

# EFEITO DO PORTA-ENXERTO NAS TROCAS GASOSAS, ÁREA FOLIAR E SUPERFÍCIE DE RAIZ DE MUDAS DE *COFFEA ARABICA* L.

Marcelo Antonio Tomaz<sup>1</sup>  
Ney Sussumu Sakiyama<sup>2</sup>  
Fábio Murilo DaMatta<sup>3</sup>  
Hermínia Emília Prieto Martinez<sup>4</sup>  
Cosme Damião Cruz<sup>5</sup>  
Antônio Alves Pereira<sup>6</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do porta-enxerto na condutância estomática, transpiração, fotossíntese, área foliar e superfície de raiz de mudas de *Coffea arabica* L. em cultivo hidropônico. Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *C. arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851 e os híbridos 'H 419-10-3-1-5' e 'H 514-5-5-3', e como porta-enxerto quatro genótipos, sendo três de *Coffea canephora* Pierre ex. Froenher: Apoatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 e RC EMCAPA 8141 (recombinação entre clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) e a linhagem Mundo Novo IAC 376-4, além de quatro pés-francos. Dentre os porta-enxertos, o melhor desempenho foi do Mundo Novo, que proporcionou efeitos positivos na assimilação de CO<sub>2</sub> na área foliar e na superfície de raiz de Catuaí e H514-10-3-1-5. Essas variáveis foram afetadas negativamente nas plantas enxertadas sobre Muriaé-1 e RC EMCAPA. A enxertia de genótipos de *C. arabica* em porta-enxerto da mesma espécie foi, neste estudo, mais eficiente que em porta-enxertos de *C. canephora*. O modelo estatístico de análise dialélica foi eficiente na avaliação da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos, podendo ser, portanto, recomendado no processo de seleção de programas de melhoramento.

Palavras chave: análise dialélica, assimilação de carbono, condutância estomática, enxertia

## ABSTRACT

### GAS EXCHANGE, LEAF AREA AND ROOT SURFACE IN *Coffea arabica* L. YOUNG PLANTS, AS INFLUENCED BY THE ROOTSTOCK

The objective of the present work was to evaluate the stomatal conductance, transpiration, net carbon assimilation rate, leaf area and root surface in four *Coffea arabica* L. genotypes (varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the hybrids 'H 419-10-3-1-5' and 'H 514-5-5-3') grafted onto four different genotypes: *Coffea canephora* Pierre et Froenher 'Apoatã LC 2258', 'Conilon Muriaé-1' and 'RC EMCAPA 8141' (a recombinant from clones of the variety Robustão Capixaba - EMCAPA 8141), and *C. arabica* 'Mundo Novo IAC 376-4', plus four non-grafted plants. Among the different rootstocks analyzed, 'Mundo Novo' provided the best performance, with positive effects on the net CO<sub>2</sub> assimilation rate, leaf area and root surface of 'Catuaí' and 'H 514-5-5-3'. These variables were negatively affected in plants grafted onto 'Muriaé-1' and 'RC EMCAPA'. In this study, *C. arabica* genotypes grafted onto the same species performed better than those grafted onto *C. canephora*. The diallel analysis statistical model appears to be useful in processes of selection in breeding programs.

Key words: carbon assimilation, diallel analysis, grafting, stomatal conductance

<sup>1</sup> UFV, Pós-doutorando do DFT, CEP 36571- 000 Viçosa, MG, E-mail: tomazamarcelo@yahoo.com.br

<sup>2</sup> UFV, Prof. do DFT, CEP 36571- 000 Viçosa, MG, E-mail: Sakiyama@mail.ufv.br

<sup>3</sup> UFV, Prof. do DBV, CEP 36571- 000 Viçosa, MG, E-mail: fdamatta@ufv.br

<sup>4</sup> UFV, Prof. do DFT, CEP 36571- 000 Viçosa, MG, E-mail: herminia@ufv.br

<sup>5</sup> UFV, Prof. DBG, CEP 36571- 000 Viçosa, MG, E-mail: cdacruz@mail.ufv.br

<sup>6</sup> EPAMIG/UFV, Pesquisador, CEP 36571- 000 Viçosa, MG, E-mail: pereira@epamig.br

## INTRODUÇÃO

A enxertia é a arte de inserir parte de uma planta em outra, de tal maneira que ambas se unam e continuem o crescimento. Para cada combinação copa/porta-enxerto, deve existir um equilíbrio fisiológico ou grau de afinidade que influencie o crescimento e a produção (Gonçalves, 1996). Esse equilíbrio é resultado de mecanismos de reciprocidade entre o porta-enxerto e a copa, envolvendo a absorção e a translocação de água e nutrientes e fatores endógenos de crescimento (Hartmann e Kester, 1990). Verifica-se, freqüentemente, que porta-enxertos mais vigorosos apresentam maior capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes e maior produção de substâncias estimuladoras de crescimento, o que pode favorecer o desempenho da copa.

