

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**WELLINGTON ABELDT ERLACHER**

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES**  
**EM PLANTAS DE *Coffea arabica* L. TRATADAS COM REGULADORES DE**  
**CRESCIMENTO**

**ALEGRE - ES**

**2017**

WELLINGTON ABELDT ERLACHER

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES  
EM PLANTAS DE *Coffea arabica* L. TRATADAS COM REGULADORES DE  
CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração em Fitotecnia.

**ALEGRE - ES**

**2017**

E69c Erlacher, Wellington Abeldt, 1991-  
Crescimento, trocas gasosas e teores foliares de nutrientes em plantas de *Coffea arabica* L. tratadas com reguladores de crescimento / Wellington Abeldt Erlacher. – 2017.  
40 f. : il.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte ; Edvaldo Fialho dos Reis ; Marcelo Antonio Tomaz.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

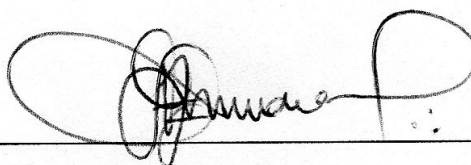
1. Café - Cultivo. 2. Hormônios vegetais. 3. Fotossíntese. I. Amaral, José Francisco Teixeira do. II. Cavatte, Paulo Cezar. III. Reis, Edvaldo Fialho dos. IV. Tomaz, Marcelo Antonio. V. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. VI. Título.

WELLINGTON ABELDT ERLACHER

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES  
EM PLANTAS DE *Coffea arabica* L. TRATADAS COM REGULADORES DE  
CRESCIMENTO**

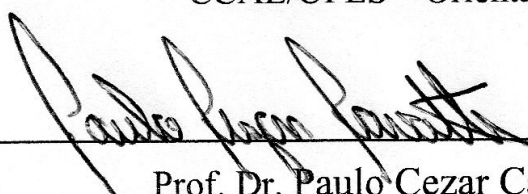
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 05 de junho de 2017.



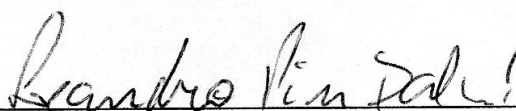
---

Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral  
CCAIE/UFES – Orientador



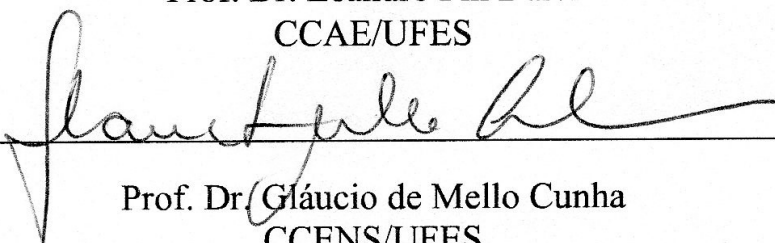
---

Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte  
CCENS/UFES – Coorientador



---

Prof. Dr. Leandro Pin Dalvi  
CCAIE/UFES



---

Prof. Dr. Gláucio de Mello Cunha  
CCENS/UFES

Aos meus pais, Claudio Erlacher e Lúcia Helena  
Abeldt Erlacher, por todo apoio e carinho.

**DEDICO**

O que nos movem neste mundo são os sonhos e a fé para poder conquistá-los. Tenha fé, acredite sempre no seu potencial e nunca desista. Lute sempre, mas é claro, sempre com respeito, seriedade e honestidade, para poder alcançar os seus sonhos. E lembre sempre, “tenha fé, pois tudo na vida tem o seu tempo”, que os seus sonhos serão realizados.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, saúde, paz e pela oportunidade de estudar e realizar este trabalho.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por todo conhecimento obtido ao longo da minha formação como profissional e pessoa, assim como toda a estrutura cedida.

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

Ao meu orientador, Dr. José Francisco Teixeira do Amaral e, aos meus coorientadores, Dr. Marcelo Antonio Tomaz, Dr. Paulo Cezar Cavatte, Dr. Edvaldo Fialho dos Reis e ao Dr. José Augusto Teixeira do Amaral por todo esforço cedido para a confecção deste manuscrito.

Aos professores, amigos e companheiros que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho como: Bruno, Diego, Jheniffer, Saul, Tafarel, Lindomar, Danilo, Dionício, Márcio, Tiago, Leonardo, Adan e Jocione.

Aos técnicos de laboratórios que tiveram paciência, atenção e não mediram esforços para ajudar, a Larissa do Laboratório de Nutrição Mineral, e o Alexsandro do Laboratório de Recursos Hídricos e Solos da UFES.

Ao agricultor Roberto Carlos Oliveira que cedeu a área para realização deste estudo.

## **BIOGRAFIA**

Wellington Abeldt Erlacher, filho de Claudio Erlacher e Lúcia Helena Abeldt Erlacher, nascido em 28 de fevereiro de 1991, no Município de Domingos Martins, Estado do Espírito Santo, Brasil. Coursou o ensino básico e fundamental na comunidade de Perobas e o ensino médio na comunidade de Parajú no município de Domingos Martins. Em 2010 ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal do Espírito Santo e 2012 transferiu-se para o curso de Agronomia na mesma instituição, onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo em agosto de 2015. Em 06 de março de 2016 na mesma instituição, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal na área de Fitotecnia, submetendo-se à defesa em 05 de junho de 2017.



## RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito da aplicação isolada de ácido 3-Indolilacético (AIA) e cinetina no crescimento, trocas gasosas e teores foliares de nutrientes em plantas de *Coffea arabica* L. Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro com aplicação isolada de AIA e o segundo com aplicação isolada de cinetina. O delineamento adotado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco concentrações para os dois reguladores de crescimento, sendo: C1 = 0 mg L<sup>-1</sup>; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup>; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup>; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup>. As avaliações ocorreram semanalmente, onde foram medidos o comprimento do ramo ortotrópico e o comprimento do ramo plagiotrópico. A taxa de crescimento do diâmetro do caule foi avaliada no início e ao final do experimento. As trocas gasosas, teor de clorofila, teores foliares de nutrientes e teor de cinzas foram avaliados no final do experimento. A aplicação de AIA nas plantas de café contribuiu para um incremento na taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos, na concentração de 0,1 mg L<sup>-1</sup>. A aplicação de AIA também contribuiu para um incremento na taxa de crescimento do diâmetro do caule, na concentração de 60 mg L<sup>-1</sup>. A aplicação de AIA em plantas de café proporcionou maior taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, na concentração de 60 mg L<sup>-1</sup>, maior condutância estomática, concentração subestomática de CO<sub>2</sub> e taxa transpiratória, nas concentrações de 60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>. A aplicação de 0,1 mg L<sup>-1</sup> de AIA contribuiu ainda para menor condutância estomática e concentração subestomática de CO<sub>2</sub>. Essas características favoreceram a maior eficiência instantânea e intrínseca no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação. As plantas de café que receberam aplicação de cinetina em 60 mg L<sup>-1</sup> apresentaram maiores teores foliares de potássio. Além disso, a aplicação de cinetina proporcionou maior condutância estomática nas concentrações de 60 mg L<sup>-1</sup>, 20 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 mg L<sup>-1</sup>. Maior transpiração na concentração de 0,1 mg L<sup>-1</sup>. Menor eficiência intrínseca no uso da água na concentração de 60 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 mg L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** cafeicultura, hormônios vegetais e fotossíntese.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of 3-Indoleacetic acid (IAA) and kinetin on the growth, gas exchange and leaf nutrient content in coffee plants (*Coffea arabica* L.). Two experiments were carried out; the first one with IAA application and the second one with application of kinetin. The experiment used a randomized block design with four replications. The both experiments used five concentrations for each growth regulator; C1 = 0 mg L<sup>-1</sup>; C2 = 0.1 mg L<sup>-1</sup>; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup>; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> and C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> of IAA and kinetin. The length of orthotropic and plagiotropic stems were evaluated weekly. The stem diameter growth rate was evaluated in the beginning and in the end of the experiment. Gas exchange, chlorophyll content, leaf nutrient content and ash content were also evaluated. The application of IAA (0.1 mg L<sup>-1</sup>) in coffee plants lead to an increase in the growth rate of plagiotropic stems. IAA application also lead to an increasing in stem diameter, in the concentration of 60 mg L<sup>-1</sup>. IAA application in the concentration of 60 mg L<sup>-1</sup> lead to a higher net CO<sub>2</sub> assimilation rate, and increased stomatal conductance, sub-static CO<sub>2</sub> concentration and transpiration rate in the concentrations of 20 mg L<sup>-1</sup> and 60 mg L<sup>-1</sup>. In addition, the lowest IAA application (0.1 mg L<sup>-1</sup>) decrease stomatal conductance and substomatal CO<sub>2</sub> concentration, and these characteristics lead to higher instantaneous and intrinsic efficiency in water use and instantaneous carboxylation efficiency. Coffee plants that received application of kinetin (60 mg L<sup>-1</sup>) showed higher potassium content in leaves. The kinetin concentrations of 0.1 mg L<sup>-1</sup>, 20 mg L<sup>-1</sup> and 60 mg L<sup>-1</sup> lead to higher stomatal conductance in coffee plants. Higher transpiration at the concentration of 0.1 mg L<sup>-1</sup>. Lower intrinsic efficiency in the use of water in the concentration of 0.1 mg L<sup>-1</sup> and 60 mg L<sup>-1</sup>.

