

ERICK ALBERTO EGUEZ ENRIQUEZ

**INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DAS GEMAS NO RAMO ORTOTRÓPICO E  
ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICO-ANATÔMICAS NO DESENVOLVIMENTO DE  
ESTACAS DE CAFÉ CONILON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

**RIO PARANAÍBA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca UFV - Campus de Rio Paranaíba

E595i

Enriquez, Erick Alberto Eguez, 1982-

Influência das posições das gemas no ramo ortotrópico e adaptações fisiológico-anatômicas no desenvolvimento de estacas de café conilon. / Erick Alberto Eguez Enriquez - Rio Paranaíba, MG, 2015.

40 p.: il.; 29 cm.

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Lillane Evangelista Visôto.

Co-orientador: Dr. Pedro Ivo Vieira Good God; Dr. William Rodrigues Macedo Ronchi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal)

Universidade Federal de Viçosa.

I. Cafeicultura. 2. Propagação. 3. Brotação I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 633.73

  
Ana Paula de Souza

Bibliotecária - Documentalista

Matrícula: 10643-5/UFV

ERICK ALBERTO EGUEZ ENRIQUEZ

**INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DAS GEMAS NO RAMO ORTOTRÓPICO E  
ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICO-ANATÔMICAS NO DESENVOLVIMENTO DE  
ESTACAS DE CAFÉ CONILON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 22 de junho de 2015.

---

Prof. Pedro Ivo Vieira Good God  
(Coorientador)

---

Prof. William Rodrigues Macedo  
(Coorientador)

---

Profa. Jaqueline Dias Pereira

---

Profa. Liliâne Evangelista Visôto  
(Orientadora)

A Deus, por nortear minha vida e aos meus familiares pelo incentivo, amor e carinho. Aos meus amigos pela convivência, apoio e atenção nos momentos alegres e tristes.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe Olivia Enriquez e meu pai Fausto Eguez, por terem me ensinado responsabilidade, valores e por terem acreditado na minha capacidade e nos meus sonhos.

À minha irmã Veronica Eguez, que sempre esteve ao meu lado, compartilhou todos os meus segredos e aventuras que só se pode viver entre irmãos e sempre esteve atenta a qualquer problema que ocorreu comigo.

À Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, especialmente aos professores e funcionários, pelo apoio e conhecimentos transmitidos durante meus estudos.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Fazenda Experimental de Marilândia, por contribuir e facilitar a utilização das instalações para a realização deste estudo.

Ao Professor Pedro Ivo Vieira Good God pelo suporte científico e incentivo para continuar crescendo intelectualmente, para mim é uma honra ter feito este trabalho sob sua orientação e eu estarei sempre grato pelo tempo dedicado para isso.

À Professora Liliane Evangelista Visôto pela sua disponibilidade permanente e incondicional para esclarecer minhas dúvidas e as sugestões feitas durante a escrita da dissertação.

Aos Professores Márcio Santos Soares, Willian Rodrigues Macedo e Professora Jaqueline Dias Pereira, por suas recomendações científicas na realização do presente trabalho.

À Mirlem Ederson pelo apoio, colaboração, assim como suas observações na realização das atividades feitas no Laboratório de Anatomia Vegetal da UFV – Rio Paranaíba.

Aos amigos que fiz durante o mestrado em Rio Paranaíba, Pedro Yago, Matheus Mendes, Thiago Oliveira, Aislann Rosa, Viviane Tiemi Naito e especialmente, ao Felipe Santinato pelo companheirismo e constante apoio na realização do meu trabalho.

Enfim, a todos aqueles que não mencionarei devido extensa lista de agradecimentos que se formularia. A todos devo minha gratidão ao finalizar este trabalho.

Por último, um agradecimento à minha filha Victoria, a quem dedico em especial este trabalho, que embora pequena em idade foi grande em pensamento, sabendo apoiar e compreender as minhas dificuldades e ausências.

## **BIOGRAFIA**

ERICK ALBERTO EGUEZ ENRIQUEZ, filho de Fausto Marcelo Eguez Delgado e Maria Olivia Enriquez Orbea, nasceu na cidade de Quito, Equador, em 15 de setembro de 1982. No dia 12 de julho de 2010, graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Universidad Central Del Ecuador (UCE), Quito, Equador. Durante o período de agosto de 2010 a abril de 2013 foi Técnico no Departamento de Biotecnologia do Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). No dia 06 de agosto de 2013, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, submetendo-se à defesa de dissertação em 22 de junho de 2015. Atualmente, desenvolve trabalhos de pesquisa na área da cafeicultura.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS .....	vii
RESUMO GERAL.....	ix
GENERAL ABSTRACT .....	x
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	2
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>ESTACAS DA REGIÃO APICAL E MEDIANA DO RAMO ORTOTRÓPICO EM DOIS GENÓTIPOS DE CAFÉ CONILON MELHORAM A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA</b>	
RESUMO .....	4
ABSTRACT.....	5
1.INTRODUÇÃO .....	6
2.MATERIAL E MÉTODOS .....	7
2.1.Material vegetal, condições de crescimento e delineamento experimental .....	7
2.2.Brotação e enraizamento .....	8
2.3.Avaliação do sistema radicular .....	8
3.RESULTADOS.....	8
3.1.Brotação e enraizamento .....	8
3.2.Avaliação do sistema radicular .....	11
4.DISSCUSSÃO .....	12
4.1.Brotação e enraizamento.....	12
4.2.Avaliação do sistema radicular .....	14
5.CONCLUSÕES .....	14
6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS DE ESTACAS DE CAFÉ CONILON SUBMETIDAS A PROCESSOS DE ENRAIZAMENTO</b>	
RESUMO .....	18
ABSTRACT.....	19
1.INTRODUÇÃO .....	20
2.MATERIAL E MÉTODOS .....	21
2.1.Material vegetal, condições de crescimento e delineamento experimental .....	21
2.2.Brotação e enraizamento .....	22
2.3.Medições fotossintéticas .....	22
2.4.Adaptações anatômicas da estaca.....	23

3.RESULTADOS.....	23
3.1.Brotação e enraizamento .....	23
3.2.Medições fotossintéticas .....	24
3.3.Adaptações anatômicas da estaca.....	28
4.DISSCUSSÃO .....	32
4.1.Brotação e enraizamento .....	32
4.2.Medições fotossintéticas .....	32
4.3.Adaptações anatômicas da estaca.....	33
5.CONCLUSÕES .....	34
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1</b> – Porcentagem de estacas vivas (EV) aos 95 dias após o estaqueamento (DAE) para: (A) Genótipo. (B) Região da estaca no ramo ortotrópico.....	9
<b>Figura 2</b> – (A e D) Porcentagem de estacas com calo (EC), (B e E) Porcentagem de estacas enraizadas (EE), (C e F) Porcentagem de estacas brotadas (EB) aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE para genótipo e região da estaca no ramo ortotrópico.....	10
<b>Figura 3</b> – (A e E) Volume, (B e F) Área, (C e G) Diâmetro e (D e H) Comprimento aos 39 DAE para região da estaca no ramo ortotrópico e genótipo.....	12

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 1</b> – Porcentagem de estacas brotadas com raiz (EBR) aos 0, 13, 26, 39 e 95 dias após o estaqueamento (DAE) para: (A) Genótipo. (B) Posição da estaca no ramo ortotrópico.....	24
<b>Tabela 1.</b> Valores médios aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE de umidade relativa (UR) déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura do ar (Tar) e temperatura da folha (Tfolha), no período de dezembro/2014 a janeiro/2015.....	25
<b>Figura 2</b> – (A e F)Taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A). (B e G) Transpiração (E). (C e H) Condutância estomática, (g <sub>s</sub> ). (D e I) Eficiência do uso da água (A/E). (E e J). Eficiência instantânea de carboxilação, (A/Ci) aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE para genótipo e posição da estaca no ramo ortotrópico.....	27
<b>Figura 3</b> – Anatomia caulinar (estacas) (corte transversal) de café conilon. (A) Vista geral da estaca. (B) Xilema secundário. (C) Córtex e epiderme. (D) Floema. Evidenciando as estruturas caulinares: Setas = Cutícula, Ep = Epiderme, Cl = Colênquima, Pc = Parênquima cortical, C = Câmbio, Fl = Floema, Xs = Xilema secundário, Xp = Xilema primário.....	29
<b>Figura 4</b> – Espessura do xilema (A) e razão Córtex / Cilindro vascular (C/Cv) (B), aos 0 e 26 dias após o plantio (DAP) para genótipo e posição da estaca no ramo ortotrópico.....	30

**Figura 5** – Anatomia caulinar (corte transversal) de café conilon em estacas. (A, C e E) Ápice, meio e base do genótipo 12 V. (B, D e F) Ápice, meio e base do genótipo 748 Evidenciando as estruturas caulinares..... 31

## RESUMO GERAL

EGUEZ, Erick Alberto Enriquez, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2015. **Influência da posição das gemas no ramo ortotrópico e adaptações fisiológico-anatômicas no desenvolvimento de estacas de café conilon.** Orientadora: Liliâne Evangelista Visôto. Coorientadores: Pedro Ivo Vieira Good God e Willian Rodrigues Macedo.

O café é uma das commodities mais comercializadas no mundo, sendo o Brasil o maior produtor e exportador. A multiplicação vegetativa utilizando estacas provenientes de brotações ortotrópicas de plantas matrizes conduzidas sem sombra é praticada principalmente em café conilon (*Coffea canephora*). Embora, a propagação por estaquia seja o método mais adotado, existem questões importantes regidas por características exógenas e endógenas da espécie que influenciam na propagação. Um estudo para compreender as adaptações fisiológico-anatômicas das estacas ao ambiente sombreado no viveiro, e posteriormente a capacidade de enraizamento, brotação e desenvolvimento radicular foi realizado. Foram comparados os genótipos 12V e 748 e as diferentes posições do ramo ortotrópico de onde foram obtidas as estacas (ápice, meio e base), utilizando os parâmetros brotação, enraizamento, desenvolvimento do sistema radicular, trocas gasosas e adaptações anatômicas das estacas. Aos 39 dias após o transplante (data na qual a fotossíntese atingiu valores máximos) as melhores porcentagens de estacas, enraizadas, brotadas e estacas brotadas com raiz foram avaliadas na porção mediana e apical dos dois genótipos em estudo. Na avaliação do sistema radicular, observou-se que as estacas da parte apical do genótipo 12V apresentam melhor comportamento e para o genótipo 748 as estacas do meio do ramo ortotrópico apresentaram valores superiores. O uso de estacas da parte apical e mediana do ramo ortotrópico no período de enraizamento apresentou menor espessura no xilema aos 0 e 26 dias após o estaqueamento. No corte transversal das estacas, evidenciou-se, floema primário, início de formação do floema secundário, câmbio vascular, xilema secundário, xilema primário e medula parenquimática. Conclui-se que, o uso de estacas da parte apical e mediana do ramo ortotrópico apresentou maior eficiência na propagação e formação de sistema radicular nos genótipos de café conilon avaliados.

## GENERAL ABSTRACT

EGUEZ, Erick Alberto Enriquez, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2015. **Influence of bud position in the orthotropic shoot and physio-anatomic adaptations of stem cutting development of 'Conilon' coffee.** Adviser: Liliane Evangelista Visôto. Co-advisers: Pedro Ivo Vieira Good God and Willian Rodrigues Macedo.