Em café, alguns estudos têm demonstrado que plantas de *Coffea arabica* L. (café arábica) enxertadas sobre *C. canephora* Pierre (café canéfora) apresentam melhor desempenho produtivo que aquelas enxertadas sobre arábica (Raghumarulu e Purushotham, 1987, Fahl et al., 2001). Acredita-se que os cafés do grupo canéfora, em relação ao arábica, tenham sistemas radiculares mais extensos e eficientes, tanto para maior absorção de água e nutrientes como para maior resistência a fatores adversos do ambiente (Ramos e Lima, 1980). O volume do sistema radicular do café canéfora pode suplantar o de arábica por um fator de três a cinco (Matiello, 1998). Todavia, em face do alto polimorfismo, isso pode não ser exatamente o que ocorre na realidade em todos os canéforas, e as poucas evidências experimentais indicam mesmo o contrário, em alguns casos (Rena e DaMatta, 2002). De qualquer modo, desde que haja maior absorção da água e de nutrientes, esperam-se aumentos substanciais na condutância estomática ao vapor d'água ( $g_s$ ) e, por extensão, em maiores taxas fotossintéticas, resultando, em última instância, em aumento na produção (DaMatta, 2003).

Uma das decisões mais importantes no manejo de uma lavoura de café enxertada é a escolha do porta-enxerto que, além da boa combinação com a copa, deve ser o mais adaptado possível ao ecossistema. Como os porta-enxertos, em geral, diferenciam-se quanto à tolerância ao estresse ambiental e aos fatores de solo, eles surgem como uma das principais alternativas de manejo da cultura, para minimização desses problemas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do porta-enxerto nas trocas gasosas, na área foliar e na superfície de raiz em mudas de café arábica, em cultivo hidropônico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Conforme mostra a Tabela 1, foram utilizadas, como enxerto as variedades Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851 e os híbridos H 419-10-3-1-5 e H 514-5-5-3, todas de *C. arabica* e, como porta-enxerto, três genótipos de *C. canephora* (grupo Robusta: Apoatã LC 2258; e grupo Kouillou: Conilon Muriaé-1, coletado de lavoura comercial em Muriaé, MG, e RC EMCAPA 8141 (recombinação de clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141)) e um genótipo de *C. arabica* (Mundo Novo IAC 376-4-32).

A semeadura foi feita em caixas com areia fina, mantidas em estufa durante 70 dias, até que as plântulas atingissem o estágio “palito de fósforo”. Em seguida, efetuaram-se enxertias do tipo hipocotiledonar, conforme Moraes e Franco (1973). A seguir, as plântulas foram transplantadas em caixas contendo areia lavada, e mantidas em câmara de nebulização fechada por 12 dias. Após esse período, retiraram-se as plântulas da câmara, colocando-as em ambiente aberto, onde permaneceram por 15 dias, para aclimação. Uma vez aclimatadas, as plântulas foram transferidas, no estágio cotiledonar (“orelha de onça”), para casa de vegetação, para montagem do experimento.

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG. A parte superior da casa de vegetação foi coberta com sombrite de malha 50%, para amenizar a insolação e a temperatura. Após seleção quanto à uniformidade e ao vigor, as plântulas foram transplantadas para vasos (uma por vaso) cilíndricos com 3 L de areia peneirada, tratada com ácido clorídrico/muriático e lavada, com pH final em torno de 6,0. Utilizou-se o processo hidropônico de cultivo em areia com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva (Martinez, 2002). Para tal, o fundo dos vasos foi perfurado, de modo a se adaptar uma mangueira de ½ polegada para fazer a ligação com o recipiente coletor de solução nutritiva. Foi empregada a solução de Clark (1975) modificada, com as seguintes concentrações ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) de macronutrientes: 5,7 ( $\text{N-NO}_3^-$ ), 1,0 ( $\text{N-NH}_4^+$ ),