**Key words:** coffee crop, plant hormones and photosynthesis.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Precipitação (mm) ocorrida durante o período de instalação e condução do experimento, do dia 03/01/2017 ao dia 16/02/2017.....13
- Figura 2** - Disposição das plantas que receberam os tratamentos em cada bloco.....14
- Figura 3** - Folhas dreno (a) marcadas antes da aplicação dos reguladores de crescimento e folha fonte (b) que foi utilizada para as avaliações de trocas gasosas, teor de clorofila, teores foliares de nutrientes e teor de cinzas no final do experimento.....18

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCRO, cm dia<sup>-1</sup>), plagiotrópico (TCRP, cm dia<sup>-1</sup>) e diâmetro do caule (TCDC, mm dia<sup>-1</sup>) em função das diferentes concentrações de ácido 3-Indolilacético (AIA) em café arábica.....20
- Tabela 2** - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCRO, cm dia<sup>-1</sup>), plagiotrópico (TCRP, cm dia<sup>-1</sup>) e diâmetro do caule (TCDC, mm dia<sup>-1</sup>) em função das diferentes concentrações de cinetina em café arábica.....21
- Tabela 3** - Teores de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>), micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) e cinzas (%) nas folhas de café arábica, após a aplicação de ácido 3-Indolilacético (AIA).....21
- Tabela 4** - Teores de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>), micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) e teor de cinzas (%) nas folhas de café arábica, após a aplicação de cinetina.....22
- Tabela 5** - Teores de clorofila *a*, *b*, Total e relação clorofila *a/b* nas folhas de café arábica, após a submissão da aplicação de ácido 3-Indolilacético (AIA).....22
- Tabela 6** - Teores de clorofila *a*, *b*, Total e relação clorofila *a/b* nas folhas de café arábica, após a submissão da aplicação de cinetina.....23
- Tabela 7** - Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*, mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*, μmol mol<sup>-1</sup>), taxa transpiratória (*E*, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), eficiência instantânea (*A/E*, μmol mmol<sup>-1</sup>) e intrínseca no uso da água (*A/g<sub>s</sub>*, μmol mol<sup>-1</sup>) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/C<sub>i</sub>*, μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), após a aplicação de ácido 3-Indolilacético (AIA) em plantas de café arábica.....24
- Tabela 8** - Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*, mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*, μmol mol<sup>-1</sup>), taxa transpiratória (*E*, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), eficiência instantânea (*A/E*, μmol mmol<sup>-1</sup>) e intrínseca no uso da água (*A/g<sub>s</sub>*, μmol mol<sup>-1</sup>) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/C<sub>i</sub>*, μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), após a aplicação de cinetina em plantas de café arábica.....24

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. HIPÓTESES.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1 Caracterização do campo experimental .....	13
3.2 Delineamento experimental, descrição dos tratamentos e implantação dos experimentos .....	14
<b>3.2.1 Análises de crescimento</b> .....	16
<b>3.2.2 Trocas gasosas</b> .....	17
<b>3.2.3 Análises nutricionais e cinzas</b> .....	18
3.3 Análises estatísticas .....	19
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSSÃO.....	25
5.1 Experimento com ácido 3-Indolilacético (AIA) .....	25
5.2 Experimento com cinetina .....	27
6. CONCLUSÕES.....	30
7. REFERÊNCIAS .....	31

## 1. INTRODUÇÃO

Por ser uma espécie de grande interesse comercial no Brasil e no mundo, os estudos aplicados a cultura do café vêm crescendo, principalmente nas últimas décadas. A espécie *Coffea arabica* L. apresenta uma característica peculiar em seu ciclo fenológico: uma variação no crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos ao longo do ciclo da cultura. Alguns fatores têm sido atribuídos e estudados para melhor compreender estas variações, como, temperatura, fotoperíodo, precipitação, competição por fotoassimilados pelos frutos e balanço hormonal na planta (BARROS et al., 1997; NAZARENO et al., 2003; AMARAL et al., 2006; AMARAL, RENA & AMARAL, 2006; FERREIRA et al., 2013; PARTELLI et al., 2013).

Na tentativa da retomada do crescimento vegetativo foi realizada a remoção de frutos, aumento do fotoperíodo e irrigação das plantas, mas nada que impedisse a queda drástica do crescimento vegetativo do cafeeiro (BARROS et al., 1997; NAZARENO et al., 2003; AMARAL, RENA & AMARAL, 2006). Possivelmente, estes fatores isoladamente não expliquem esta queda drástica de crescimento. O cultivo de mudas de *C. arabica*, cultivar Catucaí Amarelo, em época fria (março a julho) associado à pulverização mensal com ácido giberélico a 100 ppm favoreceu o crescimento vegetativo, ocorrendo um ganho de área foliar, altura, comprimento dos entrenós e diâmetro do caule (AMARAL et al., 2006).

Devido à importância dos reguladores de crescimento no desenvolvimento das plantas, nos últimos anos, aumentou-se a compreensão dos mecanismos de biossíntese, percepção e resposta hormonal das plantas. O conhecimento destas características pode ser aplicado na manipulação do crescimento e desenvolvimento das plantas (SANTNER, CALDERON-VILLALOBOS & ESTELLE, 2009). Com isso, estudos vêm sendo realizados para compreender melhor as respostas das plantas quando submetidas à aplicação exógena de reguladores de crescimento em diversas culturas, inclusive na cultura do café (BACILIERI et al., 2016).

Em uma lavoura de conilon (*Coffea canephora* L.), com 2,5 anos de idade, a utilização de três aplicações do produto comercial Stimulate® (cinetina (0,09 g L<sup>-1</sup>); ácido giberélico (0,05 g L<sup>-1</sup>); ácido 4-indol-3-ilbutírico (0,05 g L<sup>-1</sup>) e ingredientes inertes (999,80 g L<sup>-1</sup>)), sendo a primeira aplicação em julho na pré-florada, a segunda em

agosto, na queda das pétalas e a terceira em outubro, na fase de chumbinho, utilizando cinco doses (0, 200, 400, 800 e 1600 mL de Stimulate® por hectare), promoveu maior crescimento dos ramos ortotrópicos, número de nós dos ramos ortotrópicos e menor queda de frutos, sob condições de campo (GILES et al., 2013).

Na espécie *C. arabica* var. Icatu vermelho, com idade de 4 anos, a aplicação de três doses do produto comercial Stimulate® (0,1; 0,2 e 0,4%) em três aplicações, sendo a primeira aplicação em 27 de setembro, a segunda em 11 de outubro e a terceira no dia 11 de novembro, equivalendo essas épocas, respectivamente, ao estágio de fenológico de pré-florada, R7 (30 dias após a antese das flores) e 30 dias após R7, Costa et al. (2009) verificaram efeito positivo com a aplicação de diferentes doses do produto, com maior porcentagem de pegamento dos frutos, número de nós desenvolvidos do ramo plagiotrópico, crescimento de frutos e sementes, proporcionando incremento na produtividade.

Também foi verificado que a aplicação de Biozyme TF® (nitrogênio (1,73%); potássio (5,00%); carbono orgânico total (3,50 %); boro (0,08%); ferro (0,49%); manganês (1,00%); zinco (2,43%); enxofre (2,10%); giberelina (32,2 mg dm<sup>-3</sup>); ácido indolacético (32,2 mg dm<sup>-3</sup>) e zeatina (83,2 mg dm<sup>-3</sup>)) nas doses de 0,25 Lha<sup>-1</sup> e 0,5 Lha<sup>-1</sup>, em plantas de café arábica variedade Mundo Novo IAC 379-19, com oito anos de idade, em diferentes estádios fenológicos (pré-floração, pós-floração e chumbinho), resultou no aumento do número de internódios, maior comprimento dos ramos plagiotrópicos e incremento na produtividade de até 46,9% (BACILIERI et al., 2016).

