

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE MUDAS DE CAFEIEIRO ARÁBICA (cv. OBATÃ E CATUCAÍ) SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

ENRIQUE ALONSO ZUÑIGA^{1*}; LUZ MARIA RUIZ MACHUCA¹; OSVALDIR FELICIANO DOS SANTOS¹; MARA LÚCIA CRUZ DE SOUZA¹; DARIANE PRISCILA FRANCO DE OLIVEIRA¹ E FERNANDO BROETTO²

¹Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de Botucatu. Fazenda Experimental Lageado, Avenida Universitária, n° 3780, Altos do Paraíso, CEP: 18610-034, Botucatu – SP. Brasil. E-mail: ing_sierra-alta@hotmail.com; luzmy_rm@hotmail.com; osvaldir.feliciano@gmail.com; mara_cruzsouza1@hotmail.com; dariane_franco@hotmail.com. *O presente artigo é retirado da tese de Doutorado do autor principal.

²Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de Botucatu. Rua Prof. Dr. Antônio Celso Wagner Zanin, n° 250, Distrito de Rubião Júnior, CEP: 18618-689, Botucatu – SP. Brasil. E-mail: Fernando.broetto@unesp.br

1 RESUMO

Neste trabalho foram avaliadas características biométricas e teor de pigmentos em plantas de cafeeiro arábica cv. Obatã e Catuaí cultivadas sob deficiência hídrica (DH). O experimento foi conduzido em estufa agrícola no período dezembro-maio de 2016-2017 no distrito de Rubião Júnior (Departamento de Química e Bioquímica do IB/UNESP), Botucatu-SP. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x2 em parcelas subdivididas, com quatro repetições por tratamento. Os tratamentos aplicados foram: T1 - 100% da capacidade de campo (CC) - C = Controle, plantas bem irrigadas, T2 - 50% da CC - DHM = Deficiência hídrica moderada e T3 - 25% da CC - DHS = Deficiência hídrica severa. Aos 90, 120, 135 e 165 dias após transplântio (DAT) foram avaliados a altura de plantas, área foliar e teor de clorofilas (*a* e *b*). Verificou-se que apenas a altura das plantas e a área foliar diminuíram significativamente em função da severidade do estresse. Entre as cultivares, somente as plantas da cv. Obatã conseguiram se adaptar melhor aos efeitos da DH.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, déficit hídrico, biometria, pigmentos foliares.

ALONSO-ZUÑIGA, E; RUIZ-MACHUCA, L. M; SANTOS, O. F; SOUZA, M. L. C;
OLIVEIRA, D. P. F; BROETTO, F.
PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF ARABIC COFFEE SEEDLINGS (cv. OBATÃ
AND CATUCAÍ) SUBMITTED TO WATER DEFICIT

2 ABSTRACT

In this work, biometric characteristics and pigment content were assessed in Arabica cv. Obatã and Catuaí cultivated under water deficit (WD). The experiment was conducted in an agricultural greenhouse from December to May, 2016-2017 in the district of Rubião Júnior (Department of Chemistry and Biochemistry of IB / UNESP), Botucatu-SP. Treatments were arranged in a randomized block design in a 3x2 factorial scheme in subdivided plots, with four replications per treatment. The treatments applied were: T1 - 100% of field capacity (FC)

- C = Control, well irrigated plants, T2 - 50% of FC - MWD = moderate water deficit and T3 - 25% FC - SWD = severe water deficit. Plant height, leaf area and chlorophyll content (a and b) were assessed at 90, 120, 135 and 165 days after transplanting (DAT). It was verified that only plant height and leaf area decreased significantly as function of stress severity. Among the cultivars, only cv. Obatã presented better adaptation to the effects of WD.

Keywords: *Coffea arabica*, water deficit, biometry, foliar pigments.

3 INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma planta pertencente à família Rubiaceae, sendo que seus frutos possuem elevado valor nutritivo e econômico, usados como matéria prima para a produção da bebida mais consumida no mundo, o café.

A espécie é cultivada em mais de 75 países, sendo o Brasil o maior produtor seguido por Vietnam, Indonésia, Colômbia e Etiópia. Segundo o Centro de Comércio Internacional, Brasil, Vietnã e Colômbia contribuíram com 55% da produção mundial de café (ITC, 2013).