The coffee is one of the most commercialized commodities in the world, and Brazil is the biggest producer and exporter. The vegetative multiplication using stem cuttings from orthotropic shoots obtained from stock plants conducted without shadow, is practiced mainly in Conilon coffee (*Coffea canephora*). Although, the propagation by cuttings is the most used method, there are important questions made by exogenous and endogenous characteristics from the species that influences on the propagation. A study to understand the physiological and anatomical adaptations from the cuttings on the shaded environment at the nursery, and later the rooting capacity, bud breaking and radicular development, was realized. It was compared the genotype 12V and 748 and the different positions from the orthotropic branch from where it was obtained the stem cutting (apex, median and base), using the following parameters: bud breaking, rooting, radicular system development, gas exchange, and anatomical adaptations of the cuttings. 39 days after the transplant (the date in which photosynthesis reached the highest values) the best percentages of cuttings, rooted, bud break and bud break rooted cuttings were evaluated with the apical and median from the two studied genotypes. On the radicular system evaluation, it was observed that the cuttings from the apical genotype 12V showed the best behavior, and for the genotype 748 the middle cuttings from the orthotropic shoot showed higher values. The use of stem cuttings on the apical and median part from the orthotropic shoot on the rooting period showed less thickness on the xylem on 0 and 26 days after the cutting. On the transversal cut from the cuttings, became evident, primary phloem, the formation of the secondary phloem, vascular change, secondary xylem, primary xylem and pith. It was concluded that, the use of stem cuttings on the apical and median part of the orthotropic shoot showed better efficiency on the propagation and formation of radicular systems on the Conilon coffee genotypes

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Aproximadamente 100 espécies do gênero *Coffea* têm sido descritas e apenas duas, *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) (café conilon / robusta) são de importância econômica (ANDRADE JÚNIOR et al., 2013; MONAKHOVA et al., 2015). O café é uma das commodities mais comercializadas no mundo, sendo o Brasil o maior produtor e exportador, com área de plantio estimada em 2,25 milhões de hectares (COVRE et al., 2013; CONAB, 2015). O estado do Espírito Santo é responsável por aproximadamente 26 % da produção brasileira, sendo considerado o maior produtor de café conilon e o segundo maior produtor de café do país. Esta commodity está presente em mais de 80 % de seus municípios e estima-se que em 2015, esse estado tenha produzido entre 8.521 e 8.958 milhões de sacas (BELAN et al., 2011; BERNARDES et al., 2012; COVRE et al., 2013; CONAB, 2015).

O café conilon é autoestéril e alógama. As plantas propagadas por sementes apresentam grande heterogeneidade para muitas características agronômicas como altura da planta, uniformidade na maturação do fruto, forma, tamanho, peso e vigor dos grãos. Assim, para selecionar plantas matrizes de café conilon são realizados estudos de divergência genética, considerando-se várias características, em especial a produtividade (COVRE et al., 2013; ROCHA et al., 2014).

Existem diferentes formas de propagação vegetativa que garante a permanência das características das plantas matrizes de cada genótipo de *C. canephora*. A micropropagação é uma técnica rápida e eficiente, porém, tem um custo alto e requer laboratórios especializados (VERDIN FILHO et al., 2014). Dessa forma, o procedimento mais adotado na propagação vegetativa é o enraizamento de estacas ortotrópicas. A propagação vegetativa garante homogeneidade da cultura, além de outras características desejáveis, principalmente, maturação do grão, rendimento e tamanho do fruto e vigor da planta (PARTELLI et al., 2014). Embora a tecnologia de enraizamento de estacas ortotrópicas seja amplamente utilizada, ainda permanece uma série de questões regidas por fatores característicos da espécie que limitam o processo de propagação. Sabe-se que fatores exógenos, como condições ambientais e fatores endógenos, como hormônios vegetais, afetam a brotação de gemas, mesmo em condições favoráveis. Estes fatores também estão relacionados ao tipo de material genético utilizado ou a proveniência das estacas dentro do ramo ortotrópico (OLIVEIRA et al., 2010).

Mediante ao exposto, objetivou-se com este estudo analisar diferentes genótipos de *C. canephora* obtidos a partir de estacas provenientes de diferentes partes do ramo ortotrópico e como esse binômio genótipos x partes do ramo pode atuar sobre: a mortalidade, brotação, formação do sistema radicular, trocas gasosas e anatomia durante o desenvolvimento.

## 2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, S. D.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.

BELAN, L. L.; SILVA, K. G.; TOMAZ, M. A.; JUNIOR, W. C. J.; DO AMARAL, J. A. T.; DO AMARAL, J. F. T. Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon: uma abordagem sistemática. **Nucleus**, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2011.

BERNARDES, T.; MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Diagnóstico físico-ambiental da cafeicultura no Estado de Minas Gerais–Brasil. **Coffee Science**, v. 7, n. 2, p. 139-151, 2012.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café: safra 2015, primeiro levantamento, janeiro/2015**. Brasília: Conab, v.1, n.3, janeiro 2015. 41p. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_01\\_14\\_11\\_57\\_33\\_boletim\\_cafe\\_janeiro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_14_11_57_33_boletim_cafe_janeiro_2015.pdf). Acesso em: 20abr. 2015.

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

MONAKHOVA, Y. B.; RUGE, W.; KUBALLA, T.; ILSE, M.; WINKELMANN, O.; DIEHL, B.; THOMAS, F.; LACHENMEIER, D. W. Rapid approach to identify the

presence of Arabica and Robusta species in coffee using  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 182, p. 178-184, 2015.

OLIVEIRA, D. H.; BALIZA, D. P.; REZENDE, T. T.; DE CARVALHO, S. P.; GUIMARÃES, R. J. Influência do comprimento de estacas e ambientes no crescimento de mudas cafeeiras obtidas por enraizamento. **Coffee Science**, v. 5, n. 2, p. 183-189, 2010.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L. D.; SILVA, M. B. D. Root system distribution and yield of Conilon coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 349-355, 2014.

ROCHA, R. B.; SANTOS, D. V.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L. Caracterização e uso da variabilidade genética de banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 478-485, 2014.

VERDIN FILHO, A. C.; MAURI, A. L.; VOLPI, P. S.; DA FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; RODRIGUES, W. N.; ANDRADE JUNIOR, S. D.; COLODETTI, T. V. Growth and quality of clonal plantlets of Conilon Coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) influenced by types of cuttings. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 14, p. 2148-2153, 2014.

## CAPÍTULO 1

### ESTACAS DA REGIÃO APICAL E MEDIANA DO RAMO ORTOTRÓPICO EM DOIS GENÓTIPOS DE CAFÉ CONILON MELHORAM A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

#### RESUMO

Para o cultivo de novas áreas de café é importante usar mudas sadias e vigorosas, a técnica de produção de mudas clonais de café conilon (*Coffea canephora*) mais utilizada consiste na propagação por estacas provenientes de brotações ortotrópicas. Embora, a propagação por estaquia seja o método mais utilizado, existem questões importantes regidas por fatores exógenos e endógenos característicos da espécie que influenciam diretamente na propagação. Um estudo para compreender como o genótipo e região de coleta das estacas do ramo ortotrópico influencia na propagação e desenvolvimento radicular foi realizada. Foram comparados os genótipos 12 V e 748 e as diferentes regiões do ramo ortotrópico de onde foram obtidas as estacas (ápice, mediana e base), avaliando-se a brotação, enraizamento e o desenvolvimento do sistema radicular. Aos 39 dias após o transplante as melhores estacas com calo, enraizadas e brotadas foram observadas na porção mediana e apical dos dois genótipos em estudo. Na avaliação do sistema radicular das estacas observou-se que a parte apical do genótipo 12 V apresentou melhor comportamento e para o genótipo 748 as estacas do meio do broto ortotrópico apresentaram valores superiores. O uso de estacas da porção mediana e apical do ramo ortotrópico, apresentaram maiores porcentagens de brotação, enraizamento e um melhor desenvolvimento do sistema radicular.

**Palavras-chave:** cafeicultura, brotação, rizogênese, calogenese, sistema radicular

## **STEM CUTTINGS FROM THE APICAL AND MEDIUM REGION OF ORTHOTROPIC SHOOT IMPROVE THE PROPAGATION OF TWO GENOTYPES OF 'CONILON' COFFEE**

### **ABSTRACT**

For the plantation of new coffee areas is important to use healthy and vigorous seedlings, the most used production technique of Conilon coffee clonal seedling (*Coffea canephora*) consists on the on the propagation by cuttings from orthotropic shoots. Although the propagation by cuttings is the most used method, there are important questions about the influence of exogenous and endogenous characteristics from the species in which influenciates directly on the propagation. A study to understand how the genotype and collection area of the stem cuttings from the orthotropic shoot influenciates on the propagation and radicular development, was realized. It was compared the genotypes 12V and 748 and the different regions of the orthotropic shoot where it was obtained the stem cuttings (apex, median and base) evaluating bud breaking, rooting and radicular development. 39 days after the transplant, the best cuttings with callus, rooted and bud break were observed on the median and apical portion from both genotypes in study. On the evaluation of the radicular system of the cuttings, it was observed that the apical part from the genotype 12V showed the best behavior, and for the genotype 748 the cuttings from the middle of the orthotropic shoot showed higher values. The use of stem cuttings of the apical and median portion from the orthotropic shoot, showed higher bud break, rooting percentages and a better radicular system development.

**Keywords:** coffee culture, bud break, rooting, callogenesis, root system

## 1- INTRODUÇÃO

Para a formação de novas áreas de cultivo de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) é importante considerar tratos culturais adequados para se ter uma boa produção. A obtenção de mudas saudáveis e vigorosas é o primeiro passo para atingir este objetivo (BRAUN et al., 2007; BERNARDES et al., 2012). A propagação por estaquia vem sendo utilizada em grande escala e há vários anos, devido a manutenção das características da planta matriz, o que proporciona elevada produtividade, homogeneidade da cultura, maturação dos grãos e vigor da planta (ANDRADE JÚNIOR et al., 2013; COVRE et al., 2013; PARTELLI et al., 2014).

Embora, a propagação por estaquia seja o método mais adequado, existem questões importantes regidas por fatores ambientais e fatores característicos da espécie como, genótipo, estado fisiológico, maturação, comprimento das estacas e local de coleta dentro dos ramos, que influenciam diretamente a propagação (OLIVEIRA et al., 2010; COVRE et al., 2013, PARTELLI et al., 2014).

Sabe-se que o fator genótipo afeta diretamente o desenvolvimento, a propagação, o tempo de brotação e de formação do sistema radicular e principalmente a sobrevivência das mudas (ANDRADE JÚNIOR et al., 2013; COVRE et al., 2013). Já a região de coleta das estacas no ramo pode ter influência sobre a reserva de carboidratos e também sobre a quantidade de hormônios produzidos (HUSEN et al., 2007). Tais fatores ocasionam maior sobrevivência, maior brotação e diminuição do tempo de enraizamento, conseqüentemente, são desenvolvidas mudas mais vigorosas e com maior crescimento em tempos mais curtos (AMRI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010).

Na espécie *C. canephora* são comumente individualizadas, as estacas das extremidades e do meio do ramo em lotes distintos (FERRÃO et al., 2007). Alguns estudos avaliaram a influência da posição do broto ortotrópico na planta matriz, a influência do comprimento da estaca no crescimento das mudas e a influência da posição da estaca no ramo ortotrópico (PARTELLI et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2010). No entanto, o efeito da individualização das estacas de acordo com a região de coleta do ramo ortotrópico sobre a brotação e a formação do sistema radicular, ainda não foram relatados.

O presente trabalho determinou se as diferenças nos percentuais de brotação das estacas podem ser resultado de divergências genéticas entre clones obtidos de diferentes regiões do ramo ortotrópico e como esse binômio genótipo x região influencia na brotação e no desenvolvimento do sistema radicular.

## **2- MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material vegetal, condições de crescimento e delineamento experimental**

O levantamento de dados necessários para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizado entre os meses de dezembro de 2014 a janeiro de 2015, em um viveiro de café com 50 % de sombra, localizado na Estação Experimental do INCAPER localizado no município de Marilândia-ES, a 19°24'26.1"S e 40°32'26.3"W, com altitude média de 90 m.

Ramos ortotrópicos uniformes foram coletados de matrizes vergadas com bom estado nutricional, provenientes da própria estação. Foram utilizados dois materiais genéticos de café com desempenho diferenciado em viveiro. O genótipo 12 V (precoce), componente do cultivar clonal “Vitória Incaper 8148” e o genótipo 748.

Estacas provenientes do terço mediano, do ápice e da base dos ramos ortotrópicos dos genótipos 12 V e 748 foram cortadas em secções de 4 cm de comprimento. Cada estaca apresentava um par de folhas cortadas a 1/3 da área e um nó por estaca. As plantas foram cultivadas em saquinhos de polietileno preto de 11 cm de largura x 20 cm de comprimento contendo substrato comercial para mudas de café.

As estacas foram irrigadas pelo método de microaspersão por nebulização programada por cinco segundos a cada seis minutos, durante o intervalo de 7:00 às 18:00 h. Durante todo o período de avaliação a umidade relativa do ar no interior do viveiro foi mantida próxima a 100%. O controle de plantas daninhas e a retirada das estacas mortas foram feitas manualmente.

As avaliações ocorreram durante o período de enraizamento aos 0, 13, 26, 39 dias após o estaqueamento (DAE) (BRAUM et al., 2007) e ao final da fase de desenvolvimento vegetativo aos 95 DAE (SILVA et al., 2010; DIAS et al., 2012). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Foram inseridas nas parcelas posição da estaca x genótipo e nas subparcelas as datas de avaliação com parcela experimental composta por 18 mudas. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. O estudo do comportamento dos tratamentos ao longo do período experimental foi realizado através de regressão.