Por outro lado, o uso de Stimulate® e Sea-Crop® (a base de extrato de algas marinhas *Ascophylum nodosum*), na espécie *C. arabica* variedade Catuaí IAC-99 com três anos de idade, em três aplicações (antes e após a florada e no estágio reprodutivo de chumbinho) não surtiram efeito na produção (em quilos de café da roça) e no crescimento dos ramos plagiotrópicos (SILVA FILHO et al., 2012).

A maioria dos estudos avalia a combinação de auxina, giberelina e citocinina (COSTA et al., 2009; SILVA FILHO et al., 2012; BACILIERI et al., 2016), sendo que poucos trabalhos verificam o efeito isolado de cada regulador de crescimento e sua relação com as trocas gasosas, concentração foliar de nutrientes e crescimento da planta, a fim de

elucidar a contribuição isolada de cada hormônio para o desenvolvimento e crescimento da planta, principalmente para a cultura do café.

No que diz respeito às trocas gasosas, quando as plantas são cultivadas sob estresse hídrico, vários estudos evidenciam efeito positivo da citocinina e auxina na transpiração, condutância estomática e fotossíntese (POSPÍŠILOVÁ, 2003). A aplicação de 6-benziladenina (citocinina) em mudas de berinjela submetidas ao estresse salino reduziu o efeito negativo do estresse salino. As doses mais baixas de 6-benziladenina contribuíram para aumento da concentração de clorofila, taxa fotossintética líquida de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, taxa de transpiração, concentração subestomática de CO<sub>2</sub>, eficiência do uso da água e eficiência quântica do PSII (WU et al., 2012).

As citocininas também estão relacionadas com muitos aspectos do desenvolvimento regulado pela luz, sendo assim, elas atuam na diferenciação dos cloroplastos e na expansão foliar. Também podem atuar na mobilização de nutrientes para as folhas (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A auxina tem função de regular o desenvolvimento de gemas florais, promover a formação de raízes laterais e adventícias, induzir a diferenciação vascular, bem como retardar a abscisão foliar e promover o desenvolvimento do fruto (TAIZ & ZEIGER, 2013). O estímulo para a formação de raízes laterais e adventícias já foi estudado na cultura do café, sendo observado o efeito positivo no enraizamento de estacas da cultivar Mundo Novo, quando submetida ao uso de auxina (ONO et al., 1992). Além disso, a auxina pode ainda influenciar a partição de carbono em plantas (ALBACETE et al., 2014). Dessa forma, a atuação desse hormônio pode estimular a mobilização de carboidratos que estão presentes nas folhas e no caule superior para os órgãos drenos (SMITH & SAMACH, 2013). Em casos onde as plantas são submetidas ao estresse hídrico, a aplicação de auxina pode estar correlacionada com a tolerância a seca (LLANES et al., 2016), podendo proporcionar novas oportunidades para aumentar a estabilidade de produção, principalmente sob condições de estresse abióticos (ALBACETE et al., 2014).



Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito da aplicação isolada de ácido 3-Indolilacético (AIA) e cinetina no crescimento, nutrição e trocas gasosas de *Coffea arabica* L.

## **2. HIPÓTESES**

I) A aplicação de AIA promove o crescimento de ramos ortotrópicos/plagiotrópicos sem efeito direto sobre as trocas gasosas foliares.

II) A aplicação de cinetina promove o crescimento de ramos ortotrópicos/plagiotrópicos com efeitos diretos sobre as trocas gasosas foliares.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do campo experimental

O trabalho foi conduzido em uma propriedade rural tipicamente produtora de *Coffea arabica* L, localizada no distrito de Celina, município de Alegre, Espírito Santo, Brasil. A altitude do local é de 750 m e as coordenadas geográficas são de 20°46'S 41°37'W.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo “Aw”, com verão chuvoso e inverno seco, apresentando alta sazonalidade climática, com as estações de baixas e altas pluviosidades bem definidas (RODRIGUES, 2014). Os valores médios de precipitação (Figura 1) foram coletados na estação meteorológica de Alegre (Instituto Nacional de Meteorologia, 2017), sendo importante ressaltar que esta estação se encontra a 129 m de altitude, inferior à altitude da área em que foi realizado o trabalho. No entanto, esta estação meteorológica é a mais próxima do local em que foi conduzido o experimento.

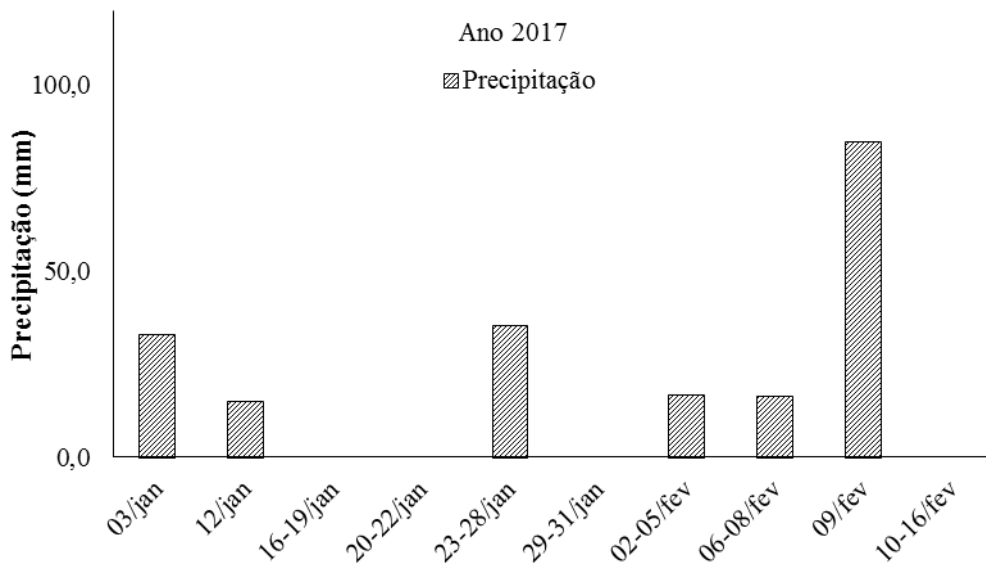


Figura 1 - Precipitação (mm) ocorrida durante o período de instalação e condução do experimento, do dia 03/01/2017 ao dia 16/02/2017.

A lavoura cafeeira, em condições de sequeiro, foi implantada em janeiro de 2016, no espaçamento 2,1 x 1,0 m, utilizando a espécie *Coffea arabica* cultivar Catucaí 785/15. Foram determinados os atributos químicos do solo no Laboratório de Análise Química de Solo Raphael M. Bloise do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES,

antes da implantação do experimento. Foram verificadas características químicas do solo abaixo do ideal, e dessa forma foi realizada a prática de calagem e adubação de acordo com as recomendações para a cultura do cafeeiro no Estado do Espírito Santo (LANI et al., 2007). O experimento foi instalado após 45 dias da aplicação do calcário com PRNT 93,05%, 47,00% de CaO e 5% de MgO.

Os atributos químicos do solo da área em que foi conduzido o experimento são: pH = 4,76; P = 5,70 mg dm<sup>-3</sup>; K = 154,00 mg dm<sup>-3</sup>; Na = 2,00 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,82 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 1,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 9,90 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 1,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 12,15 %.

### 3.2 Delineamento experimental, descrição dos tratamentos e implantação dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro com aplicação isolada de ácido 3-Indolilacético (AIA) (Experimento 1) e o segundo com aplicação isolada de cinetina (Experimento 2). O delineamento adotado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Cada bloco foi constituído por 16 plantas, ao passo que em cada unidade experimental foram acomodadas duas plantas úteis, sendo utilizados 5 tratamentos por bloco, totalizando 10 plantas úteis por bloco e, entre cada tratamento foi deixado uma planta como bordadura, para reduzir o risco de contaminação. Dessa forma, cada experimento foi constituído por 40 plantas úteis (Figura 2).