No Brasil, os principais estados produtores de café Arábica no ano de 2016 foram Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás e Mato Grosso, que correspondem por cerca de 98,6% da produção nacional (CAFÉ, 2016). Dentre as cultivares que apresentam vantagens de adaptação e estabilidade perante estresses bióticos e abióticos, se encontram a cv. Catucaí e cv. Obatã. Em comparação às cultivares Catucaí amarelo e vermelho, a cv. Obatã produz sementes maiores com elevadas produções, motivo que tem permitido a sua acelerada expansão (IAC, 2018).

A deficiência hídrica (DH) é o principal problema ambiental em diferentes regiões, o qual se impõe como fator limitante à produção vegetal, causando grandes impactos econômicos (ABRISQUETA, 2010; SHAO et al., 2008;

SAVÉ et al., 1999; TERRADAS; SAVÉ, 1992).

A DH causa severas perdas na produção de café, sendo capaz de elevar em 45% o índice de grãos malformados quando tal deficiência coincide com a fase de granação (MARCONATO, 2012), afetando e reduzindo o crescimento vegetativo e a produção da safra seguinte. Cabe ressaltar que a DH também causa diminuição na área foliar do cafeeiro (DIAS et al., 2007; CAI et al., 2005). Sendo assim, o uso de irrigação é fundamental e crescente nas regiões e épocas com regime de pluviosidade irregular (FERNANDES et al., 2012), pois um manejo adequado da mesma e o uso eficiente da água proporcionam maiores produtividades e qualidade de grãos (FERNANDES; SANTINATO, 2010). Diante disso, é importante caracterizar a necessidade hídrica da cultura e estimar os possíveis danos fisiológicos perante a restrição hídrica. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo analisar o comportamento fisiológico de plantas de cafeeiro arábica cv. Obatã e Catucaí, cultivadas sob deficiência hídrica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa agrícola no período dezembro a maio de 2016-2017 no distrito de Rubião Júnior (Departamento de Química e Bioquímica do IB/UNESP), Botucatu-SP, com as coordenadas geográficas 22° 51' de

latitude Sul e 48° 26' de longitude Oeste e 815 m de altitude.

Os tratamentos foram dispostos num delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 3x2 em parcelas subdivididas, sendo o fator A as lâminas de irrigação, com os níveis A1- 100% da capacidade de campo (CC) - C = Controle, plantas bem irrigadas, A2- 50% da CC - DHM = Deficiência hídrica moderada e A3- 25% da CC - DHS = Deficiência hídrica severa e fator B cultivares, com os níveis B1- Obatã e B2- Catucaí, totalizando 6 tratamentos, com quatro repetições. Os dados obtidos foram analisados com auxílio do pacote estatístico Minitab v.16, com o objetivo de compreender as causas de variação e conhecer as variáveis que influenciaram em maior relevância às diferenças entre os níveis de irrigação e cultivares, realizando-se as análises de variância e complementada com teste Tuckey, considerando-se $p < .05$.

A irrigação foi realizada conforme cada tratamento e em função da tensão de água do solo estabelecida (C= 8-15 KPa; DHM= 45-53 KPa; DHS= 68-80 KPa). Foram realizados dois ciclos de deficiência hídrica (DH) com duração de 30 dias cada ciclo. Entre cada ciclo de estresse, as plantas foram mantidas em recondicionamento por 15 dias, com irrigação em capacidade de campo para todos os tratamentos. Aos 90 dias após transplântio (DAT), ao final do primeiro

ciclo de estresse (120 DAT), ao final do ciclo de recondicionamento (135 DAT) e ao final do segundo ciclo de estresse (165 DAT) foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, área foliar e teor de clorofilas (*a* e *b*). Também se mediu o potencial hídrico foliar (Ψ_{hf}) com a finalidade de comprovar e manter os níveis de deficiência hídrica nas faixas estabelecidas para cada tratamento.