## **2.2. Brotação e enraizamento**

A cada dia de avaliação foram determinadas as porcentagens de estacas vivas (aquelas com bom aspecto e coloração verde), com calo, enraizadas e estacas brotadas. Avaliou-se o número inicial de estacas ortotrópicas plantadas e posteriormente foram contadas as estacas ortotrópicas vivas, brotadas, com presença de calo e as enraizadas que tinham pelo menos uma raiz.

## **2.3. Avaliação do sistema radicular**

Para avaliação do sistema radicular utilizou-se a técnica de processamento e análise de imagens digitais das raízes, aos 39 dias após a implementação do ensaio. As raízes coletadas foram separadas e lavadas em água corrente, sobre peneiras de malha inferior a 1 mm, até a total retirada do solo. As amostras foram submetidas à coloração com violeta de genciana (0,2 %), por 5 min e dispostas, após retirado o excesso de corante, sem sobreposição, sobre uma folha de transparência. Sobre as raízes foi colocada uma folha de papel branca tipo A4, para produzir um contraste de fundo, todo o conjunto foi colocado sobre o vidro do scanner de mesa e digitalizado com resolução de 120 dpi, em tons cinza. Após a digitalização, as imagens foram analisadas pelo software SAFIRA – Sistema de Análise de Fibras e Raízes, desenvolvido, pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, de São Carlos, SP (Jorge & Rodrigues, 2008), para quantificação do comprimento, volume e área das raízes, a um limite de limiarização de 133.

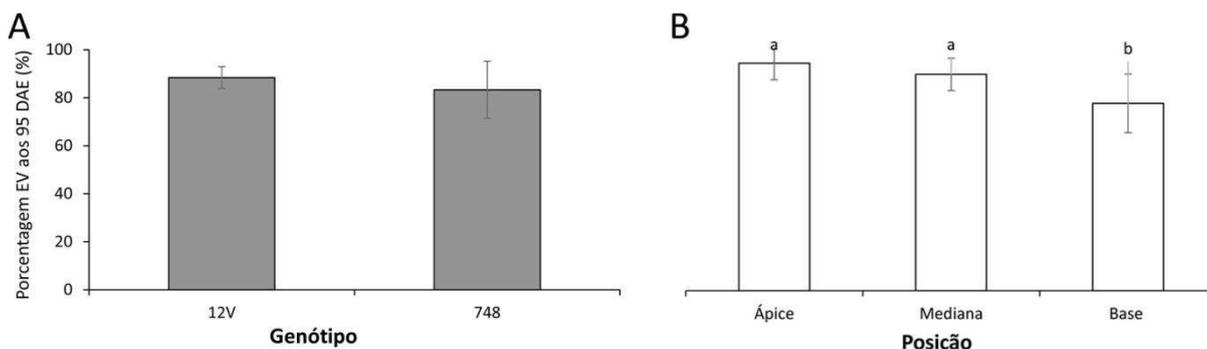
A partir dos resultados disponibilizados pelo programa, foram estimados os seguintes parâmetros fisiológicos relacionados à morfologia do sistema radicular: volume ( $\text{mm}^3$ ), área ( $\text{mm}^2$ ), diâmetro ponderado (mm) e comprimento ponderado (mm) das raízes.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Brotação e enraizamento**

Analisando a porcentagem de estacas vivas aos 95 DAE verificou-se que não houve interação entre os fatores genótipo e posição da estaca no ramo ortotrópico, indicando que estes são independentes (Valor  $P = 0,08$ ).

O genótipo não foi significativo para porcentagem de estacas vivas (EV) (Figura 1A). No entanto, a posição no ramo influenciou a sobrevivência da estaca. Independente do genótipo, a porcentagem de EV foi maior em estacas da região apical e mediana (~11%) do que as da base (Figura 1B).



**Figura 1** –Porcentagem de estacas vivas (EV) aos 95 dias após o estaqueamento (DAE) para: (A) Genótipo.(B) Região da estaca no ramo ortotrópico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (teste de Tukey,  $P > 0,05$ ). A barra representa o intervalo de confiança de 95%.

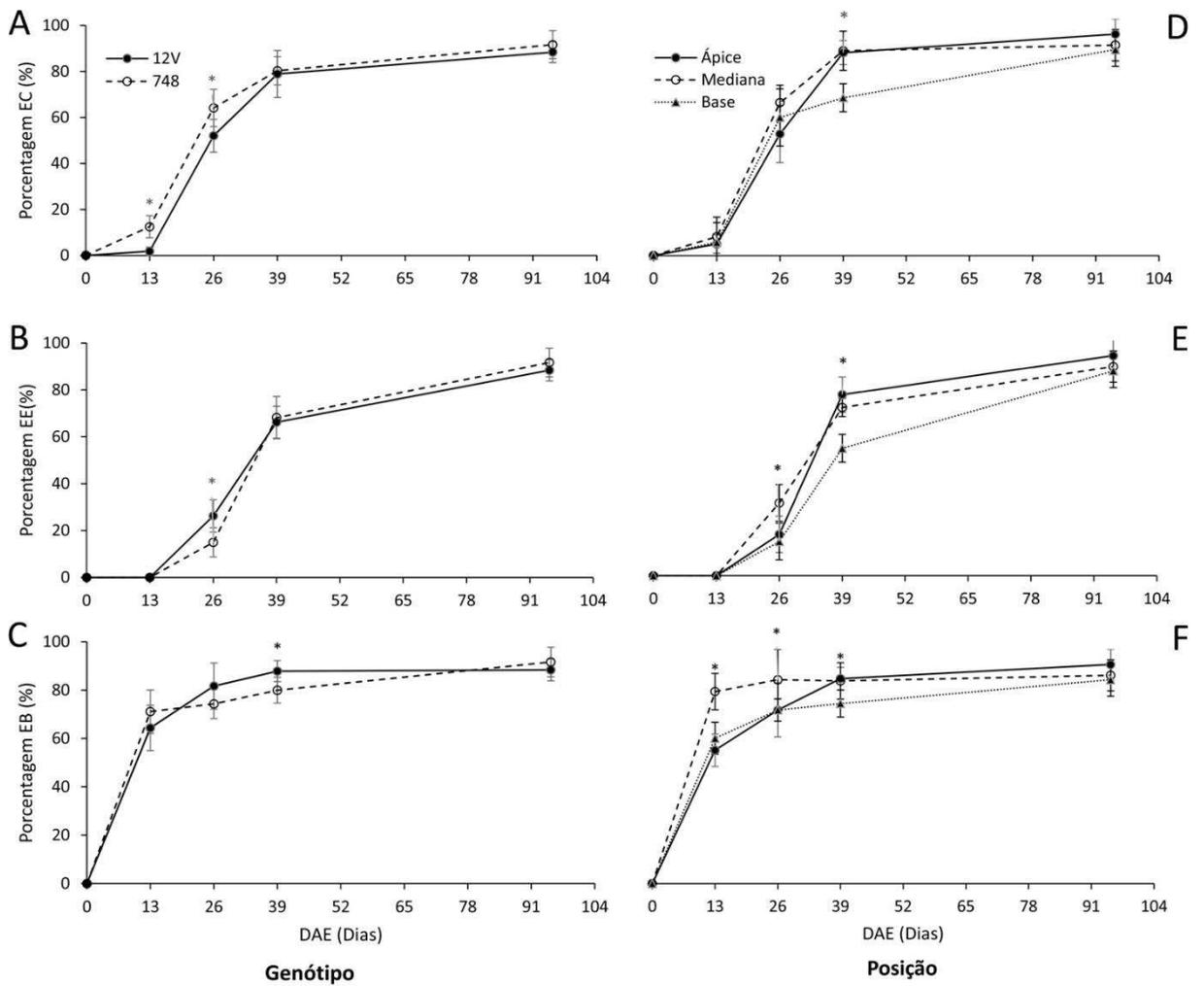
Para as variáveis porcentagem de estacas com calo, enraizadas e brotadas, não houve interação dupla entre os fatores analisados, demonstrando que estes também são independentes (Valor  $P > 0,05$ ).

Verificaram-se diferenças significativas entre os genótipos para todas as características avaliadas. As estacas do genótipo 748 apresentaram maior calogênese aos 13 e 26 DAE (12,05 e 64,14 %) quando comparada ao genótipo 12 V (1,85 e 52,02 %) (Figura 2A). Aos 26 DAE o genótipo 12 V apresentou maior porcentagem de enraizamento (26,26 %) que o genótipo 748 (15,00 %) (Figura 2B). No caso da porcentagem de brotação aos 39 DAE o genótipo 12 V foi superior que a do genótipo 748 com 87,87 e 80,00 % respectivamente (Figura 2C).

Comparando-se a posição que foi obtida a estaca observou-se diferença significativa aos 39 DAE para todas as variáveis testadas (EC, EE e EB) (Figura 2). Para a porcentagem de estacas enraizadas e brotadas foi observado diferença significativa aos 26 DAE e para porcentagem de estacas brotadas observou-se também diferença significativa aos 13 DAE. Aos 95 DAE não houve diferença significativa para todas as variáveis analisadas (Figura 2).

As estacas do ápice e região mediana apresentaram maior porcentagem de formação de calos (~86 %) aos 39 DAE (Figura 2D). Em relação ao enraizamento, as estacas da

região mediana obtiveram a melhor porcentagem com 30,95 % aos 26 DAE. Já as estacas do ápice e região mediana apresentaram maior enraizamento com 76,99 e 71,53 % respectivamente, aos 39 DAE (Figura 2E). Comportamento similar foi observado para a variável brotação, onde, aos 13 DAE as estacas da região mediana apresentaram 81,94 % e aos 26 DAE 87,04 % de brotação. Aos 39 DAE visualizou-se maior porcentagem de brotação (~ 87 %) para as estacas do ápice e região mediana (Figura 2F).



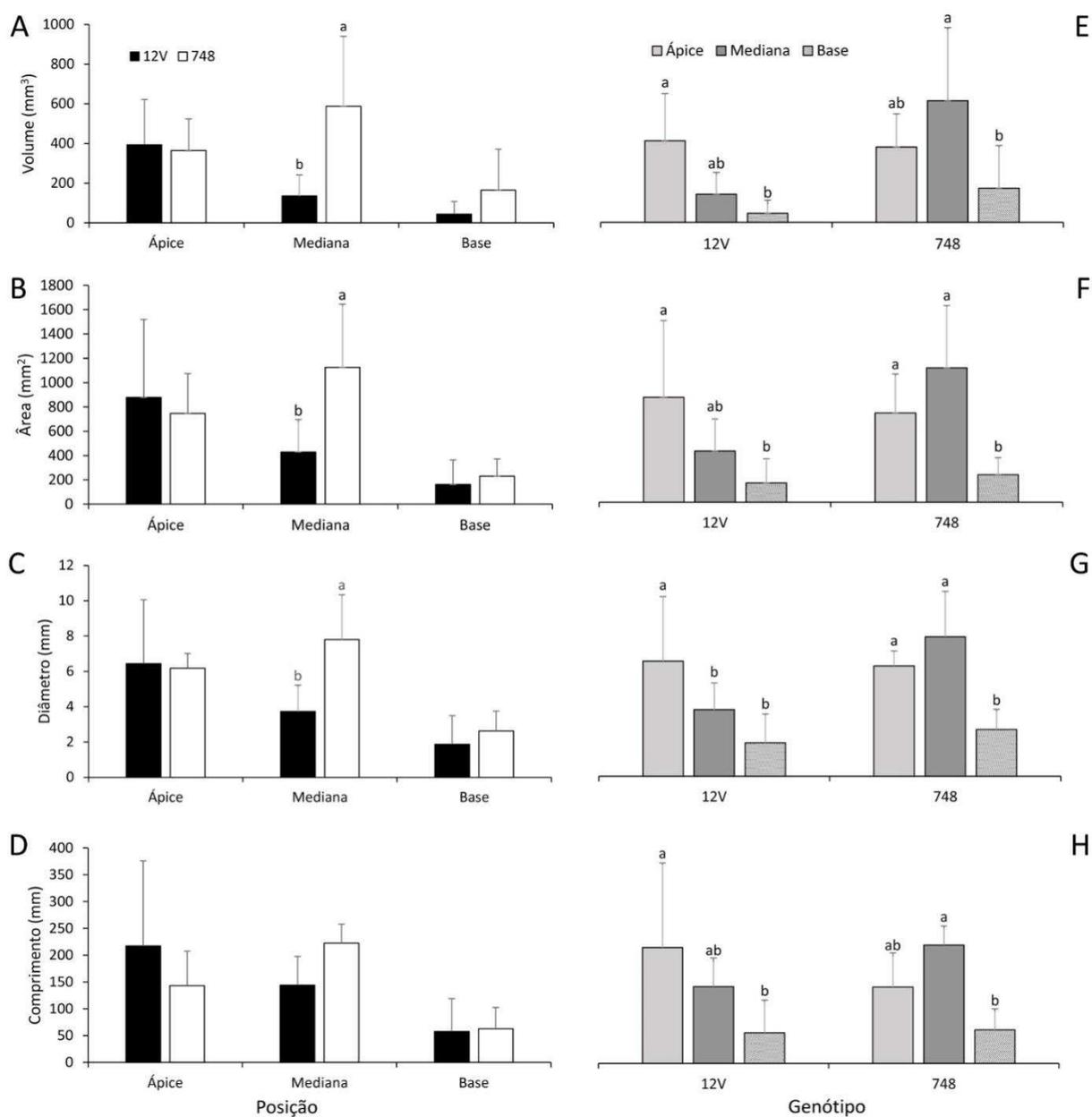
**Figura 2** – (A e D) Porcentagem de estacas com calo (EC), (B e E) Porcentagem de estacas enraizadas (EE), (C e F) Porcentagem de estacas brotadas (EB) aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE para genótipo e região da estaca no ramo ortotrópico. Somente diferenças significativas entre as médias para genótipo e posição estão apresentadas (teste F,  $P \leq 0,05$ ) e representadas por um asterisco. A barra representa o intervalo de confiança de 95%.