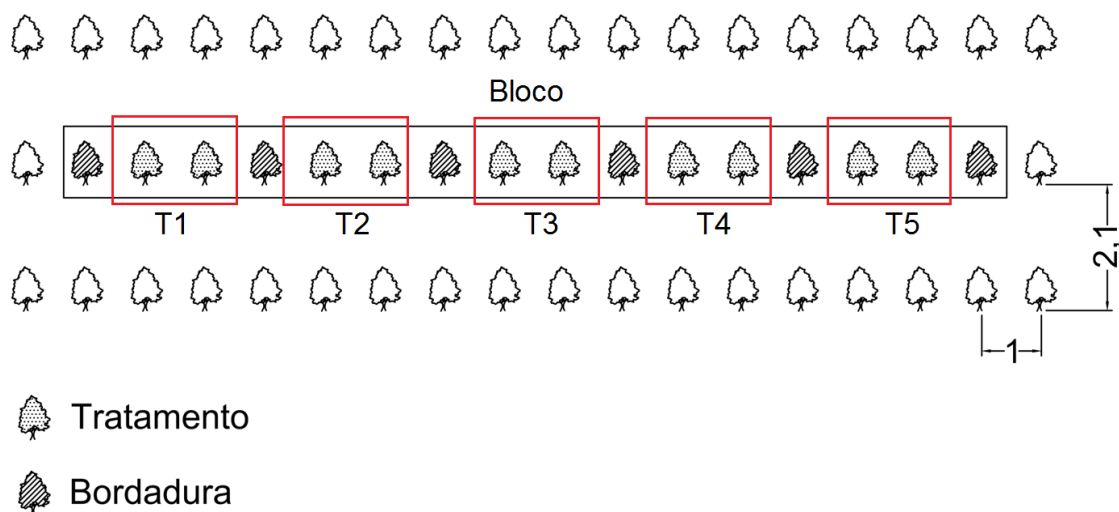


Figura 2 - Disposição das plantas que receberam os tratamentos em cada bloco.

Antes da aplicação foi realizado o teste em branco para determinar a quantidade de calda a ser utilizada por planta, definindo-se 50 mL/planta.

Em seguida, foi preparada uma solução estoque no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES para cada regulador de crescimento (ácido 3-Indolilacético (AIA) e cinetina), da maior concentração ( $60 \text{ mg L}^{-1}$ ) e, a partir desta solução foram preparadas as demais soluções por simples diluições em água, com quantidades previamente calculadas. Dessa forma, para os dois experimentos os tratamentos foram constituídos por cinco concentrações, sendo: C1 =  $0 \text{ mg L}^{-1}$ ; C2 =  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ; C3 =  $10 \text{ mg L}^{-1}$ ; C4 =  $20 \text{ mg L}^{-1}$  e C5 =  $60 \text{ mg L}^{-1}$ , correspondentes às doses de D1 =  $0 \text{ mg planta}^{-1}$ ; D2 =  $0,005 \text{ mg planta}^{-1}$ ; D3 =  $0,5 \text{ mg planta}^{-1}$ ; D4 =  $1,0 \text{ mg planta}^{-1}$  e D5 =  $3,0 \text{ mg planta}^{-1}$ .

Para as variáveis em que as avaliações ocorreram ao longo do tempo, adotou-se o esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos cinco níveis de reguladores de crescimento, e as subparcelas por quatro épocas.

A determinação das concentrações utilizadas de AIA e cinetina foram baseadas em estudos realizados com Stimulate® e Biozyme TF® na espécie *C. arabica* (SILVA FILHO et al., 2012; BACILIERI, et al., 2016). O Stimulate® apresenta registro MAPA sob nº 03601, na classe: regulador de crescimento vegetal, do grupo químico citocinina + giberilina + ácido indolcanóico; na composição de N6-furfuryladenine (cinetina), com  $0,09 \text{ g L}^{-1}$  (0,009% m/v); ácido giberélico, como GA3, com  $0,05 \text{ g L}^{-1}$  (0,005% m/v); 4-(indol-3-yl) butyric acid (ácido 4-indol-3-ilbutírico),  $0,05 \text{ g L}^{-1}$  (0,005% m/v); ingredientes inertes, com  $999,80 \text{ g L}^{-1}$  (99,88% m/v).

O produto comercial Biozyme TF®, consiste em adubo foliar e com ação de regulador do crescimento da planta, com composição de nitrogênio total, 1,73%; potássio solúvel em água, 5,00%; carbono orgânico total, 3,50 %; teor de boro solúvel em água, 0,08%; teor de ferro solúvel em água, 0,49%; teor de manganês solúvel em água, 1,00%; teor de zinco solúvel em água, 2,43%; enxofre solúvel em água, 2,10%; e reguladores de crescimento: giberelina, com  $32,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ; o ácido indol-acético (auxina), com  $32,2 \text{ mg dm}^{-3}$  e zeatina (citocinina), com  $83,2 \text{ mg dm}^{-3}$ .

No preparo da solução dos reguladores de crescimento, seguiu-se a recomendação descrita por Quisen & Angelo (2008). Para tanto, utilizou-se uma balança digital, onde

foi tarado um béquer e pesado 60,6 mg de ácido 3-Indolilacético (AIA) ( $C_{10}H_9NO_2$ ) com 99% de pureza. Após esse procedimento utilizou-se 3 gotas de NaOH 1M para cada 10 mg de AIA, totalizado 18 gotas de NaOH 1M.

Para cinetina, foi pesado 60,6 mg na forma de furfúril amino purina-6 ( $C_{10}H_9N_5O$ ) com 99% de pureza. Após esse procedimento utilizou-se 3 gotas de HCl 1M para cada 10 mg de cinetina, totalizado 18 gotas de HCl 1M. Durante e após a adição do solvente no béquer, agitou-se o mesmo para estimular a diluição do regulador de crescimento na solução e, quando completamente dissolvido, foi adicionada água deionizada até completar 1 litro de solução.

Foi realizada apenas uma aplicação de AIA, no dia 17/01/2017 e uma aplicação de cinetina, no dia 18/01/2017. Nesta data, a lavoura estava completando um ano de idade, estando no 1º ano fenológico. Este período é considerado a fase em que o café arábica investe no crescimento vegetativo e formação de gemas foliares (CAMARGO & CAMARGO, 2001). A seleção de plantas com apenas um ano de idade foi para padronizar aplicação, visto que as plantas estavam com o mesmo porte e, assim ficou mais uniforme a aplicação.

A aplicação foi realizada no período matutino, mediante uso de borrifador com capacidade para 300 mL, sendo utilizado um para cada tratamento. No preparo da calda a ser aplicada, foi utilizado agente aderente SILWET L-77 Ag, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento sob nº 02696, para facilitar a absorção dos hormônios pela planta.

### **3.2.1 Análises de crescimento**

Avaliou-se semanalmente aos 7, 15, 22 e 29 dias após a aplicação (DAA) para o experimento com ácido 3-Indolilacético (AIA), e aos 7, 14, 21 e 28 DAA para o experimento com cinetina, tomando-se o comprimento do ramo ortotrópico (cm) e o comprimento do ramo plagiotrópico (cm). A taxa de crescimento do diâmetro do caule (mm) foi avaliada no início e ao final do experimento.

Para determinar a taxa de crescimento do ramo ortotrópico, foram utilizadas 2 plantas/repetição, sendo determinada com auxílio de uma trena, mensurado do colo até o ápice do ramo ortotrópico, utilizando a seguinte equação:  $TCRO = \Delta CRO / \Delta T$ . Onde:

TCRO é taxa de crescimento do ramo ortotrópico ( $\text{cm dia}^{-1}$ );  $\Delta\text{CRO}$  (cm) é a variação do ramo ortotrópico no intervalo de tempo  $\Delta T$ .

Para determinar a taxa de crescimento do ramo plagiotrópico, foram selecionados 4 ramos/plantas, totalizando 8 ramos/repetição, no terço médio da planta, sendo mensurado de sua base até o ápice, utilizando a seguinte equação:  $\text{TCRP} = \Delta\text{CRP}/\Delta T$ . Onde: TCRP é taxa de crescimento do ramo plagiotrópico ( $\text{cm dia}^{-1}$ );  $\Delta\text{CRP}$  (cm) é a variação do comprimento do ramo no intervalo de tempo  $\Delta T$ .

Para determinar a taxa de crescimento do diâmetro do caule, foram utilizadas 2 plantas/repetição, sendo mensurado com auxílio de um paquímetro digital, utilizando a seguinte equação:  $\text{TCDC} = \Delta\text{CDC}/\Delta T$ . Onde: TCDC é taxa de crescimento do diâmetro do caule;  $\Delta\text{CDC}$  (mm) é a variação do diâmetro do caule no intervalo de tempo  $\Delta T$ .

### 3.2.2 Trocas gasosas

As análises de trocas gasosas empregadas foram realizadas no terceiro par de folhas do ramo plagiotrópico selecionado que se expandiram após a aplicação dos tratamentos, sendo marcadas as folhas jovens (folhas dreno) no momento da aplicação (Figura 3). Foi utilizada apenas uma folha/repetição para fazer a análise de trocas gasosas.

