

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**ANDRÉ MONZOLI COVRE**

**CRESCIMENTO VEGETATIVO E ACÚMULO DE  
NUTRIENTES EM FRUTOS DE CAFEEIRO CONILON  
IRRIGADO E NÃO IRRIGADO, NA REGIÃO  
ATLÂNTICA DA BAHIA, BRASIL**

**São Mateus, ES  
Fevereiro de 2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**CRESCIMENTO VEGETATIVO E ACÚMULO DE  
NUTRIENTES EM FRUTOS DE CAFEIRO CONILON  
IRRIGADO E NÃO IRRIGADO, NA REGIÃO  
ATLÂNTICA DA BAHIA, BRASIL**

**ANDRÉ MONZOLI COVRE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli

**São Mateus, ES  
Fevereiro de 2016**

**CRESCIMENTO VEGETATIVO E ACÚMULO DE  
NUTRIENTES EM FRUTOS DE CAFEIRO CONILON  
IRRIGADO E NÃO IRRIGADO, NA REGIÃO  
ATLÂNTICA DA BAHIA, BRASIL**

**ANDRÉ MONZOLI COVRE**

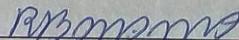
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2016.



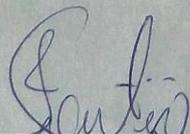
---

Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



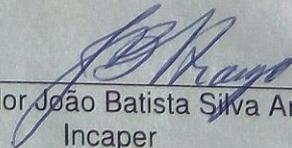
---

Prof. Dr. Robson Bonomo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientador



---

Prof. Dr. Ivoney Gontijo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador Interno



---

Pesquisador João Batista Silva Araújo  
Incaper  
Examinador Externo

Aos meus pais, Luiz Antônio Covre e Ângela Maria Monzoli Covre que sempre me apoiaram nos meus estudos, pelo amor, educação, ensinamentos e exemplos de vida. A minha irmã Luiza Monzoli Covre, pelo apoio, amizade e companheirismo. Aos amigos adquiridos ao longo da caminhada acadêmica, pela amizade e companheirismo. Aos professores pela amizade e ensinamentos transmitidos durante formação acadêmica. E a todos que de alguma forma me incentivaram e ajudaram nesta caminhada.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, por estar ao meu lado e sempre me direcionando e mostrando o melhor caminho a seguir.

À minha mãe Ângela Maria Monzoli Covre, pelo amor, pelas orações, pelo apoio incondicional, por acreditar e me incentivar a correr atrás dos meus ideais.

Ao meu pai Luiz Antônio Covre, por ser um exemplo de pai, pelo amor, por dedicar-se ao bem estar da nossa família e por nunca medir esforços para que eu chegasse até este momento.

À minha irmã Luiza Monzoli Covre, pelo amor e carinho, e por sempre estar ao meu lado me apoiando e me incentivando.

Ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado, e anteriormente, de graduação em Agronomia.

Aos professores, pelos ensinamentos, por partilharem seus conhecimentos e experiências de vida e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli pela orientação segura, pela amizade, pela confiança, pelos ensinamentos e pela presença constante em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Robson Bonomo pelos ensinamentos, pela ajuda na escrita e pela amizade.

Ao meu tio Ademir Trevisani e seus filhos Daniel Trevisani e Fernando Trevisani, por disponibilizar a área para condução do experimento.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisas Cafeeiras Evelyn Trevisan, Fabrício Moulin Mota, Gleison Oliosio, João Antônio Dutra Giles e Marcos Góes Oliveira, pela amizade, pelas conversas sempre proveitosas, pelas aulas de fisiologia (Marcos Góes Oliveira) e pelos momentos de descontração.

Aos amigos da Tuma 2009/1 de Agronomia Eduardo Oliveira de Jesus Santos, Luciano Canal, Pablo Souto Oliveira, Lucas Caetano Gonçalves, Lucas Rodrigues Nicole e Yasmim Freitas Figueiredo, pela amizade, pelos anos de convivência, pelas conversas, pela parceria e pelos momentos de descontração.

Aos amigos da República dos Cavalos e da Agrovila André Lucas Siqueira, Arthur Barros Ziviani, Bruno Passigatto Ortelan, Eduardo Cesana Júnior, João Vítor

Sossai e Luís Henrique Ortelan Tenis, pela amizade e pelos bons momentos de descontração.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, em especial aos da Turma 2014/1, pela amizade, pelas conversas e pelo companheirismo.

À Empresa Veracel Celulose por disponibilizar os dados climáticos, do período de condução do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	9
<b>2. CAPÍTULOS</b> .....	12
<b>2.1 CRESCIMENTO VEGETATIVO DE CAFEIEIRO CONILON SUBMETIDO A DOIS REGIMES HÍDRICOS</b> .....	13
Resumo .....	13
Abstract .....	14
Introdução.....	15
Material e métodos .....	16
Resultados e discussão.....	20
Conclusões.....	28
Referências bibliográficas.....	28
<b>2.2 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA EM FRUTOS, FOLHAS E RAMOS PRODUTIVOS DE CAFEIEIRO CONILON IRRIGADO E NÃO IRRIGADO</b> .....	35
Resumo .....	35
Abstract .....	36
Introdução.....	37
Material e métodos .....	38
Resultados e discussão.....	41
Conclusões.....	51
Referências bibliográficas.....	51
<b>2.3 MACRONUTRIENTES EM FRUTOS E FOLHAS DE CAFEIEIRO CONILON IRRIGADO E NÃO IRRIGADO</b> .....	57
Resumo .....	57
Abstract .....	58
Introdução.....	59
Material e métodos .....	60
Resultados e discussão.....	64

Conclusões .....	80
Referências bibliográficas.....	80
<b>2.4 MICRONUTRIENTES EM FRUTOS E FOLHAS DE CAFEIEIRO IRRIGADO E NÃO IRRIGADO .....</b>	<b>87</b>
Resumo .....	87
Abstract .....	88
Introdução.....	89
Material e métodos .....	90
Resultados e discussão.....	94
Conclusões.....	108
Referências bibliográficas.....	108
<b>2.5 ACÚMULO DE NUTRIENTES NA PALHA, NO GRÃO E NO FRUTO DE CAFÉ CONILON IRRIGADO E NÃO IRRIGADO .....</b>	<b>113</b>
Resumo .....	113
Abstract .....	114
Introdução.....	115
Material e métodos .....	116
Resultados e discussão.....	118
Conclusões.....	125
Referências bibliográficas.....	125
<b>3. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>131</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>132</b>

## RESUMO

COVRE, André Monzoli; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2016; Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, na Região Atlântica da Bahia, Brasil; Orientador: Fábio Luiz Partelli; Co-orientador: Robson Bonomo.

Compreender as variações sazonais do crescimento vegetativo e a dinâmica de formação dos frutos de café Conilon em lavouras de sequeiro e, sobretudo, em condições irrigadas, relacionando-as com as condições climáticas, é uma importante ferramenta, com implicações diretas no manejo da lavoura. Objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, o acúmulo de matéria seca em frutos, folhas e ramos produtivos, a concentração de nutrientes em frutos e folhas e, o acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado. O experimento foi conduzido por dois anos no município de Itabela, região Atlântica do Estado da Bahia, Brasil. Foram utilizadas plantas de café Conilon, da variedade clonal Emcapa 8111 'genótipo 02' com três anos de idade. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida, com 14 repetições. Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de avaliação (mensuração dos ramos e coletas de frutos e folhas). A taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos com carga pendente é superior nas plantas irrigadas em comparação às não irrigadas. A taxa de crescimento dos ramos de *C. canephora* não é limitada pela temperatura mínima média do ar. As curvas de acúmulo de matéria seca e nutrientes nos frutos de café Conilon irrigado e não irrigado foram similares, ajustando-se ao modelo sigmoidal. O acúmulo de matéria seca nos frutos é superior nas plantas irrigadas em comparação às não irrigadas. O nitrogênio, potássio, cálcio, ferro e boro foram os nutrientes mais encontrados em frutos e folhas de café Conilon, na região Atlântica da Bahia.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, déficit hídrico, altas temperaturas, ramos plagiotrópicos, modelo sigmoidal, fertirrigação.

## ABSTRACT

COVRE, André Monzoli; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; February 2016; Vegetative growth and nutrient accumulation in fruits of Conilon coffee plants, irrigated and non-irrigated, in the Atlantic region of Bahia, Brazil; Supervisor: Fábio Luiz Partelli; Co-supervisor: Robson Bonomo.

Understanding the seasonal variations of the vegetative growth and the dynamics of formation of Conilon coffee fruits in non-irrigated crops and especially in irrigated conditions, relating them to the climatic conditions, it is an important tool, with direct implications for the management of the crop. The objective was to evaluate the vegetative growth of orthotropic and reproductive branches, the dry matter accumulation in fruits, leaves and branches of production, the concentration of nutrients in fruits and leaves, and the accumulation of nutrients in fruits of irrigated and non-irrigated coffee Conilon plants. The experiment was conducted for two years in the municipality of Itabela, Atlantic region of State Bahia, Brazil. Three-year-old Conilon coffee plants of the genotype 02 were used. A completely randomised split-plot experimental design was employed, with 14 replicates. The treatments consisted of irrigation and no irrigation of coffee plants in the plots, and subplots of different evaluation times (measurement of branches and fruit collecting and leaves). The growth rate of orthotropic and reproductive branches pending charge is higher in irrigated plants compared to non-irrigated. The maximum growth rates occur in the spring and minimum during graining and, or, during periods of drought, high temperature and low relative humidity. The growth rate of *C. canephora* branches is not limited by the average minimum air temperature. The dry matter accumulation curves and nutrients in irrigated Conilon coffee fruits and without irrigation were similar, adjusting to the sigmoidal model. The accumulation of dry matter in the fruit is higher in irrigated plants compared to non-irrigated. Nitrogen, potassium, calcium, iron and boron were the most nutrients found in fruits and Conilon coffee leaves in Bahia Atlantic region.

**Keywords:** *Coffea canephora*, water deficit, high temperatures, plagiotropics branches, sigmoidal model, fertigation.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Coffea* inclui pelo menos 124 espécies (DAVIS et al., 2011), das quais *Coffea arabica* L. (café Arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (café Conilon e/ou Robusta) são as principais espécies utilizadas na produção de café (DAVIS et al., 2012). Apesar da espécie *C. arabica* ser a mais explorada no mundo, o cultivo de *C. canephora* tem contribuído significativamente para o aumento da produção mundial de cafés.

Na safra de 2015, a produção mundial de café ultrapassou 143,4 milhões de sacas, e destas 41,2% são de *C. canephora*, produzido principalmente, nos países considerados em desenvolvimento (ICO, 2016). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de café Conilon, estando atrás somente do Vietnã (ICO, 2016). Em 2015, foram produzidas mais de 11,2 milhões de sacas de café Conilon, sendo os estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia os maiores produtores, responsáveis por mais de 95,0 % da produção nacional de Conilon (CONAB, 2016).

A produção de Conilon na Bahia concentra-se na região Atlântica, localizada no extremo sul do Estado. A cafeicultura assume grande importância para a economia da região, com a geração de emprego e renda para diversos municípios produtores. Com a geração e adoção de novas tecnologias, essa região tem apresentado aumento considerável na produção e produtividade nos últimos anos, com destaque para o uso adequado da calagem, fertilizantes, sistema de poda, adensamento, controle fitossanitário e irrigação. A produção em 2015 foi de 1,18 milhões de sacas de café Conilon, 13,8 % acima do volume produzido na safra de 2014 (CONAB, 2016).

O cultivo de café Conilon em regiões de ocorrência de períodos de déficit hídrico, tem levado os cafeicultores a investir cada vez mais em sistemas de irrigação. A irrigação potencializa a produção de gemas (CARVALHO et al., 2006), aumenta o número de ramos plagiotrópicos por planta (NAZARENO et al., 2003), o número de flores (MASSARIRAMBI et al., 2009) e proporciona melhor desenvolvimento e granação de frutos (PEZZOPANE et al., 2010). Logo, a irrigação garante alta produtividade (SCALCO et al., 2011; BONOMO et al., 2013; SAKAI et al., 2015) e a obtenção de um produto final com melhor qualidade de bebida (FERNANDES et al., 2012).

Em muitas regiões, a ocorrência cada vez mais frequente de períodos de déficit hídrico e de temperaturas extremas e/ou marginais àquelas adequadas para a cultura, comprometem o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro (DAMATTA & RAMALHO, 2006). Para o cafeeiro, os períodos críticos de deficiência hídrica são os de florada e frutificação, até, aproximadamente, a décima oitava semana após a florada, quando estas limitações hídricas podem comprometer a produtividade e a qualidade do café (BONOMO et al., 2008). Quando cultivado em temperaturas abaixo de 17°C e acima de 31°C, o café Conilon apresenta expressiva diminuição de sua taxa de crescimento, causando impacto negativo sobre a produtividade (PARTELLI et al., 2013).

Previsões do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas - IPCC preveem aumento dos episódios de déficit hídrico aliados às altas temperaturas e altas irradiancias (IPCC, 2016). Neste aspecto, a baixa disponibilidade hídrica e a ocorrência de temperaturas extremas (altas e baixas) devem se tornar mais frequentes (RAMALHO et al., 2014), causando possíveis perdas de áreas aptas ao cultivo de *Coffea arabica* e *C. canephora* no mundo (BUNN et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016). No caso específico do café Conilon, as perdas de área seriam significativas no Brasil e no Vietnã (BUNN et al., 2015).

No cafeeiro Conilon, o período de formação dos frutos coincide com o período de maior crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2013), ou seja, de maior demanda por nutrientes (PARTELLI et al., 2014). Portanto, compreender as variações sazonais do crescimento vegetativo e a dinâmica de formação dos frutos de café Conilon em lavouras de sequeiro e, sobretudo, em condições irrigadas, relacionando-as com as condições climáticas, é uma necessidade, com implicações diretas no manejo da lavoura.

Objetivou-se com este trabalho, determinar o crescimento vegetativo de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, o acúmulo de matéria seca em frutos, folhas e ramos produtivos, o acúmulo de nutrientes da florada à maturação dos frutos, e a concentração foliar ao longo do ano, em cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, relacionando-os com os fatores climáticos, na região Atlântica do Estado da Bahia.

## 2. CAPÍTULOS

## 2.1 CRESCIMENTO VEGETATIVO DE CAFEIRO CONILON SUBMETIDO A DOIS REGIMES HÍDRICOS

### Resumo

Temperaturas extremas e o déficit hídrico prolongado destacam-se como os fatores limitantes ao crescimento vegetativo e à produtividade de *Coffea canephora*. O objetivo foi avaliar o crescimento vegetativo de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos de *C. canephora* em condições irrigadas e não irrigadas, e relacioná-lo com os fatores climáticos, na região Atlântica da Bahia. O experimento foi instalado com dois tratamentos (não irrigado e irrigado), em delineamento inteiramente casualizado, com 14 repetições. Marcou-se um ramo ortotrópico e quatro ramos plagiotrópicos em cada planta. O crescimento desses ramos foi avaliado em intervalos de 14 dias, durante dois anos. Foram realizadas duas colheitas para obtenção da produtividade. A irrigação associada à fertirrigação proporciona aumento de produção em plantas de café Conilon. A taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos com carga pendente é superior nas plantas irrigadas. A taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos é limitada pela carga pendente. A taxa de crescimento dos ramos possivelmente não é limitada pela temperatura mínima média do ar predominante na região Atlântica da Bahia.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, déficit hídrico, temperatura, ramos plagiotrópicos.

## **Abstract**

Extreme temperatures and persistent water stress stand out among the main factors that restrict the vegetative growth and productivity of *Coffea canephora*. The objective of this study was to evaluate the vegetative growth of orthotropic and plagiotropic branches of *C. canephora* under irrigated and non-irrigated conditions, and their correlation with climatic factors in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. The experiment was established with two treatments (non-irrigated and irrigated) in a completely random design with 14 replicates. One orthotropic and four plagiotropic branches were labelled on each plant. During the two-year experimental period, the growth of these branches was evaluated at 14-day intervals. Two harvests were performed to obtain productivity data. Irrigation associated with fertigation provides increased production in Conilon coffee plants. The growth rate of the orthotropic and plagiotropic branches was higher in irrigated plants. The growth rate of the plagiotropic branches was limited by the fruit load capacity. The growth rate of *C. canephora* branches is not limited by the minimum average temperature of the air prevailing in the Atlantic region of Bahia.

**Keywords:** *Coffea canephora*, water deficit, temperature, plagiotropic branches.

## Introdução

A espécie *Coffea canephora* é cultivada na região do Atlântico do Brasil, onde assume grande importância para a economia de diversos municípios. Com a geração e adoção de novas tecnologias para a cafeicultura, essa região tem apresentado aumento considerável na produção e produtividade nos últimos anos. Todavia, apesar dos avanços tecnológicos e das condições climáticas aparentemente favoráveis para o crescimento da cultura nessa região, o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas de café têm sido comprometidos pela ocorrência cada vez mais frequente de déficit hídrico e de temperaturas extremas ou marginais àquelas adequadas para a cultura (DAMATTA & RAMALHO, 2006).

Temperaturas inferiores a 13°C e déficit hídrico acentuado afetam diversos componentes envolvidos no processo fotossintético, pois acarretam a redução da condutância estomática, da fotossíntese líquida, da eficiência fotoquímica do fotossistema II, do transporte de elétrons nas membranas dos tilacóides, da atividade enzimática, bem como o metabolismo do carbono, alterando ainda a composição e a estrutura dos complexos de pigmentos fotossintéticos, classes lipídicas e ácidos graxos com intensidades distintas entre genótipos e espécies (RAMALHO et al., 2003; SILVA et al., 2004; PARTELLI et al., 2009; 2011; BATISTA-SANTOS et al., 2011; FERREIRA et al., 2013; PARTELLI et al., 2013; SCOTTI-CAMPOS et al., 2014).

Por outro lado, temperaturas do ar altas podem causar desnaturação e agregação de proteínas, aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (DAMATTA & RAMALHO, 2006), da síntese de etileno (FINGER et al., 2006) e da demanda evaporativa, o que poderá provocar o fechamento estomático e a redução do suprimento de CO<sub>2</sub>, conseqüentemente, diminuição da fotossíntese líquida (VARA PRASAD et al., 2005). Quando cultivado em temperaturas abaixo de 17°C e acima de 31°C, o café Conilon apresenta expressiva diminuição de sua taxa de crescimento, causando impacto negativo sobre a produtividade (PARTELLI et al., 2013).

As mudanças climáticas destacam-se como outro potencial fator limitante à produção de café, causadora de possíveis perdas de áreas aptas ao cultivo de *C. arabica* e *C. canephora* no mundo (BUNN et al., 2015). No caso específico do

Conilon, as perdas de área seriam significativas no Brasil e no Vietnã. Segundo esses autores, por tolerar temperaturas elevadas, o café Conilon pode substituir o cultivo de *C. arabica*, porém, esse cenário pode ser viável apenas em algumas regiões, nas quais o café Conilon se desenvolve melhor (regiões com pouca variabilidade intra-sazonal). Além disso, a sensibilidade do café Conilon às alterações climáticas é mais pronunciada em menores latitudes e altitudes (BUNN et al., 2015).

Ao estudar as respostas fisiológicas e bioquímicas da fotossíntese à elevação da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e/ou da temperatura em vários genótipos de *C. arabica* e *C. canephora*, Rodrigues et al. (2016) demonstraram que as previsões relativas aos impactos das alterações climáticas e do aquecimento global devem considerar o papel de CO<sub>2</sub> como um jogador-chave na tolerância ao aumento da temperatura. Os autores mostraram que uma concentração elevada de CO<sub>2</sub> pode mitigar o impacto do aumento da temperatura sobre a fisiologia do café. Rodrigues et al. (2016) destacam que, a este respeito, e felizmente, as perspectivas futuras sobre a sustentabilidade da cultura do café, que são baseadas em cenários de aumento de temperatura, não deve ser tão catastrófica como previsto anteriormente.

Compreender as variações sazonais do crescimento vegetativo de *C. canephora* em lavouras de sequeiro e, sobretudo, em condições irrigadas, relacionando-as com as condições climáticas, é uma importante ferramenta para a avaliação de plantas, com implicações diretas no manejo da irrigação e no planejamento do programa de nutrição da lavoura cafeeira.

Objetivou-se, portanto, avaliar o crescimento vegetativo de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos e a produtividade do *Coffea canephora* em lavouras irrigadas e não irrigadas, relacionando-os com os fatores climáticos.

## **Material e métodos**

O experimento foi conduzido em lavoura comercial, no município de Itabela, Sul do Estado da Bahia (Atlântico), a 108 m de altitude, a uma latitude de 16°42'13" Sul e longitude de 39°25'28" Oeste. O clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013).

O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas e físicas estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do, para a faixa de profundidade de 0-20 cm, em área cultivada com *Coffea canephora* em função dos regimes hídricos (irrigado e não irrigado).

Características químicas	Irrigado	Não irrigado
P (mg dm <sup>-3</sup> )	25	32
K (mg dm <sup>-3</sup> )	104	106
S (mg dm <sup>-3</sup> )	11	20
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,4	3,9
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,8	1,3
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,5	3,2
pH	6,45	6,05
Matéria Orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	4,1	5
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	619	281
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	3,7	4,7
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2	1,8
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	23	17
B (mg dm <sup>-3</sup> )	1,32	1,54
Na (mg dm <sup>-3</sup> )	49	56
<b>Características físicas</b>		
Areia total (g kg <sup>-1</sup> )		730
Silte (g kg <sup>-1</sup> )		110
Argila (g kg <sup>-1</sup> )		160
Capacidade de campo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		0,19
Ponto de murcha permanente (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		0,13

Foram utilizadas plantas de *Coffea canephora*, da variedade clonal Emcapa 8111, 'genótipo 02' (BRAGANÇA et al., 2001), com três anos de idade, cultivadas a pleno sol, no espaçamento de 3,5 x 1,0 m, e com fertirrigação desde o transplante. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida no tempo com 14 repetições, sendo cada repetição composta por uma planta.

Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de medição dos ramos. Para implementação do tratamento não irrigado, a irrigação da respectiva parcela foi suspensa, quatro meses antes do início das avaliações, de forma a ocorrer à aclimação das plantas ao déficit hídrico.

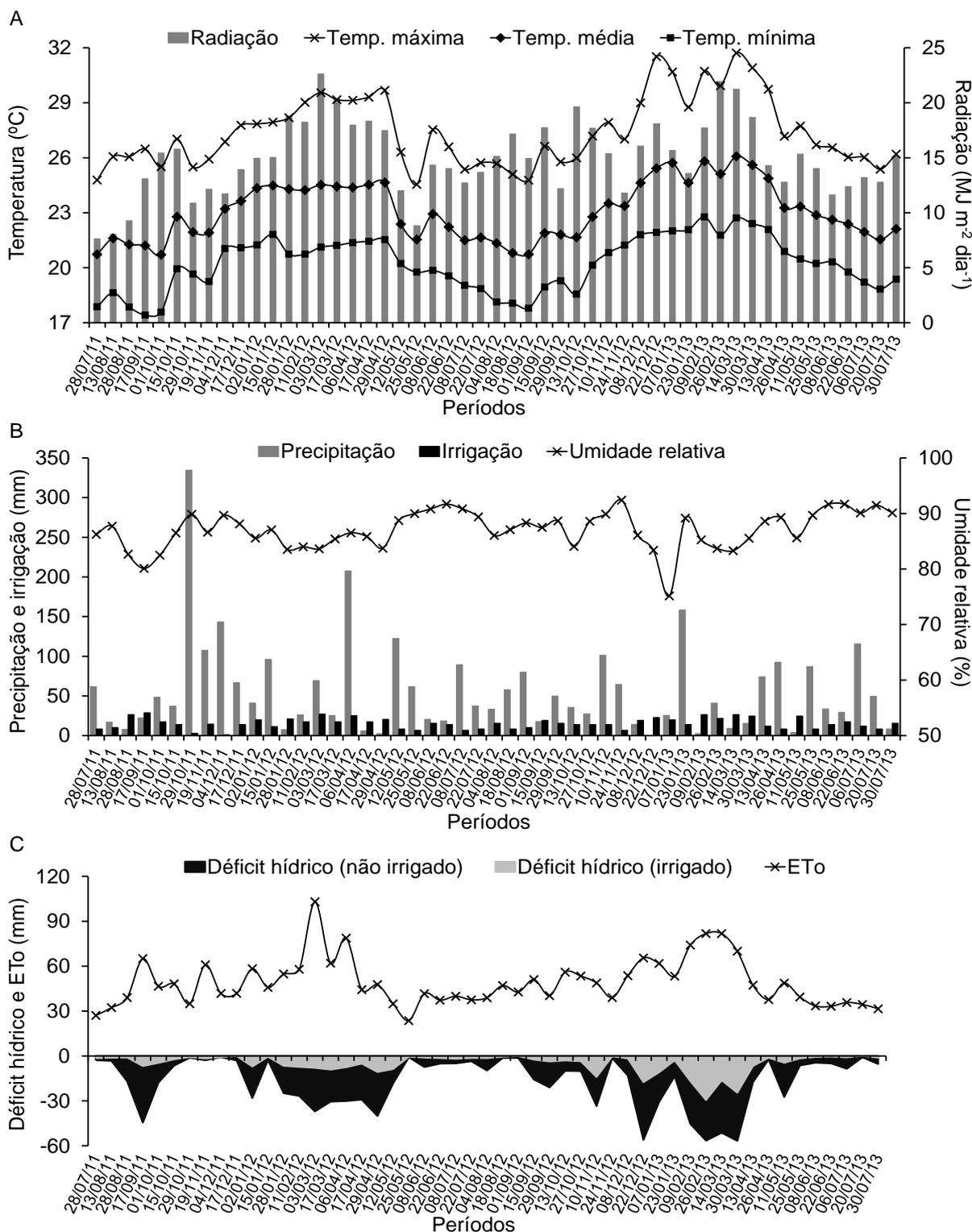
Os tratos culturais da lavoura consistiram basicamente no controle de

plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação (somente na parcela irrigada). A lavoura foi conduzida com quatro hastes produtivas por hectare, sob o sistema de poda programada de ciclo (VERDIN FILHO et al., 2014). Contudo, a lavoura foi avaliada antes de atingir a fase de poda.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, com uma linha de emissores por fileira de plantas, espaçados a cada 0,5 m e vazão de 2,0 L h<sup>-1</sup>. Ambos os tratamentos receberam as doses de 500, 100 e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, conforme as exigências e as fases fenológicas do cafeeiro. No tratamento irrigado, a fertirrigação foi via fertirrigação; no não irrigado, os adubos foram distribuídos a lanço e parcelados em cinco aplicações por ano, nos meses de setembro, novembro, janeiro, março e junho.

Os valores de temperatura máxima, média e mínima do ar, radiação solar global, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (Figura 1), foram coletados em uma estação meteorológica automática, localizada a 800 m da área experimental. Os dados meteorológicos foram usados para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), de acordo com Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Para o manejo de irrigação adotou-se o balanço hídrico diário, baseado na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), na precipitação pluviométrica e nas características de armazenamento de água do solo. Foi realizado o balanço hídrico diário do solo, considerando as duas condições avaliadas (irrigado e não irrigado), para obtenção dos períodos de déficit hídrico (Figura 1).

No dia 28/07/2011 foram marcados aleatoriamente um ramo ortotrópico e dois ramos plagiotrópicos por planta: PlagVCC: ramos velhos com café e que apresentavam 12 nós produtivos, e duas folhas completamente desenvolvidas por nó; PlagN1: último lançamento de ramo plagiotrópico no ramo ortotrópico. O ramo Ortotrópico (Orto) foi marcado da inserção do ramo PlagN1 até o seu ápice. Da mesma forma, nos dias 28/01/2012 e 29/04/2012, novos ramos plagiotrópicos (PlagN2 e PlagN3) foram marcados no ápice da planta, devido à perda de vigor dos ramos marcados anteriormente (PARTELLI et al., 2010). O comprimento desses ramos foi tomado em 28/07/2011 e, a partir daí, em intervalos de aproximadamente 14 dias, durante um período de dois anos (até o dia 30/07/2013).



**Figura 1.** Valores de radiação solar global, temperaturas máxima, média e mínima do ar (A), precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa (B), déficit hídrico e evapotranspiração de referência (ETo) total (C), determinados durante o período experimental, entre julho de 2011 e julho de 2013. Precipitação total = 2947 mm; Irrigação total = 796 mm e Déficit total: Irrigado = 263 mm e Não irrigado = 890 mm.

O crescimento total de cada ramo foi calculado pela diferença entre a última e a primeira medição. Não obstante, calculou-se a taxa diária de crescimento absoluto desses ramos, através da relação entre a diferença das medições final e inicial pelo número de dias entre as medições.

Para obtenção da produtividade foram realizadas duas colheitas manuais, em abril de 2012 e de 2013, das 14 plantas marcadas em cada tratamento. A produção média dos grãos do cafeeiro foi quantificada em litros de frutos *in natura* por planta. Após a colheita dos frutos realizada no primeiro ano, o ramo PlagVCC foi eliminado pela poda, pois não apresentava potencial produtivo para a safra seguinte. Da mesma forma, o ramo PlagN1 foi eliminado após a segunda colheita.

Os dados de crescimento vegetativo e produção foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ) e as médias foram comparadas pelo teste t ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do programa ASSISTAT 7.7 Beta (SILVA, 2016). Calculou-se a média e o erro padrão da média de cada variável para elaboração dos gráficos.

## Resultados e discussão

Verificou-se que as plantas irrigadas apresentaram maior crescimento vegetativo total para todos os tipos de ramos avaliados, exceto para o ramo PlagN3, cujo crescimento foi igual ao das plantas não irrigadas (Tabela 2). O crescimento total do ramo ortotrópico das plantas irrigadas foi 31,4% superior em relação ao das plantas não irrigadas. Para os ramos PlagVCC, PlagN1 e PlagN2, a irrigação proporcionou incremento de 68,1%; 35,1% e 34,5%, respectivamente, em relação àquele de plantas não irrigadas (Tabela 2). Os menores valores para o crescimento total foram observados para o ramo PlagVCC, no tratamento sem irrigação (Tabela 2). O crescimento total dos ramos plagiotrópicos (PlagN1 e PlagN2) foi semelhante ao do ramo ortotrópico.

Na região Atlântica da Bahia, o padrão de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos de *C. canephora* possivelmente não foi determinado pela temperatura mínima do ar (Figuras 2 e 3), como ocorre nos estados do Espírito Santo (LIBARDI et al., 1998; PARTELLI et al., 2013) e Rio de Janeiro (PARTELLI et al., 2010), uma vez que a média das temperaturas mínimas do ar mesmo durante o período de inverno, foi sempre superior a 17°C (Figura 1B).

**Tabela 2.** Comprimento total dos ramos ortotrópicos (Orto), plagiotrópicos velhos com café (PlagVCC), plagiotrópicos novos (PlagN1, PlagN2 e PlagN3) de *Coffea canephora* em função dos regimes hídricos (irrigado e não irrigado).

Tratamento	Crescimento total (cm)				
	Orto	PlagVCC	PlagN1	PlagN2	PlagN3
Irrigado	60,6 a*	19,5 a	55,4 a	51,9 a	41,4 a
Não irrigado	46,1 b	11,6 b	41,0 b	38,6 b	35,1 a
CV (%)	18,3	43,3	27,6	18,7	27,7

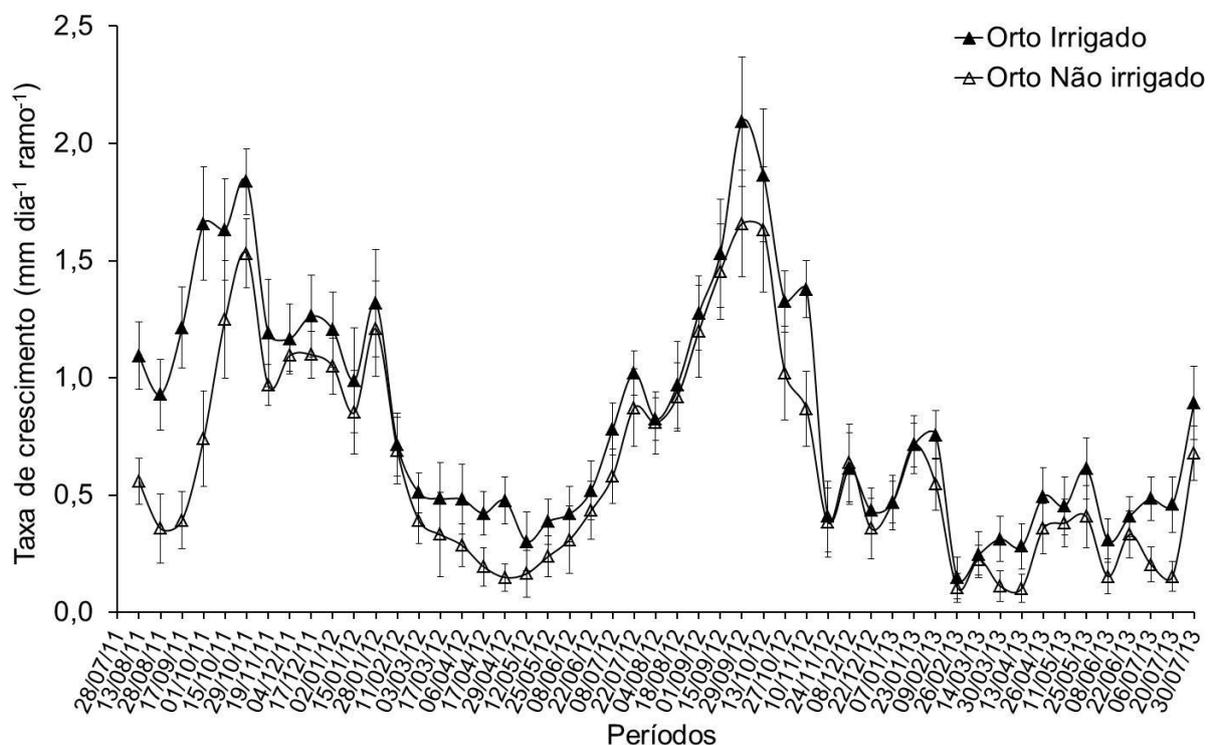
\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste *t*, ao nível de 5% de probabilidade.

Estudos demonstram que plantas de *C. canephora* cultivadas em latitudes superiores a 15°S apresentam maiores taxas de crescimento vegetativo em períodos de dias longos, quentes e com maior precipitação pluviométrica, enquanto as taxas de crescimento vegetativo inferiores são observadas nos meses mais frios e de dias curtos (BARROS et al., 1997; LIBARDI et al., 1998; NAZARENO et al., 2003; SILVA et al., 2004; PARTELLI et al., 2010). Plantas de *C. canephora* toleram maiores temperaturas em relação ao *C. arabica* (RAMALHO et al., 2014), porém são menos adaptadas a baixas temperaturas (DAMATTA & RAMALHO, 2006; PARTELLI et al., 2009; Batista-Santos et al., 2011; Ramalho et al., 2014; SCOTTI-CAMPOS et al., 2014).

As plantas irrigadas apresentaram maior taxa de crescimento do ramo ortotrópico em relação às plantas não irrigadas, e o padrão de crescimento do ramo ortotrópico foi ligeiramente diferente entre os anos de avaliação (Figura 2). Como toda a área era originalmente irrigada e a aplicação dos nutrientes minerais era feita via fertirrigação, com a mudança de manejo para imposição do tratamento não irrigado, estas plantas passaram necessariamente a ter que se adaptar ao déficit hídrico (Figura 1C).

Os diferentes genótipos de café apresentam diversos mecanismos de adaptação ao estresse hídrico, tais como, aumento do controle estomático e eficiência de extração de água do solo (DAMATTA & RAMALHO, 2006), maior aprofundamento do sistema radicular (COVRE et al., 2015), redução da área foliar (DAMATTA, 2004) e do crescimento vegetativo (DAMATTA e RAMALHO, 2006), que conseqüentemente, acarretam redução na produção de fotoassimilados (FAROOQ et al., 2009; SAKAY et al., 2015).

No primeiro ano observam-se maiores taxas de crescimento entre os meses de outubro de 2011 e janeiro de 2012, enquanto no segundo ano, entre os meses de julho/agosto e novembro de 2012 (Figura 2). Nesses períodos, é possível notar aumento das temperaturas na região, com incrementos de 3,0 °C a 5,0 °C, para as médias das temperaturas máximas e mínimas, baixa precipitação pluviométrica, aumento da radiação e redução da umidade relativa do ar (Figura 1B), em comparação ao inverno. Segundo Partelli et al. (2010), a taxa de crescimento vegetativo do *C. canephora*, quando cultivado no Norte Fluminense, aumenta linearmente em função do aumento da temperatura (no final do inverno e durante a primavera), fato que também ocorre no Norte do Espírito Santo em diferentes genótipos (PARTELLI et al., 2013).



**Figura 2.** Taxa de crescimento absoluto de ramos ortotrópicos (Orto) de *Coffea canephora* em função dos regimes hídricos (irrigado e não irrigado), entre julho de 2011 e julho de 2013. Foram plotadas a média  $\pm$  erro padrão da média.

Observou-se que quando a média da temperatura máxima situou-se acima de 29°C e o déficit hídrico atingiu -30,0 mm (Figura 1), ambas as condições coincidiram com os períodos de baixo crescimento vegetativo do cafeeiro, entre os meses de fevereiro e abril de 2012, e dezembro de 2012 e abril de 2013, mas não

houve paralização no crescimento dos ramos. Durante o segundo ano, foram observadas temperaturas máximas diárias do ar entre 34,0°C e 36,0°C (Figura 1B), principalmente nos dias 11/03/13, 13/03/13, 28/03/13 e 06/04/13, coincidindo com o período de baixo crescimento vegetativo (Figura 2). Temperatura máxima do ar acima de 31°C proporciona redução no crescimento vegetativo do *C. canephora* (PARTELLI et al., 2013).

Após a colheita dos frutos do cafeeiro, realizada no final do mês de abril de 2012 e de 2013, a taxa de crescimento dos ramos permaneceu baixa (Figuras 2 e 3). Isso pode estar associado ao estresse ocasionado pela colheita dos frutos, pela poda dos ramos plagiotrópicos improdutivos e pelas operações de desbrota.