### 3.2. Avaliação do sistema radicular

Na avaliação do sistema radicular houve interação entre os fatores volume, área, diâmetro e comprimento de raízes aos 39 DAE, demonstrando que o fator genótipo e posição não são independentes (Valor  $P < 0,05$ ).

De acordo com os resultados, os parâmetros volume, área e diâmetro foram significativos para os genótipos das estacas obtidas da parte mediana do ramo ortotrópico. As estacas do genótipo 748 apresentaram maior volume, área e diâmetro radicular em comparação ao 12 V, atingindo 587,73 e 135,67 mm<sup>3</sup> para volume (Figura 3A), 1125,92 e 428,76 mm<sup>2</sup> para área (Figura 3B) e 7,8 e 3,735 mm para diâmetro (Figura 3C), respectivamente.

Observaram-se diferenças significativas entre as partes de obtenção das estacas no ramo ortotrópico dos dois genótipos e os parâmetros volume, área, diâmetro e comprimento radicular (Figura 3). Verificou-se para o genótipo 12 V, que as estacas da parte apical do ramo têm volume (Figura 3E), área (Figura 3F) e comprimento radicular (Figura 3H) significativamente maior, se comparado à base. Em relação ao diâmetro (Figura 3G) as estacas do ápice são significativamente maior que as do meio e base. No entanto, para o genótipo 748 as estacas retiradas da porção mediana do ramo ortotrópico apresentaram valores superiores de volume radicular (Figura 3E) e comprimento (Figura 3H) quando comparado à base. Não foram observadas diferenças entre a área e diâmetro radicular das estacas da região apical e mediana do genótipo 748 (Figuras 3F e 3G). Observou-se também que as estacas oriundas da parte basal apresentaram os menores valores em todas as variáveis testadas em ambos os genótipos.



**Figura 3** – (A e E) Volume, (B e F) Área, (C e G) Diâmetro e (D e H) Comprimento, aos 39 DAE para região da estaca no ramo ortotrópico e genótipo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (teste de Tukey,  $P > 0,05$ ). A barra representa o intervalo de confiança de 95%.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Brotação e enraizamento

Na literatura há grande variação na resposta da porcentagem de sobrevivência à posição da estaca do ramo. Por exemplo, em espécies do gênero *Syzygium* (MARTINS et

al., 2001; LIMA et al., 2007), estacas obtidas da porção apical do ramo apresentaram maior porcentagem de sobrevivência.

A formação de raízes nas estacas, geralmente é consequência as injúrias sofridas pelos tecidos em decorrência dos cortes. De acordo com HARTMANN & KESTER (1990) raízes adventícias podem surgir a partir do calo. Na área lesionada formam-se calos constituídos por massas proliferativas e diferenciadas de células parenquimáticas, tipicamente desorganizadas, e com variados graus de lignificação (GOULART et al., 2014). No entanto, no presente estudo não foi observada uma porcentagem maior de emissão de raiz nas estacas com maiores porcentagens de calogênese, embora a presença de calo possa ser um indício de rizogênese (ONO et al., 2012).

Estacas com calos que apresentaram maior crescimento, frequentemente demoraram a emitir raízes (KOYUNCU, BALTA, 2004). A formação de raiz pode ter sido prejudicada enquanto a formação de calo favorecida, devido ao material genético utilizado e a degradação de auxinas na base das estacas devido à alta umidade relativa do ar (GOULART et al., 2014).

Poucos trabalhos reportam comparações entre porcentagens de enraizamento, calogênese e brotação em genótipos de café conilon. No entanto, o presente estudo obteve resultados semelhantes aos trabalhos realizados com outros genótipos de café, onde não se observou diferença no potencial rizogênico das estacas do café conilon (FLORIN et al., 2010).

Variação no enraizamento entre estacas retiradas de diferentes posições do ramo tem sido relatada em diferentes espécies (MARTINS et al., 2001; HUSEN & PAL, 2007; LIMA et al., 2007; AMRI et al., 2010; KRAIEM et al., 2010; LIMA et al., 2013). Existem também divergências quanto ao enraizamento, formação de calos e brotação das estacas retiradas das diferentes posições dos ramos *C. canephora*.

Experimentos realizados com estacas apicais, medianas e basais em outras espécies como *Dalbergia melanoxylon* (AMRI et al., 2010) e *Camellia sinensis* (LIMA et al., 2013) relataram que os melhores resultados foram obtidos nas posições basais seguido por estacas na posição mediana e por último aquelas oriundas das posições apicais. Os resultados de interação entre posição apical e mediana do ramo ortotrópico e a alta capacidade de calogênese, enraizamento e brotação de estacas, obtidas no presente trabalho, corroboram com estudos realizados com espécies do gênero *Syzygium* (MARTINS et al., 2001; LIMA et al., 2007) e *Tectona grandis* (HUSEN & PAL, 2007).

Portanto, torna-se evidente a partir destes resultados que a melhor porcentagem de brotação varia de acordo com a origem das estacas no ramo. Tal resultado pode estar relacionado ao hormônio auxina, que é sintetizado principalmente na gema apical da planta em folhas jovens. Ao individualizar as estacas ocorre à remoção da dominância apical, levando à liberação de gemas axilares dormentes e as auxinas estocadas no ápice são transportadas, primeiramente para as estacas do ápice e meio do ramo, através do movimento polar destas, embora a regulação e diferenciação do tecido em resposta a auxina varie localmente (MÜLLER, LEYSER, 2015; AZIZI et al., 2015).

#### **4.2. Avaliação do sistema radicular**

Embora não exista dados na literatura referente aos genótipos estudados, os resultados para volume encontram-se respaldados por outras pesquisas feitas com outros genótipos de café conilon, onde, os melhores tratamentos apresentaram resultados similares para esta variável (BRAUN et al., 2007; ANDRADE JÚNIOR et al., 2013; COVRE et al., 2013).

Em outros estudos também foram observados que as estacas obtidas da região apical e mediana do ramo obtiveram um melhor desenvolvimento do sistema radicular (HUSEN, PAL, 2007; AMRI et al., 2010; KRAIEM et al., 2010). Acredita-se que este fato foi induzido pela supressão da dominância apical ao ter individualizado as estacas, o qual é controlado pelas auxinas (AZIZI et al., 2015). Esse hormônio está relacionado ao enraizamento e a diferenciação de sistema vascular e sabe-se a sua concentração diminui ao longo do caule, a partir do ápice caulinar (HINOJOSA & CID, 2000; AZIZI et al., 2015).

### **5. CONCLUSÕES**

O presente trabalho destaca o uso de estacas de *Coffea canephora* da porção mediana e apical do ramo, para se obter maiores porcentagens de brotação, enraizamento e para o desenvolvimento de um sistema radicular melhor. Conclui-se que pode-se individualizar as estacas em dois blocos, as estacas do ápice e meio e outro bloco com as estacas da base, para ter uma melhor uniformidade na propagação de mudas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, n. 2, p. 183-194, 2010.

ANDRADE JÚNIOR, S. D.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.

AZIZI, P.; RAFII, M. Y.; MAZIAH, M.; ABDULLAH, S. N. A.; HANAFI, M. M.; LATIF, M. A.; RASHID, A. A.; SAHEBI, M. Understanding the shoot apical meristem regulation: A study of the phytohormones, auxin and cytokinin, in rice. **Mechanisms of development**, v. 135, p. 1-15, 2015.

BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. S.; FIALHO DOS REIS, E. Produção de mudas de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia (Arica)**, v. 25, n. 3, p. 85-91, 2007.

BERNARDES, T.; MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Diagnóstico físico-ambiental da cafeicultura no Estado de Minas Gerais–Brasil. **Coffee Science**, v. 7, n. 2, p. 139-151, 2012.

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

DIAS, J. R. M.; DA SILVA, E. D. A.; GONÇALVES, G. S.; DA SILVA, J. F.; DE SOUZA, E. F. M.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Enraizamento de estacas de cafeeiro imersas em extrato aquoso de tiririca. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 259-266, 2012.

FERRÃO, R. G.; DA FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. **Café conilon**: Incaper Vitória, 2007.

FLORIN, B.; RIGOREAU, M.; DUCOS, J. P.; SUMIRAT, U.; MAWARDI, S.; LAMBOT, C.; BROUN, P.; PÉTIARD, V.; WAHYUDI, T.; CROUZILLAT, D. Somatic embryogenesis and vegetative cutting capacity are under distinct genetic control in *Coffea canephora* Pierre. **Plant Cell Reports**, v. 29, n. 4, p. 343-357, 2010.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; IAREMA, L.; OTONI, W. C. Morpho-anatomic of adventitious rhizogenesis in mini-cuttings of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 521-532, 2014.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Propagación de plantas: Principios y prácticas**. México, D. C.: Continental, 1990. 760p

HINOJOSA, G. F.; CID, L. P. B. **Introdução aos hormônios vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 15-48, 2000.

HUSEN, A.; PAL, M. Effect of branch position and auxin treatment on clonal propagation of *Tectona grandis* Linn. F. **New Forests**, v. 34, n. 3, p. 223-233, 2007.

KOYUNCU, F.; BALTA, F. Adventitious root formation in leaf-bud cuttings of tea (*Camellia sinensis* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 36, n. 4, p. 763-768, 2004.

KRAIEM, Z.; WANNES, W. A.; ZAIRI, A.; EZZILI, B. Effect of cutting date and position on rooting ability and fatty acid composition of Carignan (*Vitis vinifera* L.) shoot. **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 2, p. 146-150, 2010.

LIMA, J. D.; BOLFARINI, A. C. B.; SILVA, S. H. M.; MORAES, W. S. Propagação de *Camellia sinensis*: efeito do genótipo, estaca, substrato, recipiente e ácido indol-butírico. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 74-79, 2013.

LIMA, Y. D. O. U.; RITTER, M.; ALCÂNTARA, G. B.; LIMA, D. M.; FOGAÇA, L. A.; QUOIRIN, M.; CUQUE, F. L.; BIASI, L. A. Tipos de estacas e substratos no enraizamento de jambolão. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 4, p. 449-453, 2007.

MARTINS, A. B. G.; GRACIANO, F. A.; SILVA, A. D. Clonagem do jameiro-rosa (*Syzygium malacensis*) por estaquia de ramos enfolhados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 365-368, 2001.

MÜLLER, D.; LEYSER, O. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. **Annals of Botany**, v. 107, n. 7, p. 1203–1212, 2011.

OLIVEIRA, D. H.; BALIZA, D. P.; REZENDE, T. T.; DE CARVALHO, S. P.; GUIMARÃES, R. J. Influência do comprimento de estacas e ambientes no crescimento de mudas cafeeiras obtidas por enraizamento. **Coffee Science**, v. 5, n. 2, p. 183-189, 2010.

ONO, E. O.; TOFANELLI, M.; RODRIGUES, J. Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro tratadas com ácido indol-butírico em diferentes concentrações e métodos de aplicação. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 8, n. 2, 2012.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; AMARAL, J. A. T. Efeito do tipo de ramos, tempo e condições de acondicionamento de estacas sobre o desenvolvimento de mudas de café conilon. **Pesquisa Agropecuária & Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, p. 19-25, 2003.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L. D.; SILVA, M. B. D. Root system distribution and yield of Conilon coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 349-355, 2014.