Foram efetuadas as análises de trocas gasosas por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), obtendo-se assim, a taxa de assimilação líquida de carbono ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ); condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); taxa de transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A partir destas variáveis foi estimada a eficiência instantânea do uso da água ( $A/E$ ,  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ); estimativa da eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ); e eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas no dia em que o céu estava limpo, no horário de 08h00min às 09h00min no período matutino para o experimento com ácido 3-Indolilacético (AIA). No experimento com cinetina, a avaliação foi realizada no horário de 10h00min às 11h00min no período matutino. A radiação fotossinteticamente ativa foi padronizada em luz saturante artificial de  $1000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e o  $\text{CO}_2$  em concentração na câmara de 400 ppm.

Também foram avaliados os teores de clorofila *a*, *b* e clorofila total, obtendo a relação de clorofila *a/b*, dividindo-se o teor de clorofila *a* pelo de clorofila *b*. A avaliação procedeu-se nas mesmas folhas em que foram efetuadas as análises de trocas gasosas, sendo realizada uma medição do teor de clorofila/planta, totalizando duas medições/repetição e oito medições/tratamento, com auxílio do medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030.



Figura 3 - Folhas drenó (a) marcadas antes da aplicação dos reguladores de crescimento e folha fonte (b) que foi utilizada para as avaliações de trocas gasosas, teor de clorofila, teores foliares de nutrientes e teor de cinzas no final do experimento.

### 3.2.3 Análises nutricionais e cinzas

Aos 29 dias após a aplicação do ácido 3-Indolilacético (AIA) e 28 dias após a aplicação da cinetina, foram coletadas 16 folhas/repetição, sendo utilizadas as folhas marcadas (Figura 3), acondicionadas em sacos de papel, identificadas e enviadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, onde foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram trituradas individualmente em moinho



tipo Wiley para determinação dos teores de nutrientes (SILVA, 1999) e cinza presentes nas folhas.

Para a determinação do teor de cinza utilizou-se 2 gramas de cada amostra, colocadas em forno de mufla na temperatura de 600 °C, durante um período de 6 horas para obtenção do resíduo mineral, onde finalmente foi pesado para determinação do teor de cinza presente em cada amostra. Desta forma, os resultados foram expressos em percentagem de massa seca (CABRERA-BOSQUET, SÁNCHEZ & ARAUS, 2009). Essa análise foi realizada no Laboratório de Recursos Hídricos e Solos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES.

### 3.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando verificada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o Software SAEG 9.1 (2007).

#### 4. RESULTADOS

Para as taxas de crescimento do ramo ortotrópico (TCRO) e plagiotrópico (TCRP), não foram observadas interações significativas em nível de 5% de probabilidade entre os fatores estudados (fator A, concentrações de reguladores de crescimento e; fator B, dias após a aplicação), sendo assim, procedeu-se o estudo dos fatores isoladamente. Devido este fato, decidiu-se apresentar os valores de taxa de crescimento em função das diferentes concentrações de ácido 3-Indolilacético (AIA) e cinetina (Tabelas 1 e 2).

No experimento com aplicação de AIA, não foi observada diferença significativa na TCRO. No entanto, foi verificada diferença na TCRP, sendo o maior valor observado na concentração 2 (0,1 mg L<sup>-1</sup>), diferindo-se estatisticamente da testemunha. A maior taxa de crescimento do diâmetro do caule foi observada na concentração 5 (60 mg L<sup>-1</sup>), que se diferiu da testemunha (Tabela 1).

No experimento com aplicação de cinetina, foi verificada diferença significativa apenas para a TCRP, sendo que a concentração 2 (0,1 mg L<sup>-1</sup>) proporcionou menor valor de taxa de crescimento quando comparado com a testemunha (Tabela 2).

Tabela 1 - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCRO, cm dia<sup>-1</sup>), plagiotrópico (TCRP, cm dia<sup>-1</sup>) e diâmetro do caule (TCDC, mm dia<sup>-1</sup>) em função das diferentes concentrações de ácido 3-Indolilacético (AIA) em café arábica

	<sup>1</sup> Testemunha	C2	C3	C4	C5	CV(%)
TCRO	0,297	0,320 <sup>ns</sup>	0,317 <sup>ns</sup>	0,324 <sup>ns</sup>	0,307 <sup>ns</sup>	28,25
TCRP	0,267	0,323 <sup>*</sup>	0,288 <sup>ns</sup>	0,265 <sup>ns</sup>	0,287 <sup>ns</sup>	15,75
TCDC	0,0426	0,0616 <sup>ns</sup>	0,0254 <sup>ns</sup>	0,0541 <sup>ns</sup>	0,0831 <sup>*</sup>	34,49

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> de AIA e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> de AIA. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de AIA), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 2 - Taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCRO, cm dia<sup>-1</sup>), plagiotrópico (TCRP, cm dia<sup>-1</sup>) e diâmetro do caule (TCDC, mm dia<sup>-1</sup>) em função das diferentes concentrações de cinetina em café arábica

	<sup>1</sup> Testemunha	C2	C3	C4	C5	CV(%)
TCRO	0,257	0,231 <sup>ns</sup>	0,279 <sup>ns</sup>	0,300 <sup>ns</sup>	0,292 <sup>ns</sup>	30,32
TCRP	0,335	0,275*	0,350 <sup>ns</sup>	0,329 <sup>ns</sup>	0,3265 <sup>ns</sup>	9,52
TCDC	0,0918	0,1225 <sup>ns</sup>	0,0672 <sup>ns</sup>	0,0659 <sup>ns</sup>	0,0988 <sup>ns</sup>	28,98

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> de cinetina e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> de cinetina. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de cinetina), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

No que se refere aos atributos nutricionais, não foram observadas diferenças nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco, manganês, ferro e de cinzas após as plantas de café arábica serem submetidas a aplicação exógena de diferentes concentrações de AIA quando comparado com a testemunha (Tabela 3). Para o experimento com cinetina, com exceção do teor de potássio e manganês, não foi verificada diferença significativa para as demais variáveis. O maior teor de potássio (16,68 g/kg) foi observado na concentração concentração 5 (60 mg L<sup>-1</sup>), sendo maior que a testemunha (13,73 g/kg), sem a aplicação de cinetina. O menor teor de manganês foi observado na concentração 2 (0,1 mg L<sup>-1</sup>), se diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 4).

Tabela 3 - Teores de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>), micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) e cinzas (%) nas folhas de café arábica, após a aplicação de ácido 3-Indolilacético (AIA)

Concentrações	N	P	K	Ca	Mg	S
<sup>1</sup> Testemunha	28,51	0,866	10,23	13,65	3,50	1,05
C2	32,14 <sup>ns</sup>	0,872 <sup>ns</sup>	10,41 <sup>ns</sup>	14,12 <sup>ns</sup>	3,06 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
C3	31,10 <sup>ns</sup>	0,872 <sup>ns</sup>	8,99 <sup>ns</sup>	14,62 <sup>ns</sup>	3,93 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
C4	28,70 <sup>ns</sup>	0,784 <sup>ns</sup>	11,65 <sup>ns</sup>	14,12 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
C5	30,53 <sup>ns</sup>	0,906 <sup>ns</sup>	12,23 <sup>ns</sup>	15,37 <sup>ns</sup>	3,11 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
CV (%)	12,92	15,10	26,40	18,48	21,68	15,91
Concentrações	Cu	Zn	Mn	Fe	Teor de Cinzas	
<sup>1</sup> Testemunha	5,48	11,69	180,03	157,45	4,80	
C2	6,10 <sup>ns</sup>	10,19 <sup>ns</sup>	218,70 <sup>ns</sup>	140,50 <sup>ns</sup>	5,10 <sup>ns</sup>	
C3	5,10 <sup>ns</sup>	12,50 <sup>ns</sup>	184,48 <sup>ns</sup>	154,08 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	
C4	5,72 <sup>ns</sup>	16,88 <sup>ns</sup>	178,87 <sup>ns</sup>	154,91 <sup>ns</sup>	5,36 <sup>ns</sup>	
C5	6,26 <sup>ns</sup>	10,01 <sup>ns</sup>	218,44 <sup>ns</sup>	152,54 <sup>ns</sup>	5,62 <sup>ns</sup>	
CV (%)	9,15	28,09	20,65	17,75	12,70	

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> de AIA e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> de AIA. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de AIA), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 4 - Teores de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ), micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e teor de cinzas (%) nas folhas de café arábica, após a aplicação de cinetina

