

TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE GENÓTIPOS DE CAFÉ PORTADORES DE GENES DE DIFERENTES ESPÉCIES

Filipe Gimenez Carvalho¹, Gustavo Hiroshi Sera², Elder Andreazi³, Tumoru Sera⁴,
Inês Cristina de Batista Fonseca⁵, Fernando Cesar Carducci⁶, Luciana Harumi Shigueoka⁷,
Melina Marques Holderbaum⁸, Kamila Carmezini Costa⁹

(Recebido: 07 de março de 2016; aceito: 19 de setembro de 2016)

RESUMO: A seca é um dos fatores limitantes ao desenvolvimento dos cafeeiros arábicos e fontes de tolerância existem nas diferentes espécies de *Coffea* spp. O objetivo neste trabalho foi avaliar a tolerância à seca em mudas de 21 genótipos de café, portadores de genes de diferentes espécies, por meio da avaliação do grau de murchamento de suas folhas quando submetidas a períodos de restrição hídrica. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 24 repetições de uma muda de seis meses de idade por parcela. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) em Londrina, Paraná, Brasil. Foram efetuadas duas avaliações visuais, por um índice de murcha das folhas, com notas de 1 a 9, seis dias após o início da restrição hídrica. As avaliações visuais quanto à intensidade de murcha em mudas permitiram discriminar satisfatoriamente genótipos com maior tolerância à seca. O genótipo mais tolerante à seca foi IAPAR 11260, um *Coffea arabica* (portador de genes de *Coffea racemosa*), seguido de *Coffea arabica* da Etiópia E368, 'IPR 100' (portador de genes de *Coffea liberica*) e 'IPR 103' (portador de genes de *Coffea canephora*). O *Coffea canephora* cv. 'Apoatã IAC 2258' foi mais sensível à seca do que todos os genótipos de *Coffea arabica*.

Termos para indexação: *Coffea racemosa*, *Coffea liberica*, cafeeiro da Etiópia, melhoramento genético.

DROUGHT TOLERANCE IN SEEDLINGS OF COFFEE GENOTYPES CARRYING GENES OF DIFFERENT SPECIES

ABSTRACT: Drought is one of the limiting factors to Arabica coffee crop and tolerance sources exist in different *Coffea* spp. species. The aim of this research was to evaluate the drought tolerance in seedlings of 21 coffee genotypes, carrying genes of different species, by wilting degree analysis of seedling leaves subjected to a period of hydric restriction. The experimental design was completely randomized with 24 replicates, with one seedling of six months per plot. The experiment was carried out in a greenhouse at the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) in Londrina, Paraná, Brazil. Two evaluations were performed using a leaf wilting index, in the range of grades from 1 to 9, that were performed, in both evaluations, six days after the drought restriction began. Assessments of the intensity of wilt in seedlings allowed to discriminate genotypes with tolerance to drought. The most tolerant genotype to drought was IAPAR 11260 a *Coffea arabica* (carrier of *Coffea racemosa* genes), followed by *Coffea arabica* Ethiopia E368, 'IPR 100' (carrier of *Coffea liberica* genes) and 'IPR 103' (carrier of *Coffea canephora* genes). *Coffea canephora* cv. 'Apoatã IAC 2258' was the most sensitive compared with all *Coffea arabica* genotypes.

Index terms: *Coffea racemosa*, *Coffea liberica*, drought, coffee from Ethiopia, breeding.

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das mais importantes commodities agrícolas no mundo, sendo o Brasil o maior produtor e exportador deste produto, com 43,235 milhões de sacas produzidas e 36,939 milhões de sacas exportadas em 2015 (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2016).

A espécie *Coffea arabica* L. encontra no Brasil grandes áreas adequadas a seu cultivo, semelhantes às condições de seu centro de origem, a Etiópia, caracterizada pela distribuição abundante de chuvas e umidade

atmosférica elevada (CHESEREK; GICHIMU, 2012; PINHEIRO, 2005). No entanto, verifica-se a expansão da cafeicultura para locais com limitações hídricas, má distribuição das chuvas ao longo do ano, além de temperaturas mais elevadas, que, coincidindo com períodos de frutificação, limitam a produtividade dos cafezais (SILVA; MAZZAFERA, 2008).