0,1 (P), 2,4 (K<sup>+</sup>), 1,2 (Ca<sup>2+</sup>), 0,6 (Mg<sup>2+</sup>) e 0,7 (S) e (mmol L<sup>-1</sup>) de micronutrientes: 19 (B), 0,5 (Cu), 40 (Fe), 7,0 (Mn), 0,09 (Mo) e 2,0 (Zn). Cada vaso recebia 2 L de solução nutritiva e, na medida em que ocorria diminuição do volume da solução, devido à evapotranspiração, fazia-se uma reposição com água desionizada, até completarem-se novamente os 2 L. A circulação da solução nutritiva foi realizada duas vezes ao dia. No decorrer do experimento, a concentração da solução foi aumentada mensalmente para 1,5 x, 2,5 x, 3,0 x, respectivamente, em relação à da solução inicial. O pH das soluções foi mantido a  $5,5 \pm 0,5$ , mediante ajustes diários com NaOH. As trocas das soluções foram feitas periodicamente, quando a condutividade elétrica atingia  $60 \pm 10\%$  do seu valor inicial.

Após 150 dias da montagem do experimento, procederam-se às medições da condutância estomática do vapor d'água ( $g_s$ ), taxa transpiratória ( $E$ ) e taxa de assimilação líquida do CO<sub>2</sub> ( $A$ ) em folhas do terceiro par a partir do ápice, de manhã (8-10 h), com um analisador de gases a infravermelho (LCA-4, ADC, Hoddeston, Reino Unido), operando em sistema aberto, conforme DaMatta et al. (1997). As medições foram feitas sob irradiância artificial saturante (850-900 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração ambiente de CO<sub>2</sub>.

Vinte dias após as medições das trocas gasosas,

as plantas foram cortadas na altura do colo e a parte aérea separada em caule e folha, medindo-se então a área foliar com um medidor de área (*Area meter*, modelo 3100, Li-Cor, Nebraska, EUA). As raízes foram retiradas do substrato, lavadas em água corrente e secas em papel-toalha para se efetuar a medição de seu volume em uma proveta. Subseqüentemente, secaram-se novamente as raízes em papel-toalha, para obter-se o peso enquanto frescas. De cada raiz, retirou-se uma amostra de aproximadamente 7% do peso delas frescas, que foi submetida à estimativa de comprimento total radicular pelo método da interceptação de linha (Tennant, 1975). Com o comprimento de raiz e diâmetro médio, efetuou-se o cálculo de superfície radicular, segundo Bohm (1979).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições, sendo quatro pés-francos e 16 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “t” de Student, a 5% de probabilidade, para comparação entre as médias. Foram adaptados modelos estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) do enxerto e do porta-enxerto, com os propósitos de reforçar os resultados dos contrastes e identificar os melhores genótipos dos enxertos e porta-enxertos. O processamento foi feito, utilizando-se o programa GENES – (Aplicativo Computacional em Genética e Estatística) (Cruz, 2001).

**Tabela 1** - Relação das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

Mudas enxertadas <sup>1</sup>	Identificação no texto
Catuai Vermelho IAC 15 / Apoatã LC 2258	Catuai 15/ Apoatã
Catuai Vermelho IAC 15 / Conilon Muriaé 1	Catuai 15/ Conilon M1
Catuai Vermelho IAC 15 / Mundo Novo IAC 376-4	Catuai 15/ M. Novo
Catuai Vermelho IAC 15 / RC EMCAPA 8141	Catuai 15/ RC EMCAPA
Oeiras MG 6851 / Apoatã LC 2258	Oeiras / Apoatã
Oeiras MG 6851/ Conilon Muriaé1	Oeiras / Conilon M1
Oeiras MG 6851 / Mundo Novo IAC 376-4	Oeiras / M. Novo
Oeiras MG 6851 / RC EMCAPA 8141	Oeiras / RC EMCAPA
H 419-10-3-1-5 / Apoatã LC 2258	H 419 / Apoatã
H 419-10-3-1-5 / Conilon Muriaé1	H 419 / Conilon M1
H 419-10-3-1-5 / Mundo Novo IAC 376-4	H 419 / M. Novo
H 419-10-3-1-5 / RC EMCAPA 8141	H 419 / RC EMCAPA
H 514-5-5-3 / Apoatã LC 2258	H 514 / Apoatã
H 514-5-5-3 / Conilon Muriaé1	H 514 / Conilon M1
H 514-5-5-3 / Mundo Novo IAC 376-4	H 514 / M. Novo
H 514-5-5-3 / RC EMCAPA 8141	H 514 / RC EMCAPA