SILVA, J. I.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 38-48, 2010.

## CAPITULO 2

### ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS DE ESTACAS DE CAFÉ CONILON SUBMETIDAS A PROCESSOS DE ENRAIZAMENTO

#### RESUMO

A formação e produção de uma boa lavoura cafeeira depende, em grande parte, da produção de mudas sadias e vigorosas. A multiplicação vegetativa por estaqueamento é praticada principalmente em café conilon (*Coffea canephora*) pelo fato de apresentarem as mesmas características da planta matriz. Sabe-se que no café as plantas matrizes são conduzidas a pleno sol. A adaptação das estacas ao ambiente sombreado no processo de enraizamento é refletida na brotação e influenciada pela posição das estacas do ramo ortotrópico e pelo genótipo utilizado. Dessa forma, maiores detalhes sobre as características fisiológicas e anatômicas da propagação de café conilon são necessárias a fim de compreender como o genótipo e a posição das estacas do ramo ortotrópico influencia nestas variáveis. Avaliou-se a porcentagem de estacas brotadas com raiz, as trocas gasosas e as adaptações anatômicas das diferentes regiões do ramo ortotrópico de onde foram obtidas as estacas (ápice, meio e base) de dois genótipos 12V e 748. Aos 39 dias após o transplante (data na qual a fotossíntese atingiu valores máximos) as melhores porcentagens de estacas brotadas com raiz foram avaliadas na porção mediana e apical dos dois genótipos em estudo. Os estudos anatômicos revelaram que todas as estacas apresentaram epiderme, com parede periclinal externa espessa. No córtex, foram evidenciados colênquima e parênquima cortical. Observou-se que, estacas da parte apical e mediana do broto ortotrópico avaliadas no período de enraizamento apresentaram menor espessura no xilema aos 0 e 26 dias após o estaqueamento. No corte transversal das estacas evidenciou-se floema primário, formação do floema secundário, câmbio vascular, xilema secundário, xilema primário e medula parenquimática. As estacas obtidas do terço médio e apical do ramo ortotrópico na propagação de dois genótipos de *C. canephora* pelo método de estaquia podem melhorar a uniformidade na propagação, assim, pode-se individualizar as estacas em dois blocos, as estacas do ápice e meio e outro bloco com as estacas da base.

**Palavras-chave:** cafeicultura, propagação, fotossíntese, anatomia, fisiologia

## **PHYSIOLOGICAL AND ANATOMICAL ADAPTATIONS FROM THE 'CONILON' COFFEE STEM CUTTINGS SUBMITTED TO ROTTING PROCESSES.**

### **ABSTRACT**

The formation and production of a good coffee plantation depends, mostly, from the production of healthy and vigorous seedlings. The vegetative multiplication by stem cutting is practiced mainly in Conilon coffee (*Coffea canephora*) because they show the same characteristics from the stock plant. We know that in coffee, the stock plants are conducted on the sun. The cuttings adaptation to the shadowed environment on the rooting process is reflected on the bud break and influenced by the cutting position from the orthotropic shoot and by the used genotype. This way, higher details about the physiological and anatomical characteristics from the Conilon coffee propagation are necessary to understand how the genotype and the position from the stem cuttings of the orthotropic shoot influence these variables. It was evaluated the bud break rooted cuttings percentage, gas exchanges and anatomical adaptations of different regions of the orthotropic shoot from where the cuttings were obtained (apex, middle and base) from two genotypes 12V and 748. 39 days after the transplant (the date in which photosynthesis reached the highest values) the best percentages of bud break rooted cuttings were evaluated with the apical and median from the two studied genotypes. The anatomical studies revealed that all the cuttings showed epidermis, with thick outer periclinal wall. In the cortex, it was evidenced collenchyma and cortical parenchyma. It was observed that, cuttings from the apical and median part from the orthotropic shoot evaluated on the rooting period showed less thickness on the xylem on 0 and 26 days after the cutting. In the transversal cut of the stem cuttings, it was evidenced primary phloem, formation of secondary phloem, cambium, secondary xylem, primary xylem and pith. The stem cuttings obtained from the third middle and apical orthotropic shoot on the propagation of two genotypes from *C. canephora* by the cutting method can improve the propagation uniformity, this way, we can individualize the cuttings in two blocks, the apex and middle stakes and another block with the base stakes.

**Keywords:** coffee culture, propagation photosynthesis, anatomy, physiology

## 1- INTRODUÇÃO

A formação e produção de uma boa lavoura cafeeira depende, em grande parte, da produção de mudas sadias e vigorosas (BERNARDES et al., 2012; DIAS et al., 2012). A propagação vegetativa é o principal método de multiplicação utilizado na produção de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) (DIAS et al., 2012). Por ser espécie autoincompatível, o café conilon produz sementes com alto grau de heterogeneidade, o que motiva a propagação vegetativa (PARTELLI et al., 2014). Plantas propagadas por estaquia apresentam as características da planta matriz, o que garante homogeneidade nas lavouras, maior produtividade, melhor qualidade do café e plantas mais vigorosas (COVRE et al., 2013). Além disso, a propagação clonal tem grande potencial para a composição de novas variedades, que são formadas de maneira predominante por misturas de clones (ROCHA et al., 2014).

O café é uma espécie que evoluiu na floresta africana e é considerada como espécie adaptada à sombra (BATISTA et al., 2012). Em muitas situações, o café adaptou-se ao ambiente a pleno sol (DAMATA, 2004). Sabe-se que as plantas matrizes dentro do jardim clonal, em diferentes espécies são conduzidas a pleno sol, visando uma maior exposição à luz e, conseqüentemente, obtenção de maior brotação (DUTRA et al., 2012; HERNÁNDEZ et al., 2012). Na cafeicultura, uma prática comum é usar plantas adultas sem sombreamento para formars plantas matrizes (FERRÃO et al., 2007). Entretanto, o ambiente heterogêneo de luz dentro do dossel numa mesma planta provoca duas classes de folhas, folhas de sol e folhas de sombra (ARAÚJO et al., 2008).

A adaptação das estacas obtidas de ramos ortotrópicos ao ambiente sombreado depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficiente (BATISTA et al., 2012). As respostas dessa adaptação serão refletidas na brotação e dependerão da região das estacas do ramo ortotrópico e do genótipo utilizado (OLIVEIRA et al., 2010). As estacas com folhas desenvolvidas na sombra, normalmente, apresentam um alto teor de clorofilas totais por unidade de massa, aumentando a capacidade de absorção de luz (ARAÚJO et al., 2015).

No entanto, variações anatômicas na rizogênese das estacas de diferentes regiões do ramo ortotrópico tem sido pouco estudadas e podem estar relacionadas às diferentes funções fisiológicas no processo de propagação clonal (GRISI et al., 2008). Assim, as reservas de carboidratos, nas diferentes regiões do ramo, armazenadas em formas de

amidos podem ter influência direta nos processos de propagação (OLIVEIRA et., 2010; PEREIRA et al., 2014).

É necessário conhecer a relação estreita que há entre a anatomia e a fisiologia e como elas influenciam a produção de mudas por estaquia (COVRE et al., 2013; PARTELLI et al., 2014). Ao mesmo tempo, sabendo que os genótipos de café conilon apresentam inúmeras diferenças entre si (FERRÃO et al., 2007), o conhecimento profundo de seu comportamento no viveiro é fundamental para a escolha de clones (COVRE et al., 2013).

Neste trabalho, determinou-se as trocas gasosas e caracterizou-se a anatomia caulinar de estacas provenientes de diferentes partes do ramo ortotrópico de dois genótipos de café conilon, durante o período de enraizamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material vegetal, condições de crescimento e delineamento experimental**

O experimento foi conduzido entre os meses de dezembro de 2014 a janeiro de 2015, em viveiro de produção de mudas de café com 50% de sombra, localizado na Estação Experimental do INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) localizado no município de Marilândia-ES, a 19°24'26.1"S e 40°32'26.3"W, com altitude média de 90 metros.

Foram utilizados dois materiais genéticos de café com desempenho diferenciado em viveiro. O clone 12 V (precoce), componente do cultivar clonal “Vitória Incaper 8148” e o clone 748. Para a produção de mudas, foram utilizadas estacas provenientes do ápice, meio e base de ramos ortotrópicos dos genótipos 12 V e 748.

As estacas foram preparadas em secções de 4 cm de comprimento, contendo um nó e um par de folhas. Dois terços da lâmina foliar foram removidos para a redução da transpiração. As estacas foram cultivadas com substrato comercial em sacos de polietileno preto de 11 cm de largura x 20 cm de comprimento (FERRÃO et al., 2007). A umidade do ar foi mantida alta por meio de irrigação por microaspersão nebulizada. O sistema de irrigação foi programado para irrigar cinco segundos a cada seis minutos durante o período das 7:00 às 18:00 h. O controle das plantas daninhas e a retirada das estacas mortas foram realizadas manualmente.

Ao longo do desenvolvimento das estacas foram determinados o percentual de brotação e enraizamento; os parâmetros fotossintéticos e a anatomia das estacas. As avaliações ocorreram durante o período de enraizamento aos 0, 13, 26, 39 dias após o estaqueamento (DAE) (BRAUM et al., 2007) e ao final da fase de desenvolvimento vegetativo aos 95 DAE (SILVA et al., 2010; DIAS et al., 2012). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Posição da estaca vs genótipo foi inserida nas parcelas, enquanto nas subparcelas as datas de avaliação com parcela experimental composta por 18 mudas. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. O estudo dos tratamentos ao longo do período experimental foi realizado através de regressão.

## **2.2. Brotação e enraizamento**

Aos 13, 26, 39 e 95 dias após o plantio das estacas foram medidas as porcentagens de estacas brotadas que emitiram raiz. Para tal, avaliou-se o número inicial de estacas ortotrópicas plantadas e depois foram contadas as estacas ortotrópicas vivas brotadas com presença de pelo menos uma raiz.

## **2.3. Medições fotossintéticas**

Foram determinadas a taxa de assimilação de carbono ( $A$ ), a transpiração ( $E$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), a concentração de  $CO_2$  intracelular ( $C_i$ ), a temperatura da folha ( $T_{folha}$ ), a temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) e o déficit de pressão de vapor entre o interior da folha e atmosfera ( $DPV$ ). Com base nos valores de  $C_i$ ,  $A$  e  $E$  foram calculadas a eficiência do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação, definidas pelas razões  $A/E$  e  $A/C_i$ , respectivamente (ARAÚJO et al., 2008; RONCHI et al., 2015).

As medições fotossintéticas foram feitas num sistema aberto, sob luz artificial saturante ( $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração ambiente de  $CO_2$  ( $380 \mu\text{L } CO_2 \text{ L}^{-1}$ ) com uso do analisador de gás infravermelho portátil, modelo LICOR 6400XT (Li-COR, Lincoln, NE, EUA) (RONCHI et al. 2015). Padronizou-se realizar a medição em uma das folhas remanescentes da estaca de duas plantas sadias dentro de cada parcela experimental, sempre em dias de céu claro durante o período de 9:00 a 11:00 h (hora solar). Depois de fixar o tecido da folha na câmara, as taxas de trocas gasosas foram determinadas no prazo

de 3 a 4 min. As análises foram realizadas em triplicata para cada folha e para cada repetição foram calculados os valores médios.

#### **2.4. Adaptações anatômicas da estaca**

Os estudos anatômicos foram conduzidos utilizando-se a seção superior, mediana e inferior de uma estaca da parcela experimental. Os tecidos foram amostrados aos 0 e 26 dias após o estabelecimento do ensaio no período de enraizamento. As amostras foram fixadas em FAA<sub>50%</sub>, desidratadas em série etílica crescente e incluídas em metacrilato (Historesina, Leica Instruments, Heidelberg, Alemanha). Cortes transversais do caule foram feitos em micrótomo rotativo de avanço automático (Leica RM 2255), a 8 micrômetros de espessura, sendo a coloração realizada com azul de toluidina pH 4,0 (O'BRIEN & MCCULLY, 1981). As lâminas foram montadas com Permount (SP15-500, Fisher Scientific, New Jersey, USA), no Laboratório de Anatomia Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba.