A deficiência hídrica é um dos fatores ambientais responsáveis pela diminuição da produtividade do cafeeiro, tanto no Brasil quanto em outros países produtores (DAMATTA; RAMALHO, 2006). A água é o principal constituinte das plantas, podendo representar de 50

^{1,3,5,7}Universidade Estadual de Londrina/UUEL - Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445, Km 380 - Campus Universitário, 6001 - 86.055-900 - Londrina - PR - filipegcarvalho@hotmail.com, elderfsp@gmail.com, inescbf@uel.br, harumishigueoka@hotmail.com
^{2,4,6,8,9}Instituto Agronômico do Paraná/IAPAR - Área de Melhoramento e Genética Vegetal. Rodovia Celso Garcia Cid Km 375 Três Marcos, 481 - 86.047-902 - Londrina - PR - gustavosera@iapar.br, tsera@iapar.br, fernando.carducci@hotmail.com, melina.mholderbaum@hotmail.com, kamilacarmezini@hotmail.com

a 95% da massa fresca total dos diferentes órgãos e tecidos vegetais e está relacionada a diversas funções, como estrutura, crescimento, transporte, regulação da temperatura nas superfícies foliares, além de ser um solvente ideal para as reações químicas nas células (PÉREZ, 2006). Deste modo, toda planta necessita manter um balanço entre a absorção e a perda de água, constituindo um sério desafio para as plantas que são mantidas em condição de campo.

Sintomas típicos de falta de água, como a murcha das folhas, não são visualizados facilmente nos cafeeiros adultos, no entanto, pequenas diminuições na oferta de água podem reduzir substancialmente seu crescimento (SILVA; MAZZAFERA, 2008), causar alterações em processos biológicos e fisiológicos, provocar injúrias, e consequentemente levar à queda na produção e na qualidade do café (CHESEREK; GICHIMU, 2012).

Uma das características necessárias para que o cafeeiro produza em locais onde ocorre déficit hídrico, é a capacidade de manter suas folhas túrgidas (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987). Algumas plantas desenvolveram mecanismos capazes de diminuir os efeitos da falta de água no solo, que podem ser transmitidos geneticamente, tais como: aumento do sistema radicular, redução da área foliar, ajuste osmótico, fechamento estomático, entre outros (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Dentro do gênero *Coffea* spp., existem espécies que apresentam maior tolerância à seca do que *C. arabica*, e podem ser utilizadas em programas de melhoramento. *Coffea racemosa* Lour., originária de regiões de Moçambique sujeitas a consideráveis períodos de estiagem, apresenta boa adaptação à seca (MEDINA FILHO; CARVALHO; MEDINA, 1977). *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner, apresenta maior sistema radicular em relação aos cafeeiros arábicos, sendo uma vantagem em condições de estresse hídrico (PINHEIRO, 2005). Cafeeiros arábicos da série BA, portadores de genes do *Coffea liberica* Hiern, mostraram-se mais tolerantes à seca do que outros cafeeiros arábicos (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987; QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014).

Cultivares de café desenvolvidas pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e outros genótipos de café arábica em seleção,

têm potencial para apresentar tolerância à seca, pois são portadores de genes das espécies *C. racemosa*, *C. canephora* e *C. liberica*. O objetivo neste trabalho foi avaliar a tolerância à seca em mudas jovens de 21 genótipos de café, portadores de genes de diferentes espécies, através do grau de murchamento de suas folhas quando submetidas a períodos de restrição hídrica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em abril de 2012, em casa de vegetação no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, Paraná, Brasil (latitude 23°18'S, longitude 51°09'W).

Foram avaliados, no estádio de mudas com seis meses de idade, dezoito genótipos de *C. arabica* portadores de genes de *C. racemosa*, *C. canephora* e *C. liberica*, além de dois genótipos de *C. arabica* e um de *C. canephora* (Tabela 1). Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com 24 repetições de uma planta por parcela. Entre cada parcela, foi deixada a distância de 10 cm para melhor desenvolvimento da parte aérea das plantas. Uma bordadura, constituída de uma fileira com plantas de café, foi instalada ao redor do experimento.

As sementes foram semeadas em germinadores de areia e o transplântio foi realizado quando as plântulas estavam no estádio cotiledonar. As mudas dos cafeeiros foram desenvolvidas em copos plásticos de 700 mL, contendo aproximadamente 750 gramas de substrato, composto por terra + areia + esterco de galinha e palha de café na proporção de 3:1:1, sendo a adubação química e correção do solo feita de acordo com a análise do solo. As plantas foram conduzidas durante três semanas em condições de 75% de sombreamento e a aclimatação foi realizada abruptamente para 25% de sombra, sem danos às mesmas, desenvolvendo-se nessas condições até atingirem seis meses de idade e com sete a oito pares de folhas.