<sup>1</sup> Enxerto / porta-enxerto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comparação entre plantas enxertadas e pés-francos

A enxertia não proporcionou aumento na condutância estomática das combinações enxerto/porta-enxerto, mas acarretou decréscimo nos genótipos Catuaí 15, Oeiras e H419, quando combinados com os porta-enxertos Conilon M1 e RC EMCAPA (Tabela 2). A assimilação líquida do CO<sub>2</sub> foi significativamente maior nas combinações de enxertia Catuaí 15/M.Novo, H 514/Apoatã e H 514/M.Novo, quando comparada com os valores de A dos pés-francos. A variedade Oeiras e o híbrido H 419 tiveram desempenho satisfatório nas trocas gasosas como pés-francos, não sendo beneficiadas por nenhuma enxertia (Tabela 2).

Observaram-se decréscimos na área foliar das plantas enxertadas sobre Conilon M1 e RC EMCAPA e também nas combinações Oeiras/Apoatã e H419/Apoatã, enquanto nas combinações Catuaí 15/M.Novo, H 514/Apoatã e H 514/M.Novo, a área foliar aumentou significativamente. Esses aumentos ocorreram paralelamente aos incrementos nas taxas de fotossíntese e, portanto, a fotossíntese total da planta deve ter sido

maior nessas combinações (Tabela 2). Nesse contexto, a maior disponibilidade de carboidratos poderia explicar, pelo menos em parte, o maior crescimento radicular nas combinações Catuaí 15/M.Novo e H 514/M.Novo. De modo oposto, menor taxa de fotossíntese e menor área foliar podem estar associadas à menor superfície radicular observada na maioria das plantas enxertadas sobre Conilon M1 e RC EMCAPA (Tabela 2).

Dos porta-enxertos de café canéfora utilizados, o Apoatã, do grupo Robusta, é considerado menos tolerante à seca, em face de um controle estomático pouco eficiente das trocas gasosas, quando comparado com Conilon M1 ou RC EMCAPA, do grupo Kouilou (DaMatta e Rena 2001). Essas considerações poderiam explicar o porquê da condutância estomática ter sido reduzida nas plantas de arábica enxertadas sobre Conilon M1 ou RC EMCAPA, ao contrário do que foi verificado na enxertia sobre o Apoatã. À primeira vista, as reduções em  $g_s$  poderiam acarretar decréscimos em A. Uma vez que os decréscimos relativos em  $g_s$  foram superiores aos de A, é pouco provável que as baixas taxas

**Tabela 2** - Condutância estomática ( $g_s$ ) (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (E) (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), assimilação líquida do carbono (A) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), área foliar (AF) (cm<sup>2</sup>) e superfície de raiz (SR) (cm<sup>2</sup>) em diversas combinações copa/porta-enxerto e pé-franco em mudas de café

CONTRASTES	$g_s$	E	A	AF	SR
Catuaí 15	0,238	3,4	3,9	412	3119
vs Catuaí 15 / Apoatã	0,170 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	471 <sup>ns</sup>	3100 <sup>ns</sup>
vs Catuaí 15/ Conilon M1	0,118*	2,3*	0,4*	294*	1458*
vs Catuaí 15/ M. Novo	0,320 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>ns</sup>	5,4*	495*	4163*
vs Catuaí 15/ RC EMCAPA	0,133*	2,8 <sup>ns</sup>	0,7*	278*	2517 <sup>ns</sup>
Oeiras	0,288	2,7	4,2	615	5688
vs Oeiras / Apoatã	0,225 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	4,0 <sup>ns</sup>	339*	2492*
vs Oeiras / Conilon M1	0,143*	3,0 <sup>ns</sup>	1,5*	233*	1346*
vs Oeiras / M. Novo	0,318 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	5,3 <sup>ns</sup>	585 <sup>ns</sup>	4294*
vs Oeiras / RC EMCAPA	0,160*	2,7 <sup>ns</sup>	1,6*	243*	1533*
H 419	0,285	3,5	4,9	532	3337
vs H 419 / Apoatã	0,203 <sup>ns</sup>	2,7*	4,4 <sup>ns</sup>	375*	3366 <sup>ns</sup>
vs H 419 / Conilon M1	0,145*	2,9 <sup>ns</sup>	1,1*	196*	1245*
vs H 419 / M. Novo	0,278 <sup>ns</sup>	4,0 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	552 <sup>ns</sup>	4085 <sup>ns</sup>
vs H 419 / RC EMCAPA	0,168*	2,8*	1,1*	247*	1742*
H 514	0,260	3,6	3,9	381	2870
vs H 514 / Apoatã	0,240 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	5,5*	542*	3520 <sup>ns</sup>
vs H 514 / Conilon M1	0,164 <sup>ns</sup>	2,6*	0,8*	162*	895*
vs H 514 / M. Novo	0,248 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	5,2*	635*	4324*
vs H 514 / RC EMCAPA	0,213 <sup>ns</sup>	2,8*	2,3*	245*	1671*