O maior crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos ocorreu entre a primavera e o verão (Figura 3), período caracterizado por elevados índices pluviométricos, aumento gradativo das temperaturas em níveis não limitantes, maior disponibilidade de luz (Figura 1). A partir do final de outubro de 2011, o ramo PlagVCC apresentou redução gradativa na taxa de crescimento absoluto, até praticamente anular-se e igualar-se em ambos os tratamentos, na época antes da colheita (Figura 3A). Esse resultado certamente está associado à fase granação dos frutos de café, onde ocorre grande demanda por nutrientes. Após a colheita da lavoura os ramos PlagVCC foram removidos, pois já haviam produzido frutos em mais de 70% de suas gemas.

Como os frutos são os drenos preferenciais por nutrientes e fotoassimilados (MALAVOLTA et al., 2002; PARTELLI et al., 2013; PARTELLI et al., 2014), o crescimento vegetativo é severamente comprometido nessa fase, por um desbalanço acentuado na relação fonte:dreno desses ramos produtivos, mesmo tendo esses ramos (PlagVCC) uma autonomia limitada na produção e suprimento de carboidratos, conforme verificado para o café arábica (CHAVES et al., 2012). Adicionalmente, o surgimento de ramos novos (brotação) pode induzir uma redução no crescimento dos ramos mais velhos (FERREIRA et al., 2013), justamente por comprometer a relação fonte:dreno.

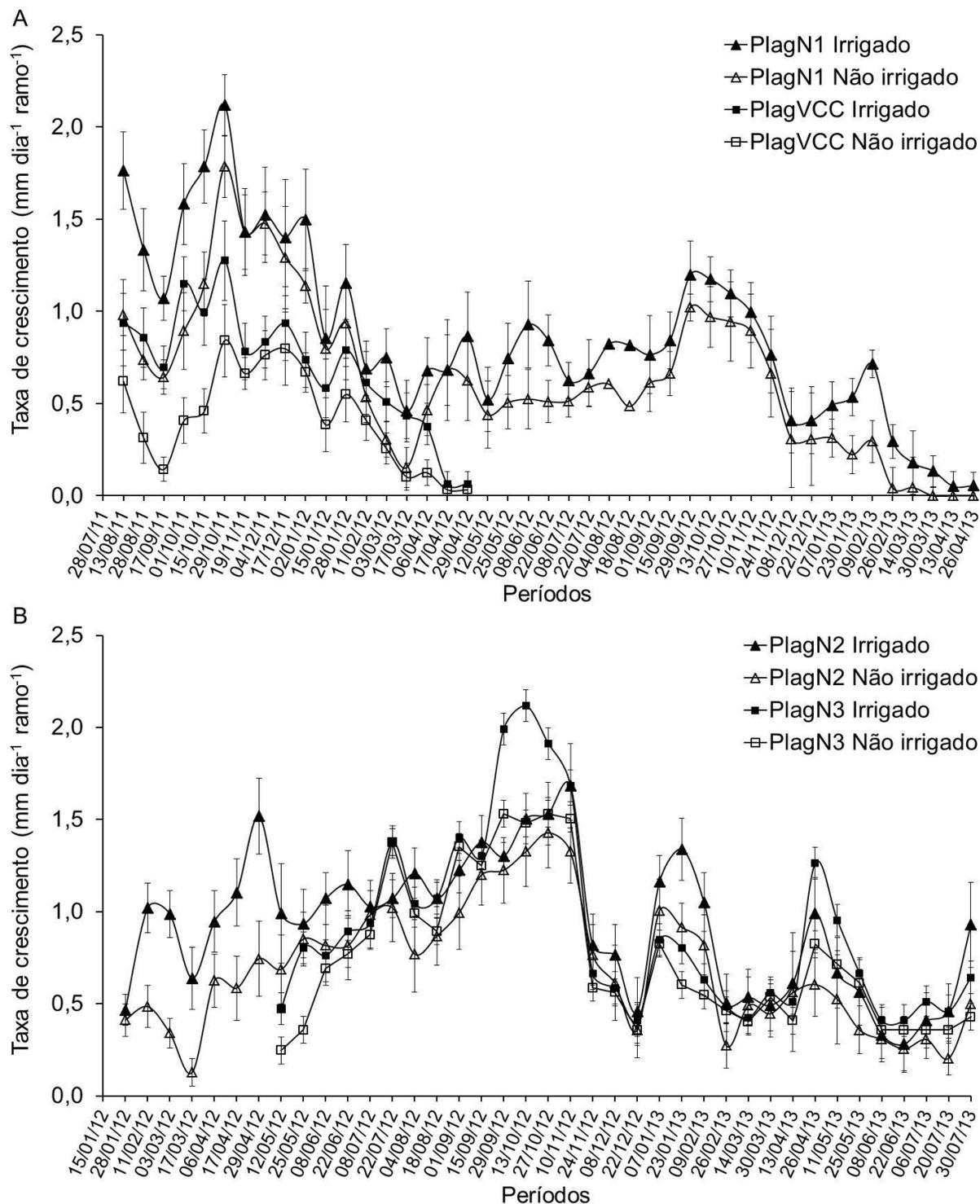
Coerentemente com os resultados e discussão acima, verificou-se que a redução gradativa da taxa de crescimento absoluto, de janeiro a março, também pode ser observada nos ramos ortotrópico (Figura 2) e plagiotrópico PlagN1 (Figura 3A). No entanto, esses ramos mantiveram consideravelmente elevadas as taxas de crescimento absoluto, diferentemente dos ramos PlagVCC (Figura 3A). Logo, os

ramos sem carga pendente não perderam seu potencial de crescimento, reforçando o fato de que o crescimento reprodutivo fatalmente limita o crescimento vegetativo. Com efeito, em café arábica, Amaral et al. (2006) demonstraram que a taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos decresceu no período compreendido entre o final do verão e final do outono, tanto em ramos com frutos como sem frutos. Todavia, demonstraram que as taxas de crescimento absoluto foram sempre superiores nos ramos sem frutos.

Os ramos PlagN1 apresentaram maiores taxas de crescimento absoluto no primeiro período de avaliação (28/07/11 a 22/07/12), em relação ao segundo período (22/07/12 a 30/07/13) (Figura 3A), uma vez que durante o primeiro ano avaliado esses ramos não produziram frutos, fato que só ocorreu no segundo ano. Esse comportamento demonstra que o ciclo fenológico do cafeeiro apresenta uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas que ocorrem em aproximadamente dois anos (PEZZOPANE et al., 2008).

As curvas de crescimento dos ramos PlagN2 e PlagN3 apresentaram um comportamento semelhante ao longo do período amostrado, sendo que as maiores taxas de crescimento foram observadas na primavera, entre o início de setembro e o final de outubro de 2012 (Figura 3B). Os menores valores de crescimento observados entre início de novembro e final de dezembro de 2012, e entre o final de janeiro e início de abril de 2013, podem estar associados aos baixos volumes de chuva e, conseqüentemente, ao déficit hídrico, ao aumento das temperaturas e da radiação solar e, sobretudo, à queda da umidade relativa (Figura 1).

Como o padrão de resposta e a magnitude dos valores entre os tratamentos foram semelhantes, é provável que o déficit hídrico tenha sido o menos significativo deles no comprometimento das taxas de crescimento. De qualquer forma, com o aumento dos volumes de chuvas registrados em janeiro de 2013, as taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos apresentam um leve incremento (Figuras 2 e 3). Esse resultado indica que a espécie *C. canephora* responde ao fornecimento de água pelas chuvas, comportamento semelhante foi observado por Ferreira et al. (2013), em *C. arabica* no Cerrado Goiano.



**Figura 3.** Taxa de crescimento absoluto de ramos plagiotrópicos velhos com café (PlagVCC) e plagiotrópicos novos (PlagN1) (A); plagiotrópicos novos (PlagN2 e PlagN3) (B) de *Coffea canephora*, em função dos regimes hídricos (irrigado e não irrigado). Foram plotadas a média  $\pm$  erro padrão da média.

Mesmo nas plantas irrigadas é possível notar a ocorrência do déficit hídrico, porém este é menor se comparado com as plantas não irrigadas (Figura 1). Isso sugere que o sistema de irrigação utilizado nesta lavoura de café talvez não tenha sido dimensionado para atender a totalidade da cultura, as condições climáticas dessa região e as características físicas do solo.

De acordo com Soares et al. (2005), a redução no crescimento de ramos do cafeeiro resulta em uma menor produção de nós disponíveis para a formação de gemas, conseqüentemente, reduzindo a produção da frutos. Segundo DaMatta (2004), o déficit hídrico afeta o desenvolvimento da parte aérea do cafeeiro e reduz sua área foliar, devido à diminuição da abertura estomática, o que resulta em baixa absorção de CO<sub>2</sub>, e redução da taxa fotossintética. Segundo Silva et al. (2013), períodos curtos de déficit hídrico podem diminuir substancialmente a produção de café.

Não houve diferença significativa entre a produção de frutos *in natura* pelo cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado no primeiro ano (Tabela 3). No entanto, no segundo ano a produção das plantas irrigadas foi 86,3% superior que aquela das plantas não irrigadas (Tabela 3). Ressalta-se que os ramos da parcela não irrigada, que produziram café na safra de 2012, foram formados no ano anterior (como normalmente ocorre em café – DAMATTA et al., 2007; BARROS & MAESTRI, 1974), antes, portanto, de a irrigação ser suspensa.

**Tabela 3.** Produção de frutos *in natura* pelo *Coffea canephora*, em função dos regimes hídricos (irrigado e não irrigado), em duas safras consecutivas.

Tratamento	Produção (L planta <sup>-1</sup> )	
	Ano 1	Ano 2
Irrigado	22,7 a	16,1 a
Não irrigado	22,0 a	8,6 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste *t*, ao nível de 5% de probabilidade.

Como estes ramos já estavam completamente desenvolvidos e, ainda, considerando-se que no período (crítico) de granação a disponibilidade hídrica aparentemente foi suficiente para garantir a formação dos frutos (devido à precipitação pluviométrica adequada - Figura 1A), a remoção da irrigação não afetou seu potencial produtivo. A maior produtividade das plantas irrigadas observada na

segunda safra, deve-se, principalmente, ao alto crescimento vegetativo total observada nos ramos PlagN1 (Tabela 2), uma vez que estes ramos produziram grãos de café somente na segunda safra.

O efeito da bienalidade pode ser verificado na safra de 2013. A bienalidade é uma característica do cafeeiro que ocorre predominantemente em ramos verticais com mais de três anos de idade (BEAUMONT & FUKUNAGA, 1958) e está associada ao rendimento excessivo de frutos do ciclo anterior, como evidenciado na safra 2012 (Tabela 3). O excesso de produção provoca a depleção de reservas da planta, o que afeta o crescimento no ano subsequente (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010), gerando ciclos alternados entre alta e baixa produção no cafeeiro. A bienalidade é um processo de ocorrência natural na cultura do café, e nem mesmo práticas como a irrigação são capazes de modificar este comportamento (DAMATTA et al., 2007; SILVA et al., 2008; PEREIRA et al., 2011), conforme constatado neste trabalho.

Durante o período de baixa produção, o cafeeiro recupera a sua capacidade produtiva, uma vez que a quantidade de energia consumida no processo de frutificação é baixa, sendo o fornecimento de energia dirigido para o crescimento vegetativo e diferenciação de gemas (SAKAI et al., 2015). Na segunda colheita (2013), as plantas que não receberam irrigação apresentaram redução de 7,5 L planta<sup>-1</sup> em relação às plantas que receberam irrigação (Tabela 3). Diante dessa redução de produção, ressalta-se a importância da utilização da irrigação com fertirrigação para a cultura do *C. canephora*.

A irrigação tem efeito positivo sobre o crescimento do cafeeiro (NAZARENO et al., 2003; FERREIRA et al., 2013), sobre o tamanho e a qualidade dos grãos (SAKAI et al., 2013), bem como na produtividade (BONOMO et al., 2013; SAKAI et al., 2015). O aumento de produtividade do cafeeiro, devido a maior disponibilidade de água no solo pela irrigação (PEASLEY & ROLFE, 2003), associa-se também ao maior desenvolvimento das partes vegetativas da copa das plantas (ALVES et al., 2000), sobretudo ao aumento nos componentes de produtividade do cafeeiro, como número de ramos por planta, número de nós por ramo, número de frutos por nó e massa da matéria seca por fruto (CANNELL, 1985; DAMATTA et al., 2007).

O tratamento que recebeu irrigação em todo o período experimental apresentou também redução no crescimento dos ramos, tanto os ortotrópicos, quanto os plagiotrópicos, em períodos que apresentarem aumento de temperatura e

evapotranspiração, assim como a ocorrência de déficit hídrico, devido aos baixos volumes de chuva e irrigações insuficientes para atender a demanda hídrica. No entanto, a irrigação permitiu que as plantas irrigadas apresentassem as maiores taxas de crescimento vegetativo, em relação às plantas não irrigadas, em muitas das épocas avaliadas. Resultados semelhantes foram observados por Nazareno et al. (2003); Carvalho et al. (2006); Ferreira et al. (2013) e Sakai et al. (2015), em *Coffea arabica*.

## **Conclusões**

A irrigação associada à fertirrigação proporciona aumento de produção em plantas de café Conilon.

A taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos com carga pendente é superior nas plantas irrigadas.

A taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos é limitada pela carga pendente.

As máximas taxas de crescimento ocorrem na primavera e as mínimas durante a granação e, ou, durante períodos de déficit hídrico, alta temperatura e baixa umidade relativa do ar.

A taxa de crescimento dos ramos possivelmente não é limitada pela temperatura mínima média do ar predominante na região Atlântica da Bahia.

## **Referências bibliográficas**

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301p. **Irrigation and Drainage Paper 56.**

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, M.E.B.; FARIA, M.A.; GUIMARÃES, R.J.; MUNIZ, J.A.; SILVA, E.L. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.219-225, 2000.

AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.377-384, 2006.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, n.116, p.268-279, 1974.

BARROS, R.S.; MOTA, J.W.S.; DAMATTA, F.M.; MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, v.54, n.1, p.65-72, 1997.

BATISTA-SANTOS, P.; LIDON, F.C.; FORTUNATO, A.; LEITÃO, A.E.; LOPES, E.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.I.; RAMALHO, J.C. The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp. photosystem sensitivity, photoprotective mechanisms and gene expression. **Journal of Plant Physiology**, v.168, n.8, p.792-806, 2011.

BEAUMONT, J.H.; FUKUNAGA, E.T. Factors affecting the growth and yield of coffee in Kona, Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Honolulu, 1958, 39p. **Bulletin 113**.

BONOMO, D.Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F.L.; SOUZA, J.M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.157-169, 2013.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S. de; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001.

BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v.129, n.1, p.89-101, 2015.

CANNELL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm, 1985. p.108-134.

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**, v.45, n.3, p.269-275, 2010.

CARVALHO, C.H.M. de; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; MORAIS, A.R. de. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.243-250, 2006.

CHAVES, A.R.M.; MARTINS, S.C.V.; BATISTA, K.D.; CELIN, E.F.; DAMATTA, FM. Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback, with little to no effect on photosynthesis, carbohydrate or mineral pools, in different canopy positions of field-grown coffee trees. **Environmental and Experimental Botany**, v.77, n.1, p.207–218, 2012.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; GONTIJO, I.; ZUCOLOTO, M. Distribuição do sistema radicular de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.11, p.1006-1016, 2015.

DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.1, p.1-6, 2004.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.4, p.485-510, 2007.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data

implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, n.4, p.357-377, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, n.1-2, p.185-212, 2009.

FERREIRA, E.P. de B.; PARTELLI, F.L.; DIDONET, A.D.; MARRA, G.E.R.; BRAUN, H. Crescimento vegetativo de *Coffea arabica* L. influenciado por irrigação e fatores climáticos no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3235-3244, 2013.

FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v.65, n.3, p.363-368, 2006.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R.; FARDIN, M.P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p.639-645, 2010.

LIBARDI, V.C.M.; AMARAL, J.A.T.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre var. Conilon) no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.23-28, 1998.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.7, p.1017-1022, 2002.

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

PARTELLI, F.L.; ESPINDOLA, M.C.; MARRÉ, W.B.; VIEIRA, D.V. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.214-222, 2014.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-116, 2013.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SILVA, M.G.; RAMALHO, J.C. Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.619-626, 2010.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; VIANA, A.P.; BATISTA-SANTOS, P.; RODRIGUES, A.P.D.; LEITÃO, A.E.; RAMALHO, J.C. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1404-1415, 2009.

PEASLEY, D.; ROLFE, C. **Developing irrigation strategies for coffee under subtropical conditions**. RIRDC, Barton, 2003. 52p.

PEREIRA, S.P.; BARTHOLO, G.F.; BALIZA, D.P.; SOBREIRA, F.M.; GUIMARÃES, R.J. Growth, productivity and bienniality of coffee plants according to cultivation spacing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.152-160, 2011.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. de; FAZUOLI, L.C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p.1781-1786, 2008.

RAMALHO, J.C.; DAMATTA, F.M.; RODRIGUES, A.P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; BATISTA-SANTOS, P.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.; LIDON, F.C.; LEITÃO A.E. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. Plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v.26, n.1, p.5-18, 2014.

RAMALHO, J.C.; QUARTIN, V.L.; LEITÃO, E.; CAMPOS, P.S.; CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; NUNES, M.A. Cold Acclimation Ability and Photosynthesis among Species of the Tropical *Coffea* Genus. **Plant Biology**, v.5, n.6, p.631-641, 2003.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415–431, 2016.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, p.16–23, 2015.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. *Coffea arabica* (cv. Catuaí) production and bean size under different population arrangements and soil water availability. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.1, p.145-156, 2013.

SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.P.; PARTELLI, F.L.; BATISTA-SANTOS, P.; RAMALHO, J.C. Phospholipids profile in chloroplasts of *Coffea* spp. genotypes differing in cold acclimation ability. **Journal of Plant Physiology**, v.171, n.3-4, p.243-249, 2014.

SILVA, C.A.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. Productivity and yield of coffee plant under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.387-394, 2008.

SILVA, E.A.; DAMATTA, F.M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A.J.; BARROS, R.S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v.89, n.2-3, p.349-357, 2004.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT - Statistical Assistance**. versão 7.7 beta. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

SILVA, P.E.M.; CAVATTE, P.C.; MARAIS, L.E.; MEDINA, E.F.; DAMATTA, F.M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea*

*canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v.87, n.1, p.49-57, 2013.

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**, v.27, n.1, p.117-125, 2005.

VARA PRASAD, P.V.; ALLEN JR, L.H.; BOOTE, K.J. Crop responses to elevated carbon dioxide and interaction with temperature. **Journal of Crop Improvement**, v.13, n.1, p.113-155, 2005.

VERDIN FILHO, A.C.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; RODRIGUES, W.N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v.9, p.489-494, 2014.

## 2.2 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA EM FRUTOS, FOLHAS E RAMOS PRODUTIVOS DE CAFEIEIRO CONILON IRRIGADO E NÃO IRRIGADO

### Resumo

O cafeeiro Conilon apresenta diferenças no acúmulo de matéria seca nos tecidos, estas podem ser determinadas geneticamente e estão relacionadas com a absorção, transporte e uso de nutrientes pelas plantas e com a disponibilidade hídrica do solo. Objetivou-se quantificar a matéria seca em frutos, folhas e ramos produtivos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado. Avaliaram-se plantas de café Conilon, cultivadas na região Atlântica da Bahia, Brasil. O delineamento experimental inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com 14 repetições. Os tratamentos consistiram de cafeeiros irrigados e não irrigados nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de coletas. As coletas iniciaram-se 10 dias após a primeira florada e, a partir daí, em intervalos de aproximadamente 28 dias, até a maturação completa dos frutos. As curvas de acúmulo de matéria seca no fruto de café Conilon irrigado e não irrigado foram similares, ajustando-se ao modelo sigmoidal. O acúmulo de matéria seca nos frutos é superior nas plantas irrigadas. As curvas de acúmulo de matéria seca nas folhas e no caule de ramos plagiotrópicos produtivos ajustaram-se ao modelo linear. A irrigação influenciou a dinâmica da matéria seca em frutos, folhas e ramos plagiotrópicos produtivos, ao longo do período reprodutivo do cafeeiro Conilon.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, modelo sigmoidal, ramos plagiotrópicos.

## Abstract

The coffee tree Conilon shows differences in dry matter accumulation in the tissues, they may be genetically determined and are related with the absorption, transport and use of nutrients by plants and the soil water availability. Objective was to quantify the dry matter in fruits, leaves and branches of productive in irrigated and non-irrigated Conilon coffee plants. Three-year-old Conilon coffee plants, grown in the Atlantic region of Bahia, Brazil. A completely randomised split-plot experimental design was employed, with 14 replicates. The main plot factor was irrigation versus no irrigation of coffee plants, and the sub-plot factor was different fruit and leaf collection times. Collections began 10 days after the beginning of flowering and were performed every 28 days until full fruit ripening. The dry matter accumulation curves in irrigated Conilon coffee fruit and non-irrigated were similar, adjusting to the sigmoidal model. The accumulation of dry matter in the fruit is higher in irrigated plants. The dry matter accumulation curves in the leaves and stem of productive reproductive branches set to the linear model. Irrigation influenced the dynamics of dry matter in fruits, leaves and reproductive branches productive over the reproductive period Conilon coffee.

**Keywords:** *Coffea canephora*, sigmoidal model, plagiotropic branches.

## Introdução

A cafeicultura no Brasil desenvolveu-se, inicialmente, em regiões onde não havia ocorrência de deficiência hídrica (MARTINS et al., 2006). Hoje com a expansão da cafeicultura para áreas anteriormente ditas marginais, devido às condições climáticas desfavoráveis, o déficit hídrico tem se tornado o principal fator limitante ao crescimento e a produção do cafeeiro (DAMATTA & RAMALHO, 2006; FAROOQ et al., 2009; SILVA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2011; FERNANDES et al., 2012; PARTELLI et al., 2013; SAKAY et al., 2015). Diante disso, o cultivo do cafeeiro Conilon tem sido praticado predominantemente em sistemas irrigados.

A irrigação promove o incremento da produção, já que a produtividade da lavoura é comprometida quando ocorrem períodos críticos de deficiência hídrica durante as fases de floração e frutificação até, aproximadamente a décima oitava semana após a floração, onde a água é essencial para o enchimento dos grãos de café (BONOMO et al., 2008). Em condições adequadas de umidade do solo, ocorre maior expansão dos frutos, que se traduz em um maior tamanho dos grãos e melhor classificação por peneira (REZENDE et al., 2006). O conhecimento do status hídrico do cafeeiro é essencial ao entendimento do potencial produtivo das cultivares, por este fator afetar diretamente a produtividade (DAMATTA, 2004). A produtividade do cafeeiro é fortemente influenciada pelo suprimento adequado de água (BONOMO et al., 2013; SAKAI et al., 2015) e nutrientes (COELHO et al., 2009).

Vários aspectos do crescimento do cafeeiro têm sido estudados, sendo o acúmulo de matéria seca em função do tempo um deles (BRAGANÇA et al., 2010). A produção de biomassa é uma característica de grande importância na avaliação do desenvolvimento das plantas, complementando os dados de crescimento (PAIVA et al., 2009; COVRE et al., 2013). Com relação aos frutos, o conhecimento das características de crescimento torna-se fundamental, pois o processo é condicionado por diversos fatores, bióticos e abióticos. Temperaturas mínimas e máximas do ar juntamente com déficit hídrico levam a redução do enchimento de grão e a formação de grãos chochos (CUNHA & VOLPE, 2011; MORAIS et al., 2009).

Devido a grande variabilidade genética e fenotípica existente dentro da espécie *C. canephora* (LEROY et al., 2014; DALCOMO et al., 2015), o acúmulo de matéria seca ao longo do tempo, principalmente nos frutos (PARTELLI et al., 2014), o crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2013) e na produtividade das plantas

(ESTHER & ADOMAKO, 2010), diferem em função do genótipo. Tais diferenças são determinadas geneticamente e controladas por diversos fatores, que estão relacionadas com a absorção, transporte e uso dos nutrientes pelas plantas (MARTINS et al., 2013) e com a disponibilidade hídrica do solo (RODRIGUES et al., 2016).

Objetivou-se, portanto, quantificar o acúmulo de matéria seca em frutos, folhas e ramos produtivos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Itabela, Região Atlântica do Estado da Bahia, durante duas safras consecutivas, a 108 m de altitude, latitude de 16°42'13" Sul e longitude de 39°25'28" Oeste. O clima, conforme classificação de Köppen, é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). Foram utilizadas plantas de *Coffea canephora*, da variedade clonal Emcapa 8111, 'genótipo 02' (BRAGANÇA et al., 2001), com três anos de idade, cultivadas a pleno sol, no espaçamento de 3,5 x 1,0 m, e conduzidas com quatro hastes produtivas por planta, em sistema de poda programada de ciclo (VERDIN FILHO et al., 2014). Contudo, a lavoura foi avaliada antes de atingir a fase de poda.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Embrapa, 2013), cujas características químicas e físicas estão descritas na Tabela 1. Os tratamentos culturais da lavoura consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação (somente na parcela irrigada). Ambos os tratamentos receberam 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, conforme as exigências e as fases fenológicas do cafeeiro. No tratamento irrigado, a fertirrigação foi semanal; no não irrigado, os fertilizantes foram distribuídos a lanço e parcelados em cinco aplicações por ano, nos meses de setembro, novembro, janeiro, março e junho.

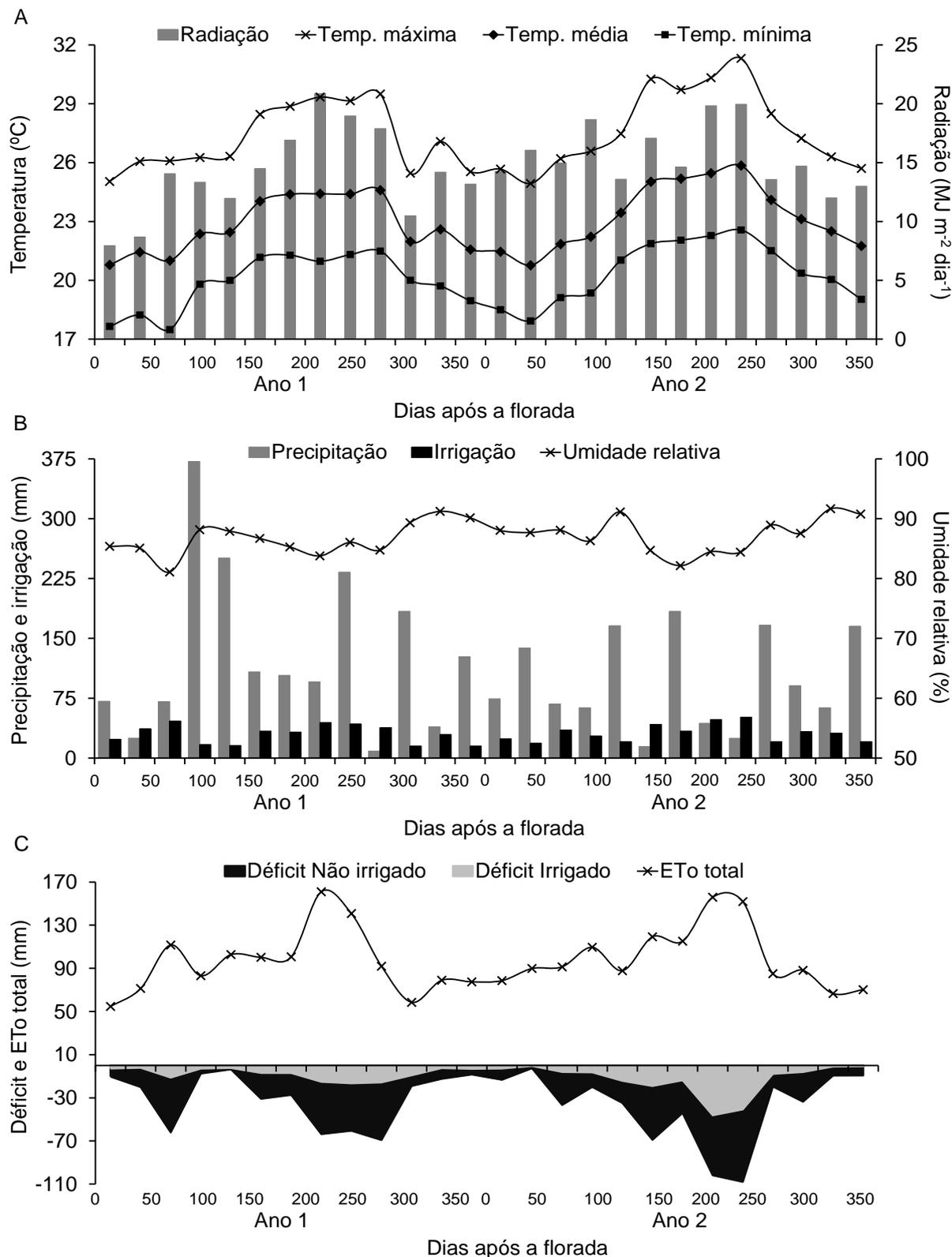
Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida no tempo com 14 repetições, sendo cada repetição composta por uma planta. Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de coletas. Para implantação do

tratamento não irrigado, a irrigação da respectiva parcela foi suspensa em março de 2011, quatro meses antes do início das avaliações, de forma a ocorrer à aclimação das plantas ao déficit hídrico. No tratamento irrigado, foi utilizado gotejamento superficial, com uma linha de emissores por fileira de plantas, espaçados a cada 0,5 m e vazão de 2,0 L h<sup>-1</sup>. O manejo de irrigação adotado foi por balanço hídrico diário, com base na evapotranspiração da cultura, na precipitação pluviométrica medida no local e nas características de armazenamento de água do solo.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo, para a faixa de profundidade de 0-20 cm, em área cultivada com cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado.

Características químicas	Irrigado	Não irrigado
P (mg dm <sup>-3</sup> )	25	32
K (mg dm <sup>-3</sup> )	104	106
S (mg dm <sup>-3</sup> )	11	20
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,4	3,9
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,8	1,3
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,5	3,2
pH	6,45	6,05
Matéria Orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	4,1	5
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	619	281
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	3,7	4,7
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2	1,8
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	23	17
B (mg dm <sup>-3</sup> )	1,32	1,54
Na (mg dm <sup>-3</sup> )	49	56
<b>Características físicas</b>		
Areia total (g kg <sup>-1</sup> )		730
Silte (g kg <sup>-1</sup> )		110
Argila (g kg <sup>-1</sup> )		160
Capacidade de campo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		0,19
Ponto de murcha permanente (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		0,13

Os valores de temperatura máxima, média e mínima do ar, radiação solar global, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (Figura 1), foram coletados em uma estação meteorológica automática, localizada a 800 m da área experimental. Os dados meteorológicos foram usados para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), de acordo com o modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Foi realizado também o balanço hídrico diário do solo, considerando as duas condições avaliadas (irrigado e não irrigado), para obtenção dos períodos de déficit hídrico (Figura 1).



**Figura 1.** Valores de radiação solar global, temperatura máxima, média e mínima do ar (A), precipitação, irrigação e umidade relativa do ar (B), déficit hídrico e ETo total (C), a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). Precipitação total: Ano 1 = 1687 mm e Ano 2 = 1260 mm; Irrigação total: Ano 1 = 390 mm e Ano 2 = 406 mm; Déficit total: Irrigado, Ano 1 = 97 mm e Ano 2 = 166 mm. Não irrigado, Ano 1 = 387 mm e Ano 2 = 503 mm.

Aos 10 dias após a florada (DAP), foram marcados 50 ramos plagiotrópicos produtivos por parcela (14 plantas), contendo 12 nós produtivos e 24 folhas completamente desenvolvidas, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). Iniciaram-se as coletas aos 10 DAP e, a partir daí, em intervalos de aproximadamente 28 dias, até a maturação completa dos frutos. Em cada avaliação coletou-se aleatoriamente cinco ramos plagiotrópicos em cada parcela.

Após a coleta, realizou-se a separação das partes constituintes dos ramos (folhas, caule, pedúnculos e frutos), também se quantificou o número de frutos por ramo. Nos ramos coletados até os 75 dias após a florada, devido ao tamanho reduzido dos frutos, havia presença de pedúnculos, e estes foram alocadas junto aos frutos chumbinhos. Os materiais vegetais coletados foram secos em estufa de ventilação forçada a 70 °C, até atingir massa constante, posteriormente, foram pesados em balança de precisão (0,001g) para quantificar a matéria seca das folhas, caule e frutos. O acúmulo de matéria por fruto ( $\text{mg fruto}^{-1}$ ) foi calculado levando em consideração a matéria seca dos frutos e o número de frutos por ramo.

As médias do acúmulo de matéria seca nos tecidos foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio do programa estatístico Assistat 7.7 beta (SILVA, 2016). Foi realizada análise de regressão. Os gráficos foram confeccionados a partir das médias e do erro-padrão da média, com o auxílio do programa SigmaPlot versão 11.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2008).

## **Resultados e discussão**

O acúmulo de matéria seca por fruto e em frutos por ramo plagiotrópico produtivo do cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado foram semelhantes, nas duas safras avaliadas (Tabela 2). O modelo matemático que melhor se ajustou foi o sigmoidal (Figuras 2, 3 e 4). Caracterizado por apresentar taxas de acúmulo reduzidas na fase inicial, seguida de uma fase de rápida expansão com as mais altas taxas, e uma fase final com taxas menos expressivas ao final do ciclo de formação dos frutos.

Este comportamento é semelhante ao observado em cafeeiros Conilon cultivados no Norte do Espírito Santo (PARTELLI et al., 2014) e na Amazônia

Ocidental (DUBBERSTEIN, 2015), assim como em cafeeiros arábica na Zona da Mata brasileira (LAVIOLA et al., 2007; 2008), sendo possível identificar distintas fases de formação dos frutos: chumbinho, expansão rápida, crescimento suspenso, granação (ou enchimento de grãos) (PARTELLI et al., 2014).

O acúmulo de matéria seca por fruto de cafeeiro Conilon foi consideravelmente maior na segunda safra, em relação à safra anterior, tanto nas plantas irrigadas, quanto nas plantas não irrigadas (Tabela 2; Figura 2A). O percentual de acúmulo de matéria seca por fruto na segunda safra é mais intenso em relação à safra anterior, principalmente entre os 100 e 250 DAF (Figura 2B). Verifica-se também um maior percentual de frutos por ramo plagiotrópico produtivo no primeiro ano, em relação ao ano posterior (Figura 3), sendo possível constatar que os frutos durante esta safra apresentaram crescimento reduzido e, conseqüentemente, menor ganho em massa de matéria seca (Tabela 2), em função de uma maior competição por espaço nas rosetas, bem como, de condições climáticas adversas e desfavoráveis que culminaram em um menor crescimento dos grãos.

Em contrapartida, no segundo ano observou-se um menor percentual de frutos por ramo plagiotrópico produtivo (Figura 3), indicando maior queda de frutos em relação à safra anterior. Em função da menor quantidade de frutos por ramo plagiotrópico, e conseqüentemente por roseta, observou-se que estes frutos apresentaram taxas de acúmulo de matéria seca maiores e mais acentuadas em relação à safra anterior (Tabela 2; Figura 2).

A queda de frutos dos ramos plagiotrópicos é um fenômeno que ocorre naturalmente no cafeeiro, e pode estar associada a vários fatores, sejam eles bióticos e/ou abióticos. Geralmente em condições de estresse, há uma elevada síntese de etileno na região do pedúnculo do fruto, o que na maioria dos casos promove a abscisão ou queda de frutos (LIVRAMENTO, 2010). Fato que pode estar associado à maior queda de frutos observada no segundo ano, em função de menores volumes de chuva, temperaturas mais elevadas e déficit hídrico mais acentuado, em relação à safra anterior (Figura 1). As variações na temperatura do ar e a baixa incidência de chuvas são fatores que causam forte influencia sobre a taxa de pegamento de flores e frutos, tendo em vista que o cafeeiro Conilon possui várias floradas ao longo do ano.