Concentrações	N	P	K	Ca	Mg	S
<sup>1</sup> Testemunha	32,01	0,85	13,73	13,70	3,10	0,96
C2	33,96 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	15,93 <sup>ns</sup>	12,46 <sup>ns</sup>	2,65 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
C3	32,83 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	13,09 <sup>ns</sup>	13,61 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
C4	29,90 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	13,90 <sup>ns</sup>	13,09 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
C5	33,36 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	16,68*	12,84 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,18	12,92	11,67	14,36	13,01	16,76
Concentrações	Cu	Zn	Mn	Fe	Teor de Cinzas	
<sup>1</sup> Testemunha	5,48	14,83	137,59	117,18	5,23	
C2	6,10 <sup>ns</sup>	17,33 <sup>ns</sup>	94,24*	139,79 <sup>ns</sup>	5,70 <sup>ns</sup>	
C3	5,10 <sup>ns</sup>	10,21 <sup>ns</sup>	127,55 <sup>ns</sup>	99,74 <sup>ns</sup>	5,25 <sup>ns</sup>	
C4	5,72 <sup>ns</sup>	9,00 <sup>ns</sup>	134,35 <sup>ns</sup>	122,74 <sup>ns</sup>	5,11 <sup>ns</sup>	
C5	6,26 <sup>ns</sup>	9,64 <sup>ns</sup>	159,23 <sup>ns</sup>	119,05 <sup>ns</sup>	5,79 <sup>ns</sup>	
CV (%)	9,54	45,63	16,24	11,76	8,14	

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0  $\text{mg L}^{-1}$  de cinetina; C2 = 0,1  $\text{mg L}^{-1}$  de cinetina; C3 = 10  $\text{mg L}^{-1}$  de cinetina; C4 = 20  $\text{mg L}^{-1}$  de cinetina e C5 = 60  $\text{mg L}^{-1}$  de cinetina. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de cinetina), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

No que se refere ao teor de clorofila, não foram observadas diferenças para as variáveis clorofila *a*, *b*, Total e relação clorofila *a/b* em função das diferentes concentrações de AIA e cinetina quando comparado com a testemunha (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5 - Teores de clorofila *a*, *b*, Total e relação clorofila *a/b* nas folhas de café arábica, após a submissão da aplicação de ácido 3-Indolilacético (AIA)

Concentrações	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila Total	Relação clorofila <i>a/b</i>
<sup>1</sup> Testemunha	44,28	25,80	70,03	1,73
C2	44,19 <sup>ns</sup>	24,30 <sup>ns</sup>	68,16 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>
C3	44,38 <sup>ns</sup>	26,41 <sup>ns</sup>	70,79 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>
C4	43,39 <sup>ns</sup>	23,66 <sup>ns</sup>	67,18 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>
C5	43,43 <sup>ns</sup>	27,55 <sup>ns</sup>	70,98 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>
CV (%)	2,06	11,00	4,94	10,53

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0  $\text{mg L}^{-1}$  de AIA; C2 = 0,1  $\text{mg L}^{-1}$  de AIA; C3 = 10  $\text{mg L}^{-1}$  de AIA; C4 = 20  $\text{mg L}^{-1}$  de AIA e C5 = 60  $\text{mg L}^{-1}$  de AIA. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de AIA), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 6 - Teores de clorofila *a*, *b*, Total e relação clorofila *a/b* nas folhas de café arábica, após a submissão da aplicação de cinetina

Concentrações	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila Total	Relação clorofila <i>a/b</i>
<sup>1</sup> Testemunha	44,65	27,08	71,73	1,66
C2	43,91 <sup>ns</sup>	24,39 <sup>ns</sup>	68,30 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>
C3	43,88 <sup>ns</sup>	25,14 <sup>ns</sup>	69,0 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>
C4	44,11 <sup>ns</sup>	26,16 <sup>ns</sup>	70,28 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>
C5	43,75 <sup>ns</sup>	25,98 <sup>ns</sup>	69,73 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>
CV (%)	1,81	12,62	5,43	12,55

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> de cinetina e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> de cinetina. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de cinetina), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

A aplicação de reguladores de crescimento ocasionou efeito nas trocas gasosas das plantas de café estudadas. No experimento com aplicação de AIA, a maior taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*) foi observada na concentração 5 (60 mg L<sup>-1</sup>), diferindo-se estatisticamente da testemunha. A maior condutância estomática (*gs*) foi observado na concentração 5 e 4 (60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), os menores valores de *gs* foram observados nas menores concentrações de AIA (0,1 mg L<sup>-1</sup> e 10 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), sendo que ambos diferiram-se estatisticamente da testemunha. A maior concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (*Ci*) foi observada na concentração 5 e 4 (60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), o menor valor foi observado na concentração 2 (0,1 mg L<sup>-1</sup>), diferindo-se da testemunha. A maior taxa transpiratória (*E*) foi observada na concentração 5 e 4 (60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), diferindo-se da testemunha. A maior eficiência instantânea (*A/E*) e intrínseca no uso da água (*A/gs*) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*) foi observada na concentração 2 (0,1 mg L<sup>-1</sup>), diferindo-se da testemunha (Tabela 7).

No experimento com aplicação de cinetina, foi observado maior *gs* na concentração 5, 4 e 2 (60 mg L<sup>-1</sup>, 20 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), quando comparado com a testemunha. Maior *E* na concentração 2 (0,1 mg L<sup>-1</sup>), quando comparado com a testemunha. Menor eficiência intrínseca no uso da água na concentração 5 e 2 (60 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), quando comparado com a testemunha (Tabela 8).

Tabela 7 - Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), taxa transpiratória ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), eficiência instantânea ( $A/E$ ,  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ) e intrínseca no uso da água ( $A/g_s$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), após a aplicação de ácido 3-Indolilacético (AIA) em plantas de café arábica

Concentrações	$A$	$g_s$	$C_i$	$E$	$A/E$	$A/g_s$	$A/C_i$
<sup>1</sup> Testemunha	8,33	0,066	153,10	0,824	10,17	127,04	0,055
2	8,84 <sup>ns</sup>	0,043*	87,32*	0,622 <sup>ns</sup>	14,24*	203,30*	0,086*
3	7,17 <sup>ns</sup>	0,045*	152,93 <sup>ns</sup>	0,606 <sup>ns</sup>	11,89 <sup>ns</sup>	161,57 <sup>ns</sup>	0,057 <sup>ns</sup>
4	9,79 <sup>ns</sup>	0,103*	247,35*	1,345*	7,54 <sup>ns</sup>	95,24 <sup>ns</sup>	0,040 <sup>ns</sup>
5	10,55*	0,111*	217,21*	1,171*	9,29 <sup>ns</sup>	94,97 <sup>ns</sup>	0,049 <sup>ns</sup>
CV (%)	13,78	10,04	19,92	22,12	17,09	17,54	34,82

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup> de AIA; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> de AIA e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> de AIA. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de AIA), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 8 - Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração subestomática de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), taxa transpiratória ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), eficiência instantânea ( $A/E$ ,  $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ) e intrínseca no uso da água ( $A/g_s$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), após a aplicação de cinetina em plantas de café arábica

Concentrações	$A$	$g_s$	$C_i$	$E$	$A/E$	$A/g_s$	$A/C_i$
<sup>1</sup> Testemunha	3,25	0,025 b	193,47	0,503	6,55	129,91	0,017
2	3,84 <sup>ns</sup>	0,039*	207,18 <sup>ns</sup>	0,685*	6,11 <sup>ns</sup>	97,49*	0,020 <sup>ns</sup>
3	3,77 <sup>ns</sup>	0,033 <sup>ns</sup>	201,18 <sup>ns</sup>	0,501 <sup>ns</sup>	7,49 <sup>ns</sup>	114,79 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>ns</sup>
4	4,35 <sup>ns</sup>	0,042*	208,30 <sup>ns</sup>	0,611 <sup>ns</sup>	7,16 <sup>ns</sup>	102,67 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>
5	3,57 <sup>ns</sup>	0,040*	195,82 <sup>ns</sup>	0,658 <sup>ns</sup>	5,33 <sup>ns</sup>	89,31*	0,018 <sup>ns</sup>
CV (%)	24,70	17,34	5,62	15,75	19,55	15,73	25,57

<sup>1</sup>Testemunha (C1) = 0 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C2 = 0,1 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C3 = 10 mg L<sup>-1</sup> de cinetina; C4 = 20 mg L<sup>-1</sup> de cinetina e C5 = 60 mg L<sup>-1</sup> de cinetina. \* significativo em relação à testemunha (sem aplicação de cinetina), a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. <sup>ns</sup> não significativo.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento com ácido 3-Indolilacético (AIA)

A fotossíntese é essencial para o desenvolvimento e crescimento das plantas, ao passo que todo processo de produção de biomassa na planta depende dessa atividade. No entanto, a redução na assimilação de CO<sub>2</sub> pode limitar esse processo fisiológico. Nesse sentido, o aumento da produção de biomassa está associado com a alta condutância estomática, para maior fixação de CO<sub>2</sub> pela planta (BLUM, 2009). Contudo, a alta condutância estomática pode contribuir para maior transpiração das plantas, aumentando as perdas de água do sistema.