fotossintéticas observadas nas plantas enxertadas sobre porta-enxertos de Kouillou tenham sido resultantes de limitações estomáticas da fotossíntese (DaMatta, 2003).

De modo geral, o comportamento das trocas gasosas das plantas enxertadas sobre Apoatã pouco diferiu em relação àquele dos pés-francos. Estes resultados contrastam com os de Fahl et al. (2001), obtidos com plantas no campo, em que Apoatã fez aumentar substancialmente as taxas de trocas gasosas, a área foliar, o crescimento e a produção de enxertos de Catuaí 15. Em termos de conservação da turgescência, isso não é problemático quando a disponibilidade da água do solo não for limitante, mas pode acarretar uma rápida exaustão da água disponível e, desse modo, acelerar o desenvolvimento de déficit hídrico na parte aérea. Portanto, o efeito da enxertia sobre as trocas gasosas deve também ser avaliado com disponibilidade hídrica limitada, para recomendação de dado cultivar como porta-enxerto. Em algumas regiões, com períodos secos prolongados, a utilização de porta-enxertos que reduzam a transpiração total da planta poderia ser vantajosa visto que, nesses casos, a conservação da turgescência pode ser mais importante que a manutenção das trocas gasosas, de modo a permitir maior estabilidade da produção (DaMatta, 2004).

### Capacidade geral de combinação de enxerto e porta-enxerto

De acordo com a análise dialélica, não houve diferenças significativas nas variáveis analisadas quanto a CGC nos pés-francos. Nas plantas enxertadas, contudo, houve diferenças significativas em todas as variáveis estudadas (Tabela 3).

O genótipo M. Novo, utilizado como porta-enxerto, apresentou valor positivo de CGC em todas as variáveis e, no Apoatã, não foi positiva apenas com relação à transpiração. Os valores positivos de CGC indicam, neste trabalho, que o genótipo estudado teve um desempenho superior aos que tiveram valores negativos. Os porta-enxertos Conilon M1 e RC EMCAPA influenciaram negativamente as trocas gasosas, em relação às dos pés-francos (Tabela 3).

Com disponibilidade hídrica adequada, os resultados demonstraram maior eficiência dos genótipos M. Novo e Apoatã como porta-enxertos, com destaque para M. Novo, que, como visto nas comparações entre médias, proporcionou aumentos em *A*, *AF* e *SR* nas combinações com Catuaí 15 e H514. Neste estudo realizado em cultivo hidropônico, com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva, a enxertia de genótipos de *C. arabica* em porta-enxerto da mesma espécie foi mais eficiente que em porta-enxertos de *C. canephora*.

**Tabela 3** - Capacidade geral de combinação de mudas de cafeeiros enxertadas e não-enxertadas para as variáveis condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração (*E*), taxa de assimilação líquida do carbono (*A*), área foliar (*AF*) e superfície de raiz (*SR*) em diversas combinações copa/porta-enxerto e pé-franco em mudas de café