**Tabela 2.** Acúmulo absoluto de matéria seca por fruto ( $\text{mg fruto}^{-1}$ ), percentual de acúmulo de matéria seca por fruto, nos frutos por ramo, folhas e caule (%), e número de frutos por ramo plagiotrópico (%) de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

DAF <sup>1</sup>	Acúmulo de matéria seca										Número de frutos (%) <sup>2</sup>
	Por fruto ( $\text{mg fruto}^{-1}$ )		Por fruto (%)		Frutos por ramo (%)		Folha (%)		Caule (%)		
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	
Ano 1											
10	3,0 Ae*	3,0 Ad	1,2 Ad	1,4 Ac	1,4 Ae	1,9 Ad	100,0 Aab	100,0 Aab	100,0 Ae	100,0 Ac	100,0 a
41	5,2 Ae	4,5 Ad	2,1 Ad	2,1 Ac	2,5 Ae	2,8 Ad	101,9 Aa	106,9 Aa	115,2 Ade	109,0 Abc	97,0 a
75	5,9 Ae	7,4 Ad	2,5 Ad	3,5 Ac	2,9 Ae	4,3 Ad	88,5 Aab	89,5 Abc	122,1 Acde	119,1 Abc	94,9 a
103	9,5 Ae	14,5 Ad	3,8 Ad	8,0 Ac	4,4 Ae	9,5 Ad	93,6 Aab	99,1 Aab	127,0 Abcd	122,5 Aabc	92,9 a
139	29,6 Ade	18,8 Ad	13,0 Ad	9,4 Ac	13,4 Ade	9,7 Ad	87,0 Bb	97,5 Aab	124,7 Abcd	121,1 Aabc	82,7 a
168	94,7 Acd	74,7 Acd	39,1 Acd	37,6 Abc	40,2 Acd	39,4 Ac	69,6 Ac	78,1 Acd	135,9 Abcd	129,7 Aab	82,3 a
194	124,3 Abc	101,0 Ac	52,8 Abc	49,9 Ab	52,2 Abc	50,7 Ac	66,3 Ac	74,8 Ad	140,0 Abc	126,1 Aab	79,5 a
229	197,7 Aab	144,4 Bbc	81,2 Aab	68,5 Aab	79,8 Aab	67,4 Abc	64,7 Ac	66,8 Ad	128,6 Abcd	125,9 Aab	77,7 a
263	250,9 Aa	219,6 Aab	96,6 Aa	97,1 Aa	92,8 Aa	90,3 Aab	60,7 Acd	48,5 Be	146,8 Aab	128,1 Bab	78,5 a
286	259,7 Aa	226,2 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	49,2 Ad	32,9 Bf	163,2 Aa	143,9 Ba	79,4 a
CV (%)	32,9		48,2		35,8		18,4		19,5		19,5
Ano 2											
10	2,4 Ae	2,0 Ad	0,6 Ae	0,6 Ad	0,7 Ae	0,9 Ae	100,0 Aabc	100,0 Aabc	100,0 Ab	100,0 Ab	100,0 a
38	2,0 Ae	1,8 Ad	0,5 Ae	0,6 Ad	0,5 Ae	0,6 Ae	103,1 Aab	102,9 Aab	108,9 Ab	102,9 Ab	81,3 bc
66	5,1 Ae	2,6 Ad	1,3 Ae	0,8 Ad	1,4 Ae	0,9 Ae	106,5 Aa	108,5 Aa	116,1 Ab	108,1 Ab	85,9 ab
94	46,8 Ade	31,1 Acd	12,1 Ae	9,9 Acd	11,0 Ae	10,0 Ade	79,0 Acd	95,8 Aabc	151,1 Ab	109,6 Ab	73,7 bcd
122	138,3 Acd	72,4 Acd	36,0 Ad	23,0 Ac	31,5 Ad	24,4 Ad	87,5 Aabcd	84,9 Abcde	167,4 Aa	144,1 Aa	73,2 bcd
150	220,3 Ac	153,2 Abc	57,1 Acd	48,4 Ab	47,5 Acd	43,0 Ac	90,3 Aabcd	93,3 Aabcd	173,6 Aa	158,8 Aa	66,6 cd
182	355,6 Ab	255,1 Bb	76,2 Abc	79,2 Aa	64,4 Abc	68,7 Ab	91,7 Aabcd	92,5 Aabcd	187,4 Aa	166,1 Aa	62,6 d
216	364,0 Ab	268,9 Bb	94,1 Aab	84,6 Aa	67,1 Ab	70,7 Ab	83,2 Abcd	80,1 Acde	195,7 Aa	174,8 Aa	60,3 d
248	494,3 Aa	404,7 Ba	97,1 Aab	95,9 Aa	98,6 Aa	95,4 Aa	76,0 Ad	72,7 Ade	196,2 Aa	173,3 Aa	60,1 d
275	494,5 Aa	408,7 Ba	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	73,9 Ad	64,9 Ae	206,6 Aa	179,1 Aa	59,9 d
CV (%)	38,9		22,9		19,7		32,8		37,7		16,3

<sup>1</sup>Dias após a florada. Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Não houve interação significativa entre os tratamentos (irrigado e não irrigado) e as épocas de coletas, sendo apresentada a média entre os tratamentos.

Existem três períodos bem definidos de queda de frutos em cafeeiro arábica (BARROS et al., 1999; DAMATTA et al., 2007). O primeiro ocorre no estágio de chumbinho, entre a primeira e quarta semana após o florescimento. O segundo período de queda ocorre entre a quinta e a décima primeira semana de desenvolvimento dos frutos, durante o estágio de enchimento do endosperma. E o último ocorre após a décima primeira semana de crescimento dos frutos.

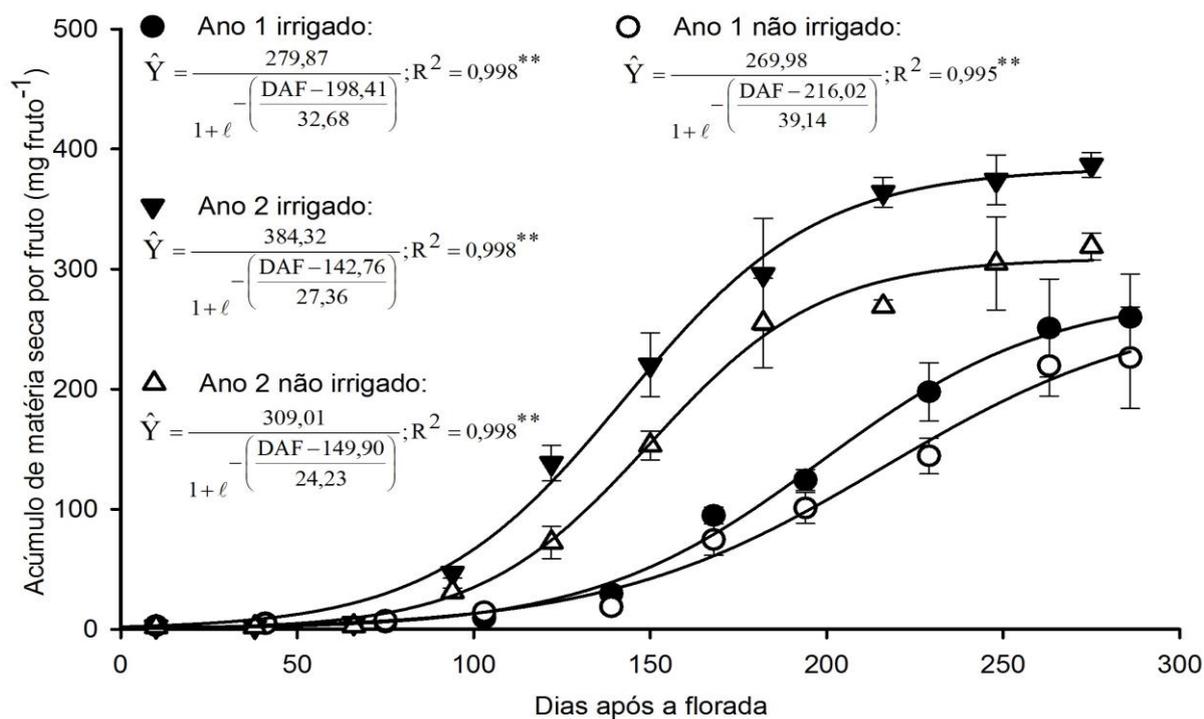
Outro fator que leva a queda de frutos do cafeeiro é a competição destes por espaço na roseta. Uma vez que, o número elevado de frutos na roseta nas fases de expansão e granação provoca expulsão mecânica dos frutos menores devido à falta de espaço físico. Nesse sentido, Reis & Arruda (1956) verificaram uma redução de 50% no número de frutos em cafeeiro arábica, para as condições tropicais do Brasil. No entanto, Sandy et al. (2009) observaram uma redução de 64% no número de frutos em cafeeiro arábica, entre as fases de chumbinho e maturação do frutos.

As plantas irrigadas acumularam maior quantidade de matéria seca por fruto, em relação às plantas não irrigadas, nas duas safras (Tabela 2; Figura 2A). Nas três primeiras avaliações; entre 10 e 75 dias após a florada a taxa de acúmulo de matéria seca apresentou-se inexpressiva, não havendo diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

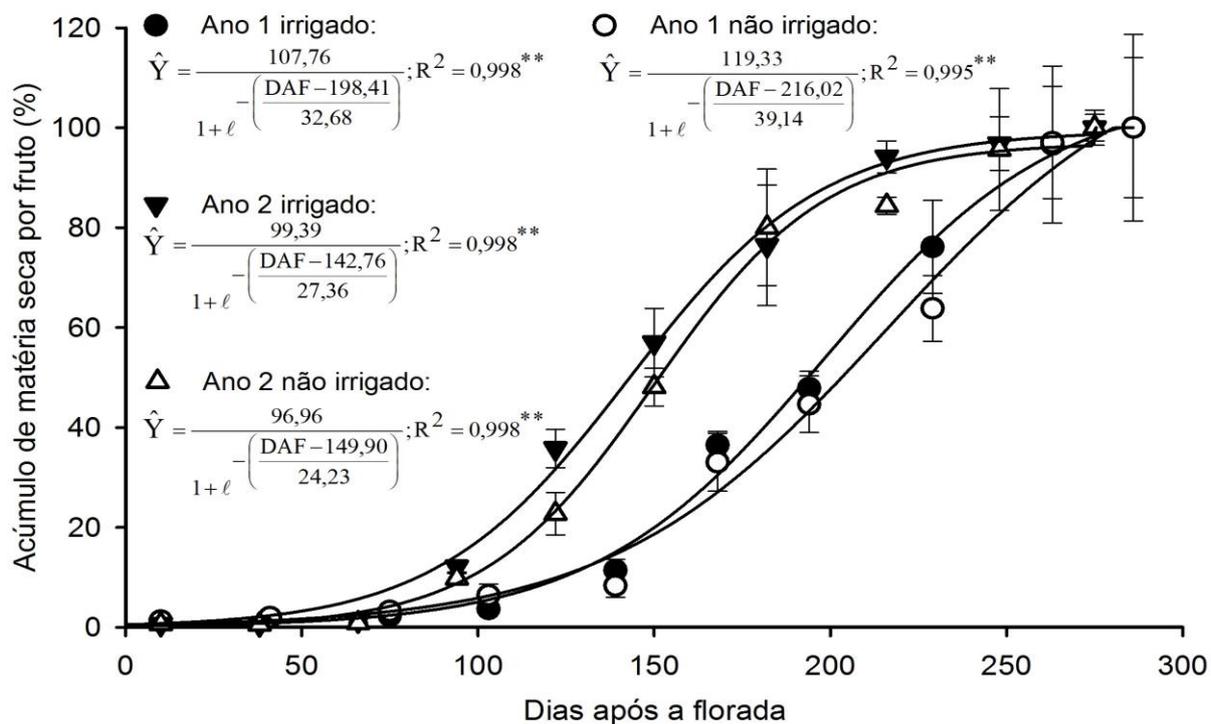
Entre 10 e 75 DAF os frutos estão na fase de chumbinho, caracterizada pelo baixo crescimento e acúmulo de matéria seca nos tecidos (LAVIOLA et al., 2006; 2007; 2008), sendo este intensificado a partir do quarto mês após a florada (MORAES & CATANI, 1964), conforme observado neste trabalho. Resultados semelhantes foram observados em café Conilon cultivado em Rondônia (DUBBERSTEIN, 2015). No entanto Partelli et al. (2014), verificaram taxas crescentes de acúmulo de matéria seca nos frutos, a partir dos 48 DAF, em cafeeiro Conilon cultivado no Espírito Santo.

As maiores taxas de acúmulo de matéria seca nos frutos foram observadas a partir do terceiro/quarto mês, próximo aos 100 DAF. Durante o primeiro ano, verifica-se que o acúmulo de matéria seca nos frutos foi crescente até a última avaliação (momento da colheita dos frutos, aos 286 DAF) (Tabela 2; Figura 2). Fato este que não foi observado na segunda safra, uma vez que, verificou-se uma estabilização nas taxas de acúmulo de matéria seca nos frutos durante a penúltima e a última avaliação (entre 248 e 275 DAF) (Tabela 2; Figura 2).

A



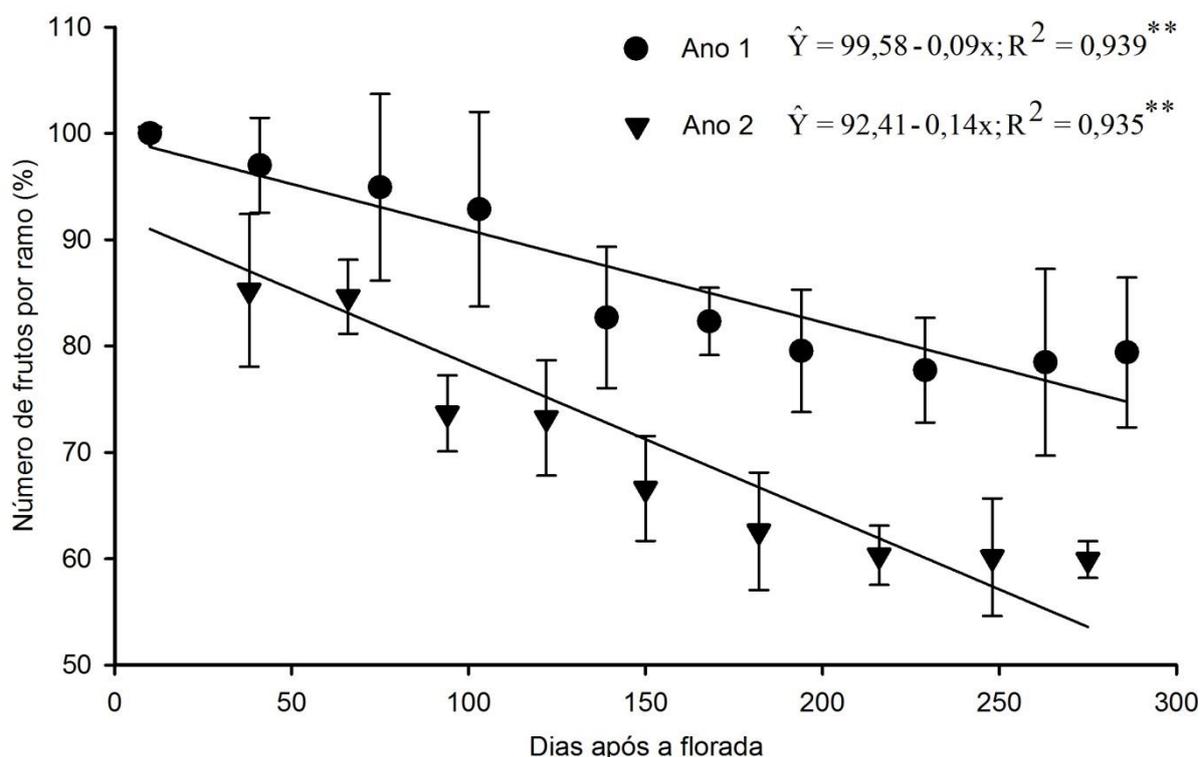
B



**Figura 2.** Acúmulo absoluto (A; mg fruto<sup>-1</sup>) e percentual (B; %) de matéria seca por fruto de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

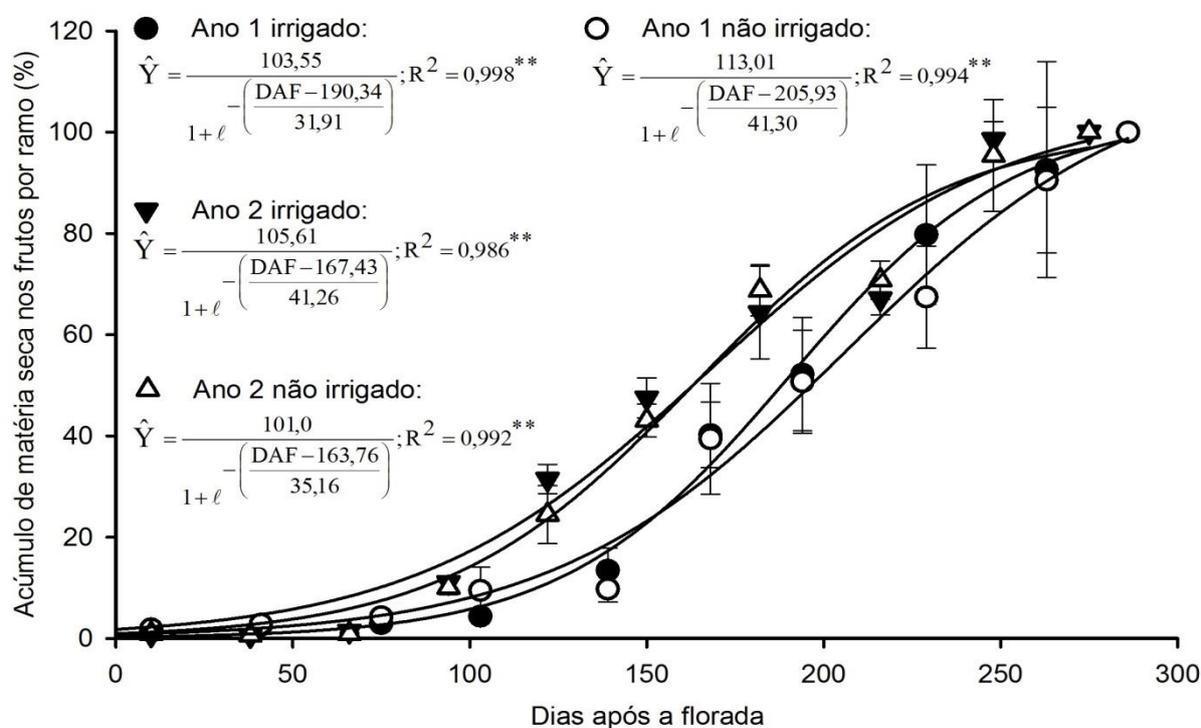
Os maiores percentuais de acúmulo de matéria seca por fruto, e em ramos plagiotrópicos produtivos são observados entre a primavera e o verão, coincidindo com as fases de expansão rápida e granação dos frutos, entre os 100 e 250 DAF (Figura 2B; 4). Nesse período, o clima da região é caracterizado por índices pluviométricos irregulares, aumento das temperaturas do ar, maior incidência de radiação solar e ocorrência de déficit hídrico, principalmente no verão (Figura 1).

Laviola et al. (2008) também observaram incrementos significativos de matéria seca em frutos de cafeeiro arábica nos estádios de expansão rápida e granação/maturação, sendo o fluxo de água para os frutos essencial para o processo de acúmulo de biomassa no grão durante essas fases de desenvolvimento (MARENCO & LOPES, 2005). A fase de expansão rápida se caracteriza por um rápido alongamento das células dos frutos, atingindo cerca de 80% do seu tamanho final, e na fase de granação ocorre o enchimento do perisperma (LAVIOLA et al., 2007).



**Figura 3.** Número de frutos por ramo plagiotrópico produtivo (%) de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

A partir dos 216 DAF, nota-se uma redução no percentual de acúmulo de matéria seca por fruto (Figura 2B) e em ramos plagiotrópicos (Figura 4), devido à fase de maturação fisiológica dos frutos, caracterizada por diversos processos químicos e metabólicos que permite aos frutos alcançarem o ponto ideal de colheita (MORAES et al., 2008). Os frutos se caracterizam como um forte dreno no cafeeiro por água e nutrientes durante seu desenvolvimento (LAVIOLA et al., 2007, 2008), segundo Bragança et al. (2010) estes órgãos correspondem a 8 % do total de matéria seca de uma planta de cafeeiro Conilon aos 72 meses de idade. Enquanto Prezotti & Bragança (2013) observaram que os frutos são responsáveis pelo acúmulo de 12 % da matéria seca total da planta.



**Figura 4.** Acúmulo percentual de matéria seca nos frutos por ramo plagiotrópico (%) de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

Altas temperaturas e déficit hídrico acentuado são prejudiciais para o desenvolvimento dos frutos de café, uma vez que, os estádios de formação dos frutos podem adiantar ou atrasar em função do clima, exercendo grande influência sobre as taxas de acúmulo de matéria seca nos frutos (LAVIOLA et al., 2007). A

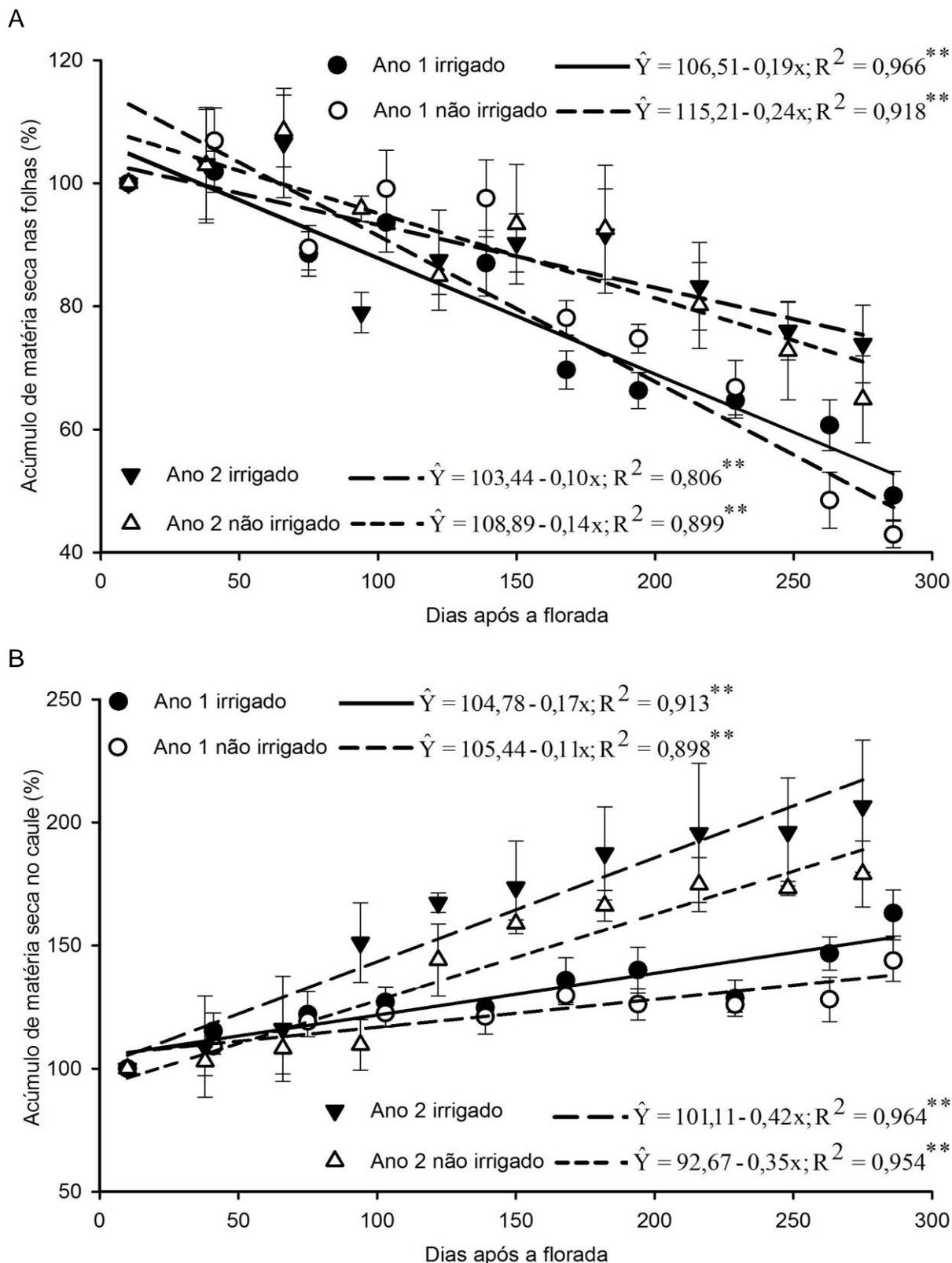
temperatura do ar é considerada a mais relevante dentre os elementos climáticos (PEZZOPANE et al., 2003), uma vez que influencia os processos fisiológicos da planta e interfere no seu ciclo (PETEK et al., 2009).

No entanto, Siqueira et al. (1985) destacam que a deficiência hídrica também pode influenciar decisivamente na duração dos estádios fenológicos do cafeeiro. Em cafeeiro arábica, todos os estádios fenológicos de desenvolvimento dos frutos apresentam forte influência da disponibilidade hídrica na exigência térmica (graus-dia) da planta, acelerando a maturação dos frutos na ocorrência de deficiência hídrica (PETEK et al., 2009).

As curvas de acúmulo de matéria seca nas folhas e no caule de ramos plagiotrópicos produtivos de plantas de café Conilon irrigado e não irrigado, ajustaram-se ao modelo matemático linear (Figura 5). As curvas de acúmulo de matéria seca nas folhas de café Conilon irrigado e não irrigado apresentaram-se decrescentes, nas duas safras consecutivas (Tabela 2; Figura 5A). Verificou-se diferença significativa entre os tratamentos somente para a primeira safra, sendo este maior nas plantas não irrigadas aos 139 DAF, e nas plantas irrigadas aos 263 e 286 DAF (Tabela 2).

Os menores percentuais de matéria seca nas folhas foram obtidos ao final do ciclo reprodutivo do cafeeiro (Figura 5A). Sendo possível verificar uma redução no acúmulo de matéria seca nas folhas, de aproximadamente, 51 % (plantas irrigadas) e 67 % (plantas não irrigadas) durante o primeiro ano, e de 26 % (plantas irrigadas) e 35 % (plantas não irrigadas) durante o segundo ano (Tabela 2; Figura 5A). Essa redução no acúmulo de matéria seca nas folhas pode estar associada a uma desfolha natural dos ramos quando estes atingem a fase reprodutiva, uma vez que, o percentual de matéria seca das folhas está diretamente relacionado com a quantidade de folhas por ramo plagiotrópico.

A desfolha que ocorre nos ramos plagiotrópicos esta associada à maior translocação de fotoassimilados para os frutos, que são os drenos preferências durante a fase reprodutiva do cafeeiro (RENA & MAESTRI, 1985; CARVALHO et al., 1993), que está ligada também aos fatores climáticos, uma vez que, o clima da região é caracterizado por elevados volumes de chuva, porém com distribuição irregular, temperaturas do ar elevadas e ocorrência de déficit hídrico (Figura 1).



**Figura 5.** Acúmulo percentual de matéria seca em folhas (A; %) e caule (B; %) por ramo plagiotrópico produtivo de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

As altas temperaturas do ar podem provocar aumento da síntese de etileno, hormônio responsável pela senescência dos tecidos vegetais, em consequência, pode causar a queda precoce das folhas (FINGER et al., 2006). Similarmente, a deficiência hídrica acentuada afeta o desenvolvimento da parte aérea do cafeeiro, promovendo diminuição da abertura estomática e da área foliar, o que resulta em baixa absorção de CO<sub>2</sub> (DAMATTA, 2004). Sendo assim, ocorre redução na produção de fotoassimilados (FAROOQ et al., 2009), no crescimento (PARTELLI et al., 2013) e na produtividade do cafeeiro (SAKAY et al., 2015). Destaca-se o efeito positivo da irrigação, uma vez que, as plantas irrigadas apresentaram maior acúmulo de matéria seca nas folhas em relação às plantas não irrigadas (Figura 4A).

As curvas de acúmulo de matéria seca no caule de ramos plagiotrópicos de café Conilon irrigado e não irrigado apresentaram-se crescentes, nas duas safras consecutivas (Tabela 2; Figura 5B). Assim como nas folhas, verificou-se diferença significativa no acúmulo de matéria seca no caule somente para a primeira safra, onde as plantas irrigadas apresentaram maior percentual de acúmulo, aos 263 e 286 DAF (Tabela 2). Durante a segunda safra, verifica-se que as taxas de acúmulo de matéria seca no caule de ramos plagiotrópicos do cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado (Figura 4B), acompanharam o aumento das temperaturas e do déficit hídrico até os 216 DAF (Figura 1).

Os maiores percentuais de matéria seca no caule foram obtidos ao final do ciclo reprodutivo do cafeeiro (Tabela 2; Figura 5B). Sendo possível verificar incrementos no acúmulo de matéria seca no caule, de aproximadamente, 63 % (plantas irrigadas) e 44 % (plantas não irrigadas) durante o primeiro ano, e de 106 % (plantas irrigadas) e 71 % (plantas não irrigadas) durante o segundo ano. Estes incrementos de matéria seca no caule dos ramos plagiotrópicos, estão associados ao crescimento e desenvolvimento destes ramos, em consequência do alongamento celular dos tecidos mais jovens. Uma vez que, o período de formação de frutos no cafeeiro Conilon coincide com o período de maior crescimento vegetativo (PARTELLI et al., 2013).

O incremento de matéria seca no caule dos ramos plagiotrópicos se caracteriza como um importante fator de produção do cafeeiro Conilon, pois com o alongamento dos ramos plagiotrópicos ocorre um aumento no número de rosetas (COSTA et al., 2009), principalmente em ramos plagiotrópicos jovens, o que permite ganhos em produtividade (PARTELLI et al., 2013).

## Conclusões

As curvas de acúmulo de matéria seca no fruto de café Conilon irrigado e não irrigado foram similares, ajustando-se ao modelo sigmoidal.

O acúmulo de matéria seca nos frutos é superior nas plantas irrigadas.

As curvas de acúmulo de matéria seca nas folhas e no caule de ramos plagiotrópicos produtivos ajustaram-se ao modelo linear.

A irrigação influenciou a dinâmica da matéria seca em frutos, folhas e ramos plagiotrópicos produtivos, ao longo do período reprodutivo do cafeeiro Conilon.

## Referências bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. Crop **Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; RENA, A.B. Physiology of growth and production of the coffee tree - a review. **Journal of Coffee Research**, v.27, n.1, p.1-54, 1999.

BONOMO, D.Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F.L.; SOUZA, J.M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.157-169, 2013.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVEIRA NETO, A.N.; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.4, p.233-240, 2008.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S. de; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; LANI, J.A.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.H. Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.048-052, 2010.

CARVALHO, C.H.S. de; RENA, A.B.; PEREIRA, A.A.; CORDEIRO, A.T. Relação entre produção, teores de N, P, Ca, Mg, amido e seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 665-673, 1993.

COELHO, G.; SILVA, A.M. da; REZENDE, F.C.; SILVA, R.A. da; CUSTÓDIO, A.A. de P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 67-73, 2009.

COSTA, N.R.; DOMINGUES, M.C.S.; RODRIGUES, J.D.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Desempenho do cafeeiro Icatu vermelho sob ação de biorregulador aplicado em fases reprodutivas da cultura. **Agrarian**, v. 2, n. 5, p.113-130, 2009.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; MAURI, A.L.; DIAS, M.A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Revista Agro@ambiente**, v.7, n.2, p.193-202, 2013.

CUNHA, A.R.; VOLPE, C.A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.49-62, 2011.

DALCOMO, J.M.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, A.; LIMA, W.L.; FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; PARTELLI, F.L. Evaluation of genetic divergence among clones of conilon coffee after scheduled cycle pruning. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 15417-15426, 2015.

DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DUBBERSTEIN, D. **Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em *Coffea canephora* na Amazônia Ocidental**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

ESTHER, A.; ADOMAKO, B. Genetic and environmental correlations between bean yield and agronomic traits in *Coffea canephora*. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 2, n. 4, p. 64-72, 2010.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 185-212, 2009.

FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v. 65, n. 3, p. 363-368, 2006.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: Cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1451-1462, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2008.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B. de; VENEGAS, V.H .A. Dinâmica de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 33-47, 2006.

LEROY, T.; BELLIS, F. de; LEGNATE, H.; MUSOLI, P.; KALONJI, A.; SOLÓRZANO, R.G.L.; CUBRY, P. Developing core collections to optimize the management and the exploitation of diversity of the coffee *Coffea canephora*. **Genetica**, v.142, n.3, p.185–199, 2014.

LIVRAMENTO, D.E. do. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da. (Eds.). **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010, 896p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005, 451p.

MARTINS, C.M.; REIS, E. F. dos; BUSATO, C.; PEZZOPANE, J.E.M. Crescimento inicial de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.3, p.193-201, 2006.

MARTINS, L.D.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. do; BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P. Efficiency and response of conilon coffee clones to phosphorus fertilization. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.406-411, 2013.

MORAES, F.R.P. de; CATANI, R.A. A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. **Bragantia**, v.23, n.26, p.331-336, 1964.

MORAIS, H.; CARAMORII, P.H.C.; KOGUISHIII, M. S.; GOMES, J.C.; RIBEIRO, A.M.A. Sombreamento de cafeeiros durante o desenvolvimento das gemas florais e seus efeitos sobre a frutificação e produção. **Ciência Rural**, v.39, n.2, p.400-406, 2009.

MORAIS, H.; CARAMORII, P.H.C.; KOGUISHIII, M. S.; RIBEIRO, A.M.A.; Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v.67, n.1, p.257-260, 2008.

PAIVA, R.N.; CARVALHO, C.H.S.D.; MENDES, A.N.G.; ALMEIDA, S.R.D; MATIELLO, J.B.; FERREIRA, R.A. Comportamento agrônomico de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha-MG. **Coffee Science**, v.5, n.1, p.49-58, 2009.

PARTELLI, F.L.; ESPINDOLA, M.C.; MARRÉ, W.B.; VIEIRA, D.V. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.214-222, 2014.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 8, p. 108-116, 2013.

PETEK, M.R.; SERA, T.; FONSECA, I.C.B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v.68, n.1, p.169-181, 2009.

PEZZOPANE, J.R.M.; JÚNIOR, M.J.P.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro Arábica. **Bragantia**, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

REIS, A.J.; ARRUDA, H.V. Frutificação no cafeeiro. **Bragantia**, v. 15, n. 9, p. 93-98, 1956.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

REZENDE, F.C.; OLIVEIRA, S.R.; FARIA, M.A.; ARANTES, K.R. Característica produtiva do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG - 1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, v.1, n.2, p.103-110, 2006.

RODRIGUES, R.R.; PIZETTA, S.C.; REIS, E.F. dos; GARCIA, G. de O. Disponibilidade hídrica no solo no desenvolvimento inicial de cafeeiro conilon. **Coffee Science**, v.10, n.1, p.46-55, 2015.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-

CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415–431, 2016.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, p.16–23, 2015.

SANDY, E.C.; BOTELHO, C.E.; CARVALHO, A.M. de; GUIMARÃES, R.J.; CARVALHO, G.R.; MAGALHÃES, M.M. Produção de frutos de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em diferentes posições e orientações de ramos plagiotrópicos. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 35-40, 2009.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT - Statistical Assistance**. versão 7.7 beta. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

SILVA, V.A.; ANTUNES, W.C.; GUIMARÃES, B.L.S.; PAIVA, R.M.C.; SILVA, V. de F.; FERRÃO, M.A.G.; DAMATTA, F.M.; LOUREIRO, M.E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.5, p.457-464, 2010.

SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P.H.; MANETTI-FILHO, J. Maturação dos frutos de três cultivares de cafeeiros em Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 12, p. 1373-1379, 1985.

SYSTAT SOFTWARE, INC. **SigmaPlot for Windows, version 11.0**. San Jose, California. 2008.

VERDIN FILHO, A.C.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; RODRIGUES, W.N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.489-494, 2014.

## 2.3 MACRONUTRIENTES EM FRUTOS E FOLHAS DE CAFEIEIRO CONILON IRRIGADO E NÃO IRRIGADO

### Resumo

Compreender a dinâmica dos nutrientes e sua relação com as condições climáticas é uma importante ferramenta para o estabelecimento dos períodos de maior exigência nutricional e planejamento do programa de fertilização da lavoura. Objetivou-se avaliar a concentração e o acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, e a concentração foliar ao longo de dois anos. Utilizaram-se plantas de café Conilon da variedade clonal Emcapa 8111 'genótipo 02' com três anos de idade. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida, com 14 repetições por dois anos. Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de coletas, de frutos e folhas. As curvas de acúmulo de macronutrientes nos frutos ajustaram-se ao modelo sigmoidal. A irrigação proporcionou maior acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiro Conilon. O N, K e Ca foram os macronutrientes mais encontrados em frutos e folhas de café Conilon irrigado e não irrigado. O parcelamento da adubação faz-se necessário, observando a exigência nutricional das plantas, de acordo com as fases de desenvolvimento dos frutos.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, acúmulo de nutrientes, ramos plagiotrópicos, déficit hídrico.

## Abstract

Understanding the dynamics of nutrients and their relationship with climate conditions is an important tool for determining the periods of higher plant nutrient demands and planning crop fertilization programs. The objective of the present study was to evaluate fruit macronutrient concentrations and accumulation and leaf macronutrient concentrations over two years in irrigated and non-irrigated Conilon coffee plants. Three-year-old Conilon coffee plants of the genotype 02 were used. A completely randomised split-plot experimental design was employed, with 14 replicates. The main plot factor was irrigation versus no irrigation of coffee plants, and the sub-plot factor was different fruit and leaf collection times. Collections began 10 days after the beginning of flowering and were performed every 28 days until full fruit ripening. The macronutrients accumulation curves in fruit set to the sigmoidal model. Irrigation provided greater accumulation of nutrients in fruits Conilon coffee. The N, K and Ca were the macronutrients found in most fruits and coffee leaves and without irrigation Conilon. The split fertilization is necessary by observing the nutritional requirement of the plants in accordance with the fruit development stages.

**Keywords:** *Coffea canephora*, nutrient accumulation, plagiotropic branches, water deficit.

## Introdução

As plantas então constantemente expostas a estresses abióticos, dentre esses o déficit hídrico é um dos principais fatores limitantes à produção do café Conilon (SILVA et al., 2010). DaMatta (2004) relata que o estresse hídrico afeta o desenvolvimento da parte aérea do cafeeiro e reduz sua área foliar, devido à diminuição da abertura estomática, o que resulta em baixa absorção de CO<sub>2</sub>, conseqüentemente, reduz a produção de fotoassimilados (FAROOQ et al., 2009; SAKAY et al., 2015) e afeta o crescimento e a produtividade do cafeeiro (DAMATTA & RAMALHO, 2006; RAMALHO et al., 2014). Diante disso, o cultivo de café Conilon tem sido realizado no Atlântico brasileiro predominantemente em áreas irrigadas.

As mudanças climáticas também se destacam como fator limitante à produção de café, causando possíveis perdas de áreas aptas ao cultivo de *Coffea arabica* e *C. canephora* no mundo (BUNN et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016). Com isso, a baixa disponibilidade hídrica e a ocorrência de temperaturas extremas (altas e baixas) devem se tornar mais frequentes (RAMALHO et al., 2014). Para o cafeeiro, os períodos críticos de deficiência hídrica são os de florada e frutificação, até, aproximadamente, a décima oitava semana após a florada, quando estas limitações hídricas podem comprometer a produtividade e a qualidade do café (BONOMO et al., 2008).

