumo da análise de variância para as variáveis altura (ALT), comprimento do ramo plagiotrópico (CP), número de nós no ramo plagiotrópico (NNP), número de ramos plagiotrópicos (NP) e diâmetro de caule (DC) em setembro/2017, janeiro/2018 e maio/2018 no experimento 1. UFLA, 2019.

	FV	GL	Quadrados Médios				
			ALT	CP	NNP	NP	DC
Set/2017	Bloco	3	390.8	243.20	52.78	252.2	71.92
	Dose	4	290.2 <sup>ns</sup>	64.55*	7.78*	132.9*	19.48 <sup>ns</sup>
	Erro	12	120.8	25.75	1.26	39.3	9.196
	CV (%)		7.9	8.1	5.4	13.5	10.63
	Média		138.2	62.6	20.7	46.3	28.5
Jan/2018	Bloco	3	363.0	250.50	35.82	226.2	87.63
	Dose	4	545.2*	84.39*	14.28*	144.0*	11.30 <sup>ns</sup>
	Erro	12	212.2	24.81	4.31	41.5	6.78
	CV (%)		9.7	6.9	8.0	12.4	8.6
	Média		149.9	71.5	25.8	51.9	30.2
Mai/2018	Bloco	3	170.9	161.50	43.58	190.7	95.06
	Dose	4	403.1*	84.74*	10.08*	164.3*	8.53 <sup>ns</sup>
	Erro	12	117.6	26.24	3.54	42.6	9.33
	CV (%)		6.6	6.8	7.0	11.9	9.1
	Média		162.4	74.2	26.5	54.8	33.4

\*Significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Apêndice B - Resumo da análise de variância para as variáveis rendimento, renda, produtividade, peneira 16 acima (P16+) e peneira 16 abaixo (P16-) no experimento 1. UFLA, 2019.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Rendimento	Renda	Produtividade	P16+	P16-
Bloco	3	4449	13.60	1315	192.6	188.5
Dose	4	2790 <sup>ns</sup>	23.68 <sup>ns</sup>	2155*	20.7 <sup>ns</sup>	21.4 <sup>ns</sup>
Erro	12	1529	11.07	599	142.2	141.5
CV (%)		8.2	6.6	38.37	20.8	27.9
Média		472.9	49.9	63.7	57.3	42.5

\*Significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Apêndice C - Resumo da análise de variância para as variáveis índice de clorofila A (CLO A), índice de clorofila B (CLO B) e índice de clorofila total (CLO T), taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E) e eficiência do uso da água (EUA) no experimento 1. UFLA, 2019.

FV	GL	Quadrados Médios						
		CLO A	CLO B	CLO T	A	gs	E	EUA
Bloco	3	155.4	344.7	787	11.94	0.0021	0.181	1.89
Dose	4	150.2 <sup>ns</sup>	1365.0 <sup>ns</sup>	1902 <sup>ns</sup>	2.23 <sup>ns</sup>	0.0007 <sup>ns</sup>	0.085 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>
Erro	12	427.2	2501.0	3938	4.79	0.0019	0.373	6.58
CV (%)		4.5	18.2	8.6	31.7	69.3	53.7	37.8
Média		453.2	274.4	727.6	6.9	0.0635	1.13	6.78

\*Significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Apêndice D - Resumo da análise de variância para as variáveis altura (ALT), comprimento do ramo plagiotrópico (CP), número de nós no ramo plagiotrópico (NNP), número de ramos plagiotrópicos (NP) e diâmetro de caule (DC) em setembro/2017, janeiro/2018 maio/2018 no experimento 2. UFLA, 2019.

	FV	GL	Quadrados Médios				
			ALT	CP	NNP	NP	DC
Set/2017	Bloco	3	21.93	26.35	3.86	19.57	3.97
	Dose	4	44.60 <sup>ns</sup>	16.48 <sup>ns</sup>	5.70*	8.16 <sup>ns</sup>	3.16 <sup>ns</sup>
	Erro	12	41.33	13.29	1.71	14.65	2.30
	CV (%)		4.429	5.673	6.208	7.401	5.251
	Média		145.2	64.25	21.12	51.71	28.91
Jan/2018	Bloco	3	38.45	13.92	8.50	8.58	10.27
	Dose	4	64.99 <sup>ns</sup>	17.26 <sup>ns</sup>	1.91 <sup>ns</sup>	13.82 <sup>ns</sup>	4.60 <sup>ns</sup>
	Erro	12	33.07	8.67	3.07	18.85	3.60
	CV (%)		3.714	4.107	6.81	7.54	5.942
	Média		154.9	71.71	25.75	57.59	31.95
Mai/2018	Bloco	3	64.80	14.85	6.80	16.02	3.61
	Dose	4	127.70*	15.01 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>	29.64 <sup>ns</sup>	11.59 <sup>ns</sup>
	Erro	12	39.11	9.66	3.14	35.09	4.75
	CV (%)		3.763	4.114	6.604	9.742	6.481
	Média		166.20	75.59	26.85	60.81	33.66

\*Significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Apêndice E - Resumo da análise de variância para as variáveis rendimento, renda, produtividade, peneira 16 acima (P16+) e peneira 16 abaixo (P16-) no experimento 2. UFLA, 2019.

FV	G	Quadrados Médios				
		Rendimento	Renda	Produtividade	P16+	P16-
Bloco	3	1431	2.468	307.4	653.2	667.0
Dose	4	1332 <sup>ns</sup>	5.492 <sup>ns</sup>	2202.0*	125.0 <sup>ns</sup>	126.0 <sup>ns</sup>
Erro	1	869	7.362	311.0	89.4	87.2
CV		5.919	5.579	28.9	16.27	22.3
Média		498	48.64	61.01	58.13	41.88

\*Significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Apêndice F - Resumo da análise de variância para as variáveis índice de clorofila A (CLO A), índice de clorofila B (CLO B) e índice de clorofila total (CLO T), taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E) e eficiência do uso da água (EUA) no experimento 2. UFLA, 2019.

FV	GL	Quadrados Médios						
		CLO A	CLOB	CLOT	A	gs	E	EUA
Bloco	3	116.1	1354	2007	8.318	0.001223	0.5519	0.5267
Dose	4	373.3 <sup>ns</sup>	2751*	5128*	1.782 <sup>ns</sup>	0.000632 <sup>ns</sup>	0.3071 <sup>ns</sup>	0.2130 <sup>ns</sup>
Erro	12	204.9	901.2	1828	1.699	0.000395	0.2625	0.6515
CV		3.117	11.27	5.892	31.32	43.39	37.38	25.98
Média		459.2	266.4	725.6	4.161	0.04585	1.371	3.107

<sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).