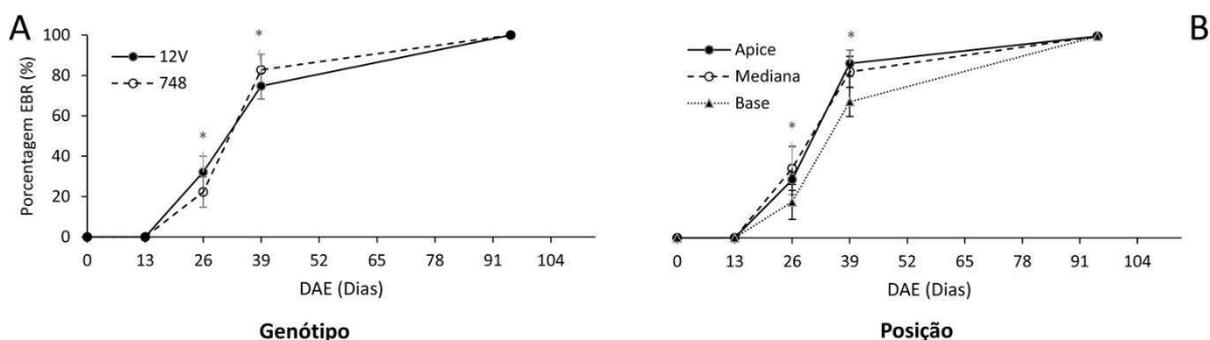
Foram avaliadas a espessura do córtex (C), espessura do cilindro vascular (Cv) e espessura do xilema (X). Com os valores de C e Cv determinou-se a razão C/Cv. Para as análises micromorfométricas foi selecionado um corte de cada seção da estaca e de cada corte, três campos foram escolhidos para a determinação da espessura dos tecidos com o auxílio do software Anati Quanti (AGUIAR et al., 2007). As lâminas foram observadas em microscópio e as imagens digitalizadas em fotomicroscópio (Olympus BX 41) com câmera digital acoplada, com auxílio do software Q-Capture, localizado no Laboratório de Genética Ecológica e Evolutiva (LAGEEVO).

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Brotação e enraizamento**

Aos 13 DAP não foram observadas estacas brotadas com raiz e aos 26 e 39 DAP, verificou-se que não houve interação entre os fatores genótipo e posição da estaca no ramo ortotrópico, indicando que estes são independentes (Valor-P = 0,65 e 0,59, respectivamente). Observaram-se estacas brotadas e com raiz, apenas aos 95 DAP, em todos os tratamentos.

Verificaram-se diferenças nos genótipos e posição ao longo do tempo aos 26 e 39 DAP (Figura 1). Estacas do genótipo 12 V apresentaram maior porcentagem de brotação com raiz (32,11%) que as do genótipo 748 (22,23%) aos 26 DAP. Aos 39 DAP o genótipo 748 apresentou maior percentual de brotação com enraizamento (82,83%), seguido pelo genótipo 12 V (74,76%).



**Figura 1** – Porcentagem de estacas brotadas com raiz (EBR) aos 0, 13, 26, 39 e 95 dias após o estaqueamento (DAE) para: (A) Genótipo. (B) Posição da estaca no ramo ortotrópico. Somente diferenças significativas entre as médias para genótipo e posição são apresentadas (teste F,  $P \leq 0,05$ ) e representadas por um asterisco. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

Em relação à posição do ramo ortotrópico, aos 26 DAE as estacas obtidas do terço mediano (34,45%) apresentaram maiores porcentagens de brotação, seguida por estacas do ápice (28,82%) e base (17,84%) (Figura 1B). Aos 39 DAE as estacas obtidas do ápice e meio foram superiores quanto a brotação (86,52 e 82,35%) em relação às estacas da base (67,52%).

### 3.2. Medições fotossintéticas

Na Tabela 1 são apresentados os dados de umidade relativa (UR), déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura do ar (Tar) e temperatura da folha (Tfolha). Nos dias que foram realizadas as medições, o clima não apresentou grande variação, este fato é importante já que as variações nos índices de trocas gasosas foram isoladas ao longo do período das variações climáticas.

**Tabela 1.** Valores médios aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE de umidade relativa (UR) déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura do ar (Tar) e temperatura da folha (Tfolha), no período de dezembro/2014 a janeiro/2015

	Dias após o plantio das estacas				
	0	13	26	39	95
UR	35,8 ± 1,43	42,06 ± 3,76	44,27 ± 2,28	51,57 ± 3,40	35,64 ± 0,70
DPV	2,78 ± 0,24	1,87 ± 0,50	1,78 ± 0,26	2,56 ± 0,73	3,71 ± 0,32
Tar	33,81 ± 0,34	32,9 ± 1,32	31,97 ± 0,59	30,37 ± 0,83	37,79 ± 0,30
Tfolha	33,43 ± 0,28	32,62 ± 1,25	31,46 ± 0,63	33,55 ± 2,35	38,08 ± 0,74

Na determinação dos índices de trocas gasosas, aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE, não foi observada interação significativa entre genótipos de café e posição de coleta das estacas do ramo ortotrópico, sendo os fatores estudados separadamente (Valor  $P > 0,05$ ).

Verificou-se que o ponto máximo de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  (A) ocorreu aos 45 DAE para o genótipo 12 V e 44 DAE para o genótipo 748, com valores de 7,09 e 6,64  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectivamente (Figura 2A). As curvas de transpiração (E) dos genótipos 12 V e 748 apresentaram picos máximos aos 34 e 18 DAE com valores de 3,47 e 3,59  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente (Figura 2B). Na curva de condutância estomática (gs) pode-se visualizar que aos 26 dias o genótipo 12 V alcançou 182,64  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  enquanto aos 20 dias o genótipo 748 alcançou 208,74  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Figura 2C).

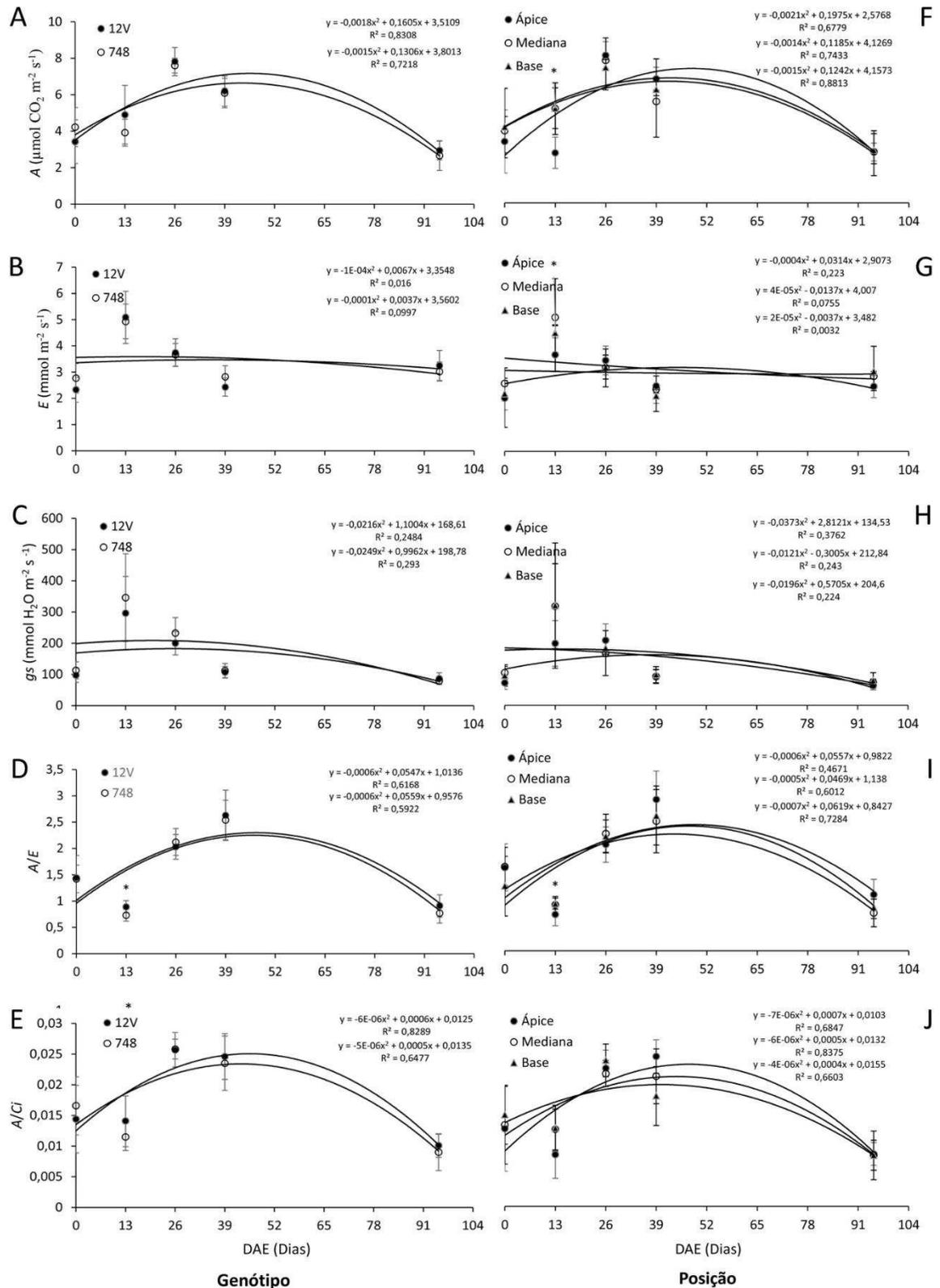
Foram detectadas diferenças na eficiência do uso da água (A/E) para os dois genótipos testados aos 13 DAE, sendo 18 % maior nas estacas do genótipo 12 V em relação as do genótipo 748. Assim como a fotossíntese, o uso eficiente da água (A/E) apresentou um ponto máximo aos 45 DAE para o genótipo 12 V e aos 44 DAE para o genótipo 748 com valor de 2,26 para ambos genótipos (Figura 2D). Notou-se que o máximo de eficiência de carboxilação (A/Ci) ocorreu aos 50 DAE para o genótipo 12V (0,027) e aos 42 DAE para o genótipo 748 (0,023) (Figura 2E).

Dados da relação dos índices de trocas gasosas e posição das do ramo ortotrópico são apresentados na Figura 2. Diferenças significativas são visualizadas após 13 dias de início do ensaio para fotossíntese líquida (A), sendo que, as estacas da região mediana e basal apresentaram valores maiores na ordem de 47 % quando comparadas as estacas do ápice (Figura 2F). As taxas de transpiração (E) também apresentaram diferenças significativas, onde valores de E das estacas do meio e base foram 16,32 e 27,95 % maiores do que das estacas obtidas do ápice do ramo. Como consequência dos valores baixos de A e E obtidos nas folhas das estacas apicais, observou-se uma menor eficiência do uso da água (A/E),

sendo que a relação  $A/E$  das estacas do meio e base foi superior 20,69 e 22,99 % respectivamente, quando comparadas aos valores obtidos para as estacas apicais.

Valores máximos foram estimados, com base no modelo da equação ajustada para assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), para as estacas do ápice, meio e base em 7,22, 6,63 e 6,73  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  aos 47, 42 e 41 DAE respectivamente (Figura 2F). As taxas de transpiração ( $E$ ) das estacas do meio e base apresentaram um máximo de 5,81 e 3,65  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente, ao início do período de avaliação e para as estacas do ápice 3,52  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  aos 39 DAE (Figura 2G).

Para condutância estomática ( $g_s$ ) observou-se um resultado similar à transpiração. No início do experimento verificaram-se valores máximos de 214,71  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para as estacas da região mediana e as estacas da base 213,99  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para as estacas base. No caso das estacas obtidas do ápice o valor máximo de  $g_s$  encontrado foi de 187,53  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  aos 37 dias após a instalação do ensaio (Figura 2H). Para a eficiência do uso da água ( $A/E$ ) o ponto máximo encontrado para estacas do ápice foi de 2,28 aos 46 DAE; para estacas do meio foi de 2,24 aos 47 DAE e para as estacas da base foi de 2,21 aos 44 DAP (Figura 2I). Observou-se que a eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) para as estacas do ápice e base alcançaram pontos máximos aos 50 DAE com 0,028 e 0,026, respectivamente, já para as estacas da região mediana o ponto máximo foi 0,024 aos 42 dias de instalação do ensaio (Figura 2J).