O déficit hídrico associado às altas temperaturas leva a redução do enchimento do grão e a formação de grãos chochos (MORAIS et al., 2009). A persistência de temperaturas acima dos 35 °C aumenta a probabilidade de formação de flores estéreis, o que resulta em perdas de produtividade (CUSTÓDIO et al., 2014). Além disso, as altas temperaturas também podem provocar aumento da síntese de etileno, hormônio este responsável pela senescência foliar, provocando queda precoce das folhas, diminuindo área fotossinteticamente ativa (FINGER et al., 2006). No entanto, a flexibilidade metabólica da planta do café deve ser levada em consideração, principalmente quanto às respostas e ajustes em relação às condições de estresse ambiental (RAMALHO et al., 2013).

Os genótipos de café Conilon apresentam um alto potencial produtivo, dessa forma, apresentam alta exigência nutricional e acumulam grande quantidade de nutrientes em seus tecidos (SERRANO et al., 2011). As quantidades de nutrientes acumulados pelo cafeeiro variam de acordo com o local e época do ano, idade,

órgãos e tecidos de uma mesma planta (BRAGANÇA et al., 2007) e com o genótipo: precoce, médio, tardio e super-tardio (PARTELLI et al., 2014).

Os estádios de formação dos frutos podem adiantar ou atrasar em função do clima, exercendo grande influência sobre as taxas de acúmulo de nutrientes nos frutos (LAVIOLA et al., 2007a; 2007b). Por serem os frutos os drenos preferenciais por nutrientes durante a fase reprodutiva do cafeeiro (RENA & MAESTRI, 1985), é importante que o fornecimento de nutrientes anteceda os picos de acúmulo dos elementos nos frutos (LAVIOLA et al., 2008; PARTELLI et al., 2014).

A produtividade do cafeeiro é fortemente influenciada pelo suprimento adequado de água (SCALCO et al., 2011; BONOMO et al., 2013; SAKAI et al., 2015) e nutrientes (COELHO et al., 2009) pela irrigação. Dessa forma, compreender a dinâmica de formação dos frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, e sua relação com as condições climáticas, é uma importante ferramenta para o estabelecimento dos períodos de maior exigência nutricional e planejamento do programa de fertilização da lavoura.

Objetivou-se avaliar a concentração e o acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, e a concentração foliar ao longo do ano.

## **Material e métodos**

O experimento foi realizado no município de Itabela, Sul do estado da Bahia (região Atlântica). A área está localizada a 16°42'13"S e 39°25'28"W, com altitude de 108 m. Conforme a classificação de Köppen, o clima é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). Foram utilizadas plantas de *Coffea canephora*, da variedade clonal Emcapa 8111 genótipo 02 (BRAGANÇA et al., 2001), com três anos de idade, cultivadas a pleno sol, no espaçamento de 3,5 x 1,0 m, e com fertirrigação desde o transplântio. A lavoura foi conduzida com quatro hastes produtivas por hectare, sob o sistema de poda programada de ciclo (VERDIN FILHO et al., 2014). Contudo, a lavoura foi avaliada antes de atingir a fase de poda.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Embrapa, 2013), cujas características químicas e físicas estão descritas na Tabela 1. Os tratamentos culturais da lavoura consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com

herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação (somente na parcela irrigada). Ambos os tratamentos receberam  $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N,  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , conforme as exigências e as fases fenológicas do cafeeiro. No tratamento irrigado, a fertirrigação foi semanal; no não irrigado, os adubos foram distribuídos a lanço e parcelados em cinco aplicações por ano, nos meses de setembro, novembro, janeiro, março e junho.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo, para a faixa de profundidade de 0-20 cm, em área cultivada com cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado.

Características químicas	Irrigado	Não irrigado
P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	25	32
K ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	104	106
S ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	11	20
Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	4,4	3,9
Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,8	1,3
Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0	0
H+Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	2,5	3,2
pH	6,45	6,05
Matéria Orgânica ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	4,1	5
Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	619	281
Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	3,7	4,7
Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	2	1,8
Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	23	17
B ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	1,32	1,54
Na ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	49	56
<b>Características físicas</b>		
Areia total ( $\text{g kg}^{-1}$ )		730
Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )		110
Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ )		160
Capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )		0,19
Ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )		0,13

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida no tempo, com 14 repetições. Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de coletas, de frutos e folhas. Para implementação do tratamento não irrigado, a irrigação da respectiva parcela foi suspensa em março de 2011, quatro meses antes do início das avaliações, de forma a ocorrer à aclimação das plantas ao déficit hídrico. No tratamento irrigado, o sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, com uma linha de emissores por fileira de plantas, espaçados a cada 0,5

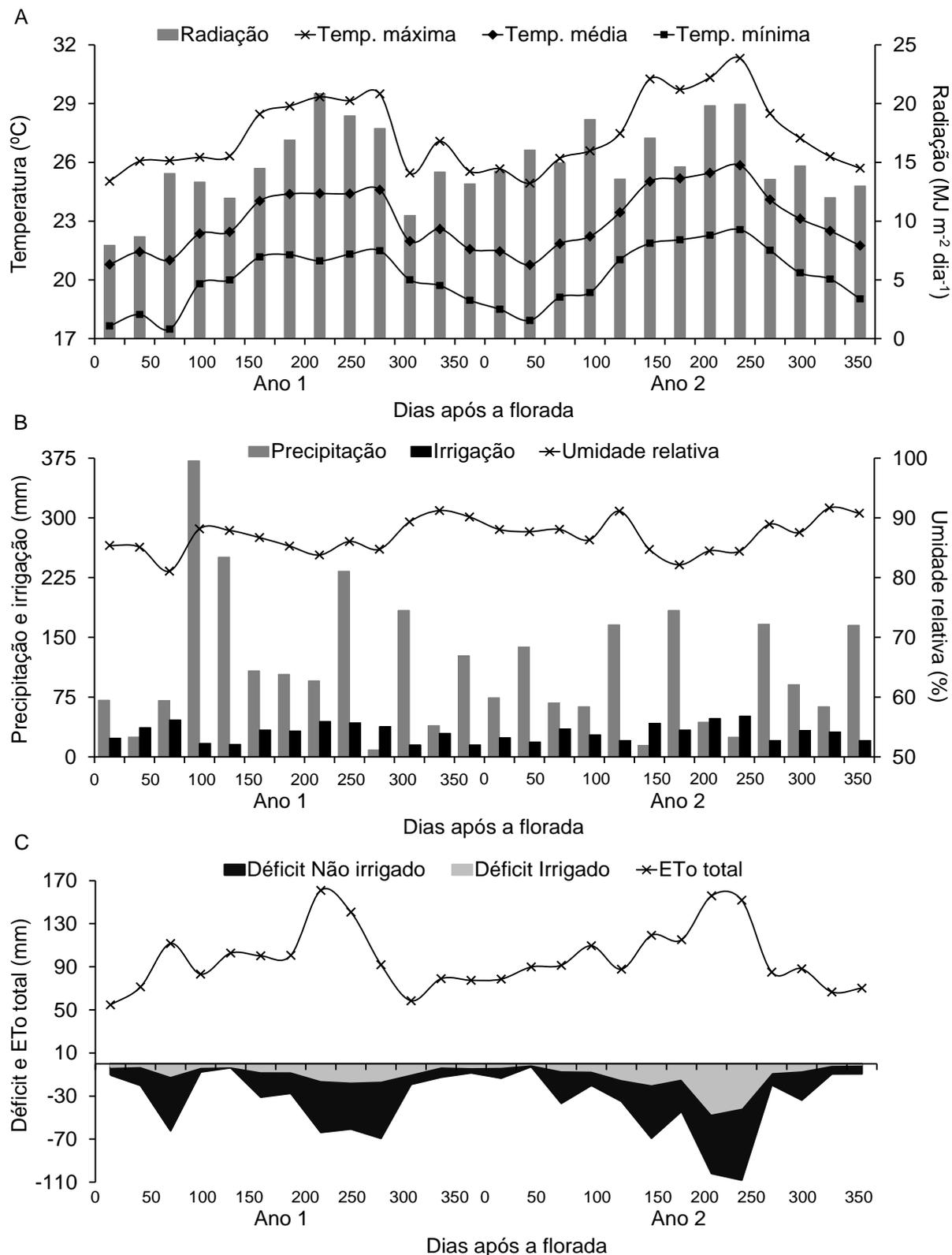
m e vazão de  $2,0 \text{ L h}^{-1}$ .

Os valores de temperatura máxima, média e mínima, radiação solar global, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (Figura 1), foram coletados em uma estação meteorológica automática, localizada a 800 m da área experimental. Os dados meteorológicos foram usados para estimar-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), de acordo com o modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Para o manejo de irrigação adotou-se o balanço hídrico diário, baseado na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), na precipitação pluviométrica medida no local e nas características de armazenamento de água do solo. Foi realizado também o balanço hídrico diário do solo, considerando as duas condições avaliadas (irrigada e não irrigada), para obtenção dos períodos de déficit hídrico (Figura 1).

Aos 10 dias após a florada (DAP), foram marcados 50 ramos plagiotrópicos produtivos por parcela (14 plantas), contendo 12 nós produtivos e 24 folhas completamente desenvolvidas, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As coletas iniciaram 10 DAP e, a partir daí, em intervalos de aproximadamente 28 dias, até a maturação completa dos frutos.

Em cada avaliação coletou-se aleatoriamente cinco ramos de cada tratamento. Após a coleta, realizou-se a separação das partes constituintes dos ramos (folhas, caule, pedúnculos e frutos), também se quantificou o número de frutos por ramo. Nos ramos coletados até os 75 dias após a florada, devido ao tamanho reduzido dos frutos, havia presença de pedúnculos, e estas foram alocadas junto aos frutos chumbinhos. Concomitantemente foram coletadas 56 folhas por tratamento, situadas nos terceiro e quarto nó dos ramos plagiotrópicos, localizados no terço médio superior das plantas. As avaliações foliares estenderam-se por mais três meses após a colheita, a fim de verificar o comportamento da concentração foliar dos nutrientes após a retirada dos frutos.

Os frutos e folhas coletados foram secos em estufa de ventilação forçada a  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante. Posteriormente, o material vegetal foi pesado em balança de precisão (0,001g). As concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos e folhas, foram obtidas em laboratório, conforme metodologia descrita por Silva (2009), em triplicata. O acúmulo dos nutrientes nos frutos foi calculado levando em consideração a matéria seca, o número de frutos por ramo e a concentração dos respectivos nutrientes nos frutos.



**Figura 1.** Valores de radiação solar global, temperatura máxima, média e mínima do ar (A), precipitação, irrigação e umidade relativa do ar (B), déficit hídrico e ETo total (C), a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). Precipitação total: Ano 1 = 1687 mm e Ano 2 = 1260 mm; Irrigação total: Ano 1 = 390 mm e Ano 2 = 406 mm; Déficit total: Irrigado, Ano 1 = 97 mm e Ano 2 = 166 mm. Não irrigado, Ano 1 = 387 mm e Ano 2 = 503 mm.

As médias da concentração de nutrientes nas folhas e nos frutos, e do acúmulo de nutrientes nos frutos foram submetidas à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio do programa estatístico Assistat 7.7 beta (SILVA, 2016). Foi realizada análise de regressão apenas para o acúmulo de nutrientes nos frutos. Os gráficos foram confeccionados a partir das médias e do erro-padrão da média, com o auxílio do programa SigmaPlot versão 11.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2008).

## **Resultados e discussão**

O acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em frutos de café Conilon irrigado e não irrigado, foram semelhantes nas duas safras avaliadas (Tabela 2). Para todos os nutrientes o modelo matemático que melhor se ajustou foi o sigmoidal (Figuras 2, 3 e 4). Caracterizado por apresentar taxas de acúmulo reduzidas na fase inicial, seguida de uma fase de rápida expansão com as mais altas taxas, e uma fase final com taxas menos expressivas ao final do ciclo de formação dos frutos.

Este comportamento é semelhante ao observado em cafeeiros Conilon cultivados no Norte do Espírito Santo (PARTELLI et al., 2014) e na Amazônia Ocidental (DUBBERSTEIN, 2015), assim como em cafeeiros arábica na Zona da Mata brasileira (LAVIOLA et al., 2007a; 2008), sendo possível identificar cinco fases distintas de formação dos frutos: chumbinho, expansão rápida, crescimento suspenso, granação (ou enchimento de grãos) e maturação (PARTELLI et al., 2014).

O acúmulo de macronutrientes nos frutos foi consideravelmente maior na segunda safra, em relação à safra anterior, tanto nas plantas irrigadas, quanto nas plantas não irrigadas, conforme observado nas figuras 2, 3 e 4. Esse fato pode estar associado a um maior número de frutos por roseta, observado na primeira safra, acarretando maior competição por espaço, com isso os frutos apresentaram crescimento reduzido e conseqüentemente, menor ganho em massa de matéria seca, culminado em grãos pequenos, em relação à segunda safra, onde devido a um menor número de frutos por roseta, os mesmos apresentaram-se maiores e mais pesados.

**Tabela 2.** Acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em frutos de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

Acúmulo de macronutrientes nos frutos (mg fruto <sup>-1</sup> )												
DAF <sup>1</sup>	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Ano 1												
10	0,12 Ac*	0,12 Ad	0,01 Ad	0,01 Ac	0,04 Ad	0,05 Ad	0,03 Ac	0,03 Ad	0,01 Ad	0,01 Ad	0,01 Ae	0,01 Af
41	0,22 Ac	0,16 Ad	0,02 Ad	0,01 Ac	0,08 Ad	0,08 Ad	0,06 Ac	0,05 Ad	0,02 Ad	0,01 Ad	0,01 Ae	0,01 Af
75	0,23 Ac	0,26 Ad	0,02 Ad	0,02 Ac	0,10 Ad	0,14 Acd	0,09 Ac	0,10 Acd	0,02 Ad	0,03 Ad	0,02 Ae	0,02 Af
103	0,40 Ac	0,55 Acd	0,03 Ad	0,04 Ac	0,21 Ad	0,30 Acd	0,12 Ac	0,13 Acd	0,03 Ad	0,04 Ad	0,03 Ae	0,04 Aef
139	1,10 Ac	0,66 Acd	0,08 Ad	0,06 Abc	0,65 Ad	0,41 Acd	0,21 Abc	0,15 Acd	0,10 Ad	0,06 Acd	0,09 Ade	0,06 Adef
168	3,20 Ab	2,51 Abc	0,23 Ac	0,20 Aab	2,03 Ac	1,48 Abc	0,30 Abc	0,16 Acd	0,26 Ac	0,14 Bbcd	0,22 Acd	0,18 Acde
194	4,20 Ab	3,38 Ab	0,32 Abc	0,21 Ba	2,51 Abc	1,87 Ab	0,48 Ab	0,26 Bbcd	0,33 Abc	0,19 Bbc	0,32 Abc	0,20 Bcd
229	5,17 Aab	3,77 Bab	0,42 Aab	0,28 Ba	3,46 Aab	2,65 Aab	0,82 Aa	0,34 Babc	0,43 Aab	0,26 Bab	0,44 Aab	0,24 Bbc
263	6,72 Aa	5,45 Ba	0,44 Aab	0,34 Ba	4,40 Aa	3,75 Aa	1,01 Aa	0,54 Bab	0,46 Aab	0,34 Ba	0,48 Aa	0,37 Bab
286	6,89 Aa	5,48 Ba	0,49 Aa	0,31 Ba	4,67 Aa	3,94 Aa	1,03 Aa	0,57 Ba	0,48 Aa	0,40 Aa	0,54 Aa	0,41 Ba
CV (%)	29,9		29,1		31,6		30,6		30,8		30,7	
Ano 2												
10	0,10 Ae	0,08 Ad	0,01 Af	0,01 Ae	0,04 Ad	0,03 Ae	0,02 Ad	0,01 Ad	0,01 Ac	0,01 Ad	0,01 Ae	0,01 Ae
38	0,09 Ae	0,07 Ad	0,01 Af	0,01 Ae	0,03 Ad	0,02 Ae	0,01 Ad	0,01 Ad	0,01 Ac	0,01 Ad	0,01 Ae	0,01 Ae
66	0,22 Ae	0,11 Ad	0,01 Af	0,01 Ae	0,11 Ad	0,04 Ae	0,04 Ad	0,02 Ad	0,01 Ac	0,01 Ad	0,02 Ae	0,01 Ae
94	1,43 Ade	0,93 Ad	0,11 Aef	0,09 Ade	1,05 Acd	0,64 Ae	0,28 Acd	0,18 Acd	0,07 Ac	0,04 Ad	0,13 Ade	0,08 Ae
122	3,68 Acd	1,80 Bcd	0,25 Ade	0,13 Ade	2,82 Ac	1,51 Ade	0,61 Ac	0,31 Acd	0,13 Ac	0,10 Acd	0,31 Ad	0,17 Ade
150	6,09 Abc	3,90 Bbc	0,42 Acd	0,29 Acd	5,46 Ab	3,22 Bcd	1,19 Ab	0,64 Bbc	0,29 Ab	0,20 Bbc	0,62 Ac	0,37 Bcd
182	8,34 Ab	6,01 Bab	0,61 Abc	0,52 Ab	6,30 Ab	3,99 Bbc	1,54 Aab	1,10 Bab	0,34 Ab	0,29 Aab	0,78 Abc	0,56 Bc
216	8,63 Aab	6,32 Bab	0,67 Aab	0,50 Bbc	9,10 Aa	6,27 Bab	1,62 Aab	0,95 Bab	0,34 Ab	0,30 Aab	0,95 Aab	0,64 Bbc
248	11,27 Aa	8,15 Ba	0,85 Aa	0,74 Aa	11,29 Aa	8,69 Ba	1,86 Aa	1,24 Ba	0,66 Aa	0,39 Ba	1,12 Aa	0,94 Ba
275	11,34 Aa	8,35 Ba	0,85 Aa	0,67 Bab	11,17 Aa	8,17 Ba	1,82 Aa	1,21 Ba	0,63 Aa	0,39 Ba	1,10 Aa	0,87 Bab
CV (%)	38,6		38,0		37,6		40,2		39,4		38,2	

<sup>1</sup>Dias após a florada. Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As plantas irrigadas acumularam maior quantidade de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos, em relação às plantas não irrigadas, nas duas safras (Tabela 2; Figuras 2, 3 e 4). Nas três primeiras avaliações; entre 10 e 75 DAP a taxa de acúmulo dos nutrientes nos frutos foi baixa, não havendo diferença entre os tratamentos. Nesse período os frutos estão na fase de chumbinho, caracterizada pelo baixo crescimento e acúmulo de matéria seca, havendo assim menor acúmulo de nutrientes no tecido (LAVIOLA et al., 2006; 2007a; 2008). Resultados semelhantes foram observados em café Conilon cultivado no estado de Rondônia (DUBBERSTEIN, 2015).

Em cafeeiro arábica, o consumo de nutrientes e o acúmulo de matéria seca são intensificados a partir do quarto mês após a floração (Moraes & Catani, 1964), conforme observado nesse trabalho. No entanto Partelli et al. (2014), verificaram taxas crescentes de acúmulo dos nutrientes nos frutos, a partir dos 48 dias após a florada, em genótipos com ciclo de maturação precoce, intermediário e tardio.

As maiores taxas de acúmulo dos nutrientes nos frutos foram compreendidas entre as fases de expansão rápida, crescimento suspenso e granação; em média entre os 100 e 250 DAF (Figuras 2, 3 e 4). Durante a fase de granação dos frutos, verificaram-se aumentos gradativos da temperatura do ar, maior incidência de radiação solar, distribuição irregular de chuvas e ocorrência de déficit hídrico (Figura 1), que culminaram em menores taxas de acúmulo de nutrientes nos frutos das plantas não irrigadas.

A temperatura do ar é considerada a mais relevante dentre os elementos climáticos (PEZZOPANE et al., 2003), uma vez que influencia os processos fisiológicos da planta e interfere no seu ciclo (PETEK et al., 2009). No entanto, Siqueira et al. (1985) destacam que a deficiência hídrica também pode influenciar decisivamente na duração dos estádios fenológicos do café, ou seja, a ocorrência de déficit hídrico diminui a necessidade térmica em graus-dia e acelera a passagem do fruto para o estágio seguinte (PETEK et al., 2009).

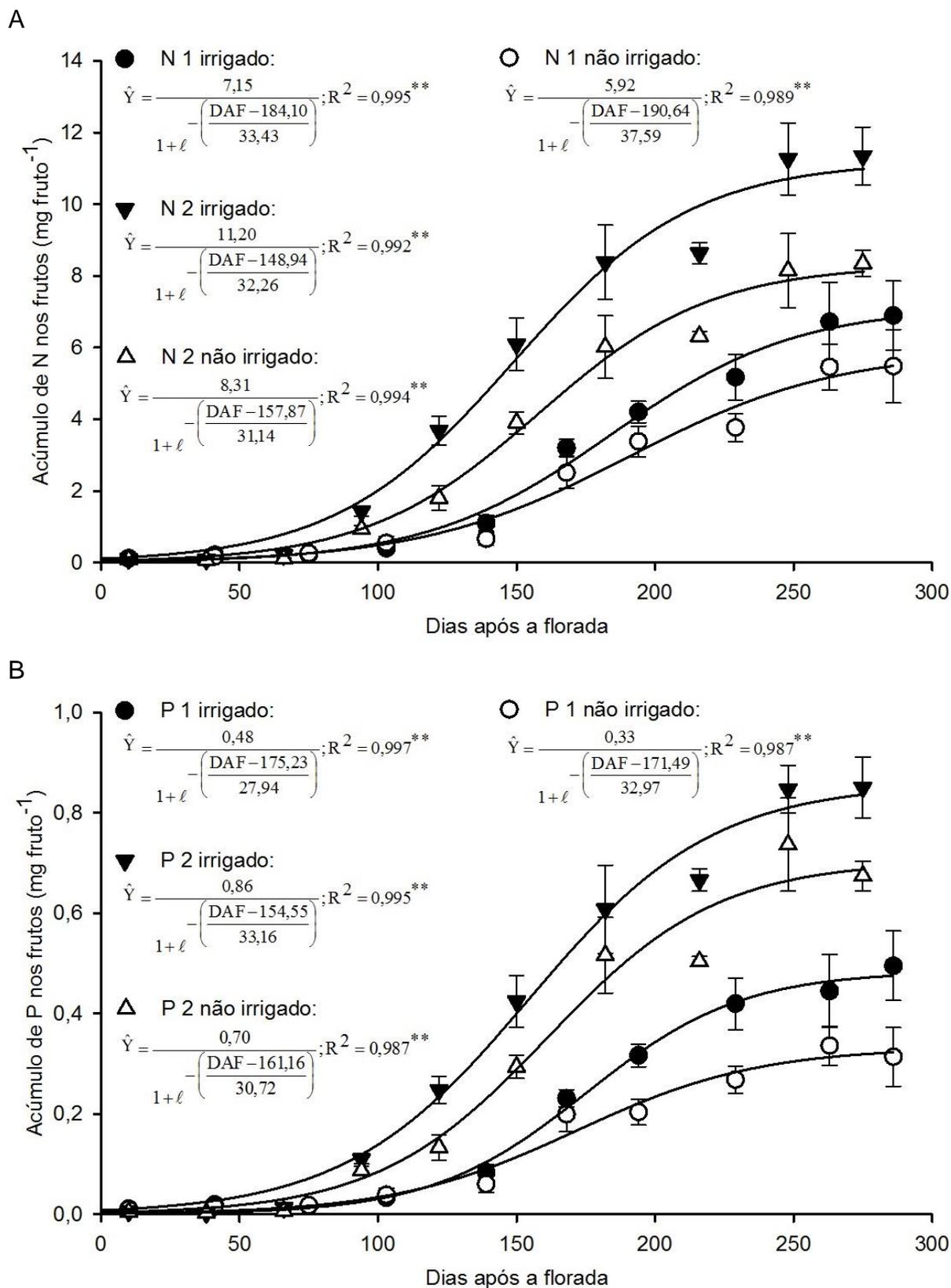
O nitrogênio destacou-se como nutriente mais acumulado nos frutos ao final do ciclo de maturação em cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, em ambas as safras (Tabela 2). Tal resultado concorda com o observado por Bragança et al. (2008), em cafeeiro Conilon adulto cultivado no Norte do Espírito Santo. Isso demonstra a importância deste nutriente e suas funções na formação dos frutos, evidenciando os benefícios da adubação nitrogenada para a cultura do cafeeiro durante o período reprodutivo.

De acordo com Clemente et al. (2013), o nitrogênio tem maior importância para produção de ramos e crescimento vegetativo do cafeeiro, entretanto, também possui funções essenciais na formação dos frutos. O início do crescimento das taxas de acúmulo de N nos frutos ocorre a partir do quarto mês, próximo aos 100 DAF, sendo crescente até o momento da colheita dos frutos (Tabela 2; Figura 2A). Não houve diferença significativa quanto ao acúmulo deste nutriente nas plantas irrigadas e não irrigadas, entre 10 e 194 DAF na primeira safra, e entre 10 e 94 DAF para a segunda safra (Tabela 2). O acúmulo de nitrogênio é maior na segunda safra avaliada, em ambos os tratamentos, em relação à safra anterior (Tabela 2).

As maiores taxas de acúmulo de N nos frutos são observadas entre a primavera e o verão (Figura 2A), período caracterizado por elevados índices pluviométricos, altas temperaturas, maior incidência de radiação e ocorrência de déficit hídrico, principalmente durante o verão (Figura 1). Segundo Laviola et al. (2008), a curva de acúmulo de N em frutos de cafeeiro arábica apresentou incrementos significativos nos estádios de expansão rápida e granação/maturação, sendo maior nesse último. Esse fato pode ser observado na Figura 2A, onde o acúmulo de N foi mais expressivo entre a quinta e a penúltima coleta, período que compreende essas fases fenológicas. Resultados semelhantes foram observados por Partelli et al. (2014), nos genótipos tardio e supertardio de café.

Semelhante ao N, as maiores taxas de acúmulo de fósforo nos frutos são observadas entre as fases de expansão rápida e maturação (Figura 2B). Foram observadas diferenças quanto ao acúmulo de P nas plantas irrigadas e não irrigadas, entre 194 e 286 DAF na primeira safra, e aos 216 e 275 DAF para a segunda safra (Tabela 2). Apesar de estar entre os macronutrientes menos requeridos pelo cafeeiro o P merece destaque, por ser comum a carência deste nos solos das lavouras cafeeiras (PARTELLI et al., 2006; LAVIOLA et al., 2007b).

O P é o nutriente que mais limita a produção de biomassa em solos tropicais, devido ao material de origem e a forte interação deste nutriente com as partículas do solo (MARTINS et al., 2013a). A disponibilidade de P no solo maximiza o desempenho fotossintético, induzindo maior abertura estomática, atividade bioquímica e fotoquímica no cafeeiro, o que irá proporcionar maior disponibilidade de carboidratos para a planta (MARTINS et al., 2015), conseqüentemente maior produção de matéria seca (SILVA et al., 2010).



**Figura 2.** Acúmulo de nitrogênio (A) e fósforo (B) em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. \*\* Significativo a 1% de probabilidade

O potássio foi o segundo nutriente mais acumulado ao final da fase de maturação fisiológica dos frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, em ambas as safras (Tabela 2). No entanto, Bragança et al. (2008) verificam que o K foi o terceiro macronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon no Norte do Espírito Santo. Considerando a primeira safra, não houve diferença no acúmulo de K nos frutos entre as plantas irrigadas e não irrigadas, sendo a maior quantidade deste nutriente observada aos 286 DAF (Tabela 2).

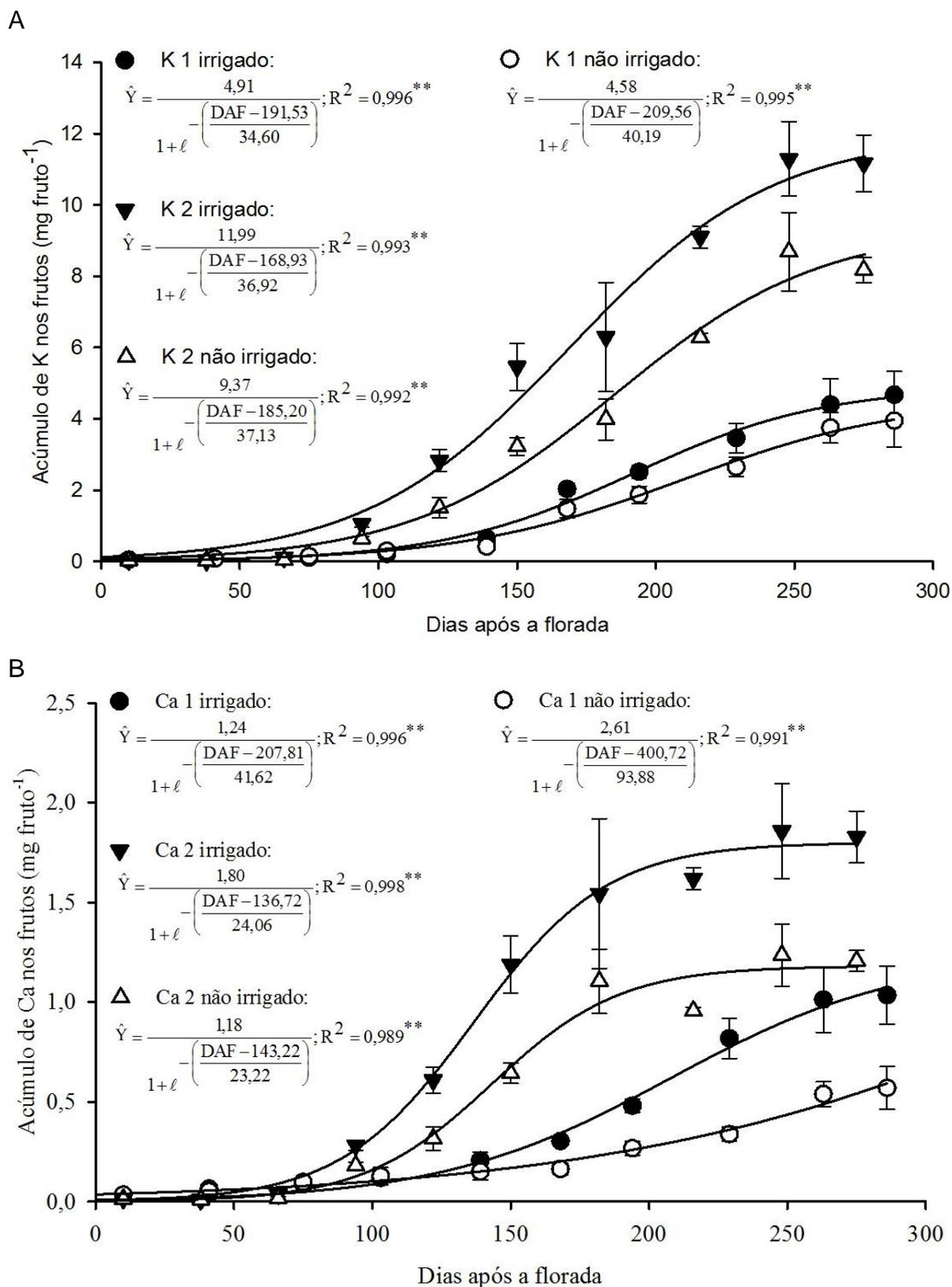
Para a segunda safra, não houve diferença entre 10 e 122 DAF, sendo a maior quantidade de K observada na penúltima avaliação, ou seja, aos 248 DAF não havendo diferença entre as coletas anterior e posterior. Após os 122 DAF na segunda safra, as plantas irrigadas apresentaram maiores taxas de acúmulo de K em relação às não irrigadas (Tabela 2; Figura 3A).

As curvas de acúmulo de K nos frutos apresentaram uma conformação semelhante, em ambas as safras, com menores taxas de acúmulo na fase inicial, seguida de uma fase intermediária com altas taxas, que ocorrem em períodos caracterizados por altas temperaturas, maior incidência de radiação, baixos volumes de chuva e déficit hídrico, principalmente entre 100 e 250 DAF (Figura 1), e uma fase final com taxas de acúmulo reduzidas (Figura 3A).

Resultados encontrados em *C. arabica* 'Caturra' sugerem dois picos de absorção, com aproximadamente 50% de K acumulado entre 60 e 120 DAF e 20% entre 210 e 240 dias (RAMIREZ et al., 2002). No entanto, esse comportamento não é verificado neste trabalho, uma vez que os valores mais expressivos de acúmulo de K são observados a partir dos 100 DAF, permanecendo crescente até a fase de maturação dos frutos.

De acordo com Laviola et al. (2008), o K em comparação com o N e P, não apresenta paralisação em sua translocação para os frutos até a maturação, uma vez que, este nutriente é requerido na ativação de diversas enzimas que são essenciais na síntese de compostos orgânicos, que são sintetizados com a maturação dos frutos.

Vale ressaltar, que a exigência de potássio aumenta com a idade da planta e é particularmente intensa quando a mesma atinge a maturidade (CLEMENTE et al., 2013). Segundo Ramirez et al. (2002), as quantidades de N e K acumulados nos frutos são semelhantes, sugerindo a aplicação conjunta destes nutrientes.



**Figura 3.** Acúmulo de potássio (A) e cálcio (B) em frutos de caféiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. **\*\*** Significativo a 1% de probabilidade

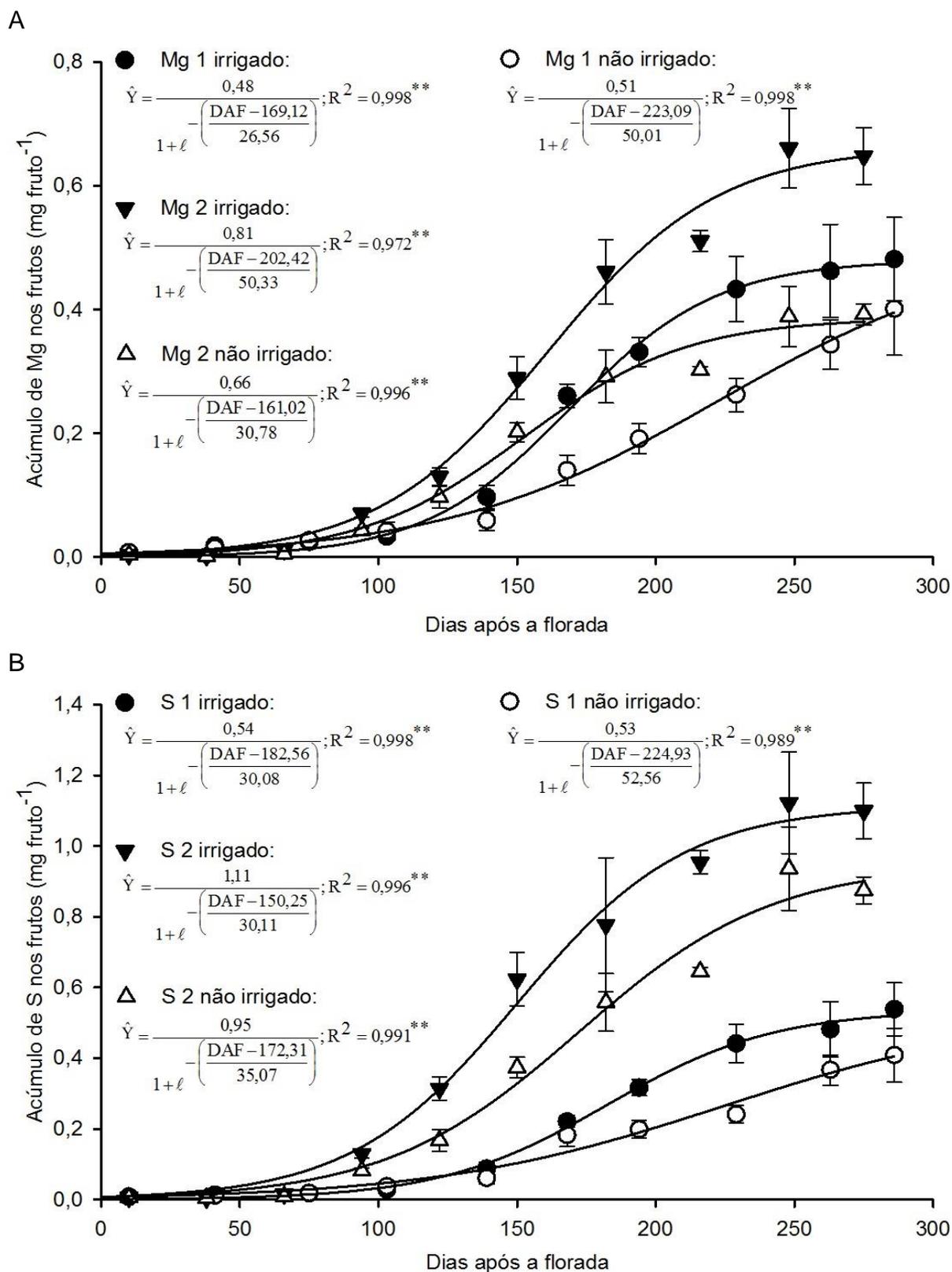
Para o cálcio, a curva de acúmulo foi similar nos dois tratamentos e em ambas as safras, levando em consideração o comportamento das curvas (Figura 3B). Nota-se maior amplitude das curvas da segunda safra em relação à primeira, principalmente entre os 100 e 250 DAF. Foram observadas diferenças quanto ao acúmulo de Ca nos frutos, sendo maior nas plantas irrigadas entre 194 e 286 DAF na safra 2011/2012, e aos 150 e 275 DAF para safra seguinte, em relação às plantas não irrigadas (Tabela 2).

O Ca foi o terceiro nutriente mais acumulado pelos frutos do cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado. No entanto, Bragança et al. (2008) verificam que o Ca foi o segundo macronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon no Norte do Espírito Santo. Ocorre maior demanda de Ca nos primeiros estágios de formação dos frutos (Laviola et al., 2007c). Por conseguinte, verificou-se que aproximadamente 70% do total de Ca exigido pelos frutos, é acumulado nesta fase (Partelli et al., 2014).