Foram coletadas quatro plantas por tratamento para a determinação da altura (cm^{-1}) com auxílio de uma fita métrica, medindo-se próximo ao colo e até o ápice das mesmas. Posteriormente, se separaram as folhas do caule e em seguida foi feita a integração da área foliar em equipamento LiCOR (mod. Li-3000 Área Meter) e expressa em cm^{-2} planta⁻¹. Para a extração de pigmentos, foram utilizados por tratamento 4 discos foliares frescos com 1,01 cm^{-1} de diâmetro, mantendo 1 disco por tubo de ensaio (duplicata) contendo 2 mL de Dimetil formamida (DMF) por 24 h no escuro. Após a incubação, a densidade ótica (D.O) da solução contendo os pigmentos foi determinada nos comprimentos de onda 480; 646,8 e 663,8 nm. O teor das clorofilas *a* e *b* foi determinado a partir das equações 1 e 2 descritas por Lee, Brammeier e Smith (1987).

Equações para cálculo:

$$\text{Clorofila } a = (12 \times A_{663,8} - 3,11 \times A_{646,8}) / \text{área} \quad (1)$$

$$\text{Clorofila } b = (20,76 \times A_{646,8} - 4,88 \times A_{663,8}) \quad (2)$$

Em que, A = absorvância no comprimento de onda indicado (em nm).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Altura de plantas

As plantas de cafeeiro apresentaram diferenças significativas em altura já no

primeiro ciclo de estresse, aos 120 DAT para o cultivo de inverno. No ciclo de reidratação (135 DAT), somente as plantas submetidas à DHS parecem ter se recuperado mesmo assim apenas em relação às plantas sob DHM (Tabela 1). Isto provavelmente ocorreu, pelo fato de que o sistema radicular das plantas da DHS apresentava maior capacidade de

exploração naquele momento, ou seja, a severidade do estresse originou o maior desenvolvimento das raízes. Houve interação aos 165 DAT, equivalente ao segundo ciclo de DH (Tabela 2). Nesta avaliação, tanto a lâmina DHS como a cultivar, apresentam interação, com a cv. Obatã melhor adaptada à falta de água.

Tabela 1. Altura de plantas (cm) de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica.

Lâminas (L)	90 DAT	120 DAT	135 DAT
C	42,62 a	49,81 a	52,93 a
DHM	42,31 a	45,81 b	48,35 b
DHS	40,87 a	40,51 c	45,37 b
Cultivar (cv)			
Obatã	42,70 a	45,54 a	49,94 a
Catucaí	41,16 b	45,21 a	47,83 b
	L = 0,367	L = 0,0002	L = 0,001
<i>p</i>	cv = 0,024	cv = 0,668	cv = 0,020
	L x cv = 0,195	L x cv = 0,120	L x cv = 0,535

DAT= Dias após o transplantio; C= Controle; DHM= Deficiência hídrica moderada; DHS= Deficiência hídrica severa; L= Lâmina de água; cv = Cultivar. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 05$).

Tabela 2. Desdobramento da interação para altura de plantas (cm) de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica aos 165 DAT.

Cultivar (cv)	Lâminas (L)			<i>p</i>
	C	DHM	DHS	
Obatã	51,50 Aa	52,12 Aa	50,00 Aa	L = 0,041
Catucaí	53,50 Aa	50,75 Aa	44,00 Bb	cv = 0,021
				L x cv = 0,002

DAT= Dias após o transplantio; C= Controle; DHM= Deficiência hídrica moderada; DHS= Deficiência hídrica severa; L= Lâmina de água; cv = Cultivar. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas ou maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 05$).

Conforme literatura, a DH repercute no crescimento das plantas. Rodrigues et al. (2016) ao submeter mudas de cafeeiro em diferentes lâminas de irrigação verificaram que a altura das plantas diminuiu linearmente com a redução da água disponível no solo.