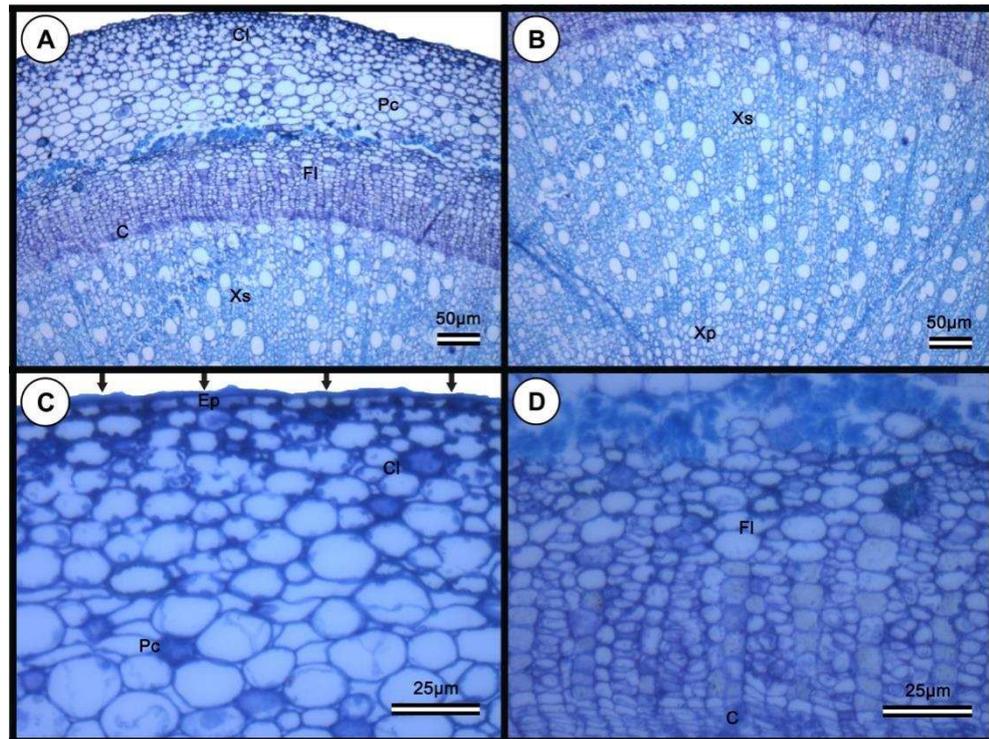
**Figura 2** – (A e F) Taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ). (B e G) Transpiração ( $E$ ). (C e H) Condutância estomática, ( $g_s$ ). (D e I) Eficiência do uso da água ( $A/E$ ). (E e J) Eficiência instantânea de carboxilação, ( $A/C_i$ ) aos 0, 13, 26, 39 e 95 DAE para genótipo e posição da estaca no ramo ortotrópico. Somente diferenças significativas entre as médias para genótipo e posição estão apresentadas (teste F,  $P \leq 0,05$ ) e representadas por um asterisco. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

### 3.3. Adaptações anatômicas da estaca

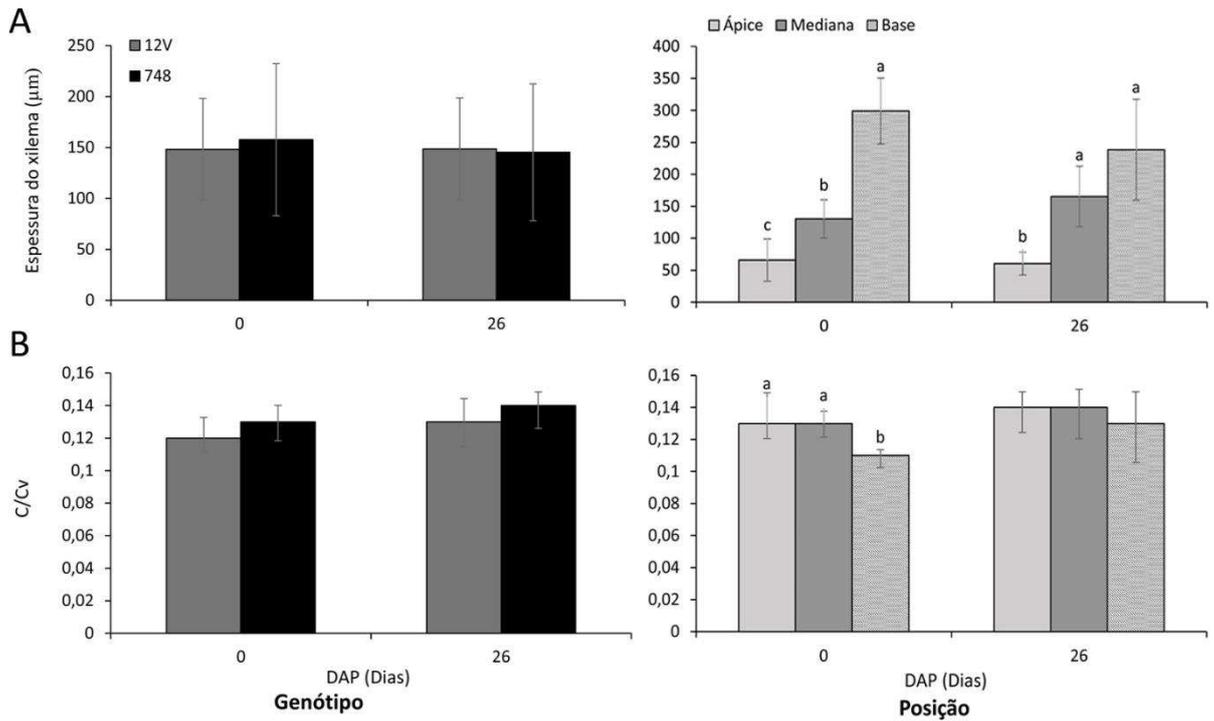
As análises anatômicas foram realizadas quando todas as estacas estavam em início de crescimento secundário, apresentando ainda epiderme como tecido de revestimento, com parede periclinal externa espessa. No córtex, foram evidenciados colênquima e parênquima cortical. Evidenciou-se também floema primário, início de formação do floema secundário, câmbio vascular, xilema secundário bem conspícuo, xilema primário e medula parenquimática (Figura 3).

Nenhuma interação entre os fatores espessura do xilema (Valor  $P = 0,39$ ) e razão CórteX /Cilindro (C/Cv) (Valor  $P = 0,76$ ) foi observada no início do experimento. Da mesma forma, aos 26 DAP não houve interação genótipo x posição para espessura do xilema (Valor  $P = 0,94$ ) e razão C/Cv (Valor  $P = 0,62$ ).

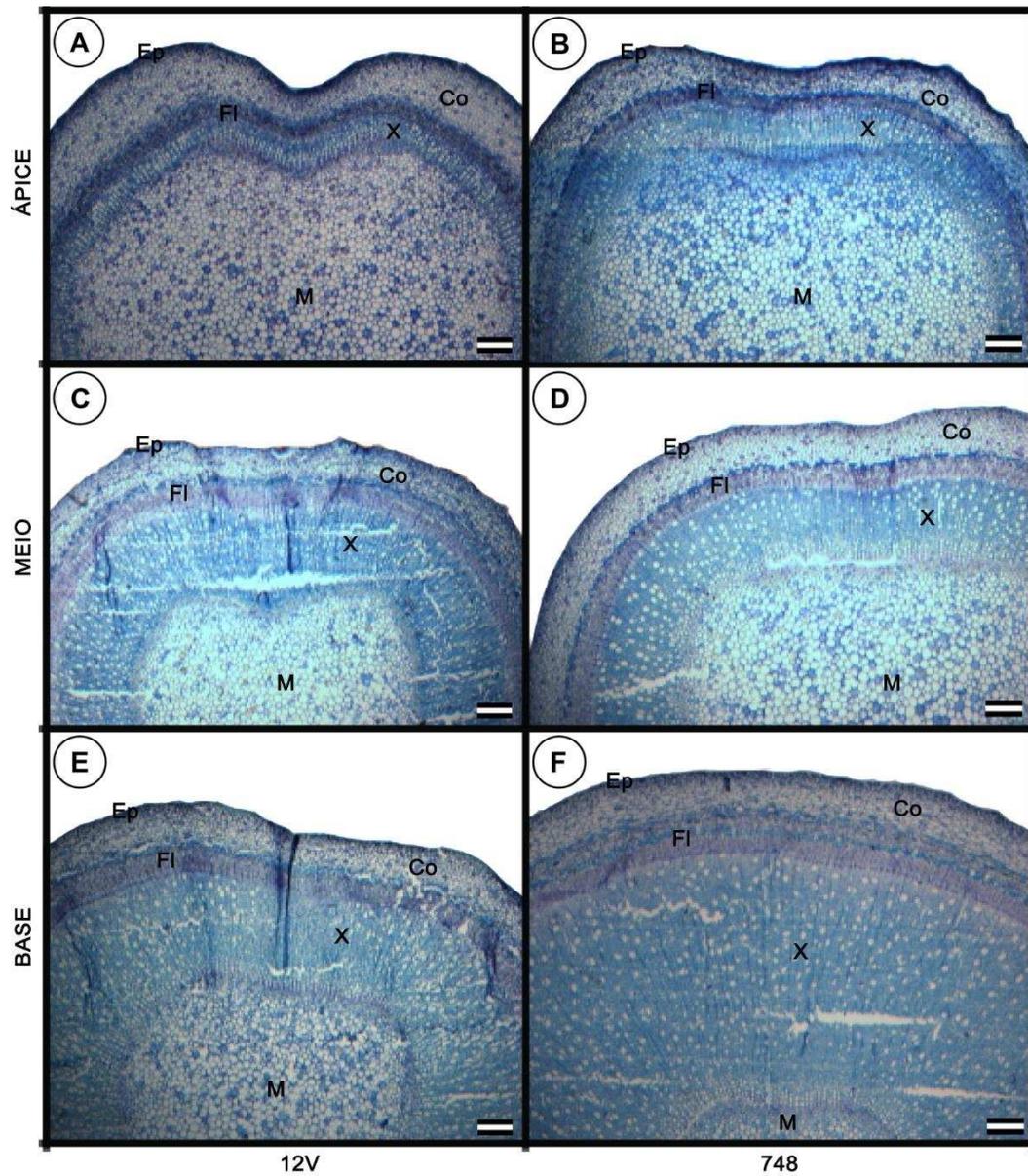
A relação genótipo vs espessura do xilema e razão C/Cv não foi significativa (Figura 4A e 4B). No entanto, houve variação na espessura do xilema quando analisou-se tal parâmetro nas diferentes regiões das estacas, sendo as da base mais espessas, seguidas das do meio e as do ápice. No início da avaliação, as estacas da base apresentaram espessura do xilema 56,4% maior do que as do meio e 77,96 % do que as do ápice. Aos 26 DAP observou-se que as estacas obtidas do meio e base apresentaram maior espessura do xilema (43,99 e 74,69%, respectivamente), comparadas as estacas do ápice (Figura 4A e 5). Houve efeito significativo da razão C/Cv apenas no começo do ensaio em função da posição de onde foram obtidas as estacas, sendo que as estacas do ápice e meio apresentaram uma relação 15,38 % maior que as da base (Figura 4B).



**Figura 3** – Anatomia caulinar (estacas) (corte transversal) de café conilon. (A) Vista geral da estaca. (B) Xilema secundário. (C) Córtex e epiderme. (D) Floema. Evidenciando as estruturas caulinares: Setas = Cutícula, Ep = Epiderme, Cl = Colênquima, Pc = Parênquima cortical, C = Câmbio, Fl = Floema, Xs = Xilema secundário, Xp = Xilema primário



**Figura 4** – Espessura do xilema (A) e razão Córtex / Cilindro vascular (C/Cv) (B), aos 0 e 26 dias após o plantio (DAP) para genótipo e posio da estaca no ramo ortotrópico. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (teste de Tukey,  $P > 0,05$ ). As barras representam o intervalo de confiança de 95%.



**Figura 5** – Anatomia caulinar (corte transversal) de café conilon em estacas. (A, C e E) Ápice, meio e base do genótipo 12 V. (B, D e F) Ápice, meio e base do genótipo 748. Evidenciando as estruturas caulinares: Ep = Epiderme; Co = Córtex; Fl = Floema; X = Xilema; M = Medula. Barras =200 $\mu$ m.

## **4. DISCUSSÃO**

### **4.1. Brotação e enraizamento**

Diferenças no enraizamento de estacas obtidas de diferentes posições do ramo foram relatadas em outras espécies de árvores como *Camellia sinensis* (LIMA et al., 2013) e *Dalbergia melanoxylon* (AMRI et al., 2010). O melhor enraizamento de estacas feitas a partir do terço apical e meio está potencialmente associado com a maior acumulação de carboidratos nessas regiões da planta (HARTMAN et al., 1997, ZALESNY et al., 2003, FERREIRA et al., 2014). Não foram encontrados trabalhos comparando porcentagens de estacas brotadas com raiz com genótipos de café conilon usados no presente trabalho. No entanto, os resultados corroboram com trabalhos realizados com outros genótipos, onde não se observa diferença no potencial rizogênico das estacas do café conilon (FLORIN et al., 2010).