Após esse período os cafeeiros jovens foram levados à casa de vegetação para aclimatação, mantendo a irrigação por duas semanas. Em seguida, os recipientes contendo o substrato com as mudas foram imersas em água por dez minutos até atingirem a capacidade de campo e, posteriormente, passaram por um período de déficit hídrico, com suspensão total da irrigação.

TABELA 1 - Descrição dos genótipos de café arábica testados para tolerância à seca.

Genótipos	Descrição ⁽¹⁾	<i>C. arabica</i> portador de genes das espécies
Tupi IAC 1669-33	“Sarchimor”	<i>C. canephora</i>
IAPAR 59	“Sarchimor”	<i>C. canephora</i>
IPR 97	“Sarchimor”	<i>C. canephora</i>
IPR 98	“Sarchimor”	<i>C. canephora</i>
IPR 99	“Sarchimor”	<i>C. canephora</i>
IPR 100	“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro BA10”)	<i>C. liberica</i>
IPR 101	“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro BA10”)	<i>C. liberica</i>
IPR 102	“Icatu” x “Catuaí”	<i>C. canephora</i>
IPR 103	“Icatu” x “Catuaí”	<i>C. canephora</i>
IPR 104	“Sarchimor”	<i>C. canephora</i>
IPR 105	“Catuaí” x (“Catuaí” x “cafeeiro BA10”)	<i>C. liberica</i>
IPR 106	“Icatu”	<i>C. canephora</i>
IPR 107	‘IAPAR 59’ x ‘Mundo Novo IAC 376-4’	<i>C. canephora</i>
IPR 108	‘IAPAR 59’ x (“Icatu” x “Catuaí”)	<i>C. canephora</i>
IAPAR 11256	F ₂ de ‘IAPAR 59’ x [‘Tupi’ x (“C1195-5-6-2” x ‘Tupi’)]	<i>C. canephora</i> e <i>C. racemosa</i>
IAPAR 11260	F ₂ de ‘Catuaí 81’ x [‘Tupi’ x (“C1195-5-6-2” x ‘Tupi’)]	<i>C. canephora</i> e <i>C. racemosa</i>
IAPAR 11263	F ₂ de ‘IPR 108’ x [‘Tupi’ x (“C1195-5-6-2” x ‘Tupi’)]	<i>C. canephora</i> e <i>C. racemosa</i>
IAPAR 11280	F ₄ de “C1195-5-6-2” x ‘Tupi’	<i>C. canephora</i> e <i>C. racemosa</i>
Catuaí V. IAC 99	‘Caturra Amarelo IAC 476’ x ‘Mundo Novo’	<i>C. arabica</i>
Etiópia E368	Acesso de <i>C. arabica</i> da Etiópia (E368)	<i>C. arabica</i>
Apoatã IAC 2258	Cultivar porta-enxerto de café robusta	<i>C. canephora</i>

⁽¹⁾ C1195-5-6-2 (C1195-5-6-2 c.950 Ep209) = planta F₂RC₂ do cruzamento [(*Coffea arabica* x *C. racemosa* C1195) x *C. arabica*] x *arabica*; ‘Tupi’ = ‘Tupi IAC 1669-33’; ‘Catuaí 81’ = ‘Catuaí Vermelho IAC 81’.

Foram efetuadas duas avaliações visuais, por um índice de murcha das folhas pelo critério de notas de 1 a 9 (Figura 1), em que: 1 = nenhum sintoma de murcha; 2 = folhas levemente pendentes; 3 = folhas com pendência mediana; 4 = folhas muito pendentes; 5 = folhas completamente pendentes, sem descoloração das folhas e sem perda do brilho; 6 = folhas completamente pendentes, com início de descoloração e perda de brilho das folhas, além de leve secamento das folhas; 7 = folhas completamente pendentes, com descoloração e perda de brilho em todas as folhas, além de moderado secamento das folhas; 8 = folhas completamente pendentes, com descoloração e perda de brilho em todas as folhas, além de alta intensidade de secamento das folhas, com algumas de coloração marrom; 9 = todas as folhas marrons e completamente secas.

A cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 foi utilizada como padrão. Quando as plantas desse tratamento atingiram nota média acima de 5,0 no período sem irrigação, a avaliação foi iniciada, e as notas foram atribuídas individualmente para as mudas. Isso foi feito porque plantas com notas acima de 5,0 já apresentavam sintomas de secamento da folha e quando reidratadas apresentaram leves danos foliares.