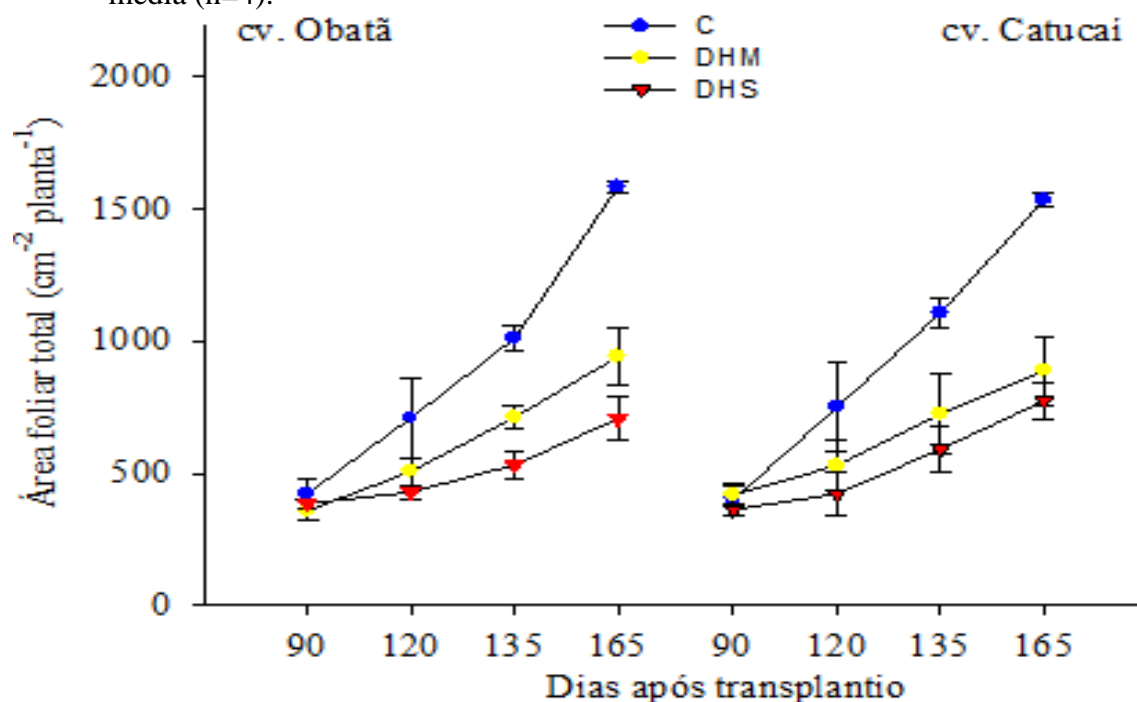
5.2 Área foliar total

O cafeeiro sofreu alterações na área foliar total a partir do primeiro ciclo de DH (Figura 1). Embora a DHS seja a mais rigorosa, o comportamento da AFT foi similar ao da DHM, sendo que, os valores dos tratamentos com DH foram inferiores quando comparados ao tratamento controle. No tocante às cultivares, não houve diferença significativa, conservando assim valores similares de área foliar total desde a imposição da DH (120 DAT) até o

fim do segundo ciclo de estresse (165 DAT). Diante disso, diversos estudos comprovam que a menor irrigação afeta os índices de área foliar em cafeeiro (ZONTA et al., 2009; MEINZER; SALIENDRA; CRISOSTO, 1992). Deste modo, comprovou-se que a redução significativa

da área foliar em mudas de café submetidas à DH está associada a baixas taxas de fotossíntese, provocando assim uma diminuição da expansão celular e consequentemente afetando a altura das plantas.

Figura 1. Área foliar total de plantas de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica. C=Controle; DHM=Deficiência hídrica moderada; DHS=Deficiência hídrica severa. Barras verticais indicam o desvio padrão da média (n=4).



5.3 Clorofila *a*

De acordo com o desdobramento da interação para os 90 DAT, anterior ao início dos ciclos de estresse (Tabela 3), pode se observar que aparentemente as plantas do tratamento DHS da cv. Obatã tiveram uma queda considerável da

clorofila *a* quando comparadas ao controle. Do mesmo modo, é importante destacar que as diferenças apresentadas não foram ocasionadas por restrição hídrica alguma. Por conseguinte, entre cultivares, apenas no tratamento controle as plantas da cv. Catucaí apresentaram o valor mínimo para este parâmetro.

Tabela 3. Desdobramento da interação para clorofila *a* ($\mu\text{g cm}^{-2}$ folha) em plantas de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica aos 90 DAT.