O magnésio é um dos macronutrientes menos acumulados pelos frutos do cafeeiro Conilon, conforme constatado por Partelli et al. (2014). Considerando a primeira safra, não houve diferença no acúmulo deste nutriente entre 10 e 139 DAF e ao final da fase de maturação, aos 286 DAF em ambos os tratamentos (Tabela 2; Figura 4A). Para a safra 2012/2013, foram observadas diferenças entre os tratamentos aos 150, 248 e 275 DAF, sendo o acúmulo de Mg crescente até a penúltima avaliação, ou seja, aos 248 DAF.

As maiores taxas de acúmulo de Mg nos frutos foram obtidas nos estádios de expansão rápida, granação e maturação. Este fato também foi relatado por outros pesquisadores (LAVIOLA et al., 2007a; 2007c; 2009; PARTELLI et al., 2014), evidenciando a alta demanda nutricional para formação dos frutos, e a aplicação conjunta destes nutrientes. Sendo estes fornecidos em muitas lavouras em uma única aplicação, através da calagem. No entanto, Ramirez et al. (2002) destacam a necessidade de fertilizantes foliares a base de cálcio em períodos de alta exigência deste macronutriente, para o *C. arabica* 'Caturra'.

O enxofre foi o quarto nutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, depois do N, K e Ca (Tabela 2; Figura 4B). Não foram observadas diferenças quanto ao acúmulo deste nutriente nas plantas irrigadas e não irrigadas, entre 10 DAF até 168 e 122 dias, para a primeira e segunda safra, respectivamente.



**Figura 4.** Acúmulo de magnésio (A) e enxofre (B) em frutos de caféiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. \*\*Significativo a 1% de probabilidade.

Semelhante ao Ca e Mg, as maiores quantidade de S são foram acumuladas na fase de expansão rápida e granação dos frutos (PARTELLI et al., 2014). Este comportamento se assemelha ao relato para *C. arabica* 'Caturra', onde a maior taxa de acúmulo de S foi observada durante fase de expansão rápida (RAMIREZ et al., 2002). No entanto, Laviola et al. (2009) observou dois picos de absorção de S, em plantas de café arábica, o primeiro na fase de rápida expansão e o segundo na fase de enchimento de grãos e maturação.

Quanto à concentração dos macronutrientes nos frutos, as mesmas apresentaram grandes variações ao longo do período avaliativo, com isso não foi possível estabelecer modelos de tendência (Figura 5). As concentrações de N e K nos frutos não evidenciaram diferenças expressivas entre os tratamentos, quanto à época de coleta do fruto, para a primeira safra (Tabela 3).

Considerando a segunda safra, não houve diferença entre as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos de plantas irrigadas e não irrigadas, no período de desenvolvimento dos frutos. O N seguido pelo K e Ca, foram os macronutrientes que apresentaram maior concentração nos frutos, em ambas as safras, evidenciando a importância destes nutrientes durante o processo produtivo do cafeeiro Conilon.

As curvas de concentração de N, P, Ca, Mg e S nos frutos de café Conilon irrigado e não irrigado foram semelhantes, apresentando concentrações mais elevadas na fase inicial de desenvolvimento do fruto (Tabela 3; Figura 5). Sendo as maiores concentrações destes encontradas no estágio de chumbinho, uma vez que, o reduzido acúmulo de matéria seca nos frutos neste estágio influenciou para que houvesse maior concentração dos elementos nos frutos. Durante esse período foram registradas temperaturas mais amenas, com médias inferiores a 23 °C (Figura 1A). Após esse pico de concentração, ocorreu queda nas concentrações dos nutrientes em questão durante as fases de expansão rápida, crescimento suspenso e granação, com diversas oscilações, atingindo os menores valores na fase de maturação (Tabela 3; Figura 5).

Mesmo comportamento foi verificado para N, P, Ca, Mg e S em cafeeiro arábica (LAVIOLA et al., 2006; 2007a; 2007c). Essa redução está associada ao efeito de diluição do conteúdo de nutrientes nos frutos, que ocorre principalmente entre os estádios de expansão rápida e granação/maturação, devido o aumento do teor de matéria seca no fruto.

**Tabela 3.** Concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em frutos de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

DAF <sup>1</sup>	Concentração de macronutrientes nos frutos (g kg <sup>-1</sup> )											
	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Ano 1												
10	40,3 Aa <sup>*</sup>	39,1 Aa	3,7 Aab	3,1 Aab	14,4 Ac	15,6 Ab	11,2 Aab	11,7 Aab	2,6 Abcd	2,6 Aabc	2,7 Aabc	2,4 Aabc
41	41,2 Aa	36,5 Aa	3,7 Aa	3,3 Aa	15,0 Abc	16,7 Aab	12,4 Aa	11,5 Aab	3,5 Aab	3,2 Aa	2,6 Aabc	2,5 Aabc
75	38,9 Aa	35,2 Aa	2,9 Aabcd	2,4 Aabcd	17,9 Aabc	20,0 Aab	15,1 Aa	13,3 Aa	4,2 Aa	3,7 Aa	3,0 Aa	2,6 Aab
103	41,7 Aa	37,7 Aa	3,5 Aabc	2,7 Babc	21,9 Aa	20,4 Aab	12,4 Aa	8,8 Bab	3,5 Aab	2,9 Aab	2,9 Aab	2,6 Aab
139	37,2 Aa	35,2 Aab	2,8 Aabcd	3,2 Aa	21,9 Aa	22,1 Aa	7,0 Abc	8,0 Ab	3,3 Aabc	3,14 Aa	2,9 Aab	3,2 Aa
168	33,8 Aab	33,6 Aabc	2,4 Acd	2,7 Aabc	21,5 Aa	19,8 Aab	3,2 Ac	2,2 Ac	2,7 Abcd	1,9 Bbc	2,3 Aabc	2,4 Aabc
194	33,8 Aab	33,5 Aabcd	2,5 Abcd	2,0 Abcd	20,2 Aab	18,5 Aab	3,9 Ac	2,6 Ac	2,7 Abcd	1,9 Bbc	2,5 Aabc	1,9 Bbc
229	26,2 Ab	26,1 Abcd	2,1 Ad	1,8 Acd	17,5 Aabc	18,3 Aab	4,1 Ac	2,3 Ac	2,2 Acd	1,8 Abc	2,2 Aabc	1,7 Ac
263	26,8 Ab	24,8 Acd	1,8 Ad	1,5 Acd	17,5 Aabc	17,1 Aab	4,0 Ac	2,4 Ac	1,8 Ad	1,6 Ac	1,9 Ac	1,7 Ac
286	26,5 Ab	24,2 Ad	1,6 Ad	1,4 Ad	18,0 Aabc	17,4 Aab	4,0 Ac	2,5 Ac	1,8 Ad	1,6 Abc	2,1 Abc	1,8 Abc
CV (%)	6,2		15,4		18,5		24,9		22,7		22,0	
Ano 2												
10	43,2 Aa	42,5 Aa	2,4 Aa	2,3 Aa	16,0 Aa	13,7 Aa	6,6 Aa	6,2 Aab	1,6 Aa	1,7 Aa	2,8 Aa	2,6 Aa
38	43,9 Aa	40,2 Aa	2,8 Aa	2,4 Aa	13,8 Aa	12,2 Aa	4,5 Aa	5,3 Aab	1,8 Aa	1,6 Aa	2,3 Aa	2,1 Aa
66	42,9 Aa	42,6 Aa	2,5 Aa	2,2 Aa	21,6 Aa	14,0 Aa	7,3 Aa	6,9 Aa	2,4 Aa	2,1 Aa	3,2 Aa	2,9 Aa
94	30,5 Ab	29,9 Ab	2,3 Aa	2,8 Aa	22,5 Aa	20,6 Aa	6,0 Aa	5,8 Aab	1,5 Aa	1,4 Aa	2,7 Aa	2,6 Aa
122	26,6 Abc	24,8 Abc	1,8 Aa	1,8 Aa	22,4 Aa	20,8 Aa	4,4 Aa	4,3 Aab	0,9 Aa	1,3 Aa	2,3 Aa	2,3 Aa
150	27,6 Abc	25,5 Abc	1,9 Aa	1,9 Aa	24,8 Aa	21,0 Aa	5,4 Aa	4,2 Aab	1,3 Aa	1,3 Aa	2,8 Aa	2,4 Aa
182	23,6 Ac	23,6 Abc	1,7 Aa	2,0 Aa	24,6 Aa	22,6 Aa	4,3 Aa	4,3 Aab	1,0 Aa	1,1 Aa	2,2 Aa	2,2 Aa
216	23,7 Abc	23,5 Abc	1,8 Aa	1,9 Aa	25,0 Aa	23,3 Aa	4,4 Aa	3,5 Aab	0,9 Aa	1,1 Aa	2,6 Aa	2,4 Aa
248	22,8 Ac	20,1 Ac	1,7 Aa	1,8 Aa	22,8 Aa	21,5 Aa	3,8 Aa	3,0 Ab	1,3 Aa	1,0 Aa	2,3 Aa	2,3 Aa
275	22,9 Ac	20,4 Ac	1,7 Aa	1,6 Aa	22,6 Aa	20,0 Aa	3,7 Aa	2,9 Ab	1,3 Aa	1,0 Aa	2,2 Aa	2,1 Aa
CV (%)	8,0		22,5		14,8		27,5		37,6		38,8	

<sup>1</sup>Dias após a florada. Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

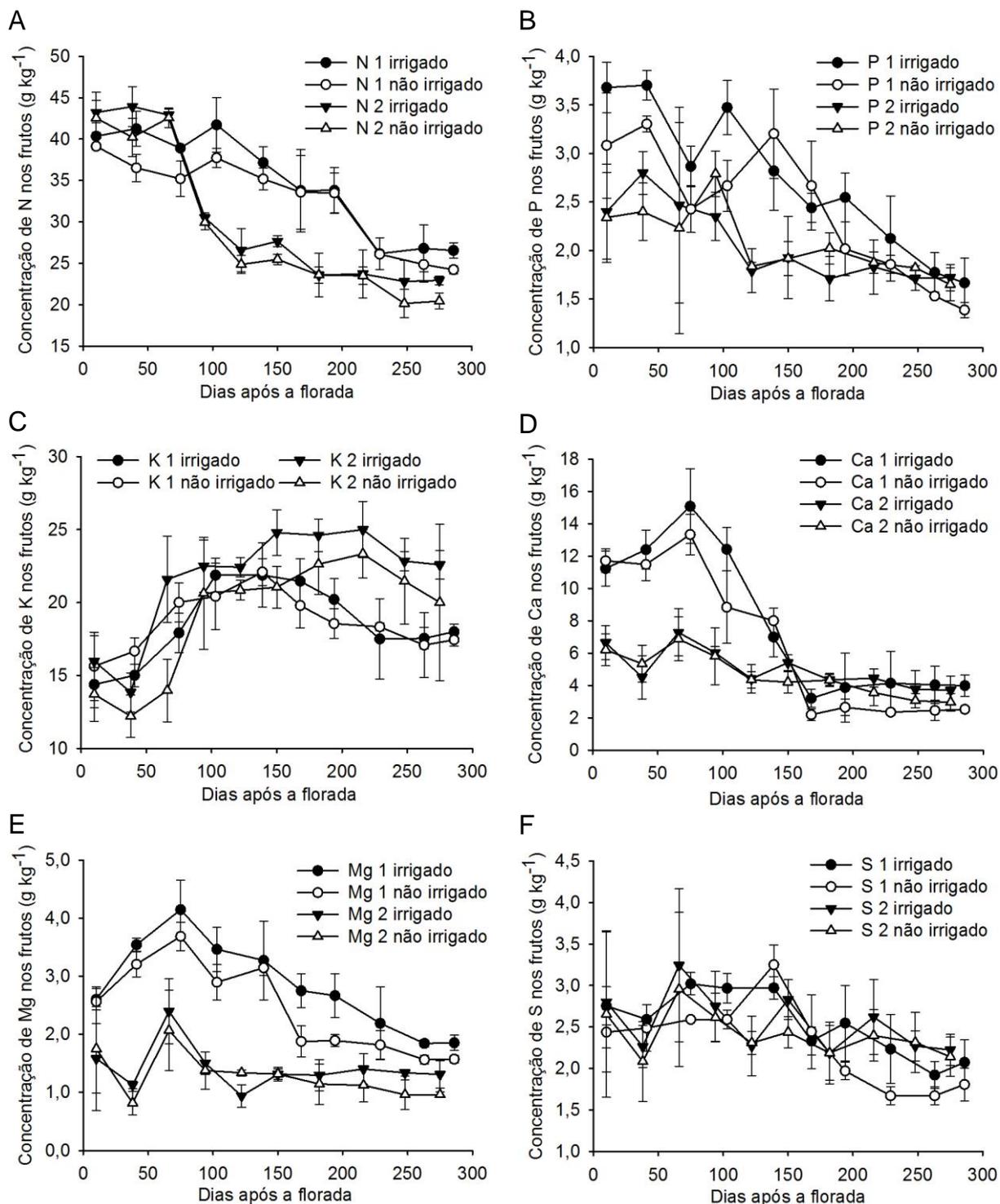
O K comportou-se de forma distinta dos demais nutrientes, apresentando grandes concentrações nos frutos até os 139 e 216 DAF, para a primeira e segunda safra, respectivamente, sendo os maiores teores deste nutriente nos frutos observados nestas épocas (Tabela 3; Figura 5C). Após esse período, nota-se que a concentração de K nos frutos começa a decrescer, apresentando os menores valores, próximo à colheita.

Verifica-se maior concentração de P e Ca nos frutos das plantas irrigadas aos 103 DAF, de Mg aos 168 e 194 DAF e de S aos 194 DAF, para a primeira safra (Tabela 3). A maior concentração destes nutrientes pode estar associada a melhor disponibilidade hídrica destas plantas, em relação às não irrigadas, o que pode ter favorecido a absorção destes nutrientes. É provável que a translocação destes nutrientes para os frutos venha a ocorrer por fluxo em massa, decorrente das altas taxas de translocação de água para os frutos (RAMIREZ et al., 2002).

A concentração de Ca e Mg nos frutos na primeira safra é aparentemente maior em relação à segunda safra (Tabela 3; Figura 5D; E). Principalmente entre 10 e 150 DAF, período correspondente ao estágio de chumbinho e início da fase de expansão rápida. Após esse período, a concentração dos referidos nutrientes apresenta pouca variação, permanecendo praticamente constante até o momento da colheita.

Semelhante à concentração de nutrientes nos frutos, não foi possível estabelecer linhas de tendência para os teores foliares de macronutrientes, devido às oscilações apresentadas ao longo das safras avaliadas (Figura 6). Essas oscilações nas concentrações foliares podem ocorrer em função das distintas exigências nutricionais dos frutos durante seu ciclo, visto que cada estágio possui exigências próprias e a demanda por nutriente tende a ser maior nos estágios de expansão, granação e maturação (PREZOTTI & BRAGANÇA, 2013; PARTELLI et al., 2014). O N foi o nutriente mais encontrado nas folhas, seguido pelo Ca e pelo K (Tabela 4).

As plantas irrigadas apresentaram maior concentração média de N, P e Mg nas folhas, durante a primeira safra, e de N, P e S na safra subsequente. As curvas de concentração de N e P nas folhas de café Conilon irrigado e não irrigado foram semelhantes, apresentando concentrações mais elevadas na fase inicial de desenvolvimento do fruto (Tabela 4).



**Figura 5.** Concentração de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

Sendo as maiores concentrações de N e P foram encontradas quando os frutos estavam no estágio de chumbinho, evidenciando pouca redistribuição destes nutrientes para os frutos nesta fase. Há medida que os frutos cresceram, a concentração de N e P nas folhas diminuiu substancialmente, devido à intensa redistribuição destes nutrientes para os frutos. Resultados semelhantes foram observados por Valarini et al. (2005), em cafeeiro arábica cultivado no Estado de São Paulo. Os menores teores de N e P nas folhas foram encontrados no momento da colheita, onde os frutos estavam totalmente desenvolvidos (Tabela 4; Figura 6 A; B). Após a colheita dos frutos, a concentração destes nutrientes nas folhas aumentou significativamente. Esse aumento se deve à retirada dos frutos, que são os drenos preferenciais por nutrientes na fase reprodutiva do cafeeiro (RENA & MAESTRI, 1985; CARVALHO et al., 1993).

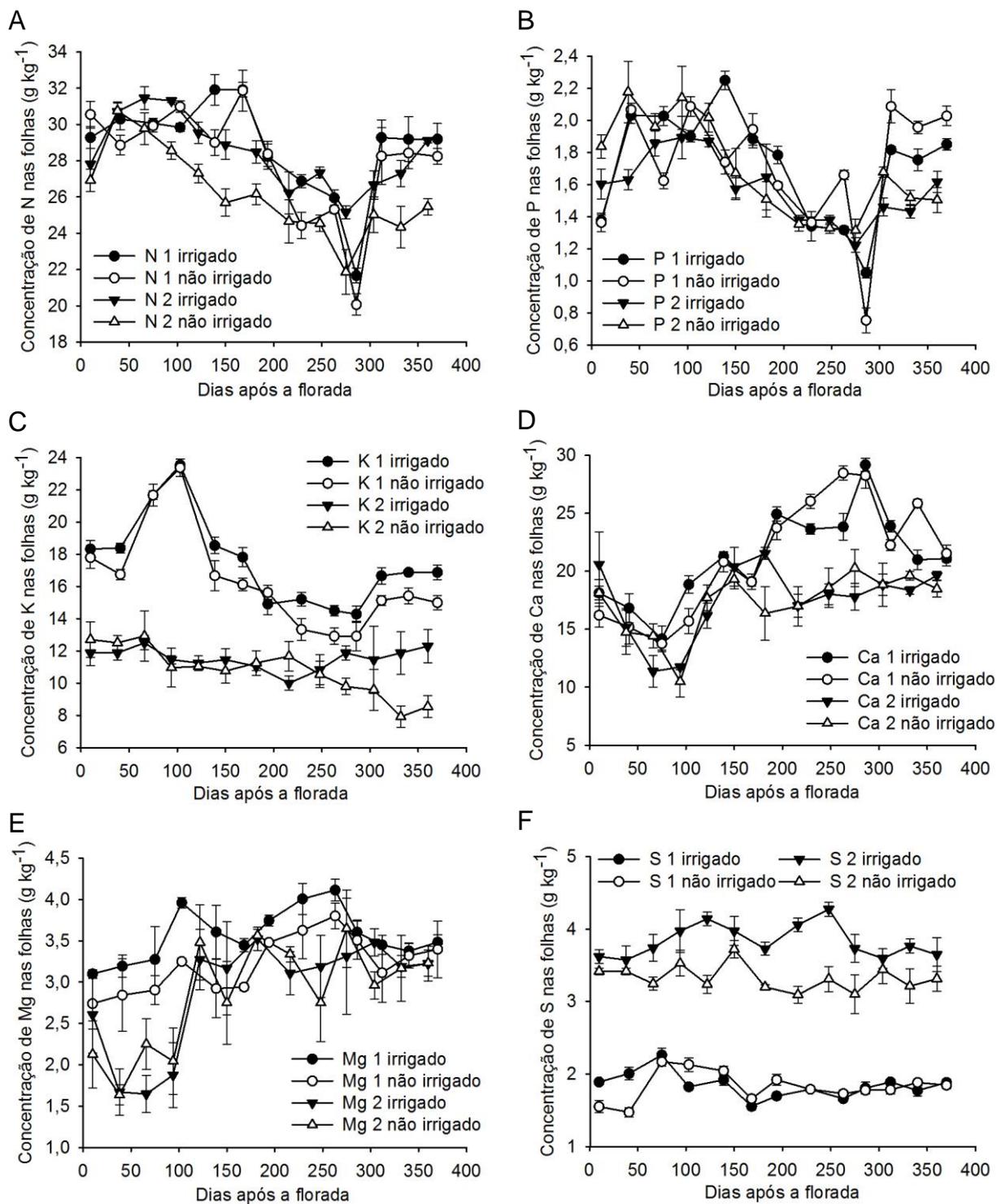
As plantas irrigadas apresentaram maior teor de N aos 139 e 229 DAF, para a primeira safra, e entre 94 a 182, 248 a 275 e 232 a 360 DAF para a segunda safra (Tabela 4). Já as plantas não irrigadas apresentaram maior concentração de P aos 103, 263, 312, 340 e 370 DAF, durante a safra 2011/2012, e aos 94, 122, 150, 182, 248, 275, 332 e 360 DAF para a safra seguinte. Em relação ao K, observam-se incrementos significativos entre 10 e 100 DAF, quando os frutos estavam na fase de chumbinho, principalmente na primeira safra (Tabela 4; Figura 6C). Após esse período, nota-se redução acentuada no teor de K nas folhas até o momento da colheita, devido à redistribuição deste para os frutos (Figura 5C).

Demonstrando maior exigência de K pelo cafeeiro Conilon entre as fases de expansão rápida e granação/maturação dos frutos. Não houve diferença significativa quanto a concentração deste nutriente nas folhas de plantas irrigadas e não irrigadas, aos 10, 75 e 103 DAF na primeira safra, e aos 332 e 360 DAF para a segunda safra. Quanto ao Ca, verifica-se redução nos teores foliares durante a fase de chumbinho, até os 100 DAF, devido à redistribuição deste nutriente para os frutos, que apresentaram maior concentração de Ca durante esta fase (Figura 5D). Com a redução nos teores de Ca nos frutos à medida que estes se desenvolvem, nota-se aumento nas concentrações deste nutriente nas folhas (Figura 6D). Comportamento semelhante é observado nas curvas foliares de Mg (Figura 6E). Em relação ao S, houve pouca variação nas concentrações deste nutriente nas folhas, sendo estas mais expressivas na segunda safra, onde o teor de S nas folhas foi maior em relação à primeira safra (Figura 6F).

**Tabela 4.** Concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em folhas de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

DAF <sup>1</sup>	Concentração de macronutrientes nas folhas (g kg <sup>-1</sup> )											
	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Ano 1												
10	29,3 Aabc*	30,5 Aab	1,4 Ad	1,4 Ad	18,3 Ab	17,8 Ab	18,1 Ade	16,2 Bef	3,1 Ac	2,7 Ab	1,9 Abcd	1,5 Bfg
41	30,3 Aab	28,9 Ab	2,0 Aab	2,1 Aa	18,4 Ab	16,7 Bbc	16,8 Aef	15,2 Af	3,2 Abc	2,8 Ab	2,0 Ab	1,4 Bg
75	30,1 Aab	29,9 Aab	2,0 Aab	1,6 Bc	21,7 Aa	21,7 Aa	14,2 Af	13,7 Af	3,3 Aabc	2,9 Aab	2,3 Aa	2,2 Aa
103	29,8 Aab	31,0 Aab	1,9 Bbc	2,1 Aa	23,5 Aa	23,4 Aa	18,8 Ade	15,7 Bf	3,9 Aabc	3,2 Bab	1,8 Bbcd	2,1 Aab
139	31,9 Aa	29,0 Bab	2,2 Aa	1,7 Bbc	18,5 Ab	16,7 Bbc	21,3 Acd	20,8 Acd	3,6 Aabc	2,9 Bab	1,9 Abc	2,0 Aabc
168	31,9 Aa	31,9 Aa	1,9 Abc	1,9 Aab	17,8 Ab	16,1 Bbc	19,1 Ade	19,1 Ade	3,4 Aabc	2,9 Aab	1,5 Ae	1,7 Aefg
194	28,2 Abcd	28,4 Ab	1,8 Abc	1,6 Bcd	14,9 Acd	15,6 Ac	24,9 Ab	23,7 Abc	3,7 Aabc	3,5 Aab	1,7 Bcde	1,9 Abcd
229	26,9 Acd	24,4 Bc	1,3 Ad	1,4 Ad	15,2 Acd	13,3 Bde	23,6 Bbc	26,0 Aab	4,0 Aab	3,6 Aab	1,8 Abcd	1,8 Adef
263	25,9 Ad	25,3 Ac	1,3 Bd	1,7 Ac	14,5 Ad	12,9 Be	23,8 Bbc	28,5 Aa	4,1 Aa	3,8 Aa	1,6 Ade	1,7 Adef
286	21,7 Ae	20,1 Ad	1,0 Ae	0,7 Be	14,3 Ad	12,9 Be	29,2 Aa	28,2 Aa	3,6 Aabc	3,5 Aab	1,8 Abcd	1,8 Adef
312	29,3 Aabc	28,3 Ab	1,8 Bbc	2,1 Aa	16,7 Abc	15,1 Bcd	23,9 Abc	22,2 Acd	3,45 Aabc	3,1 Aab	1,9 Abcd	1,8 Adef
340	29,2 Aabc	28,4 Ab	1,7 Bc	1,9 Aab	16,9 Abc	15,4 Bcd	23,0 Bbc	25,8 Aab	3,4 Aabc	3,3 Aab	1,7 Abcde	1,9 Acde
370	29,2 Aabc	28,2 Ab	1,8 Bbc	2,0 Aa	16,9 Abc	15,0 Bcde	21,1 Acd	21,5 Acd	3,5 Aabc	3,4 Aab	1,9 Abcd	1,8 Acde
CV (%)	3,4		6,0		3,5		7		10,3		3,0	
Ano 2												
10	27,8 Abcde	26,9 Abcd	1,6 Babc	1,8 Aabc	11,9 Aa	12,7 Aa	20,6 Aab	18,1 Aab	2,6 Aabcd	2,1 Abcd	3,6 Aab	3,4 Aa
38	30,7 Ab	30,7 Aa	1,6 Babc	2,2 Aa	11,9 Aa	12,5 Aa	15,2 Abcd	14,7 Aabc	1,7 Acd	1,6 Ad	3,6 Ab	3,4 Aa
66	31,4 Aa	29,8 Aab	1,8 Aab	2,0 Aab	12,5 Aa	12,9 Aa	11,4 Ad	14,4 Abc	1,6 Ad	2,2 Aabcd	3,7 Aab	3,2 Aa
94	31,3 Aa	28,6 Babc	1,9 Ba	2,1 Aa	11,4 Aa	10,9 Aabc	11,7 Acd	10,5 Ac	1,9 Abcd	2,0 Acd	4,0 Aab	3,5 Aa
122	29,5 Aabc	27,3 Babc	1,9 Aa	2,0 Aab	11,2 Aa	11,0 Aabc	16,2 Aabcd	17,7 Aab	3,3 Aab	3,5 Aabc	4,1 Aa	3,2 Ba
150	28,9 Aabcd	25,7 Bcd	1,5 Aabcd	1,7 Abcd	11,5 Aa	10,7 Aabc	20,4 Aab	19,3 Aab	3,2 Aab	2,7 Aabcd	4,0 Aab	3,7 Aa
182	28,5 Aabcd	26,1 Bcd	1,6 Aabc	1,5 Acd	11,0 Aa	11,2 Aabc	21,5 Aa	16,3 Bab	3,5 Aa	3,6 Aab	3,7 Aab	3,2 Aa
216	26,2 Ade	24,7 Ade	1,4 Acd	1,3 Ad	10,0 Aa	11,7 Aab	17,0 Aabc	17,0 Aab	3,1 Aabc	3,3 Aabc	4,1 Aab	3,1 Ba
248	27,3 Acde	24,5 Bde	1,4 Acd	1,3 Ad	10,8 Aa	10,5 Aabc	18,0 Aab	18,6 Aab	3,2 Aab	2,7 Aabcd	4,3 Aa	3,3 Ba
275	25,1 Ae	21,7 Be	1,2 Ad	1,3 Ad	11,9 Aa	9,8 Aabc	17,8 Aab	20,3 Aa	3,3 Aab	3,6 Aa	3,7 Aab	3,1 Aa
304	26,7 Acde	25,0 Ad	1,5 Abcd	1,7 Abcd	11,5 Aa	9,6 Aabc	18,8 Aab	18,8 Aab	3,5 Aa	3,0 Aabcd	3,6 Aab	3,4 Aa
332	27,3 Acde	24,3 Bde	1,4 Acd	1,5 Acd	11,9 Aa	7,9 Bc	18,3 Aab	19,6 Aab	3,2 Aab	3,2 Aabc	3,8 Aab	3,3 Aa
360	29,1 Aabcd	25,4 Bd	1,6 Aabc	1,5 Acd	12,3 Aa	8,5 Bbc	19,6 Aab	18,5 Aab	3,2 Aab	3,2 Aabc	3,6 Aab	3,3 Aa
CV (%)	4,6		3,9		11,0		7,7		16,1		5,6	

<sup>1</sup>Dias após a florada. Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 6.** Concentração de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em folhas de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

Devido à alta exigência nutricional dos frutos durante o período reprodutivo do cafeeiro Conilon, o fornecimento dos nutrientes para a planta deve ser suficiente para suprir as demandas dos frutos, bem como dos órgãos vegetativos. Desta forma, é importante que o suprimento de nutrientes pelas adubações anteceda os picos de acúmulo dos elementos nos frutos (LAVIOLA et al., 2007a; 2008; 2009). Visando melhorar a eficiência da adubação e evitar perdas, é necessário realizar o parcelamento da adubação observando às épocas de maior exigência da cultura, que estão associadas às fases de desenvolvimento das plantas.

## **Conclusões**

As curvas de acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S em frutos de café Conilon irrigado e não irrigado foram similares, ajustando-se ao modelo sigmoidal.

A irrigação proporcionou maior acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiro Conilon.

O N, K e Ca foram os macronutrientes mais encontrados em frutos e folhas de café Conilon irrigado e não irrigado.

O parcelamento da adubação faz-se necessário, observando a exigência nutricional das plantas, de acordo com as fases de desenvolvimento dos frutos.

## **Referências bibliográficas**

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1998, 301p.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BONOMO, D.Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F.L.; SOUZA, J.M.; MAGIERO, M.

Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.157-169, 2013.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C. de; SILVEIRA NETO, A.N.; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H.; LANI, J.A. Accumulation of macronutrients for the conilon coffee tree. **Journal of plant Nutrition**, v. 31, n.1, p.103-120, 2008.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H.; LANI, J.A. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn E Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, p. 398-404, 2007.

BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D.A bitter cup: climate change profile of global production of Arábica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 89–101, 2015.

CARVALHO, C.H.S. de; RENA, A.B.; PEREIRA, A.A.; CORDEIRO, A.T. Relação entre produção, teores de N, P, Ca, Mg, amido e seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 665-673, 1993.

CLEMENTE, J.A.; MARTINEZ, H.E.P.; ALVES, L.C.; LARA, M.C.R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 279-285, 2013.

COELHO, G.; SILVA, A.M. da; REZENDE, F.C.; SILVA, R.A. da; CUSTÓDIO, A.A. de P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 67-73, 2009.

CUSTÓDIO, A.A.P.; LEMOS, L.B.; MINGOTTE, F.L.C.; BARBOSA, J.C.; POLLO,

G.Z.; SANTOS, H.M. Florescimento de cafeeiros sob manejos de irrigação faces de exposição solar e posições na planta. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 245-257, 2014.

DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.1, p.1-6, 2004.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DUBBERSTEIN, D. **Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em *Coffea canephora* na Amazônia Ocidental**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, n.1, p.185-212, 2009.

FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v.65, n.3, p.363-368, 2006.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2008.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: Cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1451-1462, 2007a.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B de.; VENEGAS, V.H.A. Dinâmica

de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábica em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 33-47, 2006.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B. de; ALVAREZ, V.H. Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 319-329, 2007c.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D. Macronutrient accumulation in coffee fruits at Brazilian Zona da Mata conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.32, n.6, p.980-995, 2009.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; VENEGAS, V.H.A. Dinâmica de P e S em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 29-40, 2007b.

MARTINS, L.D.; MACHADO, L.S.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. do. The nutritional efficiency of *Coffea* spp. A review. **African Journal of Biotechnology**, v.14, n.9, p.728-735, 2015.

MARTINS, L.D.M.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. do; BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P. Efficiency and response of conilon coffee clones to phosphorus fertilization. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.406-411, 2013.

MORAES, F.R.P. de; CATANI, R.A.A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. **Bragantia**, v.23, n.26, p.331-336, 1964.

MORAIS, H.; CARAMORII, P.H.C.; KOGUISHIII, M. S.; GOMES, J.C.; RIBEIRO, A.M.A. Sombreamento de cafeeiros durante o desenvolvimento das gemas florais e seus efeitos sobre a frutificação e produção. **Ciência Rural**, v.39, n.2, p.400-406, 2009.

PARTELLI, F.L.; ESPINDOLA, M.C.; MARRÉ, W.B.; VIEIRA, D.V. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; MONNERAT, P.H.; VIANA, A.P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro Conilon orgânico e convencional no estado de Espírito

Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.3, p.443-451, 2006.

PETEK, M.R.; SERA, T.; FONSECA, I.C.B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v.68, n.1, p.169-181, 2009.

PEZZOPANE, J.R.M.; JÚNIOR, M.J.P.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro Arábica. **Bragantia**, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, v.8, n.3, p.284-294, 2013.

RAMALHO, J.C.; DAMATTA, F.M.; RODRIGUES, A.P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; BATISTA-SANTOS, P.; PARTELLI, F. L.; RIBEIRO, A.; LIDON, F.C.; LEITÃO A.E. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. Plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v.26, n.1, p.5-18, 2014.

RAMALHO, J.C.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; PAIS, I.; MARTINS, L.D.; SIMÕES-COSTA, M.C.; LEITÃO, A.E.; FORTUNATO, A.S.; BATISTA-SANTOS, P.; PALOS, I.; TOMAZ, M.A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M. Sustained photosynthetic performance of *Coffea* spp. under long-term enhanced [CO<sub>2</sub>]. **Plos One**, v.8, n.12, p.1-19, 2013.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante um ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v.26, n.1, p.33-42, 2002.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and

mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415–431, 2016.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.148, n.1, p.16–23, 2015.

SCALCO, M.S.; ALVARENÇA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, C.; ASSIS, G.A. Irrigated and non-irrigated coffee (*Coffea arabica* L.) under super dense condition. **Coffee Science**, v.6, n.3, p.193–202, 2011.

SERRANO, L.A.L.; SILVA, V.M. da; FORMENTINI, E.A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v.58, n.1, p.100-107, 2011.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT - Statistical Assistance**. versão 7.7 beta. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, V.A.; ANTUNES, W.C.; GUIMARÃES, B.L.S.; PAIVA, R.M.C.; SILVA, V. de F.; FERRÃO, M.A.G.; DAMATTA, F.M.; LOUREIRO, M.E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.5, p.457-464, 2010.

SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P.H.; MANETTI-FILHO, J. Maturação dos frutos de três cultivares de cafeeiros em Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.12, p.1373-1379, 1985.

SYSTAT SOFTWARE, INC. **SigmaPlot for Windows, version 11.0**. San Jose, California. 2008.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café Arábica de porte baixo. **Bragantia**, v.64, n.4, p.661-672, 2005.

VERDIN FILHO, A.C.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A. F. A.; RODRIGUES, W. N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.489-494, 2014.

## 2.4 MICRONUTRIENTES EM FRUTOS E FOLHAS DE CAFEIEIRO IRRIGADO E NÃO IRRIGADO

### Resumo

A crescente demanda de micronutrientes pelos genótipos de café Conilon, cada vez mais produtivos, assim como a expansão das lavouras para solos de baixa fertilidade, vem exigindo uma melhor compreensão da dinâmica dos micronutrientes pelo cafeeiro Conilon. Objetivou-se avaliar a concentração e o acúmulo de micronutrientes da florada à maturação dos frutos, e a concentração foliar ao longo do ano, em plantas de *Coffea canephora* irrigado e não irrigado, na região Atlântica da Bahia. Utilizaram-se plantas de café Conilon 'genótipo 02' com três anos de idade. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida, com 14 repetições. Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de coletas, de frutos e folhas. As coletas iniciaram-se aos 10 dias após a primeira florada e, a partir daí, em intervalos de aproximadamente 28 dias, até a maturação dos frutos. As curvas de acúmulo de micronutrientes em frutos de café Conilon irrigado e não irrigado, apresentaram ajuste sigmoidal. A irrigação proporcionou maior acúmulo de micronutrientes em frutos de cafeeiro Conilon. O ferro e o boro foram os micronutrientes mais encontrados em frutos e folhas de café Conilon.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, acúmulo de nutrientes, ramos plagiotrópicos, déficit hídrico.

## Abstract

The growing demand for micronutrients by coffee genotypes Conilon increasingly productive, as well as the expansion of crops to low soil fertility, has been demanding a better understanding of the dynamics of micronutrients by Conilon coffee. The objective was to evaluate fruit micronutrient concentrations and accumulation, of flowering to fruit maturation, and leaf micronutrient concentrations throughout the year in irrigated and non-irrigated Conilon coffee plants, in the Atlantic region of Bahia. Three-year-old Conilon coffee plants of the genotype 02 were used. A completely randomised split-plot experimental design was employed, with 14 replicates. The main plot factor was irrigation versus no irrigation of coffee plants, and the sub-plot factor was different fruit and leaf collection times. Collections began 10 days after the beginning of flowering and were performed every 28 days until full fruit ripening. Micronutrient accumulation curves in fruits of Conilon coffee irrigated and non-irrigated, showed sigmoidal adjustment. The irrigation provided higher micronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee. The iron and boron were found in more micronutrients Conilon coffee fruit and leaves.

**Keywords:** *Coffea canephora*, accumulation of nutrients, plagiotropics branches, water deficit.

## Introdução

O café (*Coffea* sp.) é uma das commodities mais comercializadas nos mercados mundiais, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial. Previsões do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas - IPCC preveem aumento dos episódios de déficit hídrico aliados às altas temperaturas e altas irradiâncias (IPCC, 2016). Neste aspecto, a baixa disponibilidade hídrica e a ocorrência de temperaturas extremas (altas e baixas) devem se tornar mais frequentes (RAMALHO et al., 2014), causando possíveis perdas de áreas aptas ao cultivo de *Coffea arabica* e *C. canephora* no mundo (BUNN et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016).

O déficit hídrico reduz o desenvolvimento da parte aérea do cafeeiro, devido à diminuição da abertura estomática (DAMATTA, 2004), o que resulta em baixa absorção de CO<sub>2</sub> e produção de fotoassimilados (FAROOQ et al., 2009; SAKAY et al., 2015), causando impacto negativo sobre o crescimento e a produtividade do cafeeiro (DAMATTA & RAMALHO, 2006; RAMALHO et al., 2014). Os efeitos das altas temperaturas do ar são mais severos na fase reprodutiva da planta, uma vez que estas aceleram o crescimento e maturação dos frutos. Este fato leva não só à perda de qualidade, mas também, se associadas com déficit hídrico, há redução do enchimento do grão (formando grãos chochos) (MORAIS et al., 2009), com severas perdas de produtividade (CUSTÓDIO et al., 2014).