Após a primeira avaliação, as mudas voltaram a ser irrigadas por quatro dias para sua reidratação. Antes da segunda avaliação, as mudas passaram por outra imersão em água (por dez minutos), até atingirem a capacidade de campo, suspendendo-se assim a irrigação.

Na segunda avaliação de murcha, não foi esperado que o padrão ‘Catuaí’ atingisse a nota média acima de 5,0 e, portanto, as duas avaliações foram efetuadas seis dias após o início do déficit hídrico.

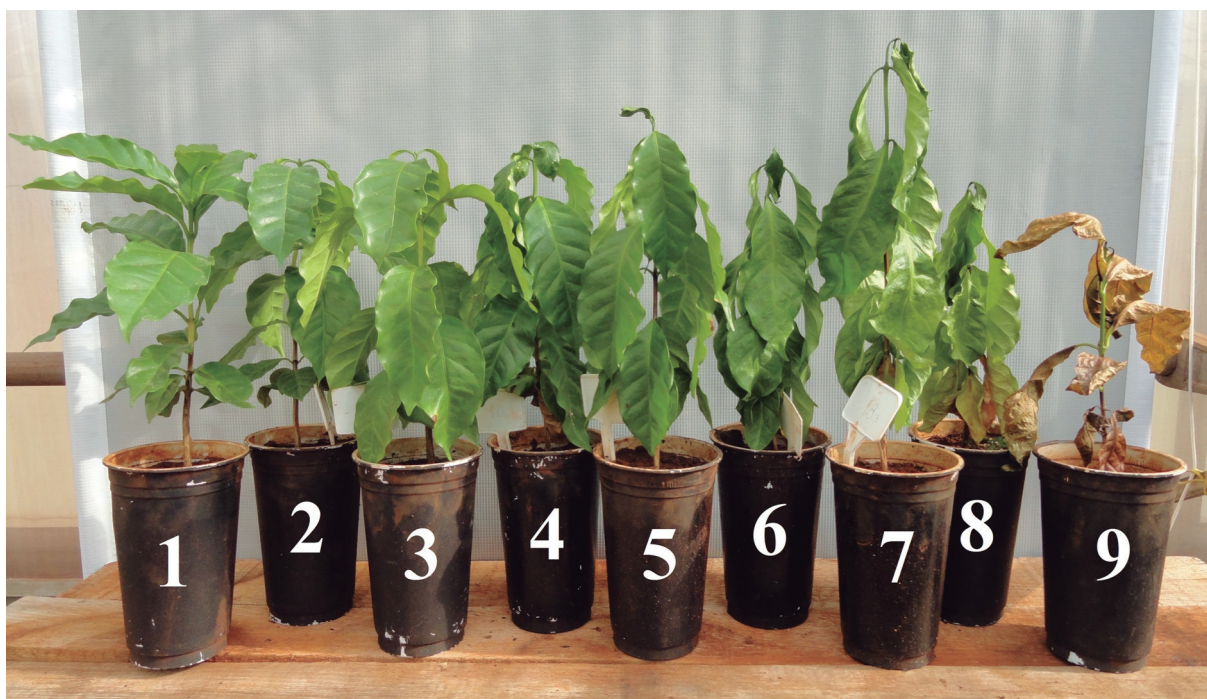


FIGURA 1 - Escala de notas de 1 a 9. Nota 1 = nenhum sintoma de murcha e nota 9 = todas as folhas completamente secas.

Isto ocorreu porque ‘Apoatã IAC 2258’ apresentava muitas plantas com notas acima de 6,0 e também para verificar se os genótipos se aclimatariam à condição de déficit hídrico da primeira avaliação. Nas duas avaliações foi calculada a porcentagem de plantas com notas acima de 6,0.

As temperaturas máxima, mínima e média da primeira avaliação foram, respectivamente, 32,6°C, 20,1°C e 26°C. Na segunda avaliação essas mesmas temperaturas foram, respectivamente, 30,9°C, 20,1°C e 24,8°C. As umidades relativas do ar média da primeira e segunda avaliação foram, respectivamente, 67,2% e 71,7%.

Os dados foram submetidos a análises de variância e teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, com auxílio do Software Genes (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações quanto à intensidade de murcha devido à restrição hídrica em mudas demonstraram uma clara diferença entre os genótipos testados. Considerando haver correlação entre turgidez, menor murchamento e tolerância à seca foram apresentados e discutidos os dados obtidos.