Essa situação foi observada no presente estudo, onde a aplicação de AIA estimulou as trocas gasosas das plantas de café, proporcionando maior condutância estomática (concentração de 60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>). Esse fato possibilitou maior concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (concentração de 60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>) estimulando a maior taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, na concentração de 60 mg L<sup>-1</sup>. A aplicação de AIA também aumentou taxa transpiratória (concentração de 60 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup>), entretanto, essa maior transpiração não repercutiu em menor eficiência instantânea e intrínseca no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação, quando comparado com a testemunha (Tabela 7).

O inverso também foi observado neste trabalho, a menor condutância estomática (concentração de 10 mg L<sup>-1</sup> e 0,1 mg L<sup>-1</sup>) proporcionou menor concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (concentração de 0,1 mg L<sup>-1</sup>) possibilitando maior eficiência instantânea e intrínseca no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação, na menor concentração de AIA (0,1 mg L<sup>-1</sup>), mas não reduziu a fotossíntese quando comparado com a a testemunha (Tabela 7).

A interferência da auxina nas trocas gasosas, já foi relatado em alguns trabalhos. Ahmad et al. (2001), quando utilizaram diferentes formas de auxina averiguaram maior taxa de assimilação líquida e eficiência de carboxilação, assegurando maior crescimento vegetativo e sementes da espécie *Brassica juncea* Czern & Coss cv. Varuna. Além disso, foi verificado maior teor de clorofila, sendo que essa característica não foi observado no presente estudo (Tabela 5). De forma semelhante, aplicação de auxina promoveu maior condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub>, eficiência do

uso da água, taxa de transpiração e taxa fotossintética líquida, isso favoreceu o rendimento das sementes de *Cicer arietinum* L (HAYAT et al., 2009).

A aplicação de AIA promoveu maior crescimento de ramos plagiotrópicos na concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ , assim como o maior crescimento do diâmetro do caule na concentração de  $60 \text{ mg L}^{-1}$ , durante o período de avaliação do experimento (Tabela 1). O aumento deste crescimento vegetativo foi observado nas concentrações onde foi constatado maior taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $60 \text{ mg L}^{-1}$ ) e maior eficiência instantânea e intrínseca no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação ( $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Tabela 7). Isso, possivelmente, justifica o maior crescimento nestes tratamentos. Todavia, é importante ressaltar que auxina pode influenciar a partição de carbono em plantas (ALBACETE et al., 2014). Desta maneira, mesmo que a concentração  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  apresentou valor de fotossíntese semelhante à testemunha, a melhor partição de carbono nesta concentração, pode ter contribuído para maior crescimento de ramos neste tratamento. Assim sendo, a aplicação de auxina (AIA) promove o crescimento de ramos plagiotrópicos e diâmetro do caule com efeito direto sobre as tocas gasosas foliares.

De fato, esse comportamento de crescimento de ramos já era esperado, visto que a formação de ramos é regulada pela interação complexa de hormônios vegetais, incluindo a citocinina e auxina (TAIZ & ZEIGER, 2013). Esse resultado corrobora com Bacilieri et al. (2016), em que a aplicação do Stimulate®, sendo constituído por auxina, citocinina e giberelina promoveu incremento no comprimento do ramo plagiotrópico de café arábica.

Os valores de taxas de crescimento de ramos ortotrópicos obtidos neste estudo foram de  $0,297 \text{ cm dia}^{-1}$  (testemunha) a  $0,324 \text{ cm dia}^{-1}$ , enquanto isso foi obtida uma taxa de crescimento de ramo plagiotrópico de  $0,265$  a  $0,323 \text{ cm dia}^{-1}$  (Tabela 1), sendo superiores aos encontrados na literatura. Geralmente, os valores de taxa de crescimento de ramo ortotrópico/plagiotrópico estão na faixa de  $0,015$ - $0,025 \text{ cm dia}^{-1}$ , durante os meses de janeiro e fevereiro em plantas de café com sete anos (FERREIRA et al., 2013). Também foi observado taxa de crescimento de ramo plagiotrópico de aproximadamente  $0,14 \text{ cm dia}^{-1}$ , no mês de março, com o fotoperíodo estendido e com a remoção de frutos (AMARAL, RENA & AMARAL, 2006). De forma semelhante, em ramos sem a



presença de frutos, a taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos foi de aproximadamente de  $0,25 \text{ cm dia}^{-1}$ , entre os meses de dezembro e janeiro (AMARAL, 1991).

De modo geral, as plantas que estão com frutos apresentam uma menor taxa de crescimento (AMARAL, RENA & AMARAL, 2006; AMARAL, 1991), visto que os frutos requerem a translocação de fotoassimilados durante sua formação (LAVIOLA et al. 2007), sendo assim, as plantas podem destinar maior parte dos fotoassimilados para os frutos, reduzindo assim o crescimento vegetativo. A demanda por fotoassimilados no período de enchimento de grãos é intenso, ao ponto de contribuir para aumento significativo da fotossíntese (COLODETTI, 2016).

As plantas estudadas neste experimento estavam com apenas um ano de idade em pleno crescimento vegetativo e, sem a presença de frutos, talvez esse fato, somada a aplicação de AIA, pode explicar altos valores da taxa de crescimento de ramos.

## 5.2 Experimento com cinetina

A citocinina é um hormônio que estimula a mobilização de nutrientes para as folhas a partir de outras partes da planta (TAIZ & ZEIGER, 2013). Com aplicação deste hormônio, houve maior mobilização de potássio para a folha, reforçando essa afirmação. O maior teor de potássio nas folhas também foi verificado por Almeida & Soratto (2014), quando utilizado o produto comercial na forma Stimulate® na cultura do feijoeiro. No entanto, Abrantes (2011) não observou incremento significativo no teor de potássio após as plantas de feijão serem submetidas a aplicação de diferentes doses de reguladores de crescimento (Stimulate®).

Este nutriente é essencial para o crescimento das plantas, sendo importante para a regulação do potencial osmótico das células vegetais e para ativar várias enzimas envolvidas na respiração e no processo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2013). Possivelmente, a aplicação de cinetina tenha estimulado a ativação de enzimas envolvidas no metabolismo da planta, visto que, este hormônio também está envolvido na síntese de proteínas, no atraso da degradação de proteínas e na indução de enzimas (MARSCHNER, 2012), de tal forma que pode existir um efeito direto de 6-

benzilaminopurina (citocinina) na indução da síntese de Rubisco (OOKAWA et al., 2004).

Diante desse fato, foi observado que a aplicação exógena de cinetina em plantas de café, influencia em seu metabolismo, contribuindo para maior condutância estomática nas concentrações 5, 4 e 2 ( $60 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $20 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente), maior transpiração na concentração 2 ( $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) e menor eficiência intrínseca no uso da água nas concentrações 5 e 2 ( $60 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente). Mesmo com maior transpiração e condutância estomática, não aumentou a concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  e conseqüentemente isso não repercutiu em maior taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ .

Dessa maneira, como não houve incremento na taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , também não foi observado aumento significativo na taxa de crescimento de diâmetro do caule, de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos. Inclusive, na concentração 2 ( $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ), onde foi observado maior transpiração e condutância estomática e menor eficiência intrínseca no uso da água, apresentou menor taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos. Desse modo, a aplicação de cinetina não promoveu o crescimento de ramos ortotrópicos/plagiotrópicos com efeitos diretos sobre as tocas gasosas foliares, provavelmente por não ter proporcionado um aumento significativo na taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ .

De modo geral, quando as plantas são cultivadas sob estresse hídrico, vários estudos mostram efeito positivo da citocinina na transpiração, condutância estomática e fotossíntese (POSPÍŠILOVÁ, 2003). As plantas estudadas neste experimento não foram irrigadas, mas também não passaram por um déficit hídrico severo (Figura 1), mesmo assim, foi observado um efeito positivo da aplicação deste hormônio na condutância estomática e taxa transpiratória, evidenciando que mesmo sem o déficit hídrico houve incrementos consideráveis para estas duas variáveis. Tal fato, também observado por Wu et al. (2012), verificaram que a aplicação de citocinina na forma de 6-benziladenina, minimizou o efeito negativo do estresse salino, estimulou as trocas gasosas e houve incremento no crescimento da planta. No entanto, no presente estudo, não foi observado aumento na taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  e, conseqüentemente, não houve aumento no crescimento vegetativo das plantas de café.

Além da mobilização de nutrientes, a citocinina também promove a expansão celular em folha, e pode regular a síntese de pigmentos e proteínas fotossintéticas (TAIZ & ZEIGER, 2013). Diante dessa informação, no presente estudo, não foi observado um incremento no teor de clorofila *a*, *b* e total e relação de clorofila *a/b* após as plantas de café serem submetidas à aplicação de cinetina. Isso implica que as concentrações utilizadas não foram adequadas para estimular o processo de síntese de pigmentos ou o período em que foi avaliado não foi suficiente para observar essa diferença na síntese de pigmentos fotossintéticos.

A duração da área foliar, obtida através do retardamento da senescência foliar é um processo governado por fatores endógenos e exógenos, inclusive pela ação de hormônios vegetais, como a citocinina (ALBACETE et al., 2014). Essa característica é importante para manutenção da atividade fotossintética da planta ao longo do tempo, sendo que existe uma correlação positiva na duração da área foliar com o processo fotossintético e rendimento das plantas (produção de biomassa e grãos), principalmente em condições de estresse hídrico (MESSMER et al., 2011). Apesar de não ter avaliado essa variável, é possível que aplicação de cinetina possa ter contribuído para essa finalidade.

## 6. CONCLUSÕES

A aplicação de AIA nas plantas de café contribuiu para um incremento na taxa de crescimento de ramos plagiotrópicos, na concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ . Também contribuiu para um incremento na taxa de crescimento do diâmetro do caule, na concentração de  $60 \text{ mg L}^{-1}$ .

A aplicação de cinetina nas plantas de café não aumentou a taxa de crescimento de ramos ortotrópicos/plagiotrópicos e diâmetro do caule durante o período avaliado, sendo que na concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  foi observado um menor crescimento de ramo plagiotrópico.

As plantas de café que receberam aplicação de cinetina em  $60 \text{ mg L}^{-1}$ , apresentaram maiores teores foliares de potássio.

A aplicação de AIA e cinetina nas plantas de café não contribuíram para o aumento dos teores de clorofilas e de cinzas nas folhas durante o período avaliado.

A aplicação de AIA nas plantas de café proporcionou maior taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  na concentração de  $60 \text{ mg L}^{-1}$ , maior condutância estomática, concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  e taxa transpiratória, na concentração de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  e  $60 \text{ mg L}^{-1}$ .

A aplicação de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  de AIA em plantas de café contribuiu para menor condutância estomática e concentração subestomática de  $\text{CO}_2$ , sendo que essas características favoreceram a maior eficiência instantânea e intrínseca no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação.

A aplicação de cinetina em plantas de café promoveu maior condutância estomática nas concentrações de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $20 \text{ mg L}^{-1}$  e  $60 \text{ mg L}^{-1}$ . Maior transpiração na concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ . Menor eficiência intrínseca no uso da água na concentração de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  e  $60 \text{ mg L}^{-1}$ .

## 7. REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F. L. **Doses de regulador vegetal em sistema de semeadura convencional e direta sobre a produtividade, teor de nutriente nas folhas e nas sementes e qualidade fisiológica das sementes de três cultivares de feijão.** 2011. 96f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2011.
- AHMAD, A.; HAYATQ, S.; FARIDUDDINI, Q.; AHMAD, I. Photosynthetic efficiency of plants of *Brassica Juncea*, treated with chlorosubstituted auxins. **Photosynthetica**, v. 39, n 4, p. 565-568, 2001.
- ALBACETE, A. A.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Hormonal and metabolic regulation of source–sink relations under salinity and drought: From plant survival to crop yield stability. **Biotechnology Advances**, v. 32, p. 12-30, 2014.
- AMARAL, J. A. T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio.** 1991. 139 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- AMARAL, J. A. T.; KUHLCAMP, K. T.; STOCCO, F. C.; BRUN, V. J.; COELHO, R. I.; TORRES, F. J. B.; AMARAL, J. F. T. do. **Efeitos do ácido giberélico exógeno sobre o crescimento vegetativo de mudas de cafeeiros catucaí amarelo na época fria.** In: 32 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2006, Poços de Caldas: MAPA, PROCAFÉ, CBP&D, EMBRAPA, p. 212-213. 2006.
- 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.
- ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P. Teor e acúmulo de nutrientes no feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2259-2272, 2014.

BACILIERI, F. S.; DE LIMA, L. C.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, D. S. N.; CLEMENTE, M. A. Efficacy of a plant growth regulator in the culture of coffee. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, p. 346-353, 2016.

BARROS, R. S.; MOTA, J. W. S.; DA MATTA, 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.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, v. 112, p. 119-123, 2009.

CABRERA-BOSQUET, L.; SÁNCHEZ, C.; ARAUS, J. L. How yield relates to ash content,  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{18}\text{O}$  in maize grown under diferente water regimes. **Annals of Botany**, v. 104, n. 6, p. 1207-1216, 2009.

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

COLODETTI, T. V. **Arquitetura da copa e fotossíntese de *Coffea arabica* conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos**. 2016. 59f. Dissertação (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2016.

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.

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.

GILES, J. A. D.; PELEGRINI, H. R.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G. Doses de Stimulate®: crescimento de ramos, queda de frutos e produtividade do café conilon. In:

39 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Fundação Procafé, p. 148-149, 2013.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; ALI, B.; HMAD, A. Auxin analogues and nitrogen metabolism, photosynthesis, and yield of chickpea. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32 p. 1469-1485, 2009.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em: 02 de junho de 2017.

LANI, J. A.; PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Cafeeiro. In: PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (5ª aproximação)**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. p. 111-118.

LLANES, A.; ANDRADE, A.; ALEMANO, S.; LUNA, V. Alterations of endogenous hormonal levels in plants under drought and salinity. **American Journal of Plant Sciences**, v. 7, p. 1357-1371, 2016.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; NETO, A. P. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MESSMER, R.; FRACHEBOUD, Y.; BÄNZIGER, M.; STAMP, P.; RIBAUT, J. M. Drought stress and tropical maize: QTLs for leaf greenness, plant senescence, and root capacitance. **Field Crop Research**, v. 124, n.1, p. 93-103, 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 resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 903-910, 2003.

QUISEN, R. C.; ANGELO, P. C. S. **Manual de procedimentos do laboratório de cultura de tecidos da Embrapa Amazônia Ocidental**. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 61). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 44 p. 2008.

RODRIGUES W. N. **Caracterização morfofisiológica e biométrica de genótipos de *Coffea arabica* em sistema adensado**. 2014. 125f. Tese (Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2014.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. do. Interações entre auxinas e ácido bórico, no enraizamento de estacas caulinares de *Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo. **Scientia agrícola**, v. 49, p. 23-27, 1992.

OOKAWA, T.; NARUOKA, Y.; SAYAMA, A.; HIRASAWA, T. Cytokinin effects on Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and nitrogen partitioning in rice during Ripening. **Crop Science**, v. 44, n. 6, p. 2107-2115, 2004.

POSPÍŠILOVÁ, J. Participation of phytohormones in the stomatal regulation of gas exchange during water stress. **Biologia Plantarum**, v. 46, p. 491-506, 2003.

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.

SANTNER, A.; CALDERON-VILLALOBOS, L. I. A.; ESTELLE, M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. **Nature chemical biology**, v. 5, n. 5, p. 301-307, 2009.

SILVA FILHO, M. J.; SANTOS, P. S.; YAMADA, C. de. S.; CORRÊA, V. J. A.; MACIEL JUNIOR, V. A. Efeito de bioestimulantes no cafeeiro. **Nucleus**, v. 9, n. 2, p. 275-280, 2012.

SILVA, F. C. (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 1999. 370 p.

SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS – SAEG. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2007.



SMITH, H. M.; SAMACH, A. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: Heavy fruit load dominates over vegetative growth. **Plant Science**, v. 207, p. 158-67, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2013.

WU, X.; ZHU, Z.; LI, X.; ZHA, D. Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters and antioxidative system in seedlings of eggplant (*Solanum melongena* L.) under salinity stress. **Acta Physiology Plantarum**, v. 34, p. 2105-2114, 2012.