Os principais micronutrientes requeridos pelo cafeeiro são Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl e Mo os quais, apesar de requeridos em pequenas quantidades, são de grande importância para o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro (LAVIOLA et al., 2007). De modo geral, os solos adequados à cafeicultura apresentam baixa disponibilidade de alguns micronutrientes, devido à falta real ou mesmo a fatores que limitam a absorção (MARTINEZ et al., 2003; LAVIOLA et al., 2007). A deficiência de micronutrientes em uma cultura pode causar desequilíbrio no metabolismo vegetal, tornando as plantas mais sensíveis ao ataque de pragas e doenças (TOMAZ et al., 2011).

As quantidades de nutrientes acumulados pelo cafeeiro variam de acordo com o local e época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta (BRAGANÇA et al., 2007) e com o genótipo (PARTELLI et al., 2014; MARRÉ et al., 2015). Por serem os frutos os drenos preferenciais por nutrientes durante a fase

reprodutiva do cafeeiro (RENA & MAESTRI, 1985), é importante que o fornecimento de nutrientes pelas adubações anteceda os picos de acúmulo dos elementos nos frutos (LAVIOLA et al., 2007). Devido ao seu alto potencial produtivo e exigência nutricional, o café conilon apresenta acréscimos significativos na produtividade, em resposta à aplicação de nutrientes (BRAGANÇA et al., 2007).

A crescente demanda de micronutrientes pelos genótipos de café Conilon, cada vez mais produtivos, assim como a expansão das lavouras para solos de baixa fertilidade, vem exigindo uma melhor compreensão da dinâmica dos micronutrientes pelo cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, em função das condições ambientais, possibilitando maior eficiência nos programas de fertilização da lavoura.

Objetivou-se avaliar o acúmulo e a concentração de micronutrientes da florada à maturação dos frutos, e a concentração foliar ao longo do ano, em plantas de *Coffea canephora* irrigado e não irrigado.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em lavoura no município de Itabela, Sul do Estado da Bahia (região Atlântica), durante duas safras consecutivas. A área está localizada a 16°42'13"S e 39°25'28"W, com altitude de 108 m. O clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). Foram utilizadas plantas de *Coffea canephora*, da variedade clonal Emcapa 8111, 'genótipo 02' (BRAGANÇA et al., 2001), com três anos de idade, cultivadas a pleno sol, no espaçamento de 3,5 x 1,0 m, e conduzidas com quatro hastes produtivas por planta, em sistema de poda programada de ciclo (VERDIN FILHO et al., 2014). Contudo, a lavoura foi avaliada antes de atingir a fase de poda.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas e físicas estão descritas na Tabela 1. Os tratamentos culturais da lavoura consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação (somente na parcela irrigada). Ambos os tratamentos receberam 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, conforme as exigências e as fases fenológicas do cafeeiro. No tratamento irrigado, a fertirrigação

foi semanal; no não irrigado, os adubos foram distribuídos a lanço e parcelados em cinco aplicações por ano, nos meses de setembro, novembro, janeiro, março e junho. Para a correção dos micronutrientes no solo foram aplicados  $2,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de Zn;  $1,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de B;  $2,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de Cu e  $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de Mn, em uma única aplicação, no mês de agosto.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo, para a faixa de profundidade de 0-20 cm, em área cultivada com cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado.

Características químicas	Irrigado	Não irrigado
P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	25	32
K ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	104	106
S ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	11	20
Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	4,4	3,9
Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,8	1,3
Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0	0
H+Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	2,5	3,2
pH	6,45	6,05
Matéria Orgânica ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	4,1	5
Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	619	281
Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	3,7	4,7
Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	2	1,8
Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	23	17
B ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	1,32	1,54
Na ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	49	56
Características físicas		
Areia total ( $\text{g kg}^{-1}$ )		730
Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )		110
Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ )		160
Capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )		0,19
Ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )		0,13

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo de parcela subdividida no tempo, com 14 repetições. Os tratamentos consistiram de irrigação e não irrigação dos cafeeiros nas parcelas e nas subparcelas de distintas épocas de coletas, de frutos e folhas. Para implementação do tratamento não irrigado, a irrigação da respectiva parcela foi suspensa em março de 2011, quatro meses antes do início das avaliações, de forma a ocorrer à aclimação das plantas ao déficit hídrico. No tratamento irrigado, o sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, com uma linha de emissores por fileira de plantas, espaçados a cada 0,5 m e vazão de  $2,0 \text{ L h}^{-1}$ .

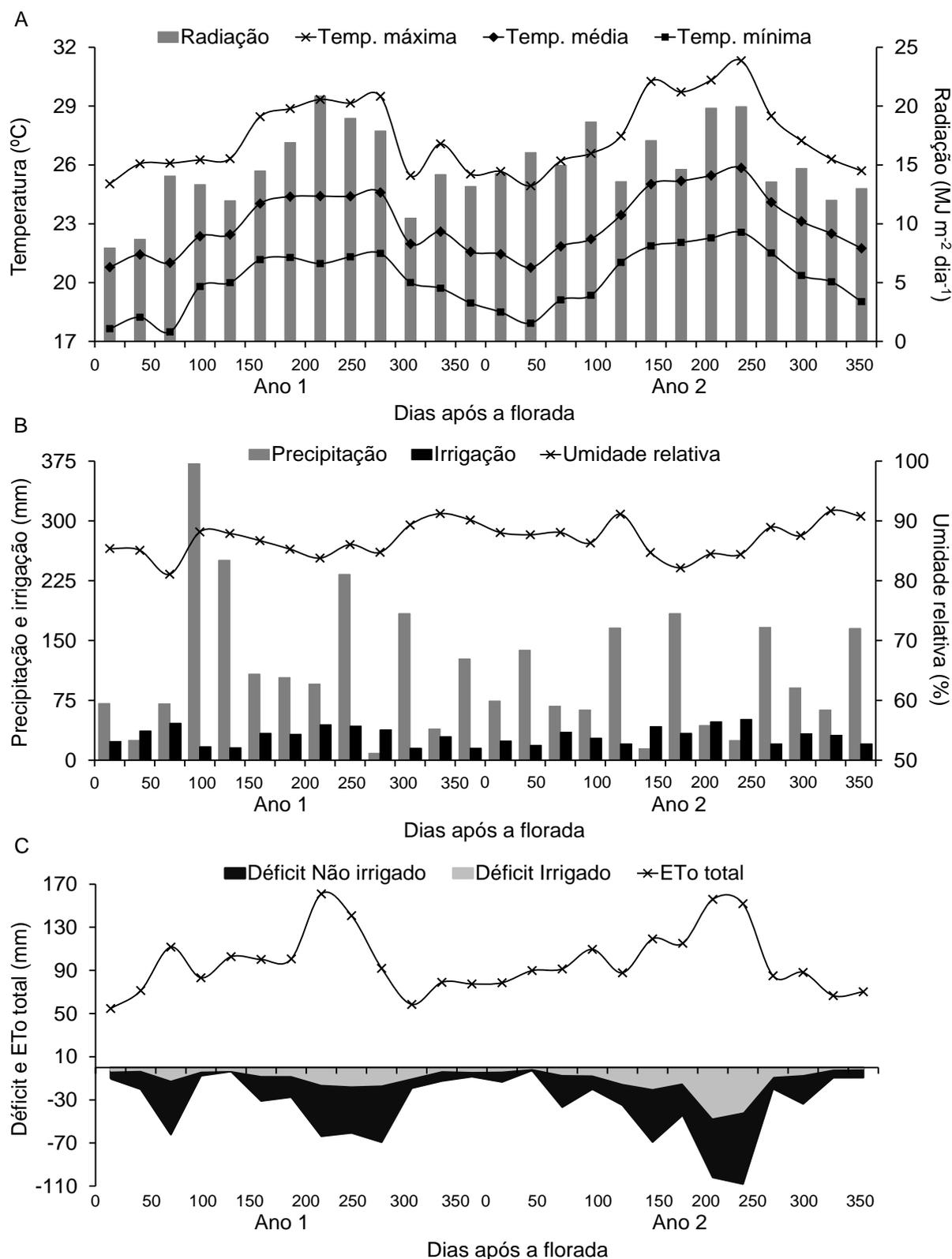
Os valores de temperatura máxima, média e mínima, radiação solar global, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (Figura 1), foram coletados em uma estação meteorológica automática, localizada a 800 m da área experimental. Os dados meteorológicos foram usados para estimar-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), de acordo com o modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Para o manejo de irrigação adotou-se o balanço hídrico diário, baseado na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), na precipitação pluviométrica medida no local e nas características de armazenamento de água do solo. Foi realizado também o balanço hídrico diário do solo, considerando as duas condições avaliadas (irrigado e não irrigado), para obtenção dos períodos de déficit hídrico (Figura 1).

Aos 10 dias após a florada (DAP), foram marcados 50 ramos plagiotrópicos produtivos por parcela (14 plantas), contendo 12 nós produtivos e 24 folhas completamente desenvolvidas, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As coletas iniciaram 10 DAP e, a partir daí, em intervalos de aproximadamente 28 dias, até a maturação completa dos frutos.

Em cada avaliação coletou-se aleatoriamente cinco ramos de cada tratamento. Após a coleta, realizou-se a separação das partes constituintes dos ramos (folhas, caule, pedúnculos e frutos), também se quantificou o número de frutos por ramo. Nos ramos coletados até os 75 dias após a florada, devido ao tamanho reduzido dos frutos, havia presença de pedúnculos, e estas foram alocadas junto aos frutos chumbinhos.

Concomitantemente foram coletadas 56 folhas por tratamento, situadas nos terceiro e quarto nó dos ramos plagiotrópicos, localizados no terço médio superior das plantas. As avaliações foliares estenderam-se por mais três meses após a colheita, a fim de verificar o comportamento da concentração foliar dos nutrientes após a retirada dos frutos.

Os frutos e folhas coletados foram secos em estufa de ventilação forçada a 70 °C, até atingir massa constante. Posteriormente, o material vegetal foi pesado em balança de precisão (0,001g). As concentrações de Fe, Zn, Cu, Mn e B nos frutos e folhas, foram obtidas em laboratório, conforme metodologia descrita por Silva (2009), em triplicata. O acúmulo dos nutrientes nos frutos foi calculado levando em consideração a matéria seca, o número de frutos por ramo e a concentração dos respectivos nutrientes nos frutos.



**Figura 1.** Valores de radiação solar global, temperatura máxima, média e mínima do ar (A), precipitação, irrigação e umidade relativa do ar (B), déficit hídrico e ETo total (C), a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). Precipitação total: Ano 1 = 1687 mm e Ano 2 = 1260 mm; Irrigação total: Ano 1 = 390 mm e Ano 2 = 406 mm; Déficit total: Irrigado, Ano 1 = 97 mm e Ano 2 = 166 mm. Não irrigado, Ano 1 = 387 mm e Ano 2 = 503 mm.

As médias da concentração de nutrientes nas folhas e nos frutos, e do acúmulo de nutrientes nos frutos foram submetidas à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio do programa estatístico Assistat 7.7 beta (SILVA, 2016). Foi realizada análise de regressão apenas para o acúmulo de nutrientes nos frutos. Os gráficos foram confeccionados a partir das médias e do erro-padrão da média, com o auxílio do programa SigmaPlot versão 11.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2008).

## Resultados e discussão

As plantas de *Coffea canephora* irrigadas apresentaram maior acúmulo de Fe, B, Mn, Cu e Zn nos frutos, em relação às plantas não irrigadas (Tabela 2). Evidenciando o papel da irrigação, uma vez que a maior disponibilidade hídrica do solo favorece o processo de fluxo de massa e difusão, que tem a água como principal veículo para levar os nutrientes até o interior da planta. As curvas ajustadas para o acúmulo de micronutrientes nos frutos de *Coffea canephora*, obtidos em condições irrigadas e não irrigadas, exibiram padrão (sigmoide) semelhante, em ambas as safras, embora com diferenças nas quantidades acumuladas (Figuras 2, 3 e 4).

Em todos os micronutrientes é possível verificar uma fase inicial com baixas taxas de acúmulo, correspondente ao início do desenvolvimento dos frutos (chumbinho), uma fase intermediária com altas taxas de acúmulo, compreendendo as fases de expansão rápida e granação dos frutos, e uma fase final com taxas menos expressivas, caracterizando o final do ciclo reprodutivo do cafeeiro. Este comportamento é semelhante ao observado em cafeeiros Conilon cultivados no Norte do Espírito Santo (MARRÉ et al., 2015) e na Amazônia Ocidental (DUBBERSTEIN, 2015), assim como em cafeeiros arábica na Zona da Mata brasileira (LAVIOLA et al., 2007).

Os frutos durante o ciclo reprodutivo do cafeeiro passam por cinco estádios distintos de formação: chumbinho, expansão rápida, crescimento suspenso, granação e maturação (CAMARGO & CAMARGO, 2001). Sendo cada estádio fenológico detentor de diversas funções fisiológicas e metabólicas essenciais à formação dos frutos (LAVIOLA et al., 2007).

**Tabela 2.** Acúmulo de ferro, boro, manganês, zinco e cobre em frutos de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

DAF <sup>1</sup>	Acúmulo de micronutrientes nos frutos ( $\mu\text{g fruto}^{-1}$ )									
	Ferro		Boro		Manganês		Zinco		Cobre	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Ano 1										
10	0,14 Ae	0,14 Ad	0,36 Ad	0,22 Ad	0,06 Ac	0,05 Ae	0,06 Ac	0,04 Ad	0,03 Ae	0,04 Ad
41	0,26 Ae	0,22 Ad	0,64 Ad	0,41 Ad	0,13 Ac	0,09 Ae	0,14 Ac	0,07 Ad	0,09 Ae	0,05 Ad
75	0,41 Ae	0,50 Ad	0,73 Ad	0,73 Acd	0,31 Ac	0,30 Ade	0,12 Ac	0,10 Ad	0,08 Ae	0,08 Ad
103	0,66 Ae	0,97 Acd	1,05 Acd	1,46 Abcd	0,19 Ac	0,31 Ade	0,17 Ac	0,25 Ad	0,09 Ae	0,13 Acd
139	2,60 Ade	1,44 Acd	2,20 Abc	1,46 Abcd	0,78 Abc	0,44 Ade	0,48 Ac	0,41 Acd	0,23 Ade	0,16 Acd
168	6,91 Acd	5,16 Abc	2,49 Aab	1,62 Bbcd	1,67 Ab	1,17 Acd	1,55 Ab	1,10 Abc	0,63 Acd	0,50 Abc
194	8,49 Abc	6,16 Ab	3,31 Aab	2,05 Babc	1,70 Ab	1,21 Acd	2,03 Aab	1,31 Bab	0,95 Abc	0,50 Bbc
229	12,00 Aab	7,51 Bab	3,23 Aab	2,60 Aab	2,83 Aa	1,68 Bbc	2,24 Aab	1,63 Bab	1,19 Aab	0,77 Bab
263	15,14 Aa	11,34 Ba	3,85 Aa	3,29 Aa	3,34 Aa	2,34 Bab	2,50 Aa	1,90 Ba	1,42 Aa	1,06 Ba
286	15,00 Aa	11,01 Ba	3,72 Aa	3,09 Aa	3,46 Aa	2,71 Ba	2,51 Aa	1,73 Bab	1,38 Aa	1,06 Ba
CV (%)	31,6		26,3		31,9		27,8		30,0	
Ano 2										
10	0,08 Af	0,05 Ae	0,09 Af	0,08 Ad	0,06 Af	0,03 Ad	0,01 Ae	0,01 Ad	0,01 Af	0,01 Ad
38	0,09 Af	0,05 Ae	0,08 Af	0,06 Ad	0,02 Af	0,02 Ad	0,01 Ae	0,01 Ad	0,01 Af	0,01 Ad
66	0,23 Af	0,06 Ae	0,17 Aef	0,11 Ad	0,07 Af	0,03 Ad	0,04 Ae	0,01 Ad	0,03 Af	0,01 Ad
94	2,23 Aef	1,70 Ade	1,17 Aef	0,74 Acd	0,66 Aef	0,41 Ad	0,34 Ade	0,29 Acd	0,36 Aef	0,11 Ad
122	5,07 Ade	3,48 Ade	2,81 Ade	1,30 Acd	1,84 Ade	0,89 Bcd	0,65 Ad	0,36 Acd	0,65 Ade	0,21 Bcd
150	9,32 Acd	5,82 Bcd	4,18 Ad	3,11 Abc	2,94 Acd	1,89 Bbc	1,32 Ac	0,77 Bbc	0,95 Acd	0,92 Bbc
182	12,00 Abc	9,61 Abc	7,94 Ac	5,61 Bab	4,03 Abc	2,72 Bab	1,30 Ac	1,27 Aa	1,18 Abc	0,76 Bb
216	16,02 Aab	12,73 Bab	8,25 Abc	5,20 Bab	4,61 Aab	2,96 Bab	1,46 Abc	1,07 Bab	1,45 Aab	0,89 Bb
248	19,44 Aa	15,11 Ba	11,20 Aa	7,69 Ba	5,44 Aa	3,78 Ba	1,98 Aa	1,48 Ba	1,81 Aa	1,34 Ba
275	20,11 Aa	14,03 Bab	10,71 Aab	7,63 Ba	5,60 Aa	3,88 Ba	1,81 Aab	1,36 Ba	1,81 Aa	1,50 Ba
CV (%)	36,9		40,2		38,5		38,1		37,8	

<sup>1</sup>Dias após a florada. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O acúmulo de micronutrientes nos frutos foi consideravelmente maior no segundo ano, em relação ao primeiro ano, exceto para o Zn (Tabela 2). Nas três primeiras avaliações, realizada entre 10 e 75 dias após a florada (DAF), a taxa de acúmulo de micronutrientes nos frutos foi baixa, e não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2; Figuras 2, 3 e 4). Durante este período, os frutos estavam na fase de chumbinho, caracterizado por baixo crescimento e acúmulo de matéria seca. Resultados semelhantes foram observados em cafeeiro Conilon (DUBBERSTEIN, 2015) e em cafeeiro Arábica (LAVIOLA et al., 2007).

Verificaram-se maiores quantidades de micronutrientes nos frutos, a partir dos 75 DAF (Figuras 2, 3 e 4). Evidenciando, que a absorção de nutrientes e o acúmulo de matéria seca são intensificados a partir do terceiro/quarto mês após a florada (MORAES & CATANI, 1964). Da mesma forma, Marré et al. (2015) verificaram acúmulo crescente de micronutrientes nos frutos, a partir dos 76 dias após a florada, em genótipos de maturação intermediária.

As taxas de acúmulo de micronutrientes nos frutos mais elevadas foram observadas entre as fases de expansão rápida e granação, 100 e 250 DAF, em média (Figuras 2, 3 e 4). Durante a fase de granação dos frutos, verificaram-se aumentos gradativos da temperatura do ar, maior incidência de radiação solar, distribuição irregular de chuvas e ocorrência de déficit hídrico (Figura 1), que culminaram em menores taxas de acúmulo de nutrientes nos frutos das plantas não irrigadas (Tabela 2). Destacando-se o efeito positivo da irrigação sobre o acúmulo de micronutrientes nos frutos.

O estágio de expansão rápida se caracteriza, principalmente, por rápido alongamento das células dos frutos (CAMARGO & CAMARGO, 2001), sendo essencial o fluxo de água para os frutos no processo de alongamento celular (MARSCHNER, 1995). Provavelmente, o acúmulo de nutrientes nos frutos no estágio de expansão ocorra por fluxo de massa decorrente das altas taxas de translocação de água para os frutos (LAVIOLA et al., 2007). Sendo a expansão celular, sensível ao déficit hídrico (RENA & MAESTRI, 1986).

O ferro destacou-se como nutriente mais acumulado nos frutos ao final do ciclo de maturação em cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, em ambas as safras (Tabela 2). Segundo Bragança et al. (2007), do total de micronutrientes acumulado pelo cafeeiro Conilon aos 72 meses de idade, 74 % corresponde ao Fe. Dubberstein, (2015), também observou maior acúmulo de Fe nos frutos de Conilon, em relação

aos demais micronutrientes. Ao avaliarem mudas de diferentes genótipos de *Coffea canephora*, Covre et al. (2013) também observaram maior conteúdo de Fe nos tecidos vegetais.

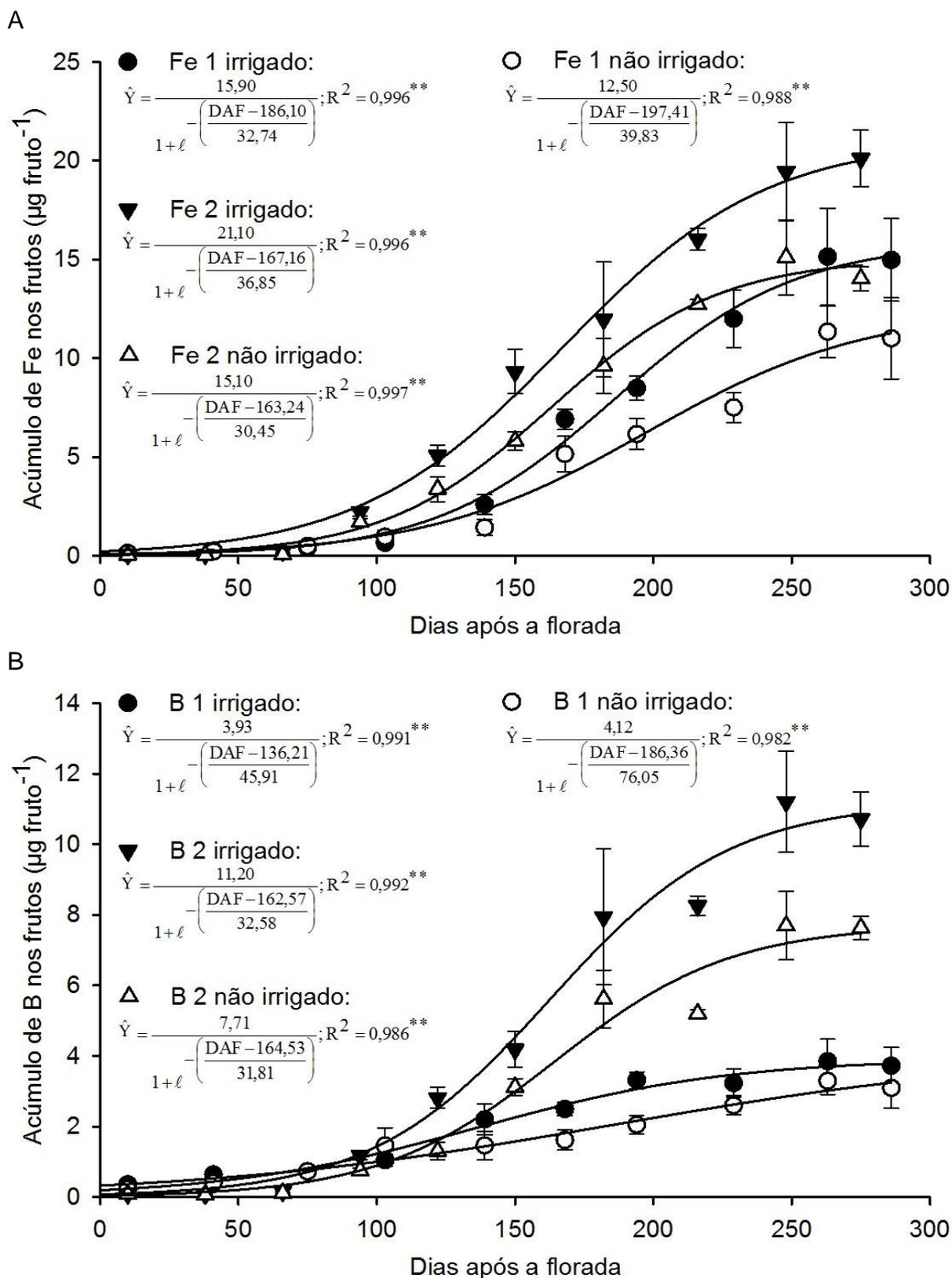
O aumento das taxas de acúmulo de Fe nos frutos ocorre a partir da terceira avaliação após a florada, sendo crescente até o momento da colheita dos frutos. Não houve diferença significativa quanto ao acúmulo deste nutriente nas plantas irrigadas e não irrigadas, entre 10 e 194 DAF no primeiro ano, e entre 10 e 122 DAF, e aos 182 DAF para o ano seguinte (Tabela 2). As maiores taxas de acúmulo de Fe nos frutos são observadas entre a primavera e o verão (Figura 2A).

Nas plantas, aproximadamente 80 % do Fe ocorre nos cloroplastos, onde têm um papel importante na fotossíntese e biossíntese de proteínas e clorofila. As plantas absorvem Fe na forma reduzida ( $Fe^{2+}$ ), sendo o elemento constituinte enzimático de diversas proteínas, tais como, as hemoproteínas e ferrosulfoproteínas, além de enzimas, como as lipoxigenases (BRAGANÇA et al., 2007).

O boro foi o segundo micronutriente mais acumulado ao final da fase de maturação dos frutos de café Conilon irrigado e não irrigado, em ambas as safras (Tabela 1). No entanto, Bragança et al. (2007) verificam que o B foi o terceiro micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon. As maiores taxas de acúmulo de B nos frutos são observadas entre as fases de expansão rápida e maturação dos frutos, principalmente no segundo ano, onde foram observadas maiores taxas de acúmulo para este micronutriente (Figura 2B).

Foram observadas diferenças quanto ao acúmulo de B nas plantas irrigadas e não irrigadas, aos 168 e 194 DAF na primeira safra, e entre 182 e 275 DAF para a segunda safra (Tabela 2). Nas plantas o B é essencial para a formação da parede celular e para a divisão e alongamento das células (BRAGANÇA et al., 2007). O boro é um micronutriente considerável imóvel na planta, acumulando-se em maior quantidade nos tecidos mais velhos. Dessa forma, os sintomas de deficiência de B são ocorrem nos tecidos mais novos, no ápice da planta.

Na solução do solo o B move-se para as raízes através do fluxo de água para o interior da planta, até que ocorra um equilíbrio entre os níveis do elemento nas raízes e na solução do solo. Nesse sentido, a maior disponibilidade hídrica devido à irrigação pode favorecer um maior acúmulo de boro pelas plantas irrigadas, em relação às plantas não irrigadas. No entanto, verificou-se maior diferença entre os tratamentos somente no segundo ano (Figura 2B).



**Figura 2.** Acúmulo de ferro (A) e boro (B) em frutos de café Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. **\*\*** Significativo a 1% de probabilidade.

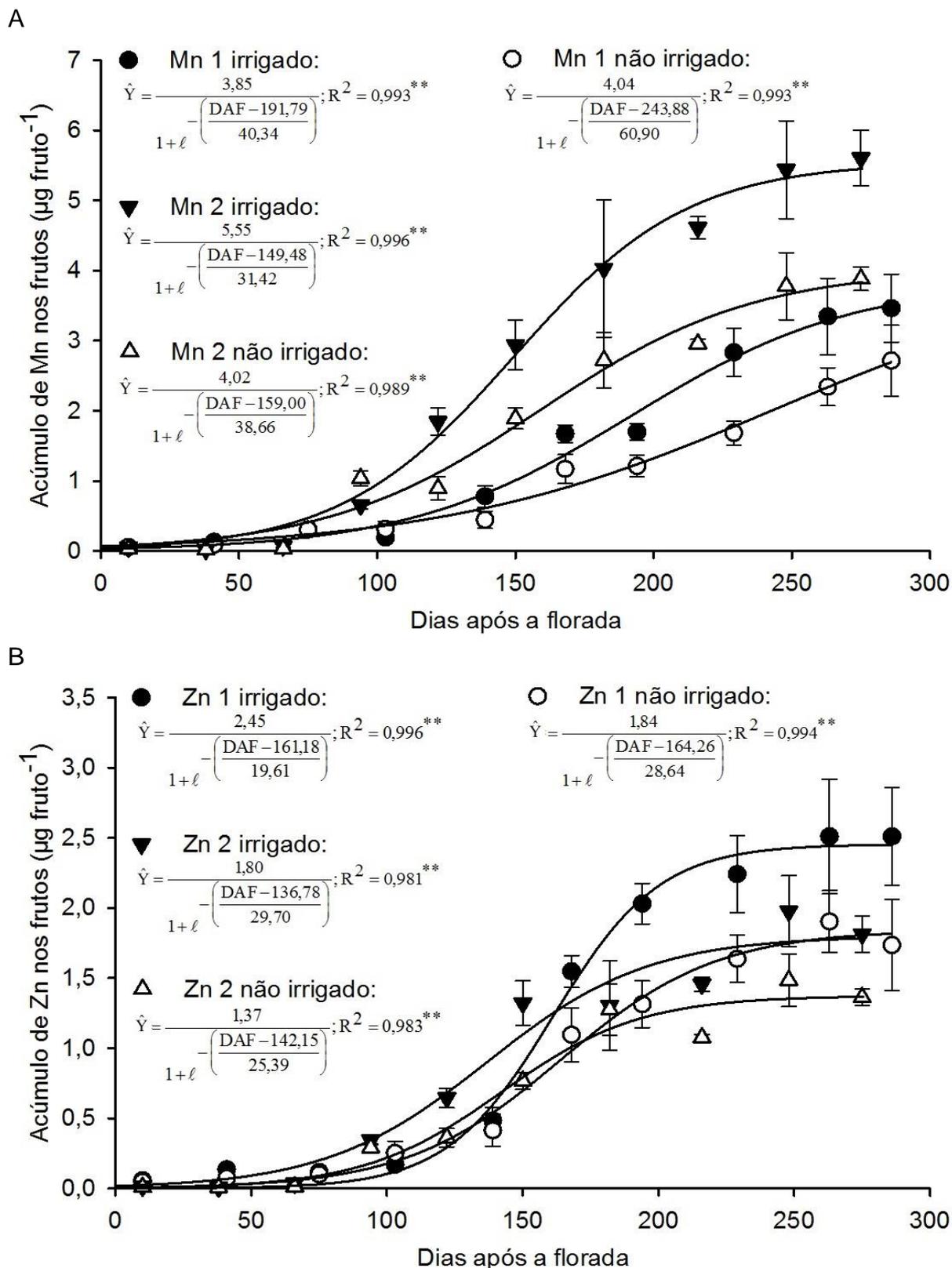
As curvas de acúmulo de manganês nos frutos foram similares entre os tratamentos, nos dois ciclos avaliados, no entanto, houve maior acúmulo de Mn nos frutos durante o segundo ano, conforme evidenciado pela maior amplitude das curvas, em relação ao ciclo anterior (Figura 3A). Foram observadas diferenças quanto ao acúmulo de Mn nos frutos, sendo maior nas plantas irrigadas entre 229 e 286 DAF no primeiro ano, e entre 122 e 275 DAF para o ano subsequente, em relação às plantas não irrigadas (Tabela 2).

As maiores taxas de acúmulo de Mn foram observadas na fase intermediária, a partir dos 75 DAF (Figura 3A), sendo semelhante ao resultado obtido por Marré et al. (2015), em genótipos de café Conilon com distintos ciclos de maturação. No entanto Ramírez et al. (2002), descrevem maiores percentuais de acúmulo de Mn em *C. arabica* var. "Caturra", entre 90 e 120 dias após a antese.

O zinco foi o único micronutriente que apresentou maior acúmulo de matéria seca no primeiro ano, tanto em plantas irrigadas e não irrigadas, em relação ao segundo ano (Tabela 2; Figura 3B). Dessa forma, a maior disponibilidade hídrica proporcionada tanto pela irrigação quanto pela precipitação registrada durante o primeiro ano (Figura 1B), proporcionaram condições favoráveis para o maior acúmulo deste micronutriente nos frutos (Tabela 2; Figura 3B). Scalco et al. (2014), ao estudarem os efeitos da irrigação sobre a concentração de Zn, verificaram que o teor de Zn nas folhas aumentou de forma linear com o aumento da lâmina de irrigação.

As plantas irrigadas apresentaram maior acúmulo de Zn entre 194 e 286 DAF, para o primeiro ano. Para o ano seguinte, as plantas irrigadas apresentaram maior acúmulo de Zn aos 150 DAF, e entre 216 e 275 DAF (Tabela 2). Laviola et al. (2007) destacam que dentre os micronutrientes, o Zn foi o elemento que apresentou maior acúmulo relativo no estágio de expansão rápida.

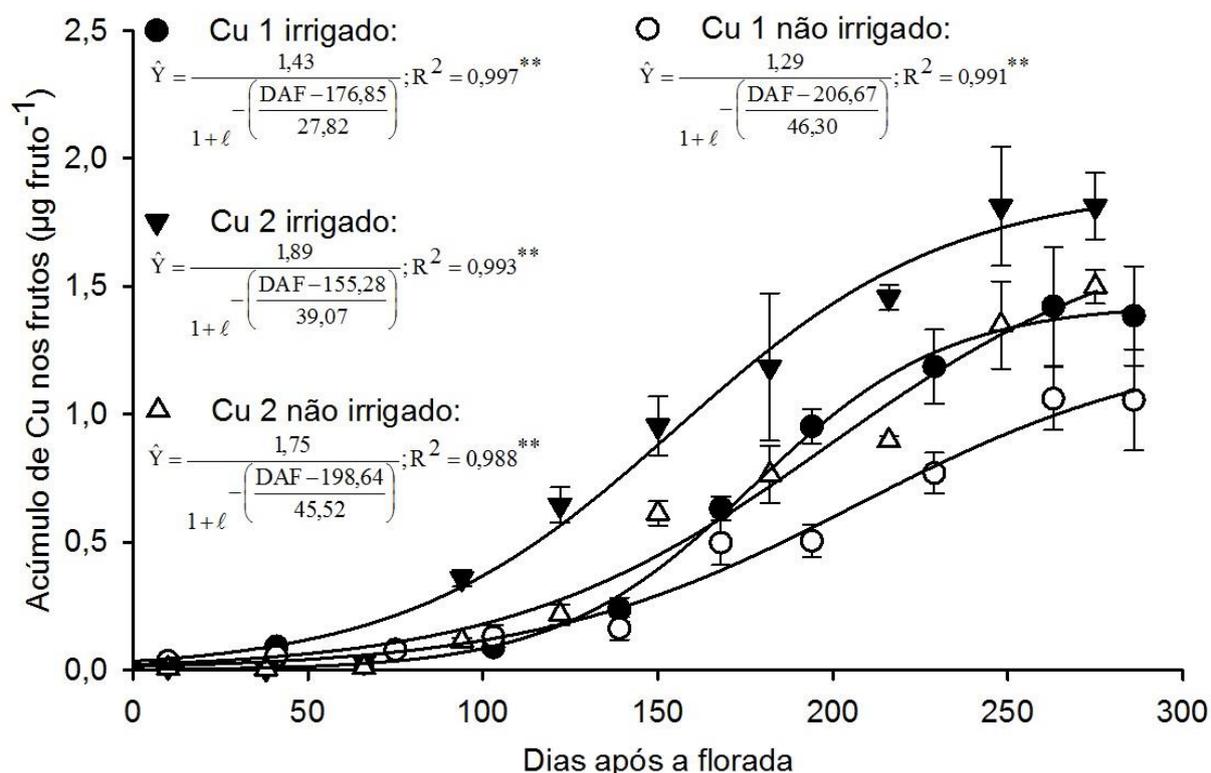
O período de maior exigência de Zn pelo cafeeiro Conilon coincide com o período de maior crescimento vegetativo, que começa em setembro e se estende até maio (PARTELLI et al., 2013), e esta sobreposição pode levar à competição por nutrientes, entre as partes reprodutivas e vegetativas (MARRÉ et al., 2015). Dessa forma o manejo da adubação de zinco deve ser estudado detalhadamente, uma vez que, o período recomendado para a adubação fosfatada é no início da fase de crescimento. O que pode levar a deficiência de Zn, devido ao antagonismo entre P e Zn (SCALCO et al., 2014).



**Figura 3.** Acúmulo de manganês (A) e zinco (B) em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. \*\* Significativo a 1% de probabilidade.

O cobre é um dos micronutrientes mesmos acumulados pelo cafeeiro Conilon, ao final do ciclo reprodutivo do cafeeiro (Tabela 2). Considerando o primeiro ano experimental, verificou-se maior acúmulo deste micronutriente pelas plantas irrigadas entre 194 e 286 DAF, em relação ao tratamento de sequeiro. Para o ano seguinte, as plantas irrigadas apresentaram maior acúmulo de Cu entre 122 e 275 DAF (Tabela 2; Figura 4).

As maiores quantidade de Cu foram acumuladas nos frutos entre as fases de expansão rápida e granação dos frutos, 100 e 250 DAF, em média (Figura 4). No entanto Marré et al. (2015) e Dubberstein (2015) trabalhando com cafeeiro Conilon verificaram acúmulo crescente, desde o início das avaliações até a fase de maturação dos frutos. No entanto, plantas de *C. arabica* apresentaram dois picos de absorção de cobre, o primeiro na fase de expansão rápida e o segundo na fase de enchimento de grãos (granação) (Laviola et al., 2007).



**Figura 4.** Acúmulo de cobre em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média. **\*\***Significativo a 1% de probabilidade.

O cobre é o quinto micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, ficando atrás dos micronutrientes ferro, manganês, boro e zinco (BRAGANÇA et al., 2007). Participa de vários processos fisiológicos da planta, tais como, fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, redução e fixação de nitrogênio, e está envolvido no mecanismo de resistência às doenças fúngicas das plantas (CARVALHO et al., 2012), principalmente a ferrugem.

Quanto à concentração de Fe, B, Mn, Zn e Cu nos frutos, as mesmas apresentaram grandes variações ao longo do período avaliativo, com isso não foi possível estabelecer modelos de tendência matemáticos (Figura 5). Foram verificadas interações significativas entre os tratamentos (irrigado e não irrigado) e as épocas de avaliação após a florada, para todos os micronutrientes avaliados (Tabela 3).