Na primeira avaliação, os genótipos ‘IAPAR 11260’, ‘Etiópia E368’, ‘IPR 103’ e ‘IPR

100’ foram os que tiveram menor murchamento e, portanto, os mais tolerantes ao déficit hídrico. Os tratamentos que apresentaram maior sensibilidade ao déficit hídrico foram ‘Apoatã IAC 2258’, ‘Catuaí Vermelho IAC 99’, ‘IPR 104’, ‘IPR 97’, ‘IAPAR 11280’, ‘IAPAR 11256’, ‘IPR 101’, ‘IPR 106’, ‘IPR 99’, ‘IPR 107’, ‘IPR 108’ e ‘IPR 105’. Os genótipos considerados intermediários em relação ao murchamento foram IAPAR 59, IPR 98, ‘IAPAR 11263’, ‘IPR 102’ e ‘Tupi IAC 1669-33’ (Tabela 2).

Na segunda avaliação ‘IAPAR 11260’ se destacou como o mais tolerante e ‘IAPAR 59’, ‘IAPAR 11263’ e ‘IPR 98’ que apresentavam tolerância intermediária tornaram-se tão tolerantes quanto ‘IPR 100’, ‘IPR 103’ e ‘Etiópia E368’. ‘IPR 101’ considerado sensível na primeira avaliação, apresentou tolerância similar ao grupo de tolerância de ‘IPR 100’ na segunda avaliação. Dez genótipos classificados como sensíveis na primeira avaliação tornaram-se mais tolerantes do que ‘Apoatã IAC 2258’, indicando que esta última é mais sensível e não se adaptou ao primeiro déficit hídrico (Tabela 2).

Pela média das duas avaliações foi possível observar que os genótipos ‘IAPAR 11260’, ‘Etiópia E368’ e ‘IPR 100’ foram os mais tolerantes, seguidos por ‘IAPAR 59’, ‘IPR 98’ e ‘IPR 103’, sendo o ‘Apoatã IAC 2258’ o genótipo mais sensível dentre os materiais genéticos avaliados (Tabela 2).

TABELA 2 - Notas médias e porcentagem de plantas com notas > 6,0 nas duas avaliações do índice de murchamento das folhas em mudas de café, com suspensão total de irrigação por seis dias em cada avaliação.

Genótipos	1ª Avaliação		2ª Avaliação		Médias
	Notas médias ⁽¹⁾	> 6,0 (%)	Notas médias ⁽¹⁾	> 6,0 (%)	
IAPAR 11260	2,375 a	0,00	1,750 a	0,00	2,063 a
Etiópia E368	2,435 a	0,00	2,739 b	0,00	2,587 a
IPR 100	2,583 a	0,00	2,792 b	0,00	2,688 a
IPR 103	2,500 a	4,17	3,292 b	0,00	2,896 b
IAPAR 59	3,667 b	16,67	3,000 b	0,00	3,333 b
IPR 98	3,708 b	8,33	3,042 b	0,00	3,375 b
IAPAR 11263	4,042 b	4,17	3,000 b	0,00	3,521 c
IPR 101	4,542 c	4,17	3,250 b	0,00	3,896 c
IPR 102	4,125 b	20,83	3,750 c	8,33	3,938 c
IPR 108	4,375 c	4,17	3,542 c	4,17	3,958 c
Tupi IAC 1669-33	3,958 b	20,83	4,000 c	8,33	3,979 c
IPR 107	4,458 c	20,83	3,542 c	8,33	4,000 c
IPR 99	4,458 c	8,33	3,625 c	0,00	4,042 c
IAPAR 11256	4,583 c	29,17	3,500 c	4,17	4,042 c
IPR 106	4,500 c	16,67	3,667 c	4,17	4,083 c
IAPAR 11280	4,760 c	37,50	3,480 c	4,17	4,120 c
IPR 97	4,958 c	29,17	3,625 c	8,33	4,292 c
IPR 105	4,375 c	16,67	4,208 c	8,33	4,292 c
IPR 104	5,138 c	33,33	3,708 c	4,17	4,423 c
Catuai Vermelho IAC 99	5,250 c	45,83	4,083 c	0,00	4,667 c
Apoatã IAC 2258	5,583 c	45,83	6,042 d	62,50	5,813 d
Médias	4,118		3,508		3,813
CV%	15,73		17,64		12,63

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Dados transformados em raiz quadrada de $x + 1$.