Pés-franco					
	$g_s^{ns}$	<i>E</i> <sup>ns</sup>	<i>A</i> <sup>ns</sup>	<i>AF</i> <sup>ns</sup>	<i>SR</i> <sup>ns</sup>
Catuaí 15	-0,017	-0,123	-0,638	16,3	199,9
Oeiras	0,009	0,045	0,231	-18,4	-193,1
H 419	-0,004	0,077	0,031	-25,7	0,050
H 514	0,012	0,002	0,375	27,8	-0,678
Erro padrão (Gi):	0,015	0,106	0,261	11,5	132,145
Porta-enxertos					
	$g_s^*$	<i>E</i> <sup>*</sup>	<i>A</i> <sup>*</sup>	<i>AF</i> <sup>*</sup>	<i>SR</i> <sup>*</sup>
Apoatã	0,006	-0,130	0,981	63,5	509,9
Conilon M1	-0,060	-0,305	-1,856	-146,9	-1373,3
Mundo Novo	0,088	0,670	2,188	198,6	1607,1
RC EMCAPA	-0,034	-0,236	-1,313	-115,1	-743,7
Erro padrão (Gi):	0,015	0,106	0,261	11,5	132,2

\*\* - significativo a de 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>ns</sup> - não-significativo.

Em qualquer caso, faz-se necessária a avaliação das trocas gasosas das combinações enxerto/porta-enxerto em campo, onde a disponibilidade hídrica, a temperatura e a irradiância são fortes, o que pode alterar profundamente o funcionamento do aparelho fotossintético, com reflexos diretos sobre a produção.

A adaptação do modelo de análise dialélica para avaliar a CGC do porta-enxerto pareceu mostrar-se eficiente, indicando que esse procedimento estatístico pode ser de grande utilidade em programas de pesquisa visando à seleção de variedades porta-enxertos.

## REFERÊNCIAS

1. BOHM, W. (1979). *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag. New York, 188p.
2. CLARK, R. B. (1975). Characterization of phosphatase of intact maize roots. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 23:458-460.
3. CRUZ, C. D. (2001). Programa Genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, UFV. [CDROM].
4. DaMATTA, F. M. (2003). Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: Hemantaranjan, A. (Ed.), *Advances in Plant Physiology*. Scientific Publishers, Jodhpur, p. 227-265.
5. DaMATTA, F. M. (2004). Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research* 86:99-114.
6. DaMatta, F. M., MAESTRI, M., MOSQUIM, P. R. & BARROS, R. S. (1997). Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. *Plant Science* 128:43-50.
7. DaMATTA, F. M. & RENA, A. B. (2001). Tolerância do café a seca. In: Zambolin, L. (Ed). *Tecnologia de produção de café com qualidade*. Viçosa, UFV. p.65-90.
8. FAHL, J. I., CARELLI, H. C., GALLO, P. B. & TRIVELIN, P. C. O. (2001). Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. *Experimental Agriculture* 37:241-252.
9. GONÇALVES, C. A. A. (1996). Comportamento da cultivar Folha de Figo (*Vitis tabrusca* L.) sobre diferentes porta-enxertos de videira. Tese de mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 45p.
10. HARTMANN, H. T. & KESTER, D. E. (1990). *Propagación de plantas: principios y practices*. México, Continental, 760p.
- Martinez, HEP (2002). O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. Viçosa, UFV. 61p.
11. MATIELLO, J. B. (1998). *Café Conilon: Como Plantar, Tratar, Colher, Preparar e Vender*. Rio de Janeiro, MM Produções Gráficas, 162p.
12. MORAES M. V. & FRANCO, C. M. (1973). Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café. 8p.
13. RAGHURAMULU, Y. & PURUSHOTHAN, K. (1987). Root-stock trials in coffee: I. Studies on success in grafting and scion influence on growth of plants in some graft combinations. *Journal of Coffee Research* 17:8-15.
14. RAMOS, L. C. S. & LIMA, M. M. AA. (1980). Avaliação da superfície relativa do sistema radicular do cafeeiro. *Bragantia* 39(1):1-5.
15. RENA, A. B. & DaMATTA, F. M. (2002.). O sistema radicular do cafeeiro: estrutura e ecofisiologia. In: Zambolim, L. (Ed.), *O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café*. Viçosa, UFV. p.11-83.
16. TENNANT, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63:995-1001.

## CONCLUSÕES

Dentre os porta-enxertos estudados, o Mundo Novo IAC 376-4 demonstrou ser o mais promissor, proporcionando efeitos positivos na assimilação de CO<sub>2</sub>, enquanto a variedade Oeiras MG 6851 e o híbrido H 419-10-3-1-5 apresentaram bom desempenho quando cultivados como pés-francos, não sendo beneficiados pela enxertia. Neste trabalho em cultivo hidropônico, a enxertia de genótipos de *C. arabica* em porta-enxerto da mesma espécie foi mais eficiente que em porta-enxertos de *C. canephora*.