Quanto ao Fe, verificou-se um período ascendente na concentração deste nos frutos, entre 10 e 139 DAF, e um período decrescente, após os 139 DAF, e até o momento da colheita, no primeiro ano (Figura 5A). No entanto, este comportamento não é verificado no segundo ciclo avaliado. Não houve diferença entre os tratamentos, quanto ao teor de Fe nos frutos, durante o primeiro ano, sendo observado somente aos 66 DAF do segundo ano avaliado (Tabela 3).

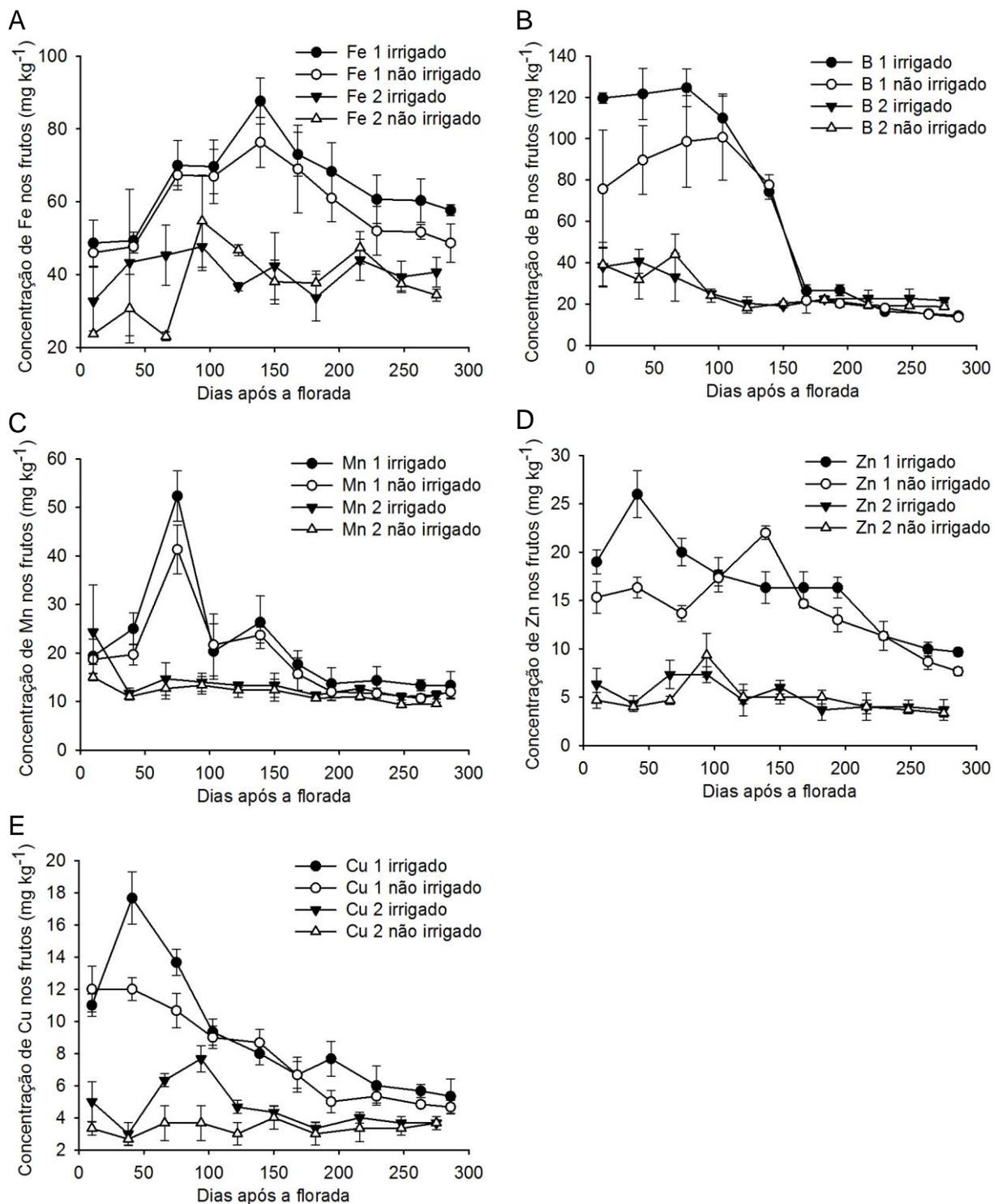
As curvas de concentração de B, Mn, Zn e Cu apresentaram uma conformação semelhante, sendo observadas maiores concentrações para estes nutrientes durante o primeiro ano de avaliação (Tabela 3; Figura 5). Verificaram-se também concentrações mais elevadas destes micronutrientes durante fase inicial de desenvolvimento dos frutos, entre 10 e 150 DAF, aproximadamente (Figura 5). Durante esse período foram registradas temperaturas mais amenas, com médias inferiores a 23 °C (Figura 1A).

Laviola et al. (2007) verificaram comportamento semelhante em cafeeiro arábica cultivado em diferentes altitudes, evidenciando a importância destes micronutrientes nos processos de divisão celular e na estabilização de membranas das novas células formadas, principalmente Zn e B, durante a fase de chumbinho dos frutos de café.

**Tabela 3.** Concentração de ferro, boro, manganês, zinco e cobre em frutos de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

DAF <sup>1</sup>	Concentração de micronutrientes nos frutos (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Ferro		Boro		Manganês		Zinco		Cobre	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Ano 1										
10	48,7 Ab	46,0 Aa	119,7 Aa	75,7 Ba	19,3 Ab	18,7 Aab	19,0 Ab	15,3 Bbc	11,0 Abc	12,0 Aa
41	49,3 Ab	47,7 Aa	121,7 Aa	89,7 Ba	25,0 Ab	19,7 Aab	26,0 Aa	16,3 Bb	17,7 Aa	12,0 Ba
75	70,0 Aab	67,3 Aa	124,7 Aa	98,7 Aa	52,3 Aa	41,3 Aa	20,0 Ab	13,7 Bbc	13,7 Ab	10,7 Bab
103	69,7 Aab	67,0 Aa	110,0 Aab	100,7 Aa	20,3 Ab	21,7 Aab	17,7 Ab	17,3 Aab	9,3 Acd	9,0 Abc
139	87,7 Aa	76,3 Aa	74,3 Ab	77,7 Aa	26,3 Aab	23,7 Aab	16,3 Bb	22,0 Aa	8,0 Ade	8,7 Abc
168	73,0 Aab	69,0 Aa	26,3 Ac	21,7 Ab	17,7 Ab	15,7 Aab	16,3 Ab	14,7 Abc	6,7 Ade	6,7 Acd
194	68,3 Aab	61,0 Aa	26,7 Ac	20,3 Ab	13,7 Ab	12,0 Ab	16,3 Ab	13,0 Bbcd	7,7 Ade	5,0 Bd
229	60,7 Aab	52,0 Aa	16,3 Ac	18,0 Ab	14,3 Ab	11,7 Ab	11,3 Ac	11,3 Acde	6,0 Ae	5,3 Ad
263	60,3 Aab	51,7 Aa	15,3 Ac	15,0 Ab	13,3 Ab	10,7 Ab	10,0 Ac	8,7 Ade	5,7 Ae	4,8 Ad
286	57,7 Aab	48,7 Aa	14,3 Ac	13,7 Ab	13,3 Ab	12,0 Ab	9,7 Ac	7,7 Ae	5,3 Ae	4,7 Ad
CV (%)	24,5		41,4		28,7		8,1		31,3	
Ano 2										
10	32,7 Aa	23,7 Ab	38,0 Aab	39,0 Aab	24,3 Aa	15,0 Aab	6,3 Aa	4,7 Ab	5,0 Abc	3,3 Ba
38	43,3 Aa	30,7 Aab	40,7 Aa	31,7 Aab	11,7 Aa	11,0 Aab	4,3 Aa	4,0 Ab	3,0 Ac	2,7 Aa
66	45,3 Aa	23,0 Bb	33,0 Aab	44,0 Aa	14,7 Aa	12,7 Aab	7,3 Aa	4,7 Bb	6,3 Aab	3,7 Ba
94	47,7 Aa	54,7 Aa	25,0 Aab	24,0 Aab	14,0 Aa	13,3 Aa	7,3 Aa	9,3 Aa	7,7 Aa	3,7 Ba
122	36,7 Aa	46,7 Aab	20,3 Aab	18,0 Ab	13,3 Aa	12,3 Aab	4,7 Aa	5,0 Ab	4,7 Abc	3,0 Ba
150	42,3 Aa	38,0 Aab	19,0 Ab	20,3 Ab	13,3 Aa	12,3 Aab	6,0 Aa	5,0 Ab	4,3 Abc	4,0 Aa
182	33,7 Aa	37,7 Aab	22,3 Aab	22,0 Ab	11,3 Aa	10,7 Aab	3,7 Aa	5,0 Ab	3,3 Ac	3,0 Aa
216	44,0 Aa	47,3 Aab	22,7 Aab	19,3 Ab	12,7 Aa	11,0 Aab	4,0 Aa	4,0 Ab	4,0 Abc	3,3 Aa
248	39,3 Aa	37,3 Aab	22,7 Aab	19,0 Ab	11,0 Aa	9,3 Ab	4,7 Aa	3,7 Ab	3,7 Ac	3,3 Aa
275	40,7 Aa	34,3 Aab	21,7 Aab	18,7 Ab	11,3 Aa	9,5 Ab	3,7 Aa	3,3 Ab	3,7 Ac	3,7 Aa
CV (%)	23,2		38,0		66,9		30,6		28,1	

<sup>1</sup>Dias após a florada. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 5.** Concentração de ferro (A), boro (B), manganês (C), zinco (D) e cobre (E) em frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, da florada à maturação dos frutos, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

Após esse pico de absorção, ocorreu queda nas concentrações dos micronutrientes em questão (Zn e B) durante as fases de expansão rápida e granação, sendo esta mais acentuada durante o primeiro ano, atingindo os menores valores na fase de maturação dos frutos (Tabela 3; Figura 5). Essa redução está associada ao efeito de diluição do conteúdo de micronutrientes, devido o aumento do teor de matéria seca nos frutos.

Verificou-se maior teor de B pelas plantas irrigadas entre 10 e 41 DAF, para o primeiro ano, não havendo diferença entre os tratamentos no ano seguinte (Tabela 3). Foram observadas diferenças quanto ao teor de Zn nos frutos, sendo maior nas plantas irrigadas entre 10 e 75 DAF, a aos 194 DAF no primeiro ano, sendo que aos 139 DAF as plantas não irrigadas apresentaram maior concentração de Zn nos frutos. Em relação ao segundo ano, observou-se diferença entre os tratamentos somente aos 66 DAF, sendo maior nas plantas irrigadas (Tabela 3). Para a concentração de Cu nos frutos, foram observadas diferenças entre plantas irrigadas e não irrigadas, no período de 41 a 75 DAF, e aos 194 DAF na primeira safra, e aos 10 DAF e entre 66 e 122 DAF para a safra subsequente (Tabela 3).

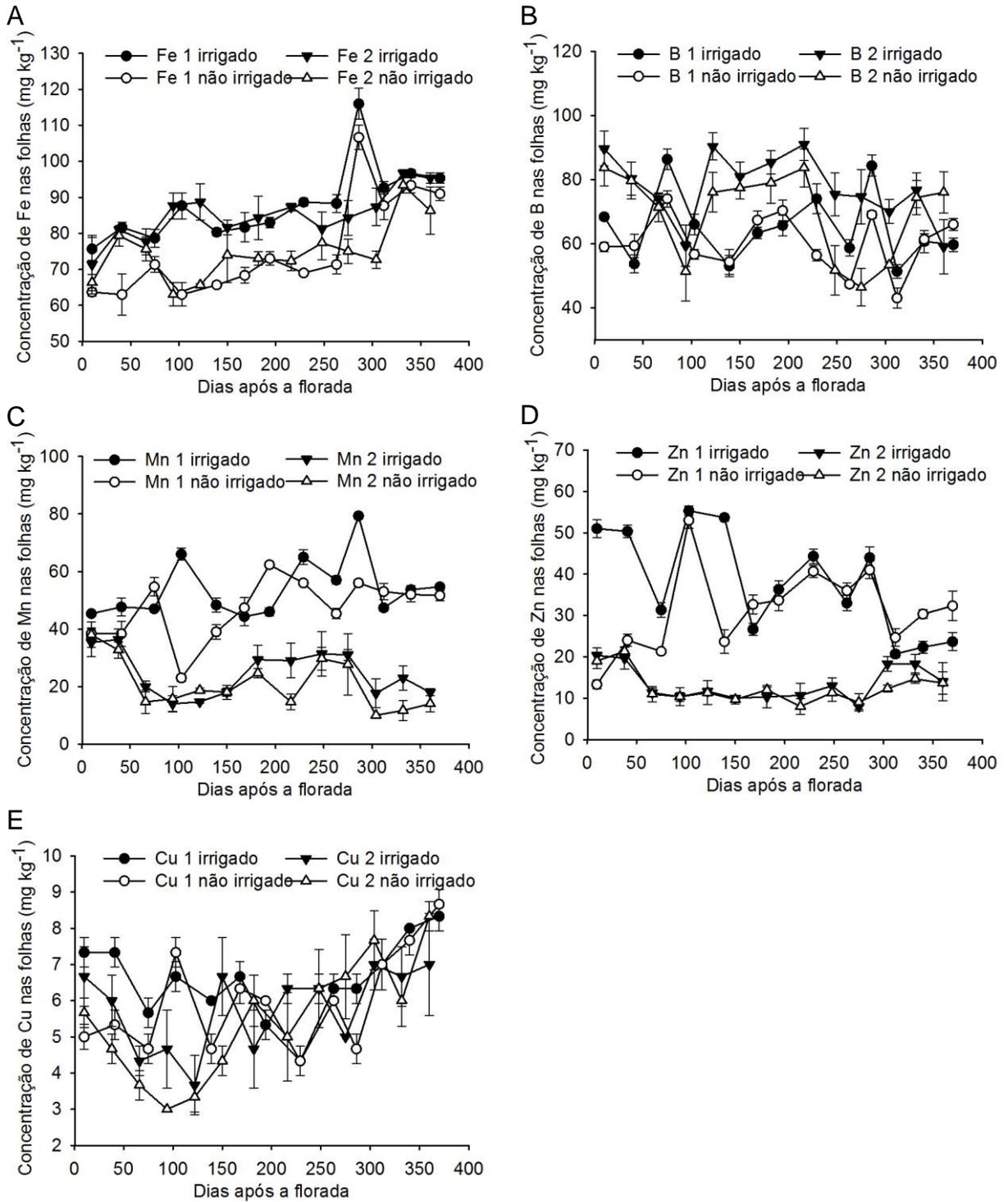
Semelhante à concentração de micronutrientes nos frutos, não foi possível estabelecer linhas de tendência para os teores foliares de Fe, B, Mn, Zn e Cu, devido às oscilações apresentadas ao longo das safras avaliadas (Figura 6). Essas oscilações nas concentrações foliares podem ocorrer em função das distintas exigências nutricionais dos frutos durante seu ciclo, visto que cada estágio possui exigências próprias e a demanda por nutriente tende a ser maior nos estágio de expansão, granação e maturação (PREZOTTI & BRAGANÇA, 2013).

O Fe foi o micronutriente mais encontrado nas folhas de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, seguido pelo B, Mn, Zn e Cu, em ordem decrescente (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados por Dubberstein (2015), em cafeeiro Conilon cultivado na Amazônia Ocidental. As plantas irrigadas apresentaram maior concentração foliar média de todos os micronutrientes avaliados, durante o primeiro ano, e de Fe e B no segundo ano. Laviola et al. (2007), descrevem que a concentração de B, Fe e Zn nas folhas de ramos produtivos ao longo do ciclo reprodutivo do cafeeiro mostrou-se menor no início do período reprodutivo. No entanto, este comportamento só é verificado para o Fe (Figura 6A).

**Tabela 4.** Concentração de ferro, boro, manganês, zinco e cobre em folhas de cafeeiro Conilon irrigado (I) e não irrigado (NI), a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2).

DAF <sup>1</sup>	Concentração de micronutrientes nas folhas (mg kg <sup>-1</sup> )									
	Ferro		Boro		Manganês		Zinco		Cobre	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
	Ano 1									
10	75,7 Ae	63,7 Bc	68,3 Acd	59,0 Bcde	45,3 Aef	38,3 Bd	51,0 Aab	13,3 Bg	7,3 Aabc	5,0 Bde
41	81,7 Acde	63,0 Bc	53,7 Aef	59,3 Abcde	47,7 Adef	38,3 Bd	50,3 Aab	24,0 Bef	7,3 Aabc	5,3 Bcde
75	78,7 Ade	71,3 Bc	86,3 Aa	74,0 Ba	47,0 Bdef	54,7 Aab	31,3 Adef	21,3 Bf	5,7 Acde	4,7 Bde
103	87,7 Abcd	63,0 Bc	66,0 Acd	56,7 Bdef	66,0 Ab	23,0 Be	55,3 Aa	53,0 Aa	6,7 Aabcd	7,3 Aab
139	80,3 Ade	65,7 Bc	53,0 Aef	54,3 Aef	48,3 Abdef	39,0 Bd	53,7 Aa	23,7 Bef	6,0 Acde	4,7 Bde
168	81,7 Acde	68,3 Bc	63,3 Acde	67,3 Aabcd	44,3 Af	47,3 Abcd	26,7 Befg	32,7 Ac	6,7 Aabcd	6,3 Abcd
194	83,0 Acde	73,0 Bc	65,7 Acd	70,3 Aab	46,0 Bdef	62,3 Aa	36,3 Acd	33,7 Abc	5,3 Ade	6,0 Abcde
229	88,7 Abcd	69,0 Bc	74,0 Abc	56,3 Bdef	65,0 Ab	56,0 Bab	44,3 Ab	40,7 Ab	4,3 Ae	4,3 Ae
263	88,3 Abcd	71,3 Bc	58,7 Adef	47,3 Bfg	57,0 Abc	45,3 Bcd	33,0 Ade	36,0 Abc	6,3 Abcd	6,0 Abcde
286	116,0 Aa	106,7 Ba	84,3 Aab	69,0 Babc	79,3 Aa	56,0 Bab	44,0 Abc	41,0 Ab	6,3 Abcd	4,7 Bde
312	92,7 Abc	87,7 Ab	51,3 Af	43,0 Bg	47,3 Bdef	53,0 Abc	20,7 Ag	24,7 Adef	7,0 Aabcd	7,0 Aabc
340	96,7 Ab	93,3 Ab	60,7 Adef	61,3 Abcde	53,7 Acde	52,0 Abc	22,3 Bg	30,3 Acde	8,0 Aab	7,7 Aab
370	95,3 Ab	91,0 Ab	59,7 Bdef	66,0 Aabcd	54,7 Acd	51,7 Abc	23,7 Bfg	32,3 Acd	8,3 Aa	8,7 Aa
CV (%)	2,5		6,1		2,5		2,7		3,7	
	Ano 2									
10	71,3 Ab	66,3 Ac	89,7 Aa	83,7 Aa	35,3 Aa	38,0 Aa	20,3 Aa	19,0 Ab	6,7 Aa	5,7 Aabcd
38	81,0 Aab	79,3 Aabc	80,3 Aa	79,7 Aa	36,3 Aa	32,7 Aab	19,7 Bab	28,0 Aa	6,0 Aa	4,7 Abcd
66	77,7 Aab	75,7 Aabc	74,0 Aa	71,3 Aab	20,0 Aabc	14,7 Acde	11,3 Abcd	11,0 Abc	4,3 Aa	3,7 Acd
94	87,7 Aab	63,0 Bc	59,3 Aa	51,3 Aab	14,0 Ac	15,7 Acde	10,3 Acd	10,3 Abc	4,7 Aa	3,0 Ad
122	88,7 Aab	65,7 Bc	90,3 Aa	76,0 Aab	14,7 Abc	18,7 Abcde	11,7 Aabcd	11,3 Abc	3,7 Aa	3,3 Acd
150	81,7 Aab	74,0 Abc	81,0 Aa	77,3 Aab	18,0 Abc	18,0 Abcde	10,0 Acd	9,7 Ac	6,7 Aa	4,3 Bbcd
182	84,3 Aab	73,0 Bbc	85,3 Aa	79,0 Aab	29,3 Aabc	24,7 Aabcde	10,3 Acd	12,0 Abc	4,7 Aa	6,0 Aabcd
216	87,3 Aab	72,3 Bbc	91,0 Aa	83,7 Aa	29,0 Aabc	14,0 Bcde	10,7 Acd	8,0 Ac	6,3 Aa	5,0 Aabcd
248	81,3 Aab	77,3 Aabc	75,3 Aa	51,7 Bab	31,3 Aab	29,7 Aabc	13,0 Aabcd	11,3 Abc	6,3 Aa	6,3 Aabcd
275	84,3 Aab	75,0 Aabc	74,7 Aa	46,3 Bb	31,0 Aab	27,7 Aabcd	8,0 Ad	9,0 Ac	5,0 Aa	6,7 Aabc
304	87,3 Aab	72,7 Bbc	70,0 Aa	53,3 Aab	17,7 Abc	10,0 Ae	18,3 Aabc	12,3 Bbc	7,0 Aa	7,7 Aab
332	96,7 Aa	93,3 Aa	76,7 Aa	74,3 Aab	23,0 Aabc	11,7 Bde	18,3 Aabc	14,7 Abc	6,7 Aa	6,0 Aabcd
360	95,3 Aa	86,3 Aab	59,0 Aa	76,0 Aab	18,0 Abc	14,0 Acde	14,0 Aabcd	30,3 Aa	7,0 Aa	8,3 Aa
CV (%)	10,6		7,7		27,5		16,6		9,5	

<sup>1</sup>Dias após a florada. \* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 6.** Concentração de ferro (A), boro (B), manganês (C), zinco (D) e cobre (E) em folhas de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, a partir da florada, em duas safras consecutivas (Ano 1 e Ano 2). As barras de erro referem-se ao erro padrão da média.

Apesar dos gráficos não expressarem claramente a competição por micronutrientes entre frutos e folhas, à medida que os frutos se desenvolvem, há uma tendência do aumento na concentração de nutrientes nos frutos e decréscimo na concentração foliar. No entanto, Laviola et al. (2007) ao compararem as concentrações foliares nas fases de expansão rápida e granação, com às observadas no início do ciclo reprodutivo, constataram que a presença de frutos resultou em forte competição fruto/folha por micronutrientes, evidenciando, que frutos são os drenos preferenciais por nutrientes durante a fase reprodutiva do cafeeiro (RENA & MAESTRI, 1985). Dessa forma, o fornecimento de micronutrientes para as plantas deve ser suficiente para atender as exigências nutricionais das fases vegetativas e reprodutivas do cafeeiro.

## **Conclusões**

As curvas de acúmulo de micronutrientes em frutos de café Conilon irrigado e não irrigado, apresentaram ajuste sigmoidal.

A irrigação proporcionou maior acúmulo de micronutrientes em frutos de cafeeiro Conilon.

O ferro e o boro foram os micronutrientes mais encontrados em frutos e folhas de café Conilon irrigado e não irrigado.

## **Referências bibliográficas**

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1998, 301p.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H.; LANI, J.A. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn E Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, p. 398-404, 2007.

BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arábica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 89–101, 2015.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARVALHO, V.L.; CUNHA, R.L. da; SILVA, N.R.N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; MAURI, A.L.; DIAS, M.A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2013.

CUSTÓDIO, A.A.P.; LEMOS, L.B.; MINGOTTE, F.L.C.; BARBOSA, J.C.; POLLO, G.Z.; SANTOS, H.M. Florescimento de cafeeiros sob manejos de irrigação faces de exposição solar e posições na planta. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 245-257, 2014.

DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DUBBERSTEIN, D. **Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em *Coffea canephora* na Amazônia Ocidental**. Dissertação (Mestrado em Agricultura

Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1-2, p. 185-212, 2009.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014, Mitigation of climate change, Working group III, Contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso em: 31. jan. 2016.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L.D.S. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1439-1449, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2008.

MARRÉ, W.B., PARTELLI, F.L., ESPINDULA, M.C., DIAS, J.R.M., GONTIJO, I., VIEIRA, H.D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1456-1462, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2<sup>nd</sup>ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ, V.V.H.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

MORAES, F.R.P. de; CATANI, R.A. A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. **Bragantia**, v. 23, n. 26, p. 331-336, 1964.

MORAIS, H.; CARAMORII, P.H.C.; KOGUISHIII, M.S.; GOMES, J.C.; RIBEIRO, A. M.A. Sombreamento de cafeeiros durante o desenvolvimento das gemas florais e seus efeitos sobre a frutificação e produção. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 400-406, 2009.

PARTELLI, F.L.; ESPINDOLA, M.C.; MARRÉ, W.B.; VIEIRA, D.V. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-16, 2013.

PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

RAMALHO, J.C.; DAMATTA, F.M.; RODRIGUES, A.P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; BATISTA-SANTOS, P.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.; LIDON, F.C.; LEITÃO A.E. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. Plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 1, p. 5-18, 2014.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrimentos por los frutos y bandolas de cafe Caturra durante um ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. **Agronomia Costarricense**, v. 26, n. 1, p. 33-42, 2002.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415–431, 2016.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, n. 1, p. 16–23, 2015.

SCALCO, M.S.; ALVARENÇA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; DOMINGHETTI, A.W.; COLOMBO, A.; ASSIS, G.A.; ABREU, G.F. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.2, p.95-101, 2014.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT - Statistical Assistance**. versão 7.7 beta. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SYSTAT SOFTWARE, INC. **SigmaPlot for Windows, version 11.0**. San Jose, California. 2008.

TOMAZ, M.A.; MARTINEZ, H.E.P.; RODRIGUES, W.N.; FERRARI, R.B.; PEREIRA, A.A.; SAKIYAMA, N.S. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p. 108-114, 2011.

VERDIN FILHO, A.C.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; RODRIGUES, W.N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

## **2.5 ACÚMULO DE NUTRIENTES NA PALHA, NO GRÃO E NO FRUTO DE CAFÉ CONILON IRRIGADO E NÃO IRRIGADO**

### **Resumo**

As quantidades de nutrientes alocados na palha e nos grãos de café Conilon influenciam de forma direta no manejo nutricional da lavoura, possibilitando a aplicação da palha de café em complementação à adubação mineral. Objetivou-se quantificar a concentração e o acúmulo de nutrientes na palha, nos grãos e nos frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado, utilizando o genótipo 02 da variedade clonal Emcapa 8111. O experimento foi constituído por dois tratamentos (irrigado e não irrigado) e instalado no delineamento inteiramente casualizado, com 28 repetições de campo. Durante a colheita da lavoura, foram coletados 50 frutos por planta, em duas safras consecutivas, para quantificar a matéria seca, a concentração, o acúmulo de nutrientes na palha, nos grãos e no fruto. Os frutos das plantas de café Conilon irrigadas apresentam maior acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Cu e Mn quando comparado as plantas não irrigadas. A palha dos frutos do cafeeiro Conilon irrigado apresenta maior acúmulo de Ca, Zn e Cu. Os grãos do cafeeiro Conilon irrigado apresentam maiores acúmulos de N, P, Ca, Mg, S, Cu e Mn quando comparados com os cafeeiros não irrigados. O K seguido pelo N e Ca foram os macronutrientes mais encontrados na palha de café, enquanto nos grãos, o N seguido pelo K e P, e nos frutos o N seguido pelo K e Ca. O Fe e B são os micronutrientes que mais acumulam na palha, grãos e frutos de café Conilon.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, déficit hídrico, adubação, partição de nutrientes.

### **Abstract**

The amount of nutrients present in straw and beans from Conilon coffee fruits directly influence the crop nutritional management, as well as its use as a complement to conventional fertilization. The present study aimed to quantify the concentration and accumulation of nutrients in straw, beans and fruits from irrigated and non-irrigated Conilon coffee, using the cropped genotype 02 from clonal variety EMCAPA 8111. The experiment consisted of two treatments (irrigated and non-irrigated) in a completely randomized design with 28 replicates under field conditions. During harvesting stage, 50 fruits per plant, in two consecutive harvests, were collected to quantify the dry matter and accumulation of nutrients in the straw, beans and fruits. The fruits from irrigated coffee plants showed higher N, P, K, Ca, Mg, Cu and Mn accumulation than non-irrigated plants. The straw and beans from irrigated coffee plants showed higher Ca, Zn and Cu and N, P, Ca, Mg, S, Cu and Mn accumulation, respectively, than non-irrigated coffee. Regarding the nutrient accumulation, K followed by N, and Ca were the most represented macronutrients in coffee straw. N followed by K and P, and N followed by K and Ca were the most represented macronutrients in beans and fruit, respectively. Fe and B were the micronutrients found in higher contents in straw, beans and fruits from Conilon coffee.

**Keywords:** *Coffea canephora*, water deficit, fertilization, nutrient partitioning.

## Introdução

O cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) é cultivado em regiões de ocorrência de períodos de déficit hídrico o que tem levado os cafeicultores a investir cada vez mais em sistemas de irrigação. Uma vez que, a irrigação potencializa a produção de gemas (CARVALHO et al., 2006), aumenta o número de ramos plagiotrópicos por planta (NAZARENO et al., 2003), número de flores (MASSARIRAMBI et al., 2009) e proporciona melhor desenvolvimento e granação de frutos (PEZZOPANE et al., 2010). Logo, a irrigação garante alta produtividade (SCALCO et al., 2011; BONOMO et al., 2013; SAKAI et al., 2015) e obtenção de um produto final com melhor qualidade de bebida (FERNANDES et al., 2012). Outros fatores climáticos também podem interferir significativamente na qualidade do café (SANTOS et al., 2015).

O cafeeiro Conilon apresenta um alto potencial produtivo, conseqüentemente, possui alta exigência nutricional e acumula grande quantidade de nutrientes em seus tecidos (BRAGANÇA et al., 2007; SERRANO et al., 2011; PARTELLI et al., 2014). As quantidades de nutrientes acumulados pelo cafeeiro variam de acordo com o local e época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta (BRAGANÇA et al., 2007) e conforme o ciclo de maturação dos genótipos (PARTELLI et al., 2014).

O processo de frutificação do cafeeiro compreende uma sequência de eventos fisiológicos e alterações morfológicas que vão desde a indução floral até a maturação dos frutos (MELO et al., 2011), necessitando de grande demanda de nutrientes (BRAGANÇA et al., 2007; PARTELLI et al., 2014). Durante esta fase, os frutos são os drenos preferenciais por carboidratos e nutrientes minerais, levando, muitas vezes, à carência de nutrientes em outros órgãos da planta (RENA & MAESTRI, 1985; CARVALHO et al., 1993; LAVIOLA et al., 2008).

Os solos adequados à cafeicultura apresentam baixa disponibilidade de alguns nutrientes, devido à falta real ou mesmo a fatores que limitam a absorção, sendo comum a observação de sintomas de deficiência nas lavouras (MARTINEZ et al., 2003; PARTELLI et al., 2006; LAVIOLA et al., 2007a). Uma alternativa para nutrição adequada das lavouras é o uso de fontes orgânicas de nutrientes, como a palha de café (SERRANO et al., 2011), que além de fornecer nutrientes é fonte de matéria orgânica para o solo. Apresenta baixo custo, principalmente, quando o café

produzido é beneficiado na propriedade.

A manutenção de uma nutrição mineral adequada e do equilíbrio entre os nutrientes minerais é essencial para o desenvolvimento das plantas de café. Tal preservação dos teores adequados dos nutrientes e o equilíbrio destes dentro da planta são determinantes para a expressão de mecanismos de tolerância ao estresse em cafeeiros (RAMALHO et al., 2013), e assumem grande importância no âmbito das condições de mudanças climáticas previstas e do aquecimento global (MARTINS et al., 2014), que devem alterar simultaneamente, a temperatura e a disponibilidade hídrica para as principais culturas, incluindo o café (RODRIGUES et al., 2016).

Portanto, conhecer as quantidades de nutrientes alocados na palha e nos grãos de café Conilon irrigado e não irrigado, auxilia no planejamento do programa de fertilização da lavoura cafeeira, bem como a sua utilização como complemento à adubação mineral. Objetivou-se com este trabalho, quantificar a concentração e o acúmulo de nutrientes na palha, nos grãos e nos frutos de cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado.

## **Material e métodos**

O experimento foi conduzido no município de Itabela, Sul do Estado da Bahia, Brasil (Região do Atlântico). A área está localizada a 16°42'13"S e 39°25'28"W, com altitude de 108 m. Conforme a classificação de Köppen, o clima é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). Foram utilizadas plantas de café Conilon, da variedade clonal Emcapa 8111 genótipo 02 (BRAGANÇA et al., 2001) com cinco anos de idade, cultivadas a pleno sol no espaçamento de 3,5 x 1,0 m, e com quatro hastes ortotrópicas por planta, no sistema de poda programada de ciclo (VERDIN FILHO et al., 2014). Contudo, a lavoura foi avaliada antes de atingir a fase de poda.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Embrapa, 2013), cujas características químicas e físicas estão descritas na Tabela 1. Os tratamentos culturais da lavoura consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação (somente na parcela irrigada).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo (Latossolo Amarelo) para a faixa de profundidade de 0-20 cm, em área cultivada com *Coffea canephora* em função dos regimes hídricos (irrigado e não irrigado).

Características químicas	Irrigado	Não irrigado
P (mg dm <sup>-3</sup> )	25	32
K (mg dm <sup>-3</sup> )	104	106
S (mg dm <sup>-3</sup> )	11	20
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,4	3,9
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,8	1,3
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,5	3,2
pH	6,45	6,05
Matéria Orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	4,1	5
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	619	281
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	3,7	4,7
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2	1,8
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	23	17
B (mg dm <sup>-3</sup> )	1,32	1,54
Na (mg dm <sup>-3</sup> )	49	56
<b>Características físicas</b>		
Areia total (g kg <sup>-1</sup> )		730
Silte (g kg <sup>-1</sup> )		110
Argila (g kg <sup>-1</sup> )		160
Capacidade de campo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		0,19
Ponto de murcha permanente (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		0,13

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, café irrigado e café não irrigado, com 28 repetições de campo. Os tratamentos culturais da lavoura consistiram basicamente no controle de plantas daninhas com herbicidas e roçadeira, manejo fitossanitário preventivo, calagem, adubação e irrigação (somente no tratamento irrigado). Para implementar o tratamento não irrigado, a irrigação da respectiva parcela foi suspensa quatro meses antes do início do experimento, de forma a ocorrer à aclimação das plantas ao déficit hídrico.

No tratamento irrigado, o sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, com uma linha de emissores por fileira de plantas, espaçados a cada 0,5 m e vazão de 2,0 L h<sup>-1</sup>. O manejo de irrigação adotado foi por balanço hídrico diário, com base na evapotranspiração da cultura, na precipitação pluviométrica medida no local e nas características de armazenamento de água do solo. Ambos os tratamentos receberam 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, parceladas semanalmente nas plantas irrigadas, por meio da fertirrigação, e em 10 vezes ao longo dos dois anos, nas plantas não irrigadas.

As amostras foram coletadas nas safras de 2012 e 2013 (duas colheitas), sendo coletadas 14 amostras em cada safra (uma por planta), em ambos os tratamentos. Durante a colheita da lavoura foram coletados 50 frutos de café em cada planta, sendo selecionados somente os frutos constituídos por dois grãos maduros, que no genótipo de estudo representa aproximadamente 10% (PEREIRA, 2015).

Os frutos colhidos foram secos em estufa de ventilação forçada de ar a 70 °C por 72 horas. Após esse processo, os frutos foram beneficiados, para separar os grãos da palha. Em seguida, os materiais vegetais foram pesados em balança de precisão para obtenção da matéria seca da palha, dos grãos e do fruto. A matéria seca dos frutos foi obtida pelo somatório da matéria seca dos grãos e palha. Após a pesagem, esses materiais foram moídos em moinho tipo Wiley e acondicionados em embalagens de papel devidamente identificadas para realização das análises dos macronutrientes e micronutrientes.

Para a quantificação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn e B), em ambas as safras, três amostras de grãos e três amostras de palha foram homogeneizadas. Os teores de macronutrientes e micronutrientes foram quantificados conforme metodologia descrita por Silva (2009).

Estimou-se a quantidade de matéria seca destes tecidos em uma tonelada (1000 kg) de café beneficiado, considerando a relação encontrada entre os grãos e a palha dos frutos. Os acúmulos dos macronutrientes e micronutrientes na palha e nos grãos de café Conilon foram calculados pela multiplicação da matéria seca de ambos os materiais vegetais (grãos e palha) pela concentração de cada nutriente. Os macronutrientes e micronutrientes acumulados nos frutos foram obtidos a partir do somatório dos acúmulos dos macronutrientes e micronutrientes contidos na palha e nos grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste “t” de Student ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2013).

## **Resultados e discussão**

Não houve diferença estatística entre as médias da matéria seca da palha, dos grãos e dos frutos das plantas irrigadas em relação às plantas não irrigadas

(Tabela 2). Verificou-se que ao produzir uma tonelada de café Conilon beneficiado, são produzidos 520,7 e 536,7 kg de palha, pelas plantas irrigadas e não irrigadas, respectivamente (Tabela 2). Portanto, para cada tonelada produzida, a massa de café beneficiado é o dobro da massa de palha gerada durante o processo de beneficiamento. Do total de matéria seca presente nos frutos, aproximadamente 65% encontra-se nos grãos e 35% na palha (Tabela 2). Resultado semelhante é apresentado por Matiello et al. (2010) que afirmam que o café Conilon em coco rende 65% de café beneficiado, ou seja, 2 kg de café em coco rende 1,3 kg de café beneficiado.

Alguns autores descrevem que a quantidade de resíduos gerados no processo de beneficiamento do café arábica varia entre 43,7% a 55,6% de grão, ficando a maioria dos genótipos acima de 50% de grão comparado com a massa da palha (PAIVA et al., 2010). Gaspari-Pezzopane et al. (2005), encontraram valores que variaram de 43,44% a 58,57% de rendimento. Segundo Matiello et al. (2010) o café arábica rende 50% de grão, ou seja, 2 kg de café em coco rende 1 Kg de café beneficiado.