Nas duas avaliações foi verificado que plantas com notas superiores a 6,0, apresentaram danos foliares permanentes, como dessecação de folhas jovens do ápice e de partes de folhas completamente expandidas no restante das mudas. Somente as plantas dos genótipos “IAPAR 11260”, “Etiópia E368” e ‘IPR 100’ não apresentaram notas superiores a 6,0. Os genótipos ‘Apoatã IAC 2258’, Catuai Vermelho IAC 99’, ‘IAPAR 11280’, ‘IPR 104’, ‘IAPAR 11256’ e ‘IPR 97’ apresentaram mais de 25% de plantas com notas > 6,0.

Na segunda avaliação, a maioria dos genótipos apresentou menos de 10% de plantas com notas > 6,0 e muitas apresentaram 0%, indicando que ocorreu aclimação após o primeiro déficit hídrico. Essa adaptação não foi observada em ‘Apoatã IAC 2258’, pois nas duas avaliações a frequência de plantas com notas > 6,0 foi alta e os danos foliares após a reidratação foram observados em muitas plantas (Tabela 2).

Pelas notas médias das avaliações do índice de murcha das folhas foi possível observar que

“IAPAR 11260” aclimatou após o primeiro déficit hídrico e na segunda avaliação foi mais tolerante do que ‘IPR 100’, “Etiópia E368” e ‘IPR 103’. Os genótipos “IAPAR 11263”, ‘IAPAR 59’, ‘IPR 98’ e ‘IPR 101’ também aclimataram após o primeiro déficit hídrico, pois na segunda avaliação não diferiram estatisticamente de ‘IPR 100’, “Etiópia E368” e ‘IPR 103’, os quais não aclimataram pelo primeiro déficit. Os tratamentos ‘Catuaí Vermelho IAC 99’, ‘IPR 104’, ‘IPR 105’, ‘IPR 97’, “IAPAR 11280”, ‘IPR 106’, “IAPAR 11256”, ‘IPR 99’, ‘IPR 107’ e ‘IPR 108’ também aclimataram após o primeiro déficit hídrico e tornaram-se mais tolerantes do que ‘Apoatã IAC 2258’ (Tabela 2).

A fonte de tolerância à seca dos genótipos “IAPAR 11260” e “IAPAR 11263” pode ter sido originada do genótipo “C1195-5-6-2”, que foi relatado por Medina Filho, Carvalho e Medina (1977) como sendo tolerante à seca em condições de campo. Esses mesmos autores relataram que *C. racemosa* é tolerante à seca e que “C1195-5-6-2” foi derivado do cruzamento natural entre *C. arabica* cv. ‘Blue Mountain’ e *C. racemosa* (C1195). O híbrido C1195-5 foi retrocruzado, naturalmente, duas vezes com *C. arabica* originando a progênie F_1RC_2 , denominada C1195-5-6-2. Nos genótipos “IAPAR 11260” e “IAPAR 11263” foram efetuados mais três retrocruzamentos de diferentes cultivares de café arábica com uma planta F_2 (IAPAR 81185) do genótipo F_1RC_2 (C1195-5-6-2 c.950 Ep209) visando transferir a tolerância à seca. Outros estudos com mudas do cafeeiro ‘Siriema 842’, também oriunda de C1195-5-6-2 e retrocruzada com “Catimor UFV 417” relataram a tolerância dessa cultivar em condições de déficit hídrico (BRUM et al., 2013; GRISI et al., 2008; MELO et al., 2014).

Portanto, *C. racemosa* foi provavelmente a fonte de tolerância à seca nos genótipos “IAPAR 11260” e “IAPAR 11263” e não as cultivares Tupi IAC 1669-33, IPR 108 e Catuaí Vermelho, utilizados nos retrocruzamentos para a obtenção desses genótipos, já que esses foram mais sensíveis ao déficit hídrico nas avaliações.

Os genes que proporcionaram a adaptação à seca podem estar em homozigose no “IAPAR 11260”, enquanto que no “IAPAR 11263” podem estar em heterozigose. Com o avanço de geração será possível selecionar progênies do “IAPAR 11263” em homozigose, e assim, obter linhagens com nível de tolerância à seca similar ao “IAPAR 11260”. Medina Filho, Carvalho e Medina (1977) sugeriram que a resistência à seca de *C. racemosa* é controlada por genes dominantes.

O genótipo Etiópia E368 não diferiu estatisticamente do genótipo “IAPAR 11260”, mais tolerante na primeira avaliação e na média das duas avaliações. Esse comportamento foi similar a outro cafeeiro oriundo da Etiópia, a introdução Geisha, que demonstrou boa tolerância à seca em condições de campo (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014).