### **4.2. Medições fotossintéticas**

As taxas fotossintéticas do café conilon são relativamente baixas em relação à maioria de plantas lenhosas. Aparentemente uma alta resistência à difusão do CO<sub>2</sub>, desde a atmosfera até o cloroplasto, pode explicar esta resposta (DAMATTA et al., 2007; BELAN et al., 2011). A baixa taxa fotossintética líquida no início do período de avaliação pode ser consequência das alterações morfológicas e bioquímicas das folhas, uma vez que estas foram retiradas de um habitat de sol pleno para um habitat com 50 % de sombreamento (ARAUJO et al., 2008; BALIZA et al., 2012). Pode-se deduzir que o CO<sub>2</sub> que estava chegando às células do mesófilo não estava sendo fixado na fase carboxilativa, devido à baixa eficiência instantânea de carboxilação observada neste período, possivelmente por danos na Rubisco ou redução na regeneração da Ribulose 1,5 bifosfato (LIAO & LIN, 2001).

No entanto, verificou-se que as taxas fotossintéticas líquidas aumentaram quase linearmente até os 39 DAE, independente do genótipo e posição do ramo ortotrópico. Neste mesmo período houve um aumento na porcentagem de estacas brotadas com raiz. A alteração nesses parâmetros é reflexo da fase de recuperação fisiológica das folhas (TERASHIMA & HIKOSAKA, 1995). Uma maior absorção de CO<sub>2</sub> acarreta elevação das taxas fotossintéticas e acúmulo de carboidratos, fatos que estão diretamente

relacionados ao aumento na brotação e enraizamento (DIAS et al., 2011; RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2014; AZIZI et al., 2015).

Os valores máximos da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> na fase de recuperação fisiológica das folhas não foram afetados em resposta aos genótipos e posição das estacas. A magnitude máxima de taxas fotossintéticas foi similar aos valores médios (8,3 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) relatados em outros genótipos de *C. canephora*, sob condições adequadas de cultivo (DAMATTA et al., 2010)

Aos 39 DAP constatou-se um decréscimo nos valores das trocas gasosas. Esta redução deve estar relacionada ao processo de senescência foliar que começa operar nas folhas remanescentes da estaca produzida. A redução da atividade fotossintética durante este período é devido ao declínio das reações do ciclo de Calvin, principalmente devido à degradação da Rubisco (MATOS et al., 2012). Outros estudos comprovaram que a senescência foliar induziu uma diminuição nas atividades fotoquímicas do PS I e PS II, e na maioria dos casos o PS II foi mais suscetível a senescência do que o PS I (WANG et al., 2014)

### **4.3. Adaptações anatômicas da estaca**

Comparando as estacas obtidas do ápice e meio do ramo ortotrópico com as da base, observou-se que as primeiras apresentaram menor espessura no xilema e maior espessura no parênquima da medula. Assim, a porcentagem de estacas brotadas com raiz foi maior nas estacas do ápice e meio aos 26 DAP. Este comportamento deve estar relacionado ao acúmulo do amido que ocorreu no parênquima da medula destas estacas (AZIZI et al., 2015; FERREIRA et al., 2014; RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2014). O caule é um órgão que desempenha diversas funções, uma delas é o armazenamento de carboidratos, que servem como um indicativo da atividade metabólica do tecido, essencial para o crescimento vegetal (FERREIRA et al., 2014; PEREIRA et al., 2014). Os carboidratos acumulados, geralmente na forma de amido, podem ser convertidos em açúcares solúveis, os quais estimulam a brotação das estacas da região mediana e apical. Tal fato é mencionado em outros estudos (ROSA et al., 2014; AMRI et al., 2010).

A maturação fisiológica é diferenciada ao longo do caule (FERRARI et al., 2004). Tem-se relatos de que os melhores índices de enraizamento com brotação são obtidos na região apical e mediana, o que pode ser explicado pela alta concentração de promotores de enraizamento próximos aos sítios de síntese de auxinas e menor diferenciação dos

tecidos (FACHINELLO et al., 1995; CARVALHO et al., 2015). Este fato, também está associado à desdiferenciação e à totipotência das células vegetais competentes para a formação de meristemas que originarão raízes adventícias (GOULART et al., 2014).

## **5. CONCLUSÕES**

No presente estudo, as estacas obtidas do terço médio e apical do ramo ortotrópico na propagação de *C. canephora* pelo método de estaquia apresentaram maiores porcentagens de brotação com enraizamento e maior espessura da medula. Portanto, as maiores porcentagens de enraizamento com brotação dependem da proximidade dos sítios de síntese de auxina, teores de carboidratos armazenados e diferenciação dos tecidos. Os resultados apresentados podem auxiliar na uniformidade na propagação, através da individualização das estacas em dois blocos, as estacas do ápice e meio e outro bloco, as estacas da base.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T. V.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; AZEVEDO, A. A.; FERREIRA, R. S. ANATI QUANTI: software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 649-659, 2007.

AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, n. 2, p. 183-194, 2010.

ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; PEZZOPANE, J. R. M.; FALQUETO, A. R.; CAVATTE, P. C. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 214-222, 2015.

ARAÚJO, W. L.; DIAS, P. C.; MORAES, G. A.; CELIN, E. F.; CUNHA, R. L.; BARROS, R. S.; DAMATTA, F. M. Limitations to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 10, p. 884-890, 2008.

AZIZI, P.; RAFII, M. Y.; MAZIAH, M.; ABDULLAH, S. N. A.; HANAFI, M. M.; LATIF, M. A.; RASHID, A. A.; SAHEBI, M. Understanding the shoot apical meristem regulation: A study of the phytohormones, auxin and cytokinin, in rice. **Mechanisms of Development**, v. 135, p. 1-15, 2015.

BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L.; CASTRO, E. M.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; PIRES, M. F.; GOMES, R. A. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 250-258, 2012.

BATISTA, K. D.; ARAÚJO, W. L.; ANTUNES, W. C.; CAVATTE, P. C.; MORAES, G. A.; MARTINS, S. C.; DAMATTA, F. M. Photosynthetic limitations in coffee plants are chiefly governed by diffusive factors. **Trees**, v. 26, n. 2, p. 459-468, 2012.

BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; SOARES DE SOUZA LIMA, J.; FIALHO DOS REIS, E. Produção de mudas de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia (Arica)**, v. 25, n. 3, p. 85-91, 2007.

BERNARDES, T.; MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Diagnóstico físico-ambiental da cafeicultura no Estado de Minas Gerais–Brasil. **Coffee Science**, v. 7, n. 2, p. 139-151, 2012.

CARVALHO, J. S. B.; NUNES, M. F. P. N.; CAMPOS, G. P. A.; GOES, M. D. C. C. Influência de diferentes tipos de estacas e substratos na propagação vegetativa de *Hyptispectinata*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 1, p. 89-91, 2015.

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

DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v. 86, n. 2, p. 99-114, 2004.

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.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee: environment and crop physiology. **Ecophysiology of Tropical Tree Crops**. Nova Science Publishers: New York, p. 181-216, 2010.

DIAS, J. R. M.; DA SILVA, E. D. A.; GONÇALVES, G. S.; DA SILVA, J. F.; DE SOUZA, E. F. M.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Enraizamento de estacas de cafeeiro imersas em extrato aquoso de tiririca. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 259-266, 2012.

DIAS, J. P. T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. IBA e carboidratos no enraizamento de brotações procedentes de estacas radiciais de *Rubus* spp. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 666-671, 2011.

DUTRA, T. R.; LEITE, Â. M. P.; MASSAD, M. D. Avaliação de fatores do Ambiente de trabalho em atividades de um viveiro florestal de Curvelo, Minas Gerais. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 269-276, 2012.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de Plantas Frutíferas de Clima Temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPEL, 1995. 178 p.

FERRÃO, R. G.; DA FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. **Café Conilon**: Incaper Vitória, 2007

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação Vegetativa de Espécies Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.

FERREIRA, I. N. M.; DOS SANTOS, C. S.; FLHO, J. T. C. Caracterização Anatômica dos Órgãos Vegetativos do Cafeeiro Arábica (*Coffea Arabica* L.). **Fragments de Cultura**, v. 24, n. 1, p. 153-161, 2014.

FLORIN, B.; RIGOREAU, M.; DUCOS, J. P.; SUMIRAT, U.; MAWARDI, S.; LAMBOT, C.; BROUN, P.; PÉTIARD, V.; WAHYUDI, T.; CROUZILLAT, D. Somatic embryogenesis and vegetative cutting capacity are under distinct genetic control in *Coffea canephora* Pierre. **Plant Cell Reports**, v. 29, n. 4, p. 343-357, 2010.

GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. D.; OIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. D. Avaliações anatômicas foliares de mudas de café ‘catuaí’ e ‘siriena’ submetidas ao estresse hídrico. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Propagación de Plantas – Principios y Prácticas**. México, D. C.: Continental, 1990. 760p

HERNÁNDEZ, W.; XAVIER, A.; DE PAIVA, H. N.; WENDLING, I. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 813-823, 2012.

LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, Republic of China. Part B, Life sciences, v. 25, n. 3, p. 148-157, 2001.

LIMA, J. D.; BOLFARINI, A. C. B.; DA SILVA, S. H. M.; DA S MORAES, W. Propagação de *Camellia sinensis*: efeito do genótipo, estaca, substrato, recipiente e ácido indolbutírico. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, 2013.

MATOS, F. S.; DE OLIVERIA, L. R.; DE FREITAS, R. G.; EVARISTO, A. B.; MISSIO, R. F.; CANO, M. A. O.; DOS SANTOS DIAS, L. A. Physiological characterization of leaf senescence of *Jatropha curcas* L. populations. **Biomass and Bioenergy**, v. 45, p. 57-64, 2012.

OLIVEIRA, D. H.; BALIZA, D. P.; REZENDE, T. T.; DE CARVALHO, S. P.; GUIMARÃES, R. J. Influência do comprimento de estacas e ambientes no crescimento de mudas cafeeiras obtidas por enraizamento. **Coffee Science**, v. 5, n. 2, p. 183-189, 2010.

O'BRIEN, T. P.; McCULLY, M. E. 1981. **The Study of Structure Principles and Selected Methods**. Melbourne: Termercarphi Pty. 280 p, 1981.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L. D.; SILVA, M. B. D. Root system distribution and yield of Conilon coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 349-355, 2014.

PEREIRA, S. P.; BALIZA, D. P.; SANTOS, M. O.; ALVES, J. D.; GUIMARÃES, R. J. Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 460-468, 2014.

ROCHA, R. B.; SANTOS, D. V.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L. Caracterização e uso da variabilidade genética de banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 478-485, 2014.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; MARTINS, S. C.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E.; MORAIS, L. E.; PEREIRA, L. F.; REIS, J. V.; ÁVILA, R. T.; GODOY, A. G.; LAVINSKI, A. O.; DAMATTA, F. M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 1-10, 2014.

RONCHI, C. P.; DE ARAÚJO, F. C.; DE ALMEIDA, W. L.; DA SILVA, M. A. A.; DE OLIVEIRA MAGALHÃES, C. E.; DE OLIVEIRA, L. B.; DRUMOND, L. C. D. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao déficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 24-32, 2015.

ROSA, A. M.; PESCADOR, R.; BRIGHENTI, A. F.; BRUNETTO, G. Fertility and carbon and nitrogen reserves in buds of 'cabernet sauvignon' and 'nebbiolo' grapevine shoots. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 576-584, 2014.

SILVA, J. I.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 38-48, 2010.

TERASHIMA, I., HIKOSAKA, K. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. **Plant Cell & Environment**, v. 18, n. 10, p. 1111-1128, 1995.

ZALESNY J. R., R. S., HALL, R. B., BAUER, E. O., & RIEMENSCHNEIDER, D. E.  
Shoot position affects root initiation and growth of dormant unrooted cuttings of Populus.  
**Silvae Genetica**, v. 52, n. 5-6, p. 273-279, 2003.

WANG, Y.; ZHANG, J.; YU, J.; JIANG, X.; SUN, L.; WU, M.; CHEN, G.; LV, C.  
Photosynthetic changes of flag leaves during senescence stage in super high-yield hybrid  
rice LYPJ grown in field condition. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 82, p. 194-  
201, 2014.