**Tabela 2.** Matéria seca da palha, dos grãos e do fruto, considerando um fruto, de café Conilon irrigado e não irrigado.

Tratamento	Matéria seca por fruto (mg fruto <sup>-1</sup> )		
	Palha	Grãos <sup>1</sup>	Fruto
Irrigado	99,3 a*	193,9 a	293,2 a
Não irrigado	96,8 a	182,9 a	279,7 a
CV(%)	21,1	11,8	12,0

Tratamento	Matéria seca por tonelada de grãos beneficiados (kg ton <sup>-1</sup> )		
	Palha	Grãos	Fruto
Irrigado	520,7	1000,0	1520,7
Não irrigado	536,7	1000,0	1536,7

\* Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste "t" de Student, ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Considerou-se apenas frutos compostos por dois grãos.

As médias das concentrações dos macronutrientes obtidas na palha e nos grãos não apresentaram diferença estatística entre as plantas irrigadas e não irrigadas, exceto para a média da concentração de P na palha. As plantas que não foram irrigadas absorveram 33,3% de P a mais que as plantas irrigadas (Tabela 3). As maiores concentrações dos macronutrientes na palha de café, em ordem

decrecente, foram K, N e Ca. Já nos grãos, em ordem decrescente, foram observados maiores concentrações de N, K e P. As médias das concentrações dos micronutrientes na palha e nos grãos não apresentaram diferença estatística entre as plantas irrigadas e não irrigadas (Tabela 3). Quanto aos micronutrientes, as maiores concentrações obtidas na palha de café são de Fe e de B; e nos frutos, a maior concentração obtida é de Fe (Tabela 3).

**Tabela 3.** Concentrações de macronutrientes e micronutrientes na palha e nos grãos de café Conilon irrigado e não irrigado.

Tratamento	Concentração de macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Palha						
Irrigado	12,8 a*	0,8 b	17,6 a	4,5 a	0,8 a	1,8 a
Não irrigado	12,5 a	1,2 a	16,5 a	4,0 a	0,8 a	2,2 a
CV (%)	9,4	26,6	9,4	32,3	40,2	64,3
Grãos						
Irrigado	26,7 a	2,7 a	16,9 a	2,1 a	1,3 a	1,8 a
Não irrigado	25,8 a	1,8 a	17,0 a	1,5 a	1,3 a	1,6 a
CV (%)	10,6	73,7	18,1	68,1	44,1	22,7
Concentração de micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Tratamento	Fe	Zn	Cu	Mn	B	
	Palha					
Irrigado	48,2 a	7,67 a	6,67 a	9,17 a	27,3 a	
Não irrigado	56,3 a	6,50 a	5,33 a	9,00 a	29,3 a	
CV (%)	74,90	77,90	57,90	19,30	36,90	
Grãos						
Irrigado	55,0 a	6,67 a	13,2 a	9,50 a	12,3 a	
Não irrigado	59,0 a	7,33 a	11,8 a	7,83 a	21,3 a	
CV (%)	49,20	52,00	70,40	20,80	61,80	

\* Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste "t" de Student, ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se o maior acúmulo, significativo, de Ca, Zn e Cu na palha de um fruto originário de cafeeiros irrigados (Tabela 4). Em contrapartida, nas plantas não irrigadas acumulou-se maior quantidade de P, S e Fe na palha de um fruto. É possível notar maior quantidade de N, P, Ca, Mg e S nos grãos das plantas irrigadas, em relação às plantas não irrigadas (Tabela 4). Em relação ao fruto, as plantas irrigadas apresentaram maior acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Cu e Mn, porém, menor acúmulo de B. O K foi o macronutriente encontrado em maior quantidade na palha de um fruto de café, seguido pelo N e pelo Ca (Tabela 4). Já o N, seguido pelo

K foram os nutrientes que apresentaram maior acúmulo tanto nos grãos, quanto no fruto (Tabela 4).

O Fe foi o micronutriente mais abundante na palha, nos grãos e no fruto do cafeeiro Conilon (Tabela 4), corroborando com Bragança et al. (2007), em que o Fe também foi o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon. Covre et al. (2013) descrevem o Fe como o micronutriente mais encontrado nos tecidos de mudas de café Conilon aos seis meses de idade. Marré et al. (2015) ao avaliar genótipos de café Conilon com distintos ciclos de maturação, também constatou que o ferro foi o micronutriente mais acumulado nos frutos, em todos os genótipos.

Os resultados obtidos para N estão de acordo com Arzolla et al. (1963), que afirma que o grão de café possui maior quantidade de N em relação à palha. No entanto os dados discordam do mesmo autor a respeito da maior localização de K, que segundo Arzolla et al. (1963) estaria em maior quantidade na palha do que no grão. Essa diferença pode estar relacionada à espécie estudada por Arzolla et al (1963). Com exceção de Ca e B todos os demais nutrientes analisados se encontram em maior quantidade no grão do que na palha de café Conilon (Tabela 4). A palha de café apresenta ainda, grande quantidade de carboidratos, proteínas, e taninos + polifenóis (LIMA et al., 2014).

Na maioria das regiões cafeeiras o N é um dos nutrientes mais exigidos para a produção (MALTA et al., 2003), sendo este o macronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon adulto segundo Bragança et al. (2008), e em mudas de diferentes genótipos de *C. canephora* aos seis meses de idade (COVRE et al., 2013), o que demonstra a alta exigência de nitrogênio pelo cafeeiro. De acordo com Covre & Partelli (2013) e Partelli et al. (2014), o acúmulo de N nos frutos do cafeeiro Conilon apresenta incrementos significativos entre os estádios de expansão rápida, granação e maturação.

Dentre os micronutrientes o Fe foi o que apresentou maior acúmulo no fruto, palha e grãos (Tabela 4), fato também constatado por Sarruge et al. (1966), em cafeeiro Arábica. O B foi o segundo micronutriente mais acumulado na palha, seguido pelo Mn em terceiro lugar (Tabela 4). No entanto, Sarruge et al. (1966) observaram o inverso, em que o Mn foi o segundo micronutriente mais acumulado na palha de café e o B o terceiro. Os mesmos autores encontraram o Zn como o segundo micronutriente mais acumulado pelos grãos, diferente deste trabalho onde o Zn foi só o quarto micronutriente mais acumulado no grão de café Conilon.

Segundo Laviola et al. (2007b) durante a fase de chumbinho, a proporção de acúmulo de B e Zn nos frutos é maior, quando comparada aos outros micronutrientes. Evidenciando a importância destes nutrientes nos processos de divisão celular e na estabilização de membranas das novas células (MARENCO & LOPES, 2005; LAVIOLA et al., 2007b). As diferenças observadas entre os resultados dos diversos autores citados parece estar relacionada à genética da planta/fruto avaliada, efeito local e manejo, além da fertilidade, disponibilidade de água, entre outros.

**Tabela 4.** Quantidade de nutrientes encontrados na palha, nos grãos e no fruto, de café Conilon irrigado e não irrigado considerando um único fruto.

Tratamento	Acúmulo de macronutrientes (mg fruto <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	Palha de um fruto					
Irrigado	1,28 a*	0,08 b	1,76 a	0,45 a	0,08 a	0,18 b
Não irrigado	1,22 a	0,12 a	1,60 a	0,39 b	0,08 a	0,21 a
CV (%)	20,5	20,2	20,5	20,5	20,9	20,4
	Grãos de um fruto <sup>1</sup>					
Irrigado	5,16 a	0,53 a	3,27 a	0,41 a	0,25 a	0,34 a
Não irrigado	4,71 b	0,34 b	3,09 a	0,26 b	0,23 b	0,30 b
CV (%)	11,7	11,0	11,9	13,6	11,3	12,1
	Fruto					
Irrigado	6,44 a	0,61 a	5,03 a	0,86 a	0,33 a	0,52 a
Não irrigado	5,93 b	0,46 b	4,69 b	0,65 b	0,31 b	0,51 a
CV (%)	11,3	11,0	11,9	13,6	11,4	12,2
	Acúmulo de micronutrientes (µg fruto <sup>-1</sup> )					
Tratamento	Fe	Zn	Cu	Mn	B	
	Palha de um fruto					
Irrigado	4,82 b	0,77 a	0,67 a	0,92 a	2,85 a	
Não irrigado	5,48 a	0,63 b	0,52 b	0,88 a	2,73 a	
CV (%)	20,4	20,6	20,8	20,4	20,4	
	Grãos de um fruto					
Irrigado	10,75 a	1,34 a	2,55 a	1,84 a	2,39 b	
Não irrigado	10,65 a	1,29 a	2,16 b	1,43 b	3,89 a	
CV (%)	11,9	11,9	11,6	11,6	13,1	
	Fruto					
Irrigado	15,46 a	2,06 a	3,21 a	2,76 a	5,12 b	
Não irrigado	16,22 a	1,97 a	2,67 b	2,30 b	6,74 a	
CV (%)	12,0	12,0	11,1	11,8	13,6	

\* Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste "t" de Student, ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Considerou-se apenas frutos compostos por dois grãos.

Na tabela 5 pode-se observar o acúmulo de 9,2 kg de K na palha gerada pela produção de uma tonelada de café beneficiado em cafeeiro irrigado e o acúmulo de 8,8 kg de K na palha do tratamento não irrigado. Nos grãos, as plantas irrigadas acumularam 27,7 kg de N e 16,9 kg de K por tonelada. Por sua vez, as plantas não irrigadas acumularam 25,9 kg de N e 17,0 kg de K nos grãos, em cada tonelada (Tabela 5).

Quanto aos micronutrientes na palha, as plantas irrigadas acumularam 25,1 g de Fe e 14,2 g de B por tonelada, enquanto as plantas não irrigadas apresentaram acúmulo de 30,2 g de Fe e 15,7 g de B por tonelada. Nos grãos das plantas irrigadas detectou-se 55,0 g de Fe e 12,3 g de B por tonelada, enquanto as plantas não irrigadas acumularam 59,0 g de Fe e 21,3 g de B por tonelada (Tabela 5).

Os nutrientes são acumulados pelos frutos durante seu desenvolvimento, a partir da fecundação do óvulo em diferentes quantidades. Ao produzir uma tonelada *C. canephora* beneficiada, observou-se a seguinte ordem decrescente de acúmulo de nutrientes pela palha de café gerada:  $K > N > Ca > S > P > Mg$  e  $Fe > B > Mn > Zn > Cu$ . Nos grãos de café, a ordem de acúmulo foi  $N > K > P > Ca > S > Mg$  e  $Fe > B > Cu > Mn > Zn$  e pelos frutos de café a sequência foi  $N > K > Ca > P > S > Mg$  e  $Fe > B > Cu > Mn > Zn$  (Tabela 5). Esses resultados são muito relevantes, pois podem ser utilizados para o cálculo de exportação de nutrientes de acordo com a produtividade da lavoura. E ao mesmo tempo ser utilizado para calcular qual a parcela da exigência nutricional da lavoura pode ser suprida com a utilização da palha como fonte de nutrientes para as plantas do cafeeiro Conilon, de acordo com a quantidade de palha aplicada por área, já que há variação entre a ordem de nutrientes encontrados na palha, no grão e no fruto do café Conilon.

Durante a fase de frutificação do cafeeiro, os frutos são os drenos preferenciais entre as partes de uma planta por nutrientes, levando muitas vezes, à carência destes em outros órgãos das plantas (RENA & MAESTRI, 1985; CARVALHO et al., 1993; LAVIOLA et al., 2008), sendo necessária o fornecimento destes por meio da adubação. Aliado a elevada demanda de fertilizantes, esta o alto custo dos mesmos, o que torna o fornecimento da quantidade correta de nutrientes para a lavoura um entrave para os agricultores (SERRANO et al., 2011). O uso de fontes orgânicas, como a palha de café, pode ser uma alternativa para reduzir a quantidade de fertilizantes minerais aplicados à lavoura de café, podendo reduzir o custo da adubação.

**Tabela 5.** Acúmulo de nutrientes na palha, nos grãos e nos frutos equivalente a uma tonelada (1000 kg) de grãos beneficiados, de café conilon irrigado e não irrigado.

Tratamento	Acúmulo de macronutrientes (kg ton <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Palha						
Irrigado	6,7	0,4	9,2	2,3	0,4	0,9
Não irrigado	6,7	0,6	8,8	2,2	0,4	1,2
Grãos						
Irrigado	26,7	2,7	16,9	2,1	1,3	1,8
Não irrigado	25,9	1,9	17,0	1,5	1,3	1,6
Frutos						
Irrigado	33,3	3,2	26,0	4,4	1,7	2,7
Não irrigado	32,6	2,5	25,8	3,6	1,7	2,8

Tratamento	Acúmulo de micronutrientes (g ton <sup>-1</sup> )				
	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Palha					
Irrigado	25,1	4,0	3,5	4,8	14,2
Não irrigado	30,2	3,5	2,9	4,8	15,7
Grãos					
Irrigado	55,0	6,7	13,2	9,5	12,3
Não irrigado	59,0	7,3	11,8	7,8	21,3
Frutos					
Irrigado	80,1	10,7	16,6	14,3	26,6
Não irrigado	89,2	10,8	14,7	12,7	37,1

A palha de café é um subproduto gerado no processo de beneficiamento do café, que em muitas propriedades é descartada, ou então é utilizada para alimentação de fomalhas, no processo de secagem do café em secadores rotativos. A necessidade de opções renováveis, localmente disponíveis e de menor custo para o fornecimento de nutrientes para as culturas é cada vez mais importante devido à necessidade de uma agricultura mais sustentável (CHEMURA, 2014).

Os resultados obtidos neste trabalho reforçam a utilização da palha como adubo, já que detém grandes quantidades de vários nutrientes. Dessa forma, a palha de café quando aplicada na lavoura é uma excelente fonte de nutrientes e também de matéria orgânica para o solo. De acordo com Fernandes et al. (2013), a palha de café pode ser utilizada como fonte de N, P, K e S, com conseqüente redução destes nutrientes na adubação mineral da lavoura, permitindo incrementos de até 25% na produtividade. A decomposição da palha de café melhora a estrutura física do solo, proporcionando aumentos da CTC e do pH do solo (PAES et al., 1996).

## Conclusões

Os frutos das plantas de café Conilon irrigadas apresentam maior acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Cu e Mn quando comparado as plantas não irrigadas.

A palha dos frutos do cafeeiro Conilon irrigado apresenta maior acúmulo de Ca, Zn e Cu.

Os grãos do cafeeiro Conilon irrigado apresentam maiores acúmulos de N, P, Ca, Mg, S, Cu e Mn quando comparados com os cafeeiros não irrigados.

O K seguido pelo N e Ca foram os macronutrientes mais encontrados na palha de café, enquanto nos grãos, o N seguido pelo K e P, e nos frutos o N seguido pelo K e Ca.

O Fe e B são os micronutrientes que mais acumulam na palha, grãos e frutos de café Conilon.

## Referências bibliográficas

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ARZOLLA, S.; GOMES, L.; SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, X. Extração de macronutrientes na colheita pelas variedades Mundo Novo, Caturra e Bourbon Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, v. 20, p. 41-52, 1963.

BONOMO, D.Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F.L.; SOUZA, J.M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.157-169, 2013.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H.; LANI, J.A. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn E Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, p. 398-404, 2007.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.H.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ V., V.H.; LANI, J.A. Accumulation of Macronutrients for the conilon Coffee Tree. **Journal Plant Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 103-120, 2008.

CARVALHO, C.H.M. de; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; MORAIS, A.R. de. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.243-250, 2006.

CARVALHO, C.H.S.; RENA, A.B.; PEREIRA, A.A.; CORDEIRO, A.T. Relação entre produção, teores de N, P, Ca, Mg, amido e seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 665-673, 1993.

CHEMURA, A. The growth response of coffee (*Coffea arabica* L.) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 59, n. 3, p. 1-9, 2014.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L. Nitrogênio em folhas e frutos de café conilon irrigado e não irrigado, no estado da Bahia. In. VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS. DO BRASIL, 1., 2013, Salvador, BA. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa café, 2013. CD-ROM.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; MAURI, A.L.; DIAS, M.A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café conilon. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 2, p. 193-202, 2013.

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R.T.; SANTINADO, R. Redução

da adubação mineral do cafeeiro Arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 324-336, 2013.

FERNANDES, A.L.T; PARTELLI, F.L; BONOMO, R; GOLYNSKI, A.A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.231-240, 2012.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R.; SIQUEIRA, W.J.; AMBRÓSIO, L.A.; MAZZAFERA, P. Influências ambientais no rendimento intrínseco do café. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.39-50, 2005.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2008.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L.D.S. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1439-1449, 2007a.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: Cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1451-1462, 2007b.

LIMA, L.K.S.; SANTOS, C.C.; MOURA, M.C.F.; DUTRA, A.S.; OLIVEIRA FILHO, A.F. de. Utilização de resíduo oriundo da torrefação do café na agricultura em substituição a adubação convencional. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 14-19, 2014.

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; QUIMARÃES, P.T.G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1246-1252, 2003.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. Fisiologia vegetal: **Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 451p.

MARRÉ, W. B., PARTELLI, F.L., ESPINDULA, M. C., DIAS, J. R. M., GONTIJO, I., VIEIRA, H. D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1456-1462, 2015.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ, V. V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

MARTINS, L.D. TOMAZ, M.A.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Combined effects of elevated [CO<sub>2</sub>] and high temperature on leaf mineral balance in *Coffea* spp. plants. **Climatic Change**, v. 126, n. 3, p. 365-379, 2014.

MASSARIRAMBI, M.T.; CHINGWARA, V.; SHONGWE, V. D. The effect of irrigation on synchronization of coffee (*Coffea arabica* L.) flowering and berry ripening at Chipinge, Zimbabwe. **Physical Chemistry Earth**, v.34, n.13-16, p.786-789, 2009.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.A.; FERNANDES, D.R. **Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação Procafé, 2010. 542p.

MELO; B. de; SOUSA, L.B. de. Biologia da reprodução de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 01-07, 2011.

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

PAES, J.M.V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C.H. de; LOURES, E.G. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres**, v. 43, n. 249, p. 674-683, 1996.

PAIVA, R.N.; CARVALHO, C.H.S.; MENDES, A.N.G.; ALMEIDA, S.R.; MATIELLO, J.B.; FERREIRA, R.A. Comportamento agrônômico de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha-MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, 2010.

PARTELLI, F.L.; ESPINDOLA, M.C.; MARRÉ, W.B.; VIEIRA, D.V. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; MONNERAT, P.H.; VIANA, A.P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 443-451, 2006.

PEREIRA, L.R. **Crescimento, produção e rendimento dos clones da variedade ‘Conilon Vitória’ em condições de déficit hídrico e irrigado**. Dissertação de Mestrado, Alegre, 2015, 54p.

PEZZOPANE, J.R.M.; CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J.E.M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G.S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Ciência Agrônômica**, v.41, n.3, p.341-348, 2010.

RAMALHO, J.C.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; PAIS, I.; MARTINS, L.D.; SIMÕES-COSTA, M.C.; LEITÃO, A.E.; FORTUNATO, A.S.; BATISTA-SANTOS, P.; PALOS, I.; TOMAZ, M.A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M. Sustained photosynthetic performance of *Coffea* spp. under long-term enhanced [CO<sub>2</sub>]. **Plos One**, v.8, n.12, p.1-19, 2013.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415–431, 2016.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, p.16–23, 2015.

SANTOS, C.A.F.; LEITÃO, A.E.; PAIS, I.P.; LIDON, F.C.; RAMALHO, J.C. Perspectives on the potential impacts of climate changes on coffee plant and bean quality. **Emir. J. Food Agric.**, v. 27, n. 2, p. 152-163, 2015.

SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GOMES, L.; ARZOLLA, S.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, XIX. Extração de micronutrientes na colheita pelas variedades Mundo novo, Caturra Amarelo e Bourbon Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. Piracicaba, v. 23, p. 85-93, 1966.

SCALCO, M.S.; ALVARENÇA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, C.; ASSIS, G.A. Irrigated and non-irrigated coffee (*Coffea arabica* L.) under super dense condition. **Coffee Science**, v.6, n.3, p.193-202, 2011.

SERRANO, L.A.L.; SILVA, V.M. da; FORMENTINI, E.A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 100-107, 2011.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

VERDIN FILHO, A.C.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; RODRIGUES, W.N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v.9, p.489-494, 2014.

### 3. CONCLUSÕES GERAIS

A irrigação associada à fertirrigação proporciona maior crescimento vegetativo e aumento de produção em plantas de café Conilon.

A taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos é limitada pela carga pendente.

As máximas taxas de crescimento ocorrem na primavera e as mínimas durante a granação e, ou, durante períodos de déficit hídrico, alta temperatura e baixa umidade relativa do ar.

A taxa de crescimento dos ramos possivelmente não é limitada pela temperatura mínima média do ar predominante na região Atlântica da Bahia.

As curvas de acúmulo de matéria seca e nutrientes em frutos de café Conilon irrigado e não irrigado foram similares, ajustando-se ao modelo sigmoidal.

A irrigação proporcionou maior acúmulo de matéria seca e nutrientes em frutos de cafeeiro Conilon.

As curvas de acúmulo de matéria seca nas folhas e no caule de ramos plagiotrópicos produtivos ajustaram-se ao modelo linear.

O nitrogênio, potássio, cálcio, ferro e boro foram os nutrientes mais encontrados nos frutos, nas folhas e na palha do cafeeiro Conilon irrigado e não irrigado.

O parcelamento da adubação faz-se necessário, observando a exigência nutricional das plantas, de acordo com as fases de desenvolvimento dos frutos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1998, 301p.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, M.E.B.; FARIA, M.A.; GUIMARÃES, R.J.; MUNIZ, J.A.; SILVA, E.L. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.219-225, 2000.

AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.377-384, 2006.

ARZOLLA, S.; GOMES, L.; SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, X. Extração de macronutrientes na colheita pelas variedades Mundo Novo, Caturra e Bourbon Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. Piracicaba, v. 20, p. 41-52, 1963.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.21, n.116, p.268-279, 1974.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; RENA, A.B. Physiology of growth and production of the coffee tree - a review. **Journal of Coffee Research**, v.27, n.1, p.1-54, 1999.

BARROS, R.S.; MOTA, J.W.S.; DAMATTA, F.M.; MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, v.54, n.1, p.65-72, 1997.

BATISTA-SANTOS, P.; LIDON, F.C.; FORTUNATO, A.; LEITÃO, A.E.; LOPES, E.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.I.; RAMALHO, J.C. The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp. photosystem sensitivity, photoprotective mechanisms and gene expression. **Journal of Plant Physiology**, v.168, n.8, p.792-806, 2011.

BEAUMONT, J.H.; FUKUNAGA, E.T. Factors affecting the growth and yield of coffee in Kona, Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Honolulu, 1958, 39p. **Bulletin 113**.

BONOMO, D.Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F.L.; SOUZA, J.M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.157-169, 2013.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C. de; SILVEIRA NETO, A.N.; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S. de; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; LANI, J.A.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.H. Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.048-052, 2010.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H.; LANI, J.A. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn E Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, p. 398-404, 2007.

BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ, V.V.H.; LANI, J.A. Accumulation of macronutrients for the conilon coffee tree. **Journal of plant Nutrition**, v. 31, n.1, p.103-120, 2008.

BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O.O.; KIRSCHKE, D.A bitter cup: climate change profile of global production of Arábica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 89–101, 2015.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 65-68, 2001.

CANNELL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. (Ed.). **Coffee**: botany, biochemistry and production of beans and beverage. London: Croom Helm, 1985. p.108-134.

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**, v.45, n.3, p.269-275, 2010.

CARVALHO, C.H.M. de; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; MORAIS, A.R. de. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.243-250, 2006.

CARVALHO, C.H.S. de; RENA, A.B.; PEREIRA, A.A.; CORDEIRO, A.T. Relação entre produção, teores de N, P, Ca, Mg, amido e seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 665-673, 1993.

CARVALHO, V.L; CUNHA, R.L. da; SILVA, N.R.N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

CHAVES, A.R.M.; MARTINS, S.C.V.; BATISTA, K.D.; CELIN, E.F.; DAMATTA, FM. Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback, with little to no effect on photosynthesis, carbohydrate or mineral pools, in different canopy positions of field-grown coffee trees. **Environmental and Experimental Botany**, v.77, n.1, p.207–218, 2012.

CHEMURA, A. The growth response of coffee (*Coffea arabica* L.) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 59, n. 3, p. 1-9, 2014.

CLEMENTE, J.A.; MARTINEZ, H.E.P.; ALVES, L.C.; LARA, M.C.R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 279-285, 2013.

COELHO, G.; SILVA, A.M. da; REZENDE, F.C.; SILVA, R.A. da; CUSTÓDIO, A.A. de P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuai'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 67-73, 2009.

COSTA, N.R.; DOMINGUES, M.C.S.; RODRIGUES, J.D.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Desempenho do cafeeiro Icatu vermelho sob ação de biorregulador aplicado em fases reprodutivas da cultura. **Agrarian**, v. 2, n. 5, p.113-130, 2009.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L. Nitrogênio em folhas e frutos de café conilon irrigado e não irrigado, no estado da Bahia. In. VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS. DO BRASIL, 1., 2013, Salvador, BA. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa café, 2013. CD-ROM.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; GONTIJO, I.; ZUCOLOTO, M. Distribuição do sistema radicular de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.11, p.1006-1016, 2015.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; MAURI, A.L.; DIAS, M.A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café conilon. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 2, p. 193-202, 2013.

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CUNHA, A.R.; VOLPE, C.A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.49-62, 2011.

CUSTÓDIO, A.A.P.; LEMOS, L.B.; MINGOTTE, F.L.C.; BARBOSA, J.C.; POLLO, G.Z.; SANTOS, H.M. Florescimento de cafeeiros sob manejos de irrigação faces de exposição solar e posições na planta. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 245-257, 2014.

DALCOMO, J.M.; VIEIRA, H.D.; FERREIRA, A.; LIMA, W.L.; FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; PARTELLI, F.L. Evaluation of genetic divergence among clones of conilon coffee after scheduled cycle pruning. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 15417-15426, 2015.

DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.1, p.1-6, 2004.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.4, p.485-510, 2007.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, n.4, p.357-377, 2011.

DUBBERSTEIN, D. **Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em *Coffea canephora* na Amazônia Ocidental**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

ESTHER, A.; ADOMAKO, B. Genetic and environmental correlations between bean yield and agronomic traits in *Coffea canephora*. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 2, n. 4, p. 64-72, 2010.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1-2, p. 185-212, 2009.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R.T.; SANTINADO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro Arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 324-336, 2013.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A.A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.231-240, 2012.

FERREIRA, E.P. de B.; PARTELLI, F.L.; DIDONET, A.D.; MARRA, G.E.R.; BRAUN, H. Crescimento vegetativo de *Coffea arabica* L. influenciado por irrigação e fatores climáticos no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3235-3244, 2013.

FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v.65, n.3, p.363-368, 2006.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H.P.; BORDIGNON, R.; SIQUEIRA, W.J.; AMBRÓSIO, L.A.; MAZZAFERA, P. Influências ambientais no rendimento intrínseco do café. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.39-50, 2005.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014, Mitigation of climate change, Working group III, Contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso em: 31. jan. 2016.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R.; FARDIN, M.P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p.639-645, 2010.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2008.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L.D.S. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1439-1449, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: Cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1451-1462, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: Cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1451-1462, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B de.; VENEGAS, V.H.A. Dinâmica de N e K em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábica em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 33-47, 2006.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B. de; ALVAREZ, V.H. Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 319-329, 2007.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D. Macronutrient accumulation in coffee fruits at Brazilian Zona da Mata conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.32, n.6, p.980-995, 2009.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; VENEGAS, V.H.A. Dinâmica de

P e S em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 29-40, 2007.

LEROY, T.; BELLIS, F. de; LEGNATE, H.; MUSOLI, P.; KALONJI, A.; SOLÓRZANO, R.G.L.; CUBRY, P. Developing core collections to optimize the management and the exploitation of diversity of the coffee *Coffea canephora*. **Genetica**, v.142, n.3, p.185–199, 2014.

LIBARDI, V.C.M.; AMARAL, J.A.T.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre var. Conilon) no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.23-28, 1998.

LIMA, L.K.S.; SANTOS, C.C.; MOURA, M.C.F.; DUTRA, A.S.; OLIVEIRA FILHO, A.F. de. Utilização de resíduo oriundo da torrefação do café na agricultura em substituição a adubação convencional. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 14-19, 2014.

LIVRAMENTO, D.E. do. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da. (Eds.). **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010, 896p.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.7, p.1017-1022, 2002.

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; QUIMARÃES, P.T.G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1246-1252, 2003.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. Fisiologia vegetal: **Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 451p.

MARRÉ, W.B., PARTELLI, F.L., ESPINDULA, M.C., DIAS, J.R.M., GONTIJO, I., VIEIRA, H.D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1456-1462, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2<sup>nd</sup>ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ, V. V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

MARTINS, C.M.; REIS, E. F. dos; BUSATO, C.; PEZZOPANE, J.E.M. Crescimento inicial de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.3, p.193-201, 2006.

MARTINS, L.D. TOMAZ, M.A.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Combined effects of elevated [CO<sub>2</sub>] and high temperature on leaf mineral balance in *Coffea* spp. plants. **Climatic Change**, v. 126, n. 3, p. 365-379, 2014.

MARTINS, L.D.; MACHADO, L.S.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. do. The nutritional efficiency of *Coffea* spp. A review. **African Journal of Biotechnology**, v.14, n.9, p.728-735, 2015.

MARTINS, L.D.M.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. do; BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P. Efficiency and response of conilon coffee clones to phosphorus fertilization. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.406-411, 2013.

MASSARIRAMBI, M.T.; CHINGWARA, V.; SHONGWE, V. D. The effect of irrigation on synchronization of coffee (*Coffea arabica* L.) flowering and berry ripening at Chipinge, Zimbabwe. **Physical Chemistry Earth**, v.34, n.13-16, p.786-789, 2009.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.A.; FERNANDES, D.R. **Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação Procafé, 2010. 542p.

MELO; B. de; SOUSA, L.B. de. Biologia da reprodução de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 01-07, 2011.

MORAES, F.R.P. de; CATANI, R.A. A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. **Bragantia**, v.23, n.26, p.331-336, 1964.

MORAIS, H.; CARAMORII, P.H.C.; KOGUISHIII, M. S.; RIBEIRO, A.M.A.; Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v.67, n.1, p.257-260, 2008.

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

PAIVA, R.N.; CARVALHO, C.H.S.D.; MENDES, A.N.G.; ALMEIDA, S.R.D; MATIELLO, J.B.; FERREIRA, R.A. Comportamento agrônômico de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha-MG. **Coffee Science**, v.5, n.1, p.49-58, 2009.

PARTELLI, F.L.; ESPINDOLA, M.C.; MARRÉ, W.B.; VIEIRA, D.V. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8, p.108-116, 2013.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; MONNERAT, P.H.; VIANA, A.P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro Conilon orgânico e convencional no estado de Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.3, p.443-451, 2006.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SILVA, M.G.; RAMALHO, J.C. Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.619-626, 2010.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; VIANA, A.P.; BATISTA-SANTOS, P.; RODRIGUES, A.P.D.; LEITÃO, A.E.; RAMALHO, J.C. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1404-1415, 2009.

PEASLEY, D.; ROLFE, C. **Developing irrigation strategies for coffee under sub-tropical conditions**. RIRDC, Barton, 2003. 52p.

PEREIRA, L.R. **Crescimento, produção e rendimento dos clones da variedade 'Conilon Vitória' em condições de déficit hídrico e irrigado.** Dissertação de Mestrado, Alegre, 2015, 54p.

PEREIRA, S.P.; BARTHOLO, G.F.; BALIZA, D.P.; SOBREIRA, F.M.; GUIMARÃES, R.J. Growth, productivity and bienniality of coffee plants according to cultivation spacing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.152-160, 2011.

PETEK, M.R.; SERA, T.; FONSECA, I.C.B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v.68, n.1, p.169-181, 2009.

PEZZOPANE, J.R.M.; CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J.E.M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G.S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Ciência Agrônômica**, v.41, n.3, p.341-348, 2010.

PEZZOPANE, J.R.M.; JÚNIOR, M.J.P.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro Arábica. **Bragantia**, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. de; FAZUOLI, L.C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p.1781-1786, 2008.

PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

RAMALHO, J.C.; DAMATTA, F.M.; RODRIGUES, A.P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; BATISTA-SANTOS, P.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.; LIDON, F.C.; LEITÃO A.E. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. Plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v.26, n.1, p.5-18, 2014.

RAMALHO, J.C.; QUARTIN, V.L.; LEITÃO, E.; CAMPOS, P.S.; CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; NUNES, M.A. Cold Acclimation Ability and Photosynthesis among Species of the Tropical *Coffea* Genus. **Plant Biology**, v.5, n.6, p.631-641, 2003.

RAMALHO, J.C.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; PAIS, I.; MARTINS, L.D.; SIMÕES-COSTA, M.C.; LEITÃO, A.E.; FORTUNATO, A.S.; BATISTA-SANTOS, P.; PALOS, I.; TOMAZ, M.A.; SCOTTI-CAMPOS, P.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M. Sustained photosynthetic performance of *Coffea* spp. under long-term enhanced [CO<sub>2</sub>]. **Plos One**, v.8, n.12, p.1-19, 2013.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F.; MORA, L. Consumo de nutrimentos por los frutos y bandolas de café Caturra durante um ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. **Agronomia Costarricense**, v.26, n.1, p.33-42, 2002.

REIS, A.J.; ARRUDA, H.V. Frutificação no café. **Bragantia**, v. 15, n. 9, p. 93-98, 1956.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do café. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

REZENDE, F.C.; OLIVEIRA, S.R.; FARIA, M.A.; ARANTES, K.R. Característica produtiva do café (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG - 1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffea Science**, v.1, n.2, p.103-110, 2006.

RODRIGUES, R.R.; PIZETTA, S.C.; REIS, E.F. dos; GARCIA, G. de O. Disponibilidade hídrica no solo no desenvolvimento inicial de café conilon. **Coffee Science**, v.10, n.1, p.46-55, 2015.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, M.Q.; FORTUNATO, A.S.; RODRIGUES, A.P.; SEMEDO, J.N.; SIMÕES-COSTA, M.C.; PAIS, I.P.; LEITÃO, A.E.; COLWELL, F.; GOULAO, L.; MÁGUAS, C.; MAIA, R.; PARTELLI, F.L.; CAMPOSTRINI, E.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; LIDON, F.C.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415–431, 2016.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, p.16–23, 2015.

SAKAI, E.; BARBOSA, E.A.A.; SILVEIRA, J.M. de C.; PIRES, R.C. de M. *Coffea arabica* (cv. Catuaí) production and bean size under different population arrangements and soil water availability. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.1, p.145-156, 2013.

SANDY, E.C.; BOTELHO, C.E.; CARVALHO, A.M. de; GUIMARÃES, R.J.; CARVALHO, G.R.; MAGALHÃES, M.M. Produção de frutos de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em diferentes posições e orientações de ramos plagiotrópicos. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 35-40, 2009.

SANTOS, C.A.F.; LEITÃO, A.E.; PAIS, I.P.; LIDON, F.C.; RAMALHO, J.C. Perspectives on the potential impacts of climate changes on coffee plant and bean quality. **Emir. J. Food Agric.**, v. 27, n. 2, p. 152-163, 2015.

SARRUGE, J.R.; ANDRADE, R.G.; GOMES, L.; ARZOLLA, S.; GRANER, E.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro, XIX. Extração de micronutrientes na colheita pelas variedades Mundo novo, Caturra Amarelo e Bourbon Amarelo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, v. 23, p. 85-93, 1966.

SCALCO, M.S.; ALVARENÇA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, C.; ASSIS, G.A. Irrigated and non-irrigated coffee (*Coffea arabica* L.) under super dense condition. **Coffee Science**, v.6, n.3, p.193-202, 2011.

SCALCO, M.S.; ALVARENÇA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; DOMINGHETTI, A.W.; COLOMBO, A.; ASSIS, G.A.; ABREU, G.F. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.2, p.95-101, 2014.

SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.P.; PARTELLI, F.L.; BATISTA-SANTOS, P.; RAMALHO, J.C. Phospholipids profile in chloroplasts of *Coffea* spp. genotypes differing in cold acclimation ability. **Journal of Plant Physiology**, v.171, n.3-4, p.243-249, 2014.

SERRANO, L.A.L.; SILVA, V.M. da; FORMENTINI, E.A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 100-107, 2011.

SILVA, C.A.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. Productivity and yield of coffee plant under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.387-394, 2008.

SILVA, E.A.; DAMATTA, F.M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A.J.; BARROS, R.S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v.89, n.2-3, p.349-357, 2004.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT - Statistical Assistance**. versão 7.7 beta. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, P.E.M.; CAVATTE, P.C.; MARAIS, L.E.; MEDINA, E.F.; DAMATTA, F.M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v.87, n.1, p.49-57, 2013.

SILVA, V.A.; ANTUNES, W.C.; GUIMARÃES, B.L.S.; PAIVA, R.M.C.; SILVA, V. de F.; FERRÃO, M.A.G.; DAMATTA, F.M.; LOUREIRO, M.E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.5, p.457-464, 2010.

SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P.H.; MANETTI-FILHO, J. Maturação dos frutos de três cultivares de cafeeiros em Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 12, p. 1373-1379, 1985.

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**, v.27, n.1, p.117-125, 2005.

SYSTAT SOFTWARE, INC. **SigmaPlot for Windows, version 11.0**. San Jose, California. 2008.

TOMAZ, M.A.; MARTINEZ, H.E.P.; RODRIGUES, W.N.; FERRARI, R.B.; PEREIRA, A.A.; SAKIYAMA, N.S. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p. 108-114, 2011.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café Arábica de porte baixo. **Bragantia**, v.64, n.4, p.661-672, 2005.

VARA PRASAD, P.V.; ALLEN JR, L.H.; BOOTE, K.J. Crop responses to elevated carbon dioxide and interaction with temperature. **Journal of Crop Improvement**, v.13, n.1, p.113-155, 2005.

VERDIN FILHO, A.C.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; RODRIGUES, W.N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.