O bom desempenho de ‘IPR 100’, com tolerância similar ao “IAPAR 11260” na primeira avaliação e na média das duas avaliações, provavelmente é devido à sua origem, derivada do cruzamento entre “Catuaí” e um híbrido (“Catuaí” x “cafeeiro BA10”) portador de genes do *C. liberica*. Em outro estudo foram correlacionadas as variáveis produção e tolerância à seca de cafeeiros adultos em campo, e dentre muitos genótipos avaliados destacou-se a introdução IAC 1110-10 da Índia (introdução BA10), que esteve entre as mais promissoras para fins de seleção de cafeeiros tolerantes à seca (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987). Queiroz-Voltan et al. (2014) ao avaliarem características anatômicas das folhas de nove cafeeiros arábicos adultos submetidos ao déficit hídrico em campo, verificaram tolerância à seca em BA10 e em híbridos de BA10 com as cultivares Catuaí e Mundo Novo.

Genótipos que possuem a mesma origem do ‘IPR 100’, como é o caso de ‘IPR 105’, não demonstraram tolerância semelhante, com base nessa avaliação de índice de murchamento das folhas. É possível que nos avanços de geração efetuados para a obtenção de IPR 105 não foram selecionadas plantas tolerantes. Do mesmo modo, Mazzafera e Carvalho (1987) observaram que em alguns cafeeiros BA10 apresentaram tolerância à seca e outros se mostraram menos tolerantes.

‘IPR 103’ é derivada do cruzamento entre “Icatu” e “Catuaí” e também apresentou tolerância semelhante ao ‘IPR 100’ nas duas avaliações. As cultivares IPR 102 (“Icatu” x “Catuaí”) e IPR 108 (“IAPAR 59” x (“Icatu” x “Catuaí”)) embora apresentem origem semelhante ao ‘IPR 103’, apresentaram menor nível de tolerância à seca do que ‘IPR 103’. Se for confirmado que ‘IPR 103’ é tolerante à seca, é possível que essa tolerância tenha sido originada do “Icatu”, já que “Catuaí” foi sensível nas condições do experimento, ou ocorreu uma complementação de genes menores para tolerância à seca de “Icatu” com “Catuaí”. Em outros trabalhos a cultivar Catuaí apresentou-se com certo grau de tolerância à seca em condições de campo (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987; QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014).

As cultivares ‘IAPAR 59’ e ‘IPR 98’, ambas do germoplasma “Sarchimor”, diferiram estatisticamente do padrão sensível nas duas avaliações, apresentando um nível intermediário de tolerância à seca na primeira avaliação e não diferiram estatisticamente de ‘IPR 100’, ‘IPR 103’ e “Etiópia E368” na segunda avaliação. Por outro lado, ‘IPR 97’, ‘IPR 99’, ‘IPR 104’ e ‘Tupi IAC 1669-33’, todas do “Sarchimor”, e ‘IPR 107’ (‘IAPAR 59’ x ‘Mundo Novo’), apresentaram menor tolerância ao déficit hídrico e não diferiram estatisticamente do padrão sensível nas duas avaliações. Em um estudo, ‘IAPAR 59’ foi considerada tolerante ao déficit hídrico após obter maior expressão do gene *M6PR*, responsável pela expressão das respostas aos estresses bióticos e abióticos, quando comparada a cultivar Rubi MG 1192 (FREIRE et al., 2013).

O genótipo com maior tolerância à seca foi “IAPAR 11260”, portador de genes das cultivares Tupi IAC 1669-33 e Catuaí Vermelho IAC 81, pois apresentou a melhor nota média nas duas avaliações e foi mais tolerante em relação aos outros genótipos na segunda avaliação. Esse genótipo tem um grande potencial de se tornar uma cultivar de *C. arabica* porque também apresenta alta produtividade, resistência ao bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* Guérin-Mêneville & Perrottet, 1842) e já possui cinco retrocruzamentos com cafeeiros arábicos.

Os genótipos ‘IPR 100’, ‘IPR 103’ e “Etiópia E368” também se destacam para tolerância à seca, pois não diferiram estatisticamente de “IAPAR 11260” na primeira avaliação, além de diferirem estatisticamente da cv. ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ nas duas avaliações.

A cultivar Apoatã IAC 2258 de *C. canephora* foi a mais sensível à seca nas avaliações em mudas, e corroboram as observações realizadas por Fahl et al. (2001), em que *C. canephora* foi mais sensível à seca em comparação a *C. arabica* em experimento conduzido em casa de vegetação, esse fato foi explicado pelo menor controle da abertura estomática e maior taxa de transpiração em relação aos cafeeiros arábicos. Entretanto, Pinheiro (2005) e Silva (2010) apontam que o maior sistema radicular apresentado por *C. canephora* é uma vantagem em relação aos cafeeiros arábicos em condições de déficit hídrico, e em trabalho realizado por Santos e Mazzafera (2012), concluíram que a cultivar ‘Apoatã IAC-3600’ de *C. canephora*, e plantas enxertadas Mundo Novo IAC-464/Apoatã IAC-3600 suportaram melhor o estresse hídrico imposto, quando comparado às cultivares de *C. arabica* ‘Catuaí IAC-81’, e ‘Mundo Novo IAC-464’ sem enxertia.

Tais afirmações não podem ser verificadas no presente estudo, já que o mecanismo de tolerância testado foi apenas a parte aérea das mudas, impossibilitando avaliar o desenvolvimento radicular dos cafeeiros.

Outros estudos também utilizaram mudas de café da cultivar ‘Siriema’ para avaliar a tolerância à seca, obtendo resultados satisfatórios na separação do genótipo tolerante e sensível (BRUM et al., 2013; GRISI et al., 2008; MELO et al., 2014), portanto, é possível que o teste de tolerância à seca em mudas seja uma importante metodologia para selecionar preliminarmente genótipos tolerantes em programas de melhoramento.

Novas pesquisas devem ser efetuadas para testar o desempenho desses cafeeiros em condições de campo em regiões com déficit hídrico acentuado, além de efetuar análises fisiológicas para entender o mecanismo de tolerância.

4 CONCLUSÕES

O genótipo mais tolerante à seca foi IAPAR 11260 um *C. arabica* (portador de genes de *C. racemosa*), seguido de *C. arabica* da Etiópia E368, ‘IPR 100’ (portador de genes de *C. liberica*) e ‘IPR 103’ (portador de genes de *C. canephora*).

A cultivar ‘Apoatã IAC 2258’ de *C. canephora* foi mais sensível à seca do que todos os genótipos de *C. arabica*.

As avaliações de murcha das folhas em mudas jovens de café, com seis meses de idade, permitem discriminar satisfatoriamente os genótipos com maior tolerância à seca. Esta metodologia pode ser um importante instrumento no apoio ao melhoramento genético do cafeeiro, para o desenvolvimento de cultivares tolerantes.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida e ao Consórcio Pesquisa Café pelo apoio financeiro ao projeto.

6 REFERÊNCIAS

- BRUM, C. N. F. et al. Modifications in the metabolism of carbohydrates in (*Coffea arabica* L. cv. ‘Siriema’) seedlings under drought conditions. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 140-147, 2013.
- CHESEREK, J. J.; GICHIMU, B. M. Drought and heat tolerance in coffee: a review. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, Sapele, v. 2, n. 12, p. 498-501, 2012.

- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, p. 271-276, 2013.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impact of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, p. 55-81, 2006.
- FAHL, J. I. et al. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 37, p. 241-252, 2001.
- FREIRE, L. P. et al. Análise da expressão do gene da manose 6 fosfato redutase em cafeeiros submetidos ao déficit hídrico no campo. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, p. 17-23, 2013.
- GRISI, F. A. et al. Leaf anatomical evaluations in 'Catuai' and 'Siriema' coffee seedlings submitted to water stress. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 1730-1736, 2008.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Estatísticas do comércio**. Disponível em: <<http://www.ico.org>>. Acesso em: 4 ago. 2016.
- MAZZAFERA, P. I.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, v. 46, p. 403-415, 1987.
- MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MEDINA, D. M. Germoplasma de *Coffea racemosa* e seu potencial no melhoramento do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 43-46, 1977.
- MELO, E. F. et al. Anatomic and physiological modifications in seedlings of *Coffea arabica* cultivar Siriema under drought conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 25-33, jan./fev. 2014.
- PÉREZ, L. R. Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 24, p. 28-37, 2006.
- PINHEIRO, H. A. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, London, v. 96, p. 101-108, 2005.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 4, p. 1-10, 2014.
- SANTOS, A. B.; MAZZAFERA, P. Dehydrins are highly expressed in water-stressed plants of two coffee species. **Tropical Plant Biology**, Gewerbestrasse, v. 5, p. 218-232, 2012.
- SILVA, E. A.; MAZZAFERA, P. Influences of temperature and water in the coffee culture. **The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology**, Bethesda, v. 2, p. 32-41, 2008.
- SILVA, V. A. Physiological response of Conilon coffee clone sensitive to drought grafted onto tolerant rootstock. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 457-464, maio 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.