Cultivar (cv)	Lâminas (L)			<i>p</i>
	C	DHM	DHS	
Obatã	19,05 Aa	13,43 ABa	12,83 Ba	L = 0,412
Catucaí	13,14 Ab	15,10 Aa	14,51 Aa	cv = 0,455
				L x cv = 0,030

DAT= Dias após o transplante; C= Controle; DHM= Deficiência hídrica moderada; DHS= Deficiência hídrica severa; L= Lâmina de água; cv = Cultivar. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas ou maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 05$).

Da mesma forma, plantas de cafeeiro cultivadas no inverno e crescendo sob estresse hídrico (120 e 165 DAT) não apresentaram mudanças quanto ao teor de clorofila *a* (Tabela 4). No entanto, entre cultivares houve diferença significativa aos

120 e 135 DAT, sendo a cultivar Obatã a melhor adaptada. Inesperadamente, quando se efetivou o segundo ciclo de DH, a concentração de clorofila *a* em plantas de ambas as cultivares não sofreu alterações.

Tabela 4. Clorofila *a* ($\mu\text{g cm}^{-2}$ folha) em plantas de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica.

Lâminas (L)	120 DAT	135 DAT	165 DAT
C	13,75 a	13,77 a	10,68 a
DHM	16,58 a	16,27 a	16,38 a
DHS	14,58 a	15,64 a	16,79 a
Cultivar (cv)			
Obatã	17,27 a	17,31 a	14,88 a
Catucaí	12,67 b	13,14 b	14,36 a
	L = 0,410	L = 0,153	L = 0,139
<i>p</i>	cv = 0,008	cv = 0,004	cv = 0,672
	L x cv = 0,182	L x cv = 0,682	L x cv = 0,257

DAT= Dias após o transplante; C= Controle; DHM= Deficiência hídrica moderada; DHS= Deficiência hídrica severa; L= Lâmina de água; cv = Cultivar. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 05$).

5.4 Clorofila *b*

As plantas de cafeeiro cultivadas no inverno apresentaram interação no

conteúdo de clorofila *b* (Tabela 5), sendo as plantas da cv. Obatã quem mostrou o valor mínimo para este parâmetro avaliado.

Tabela 5. Desdobramento da interação para clorofila *b* ($\mu\text{g cm}^{-2}$ folha) em plantas de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica aos 90 DAT.

Cultivar (cv)	Lâminas (L)			<i>p</i>
	C	DHM	DHS	
Obatã	11,35 Aa	11,33 Aa	7,49 Ab	L = 0,196
Catucaí	10,17 Aa	13,85 Aa	13,54 Aa	cv = 0,036
				L x cv = 0,049

DAT= Dias após o transplântio; C= Controle; DHM= Deficiência hídrica moderada; DHS= Deficiência hídrica severa; L= Lâmina de água; cv = Cultivar. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas ou maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 05$).

O teor de clorofila *b* no cafeeiro cultivado na mesma estação do ano apresentou aumento considerável (Tabela 6) em função da severidade da DH (120 DAT). Evidentemente, quando foi aplicado o ciclo de recuperação e o segundo ciclo da

DH, não existiu diferença significativa entre tratamentos. Entretanto, houve diferenças entre cultivares, mostrando os valores máximos a cv. Obatã durante o período de reidratação (135 DAT).

Tabela 6. Clorofila *b* ($\mu\text{g cm}^{-2}$ folha) em plantas de cafeeiro cv. Obatã e Catucaí em estufa submetidas à deficiência hídrica.

Lâminas (L)	120 DAT	135 DAT	165 DAT
C	6,26 b	2,34 a	5,30 a
DHM	10,16 ab	2,77 a	8,42 a
DHS	13,52 a	2,62 a	9,94 a
Cultivar (cv)			
Obatã	10,61 a	2,97 a	8,13 a
Catucaí	9,36 a	2,19 b	7,64 a
	L = 0,020	L = 0,204	L = 0,164
<i>p</i>	cv = 0,430	cv = 0,003	cv = 0,638
	L x cv = 0,708	L x cv = 0,503	L x cv = 0,088

DAT= Dias após o transplântio; C= Controle; DHM= Deficiência hídrica moderada; DHS= Deficiência hídrica severa; L= Lâmina de água; cv = Cultivar. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 05$).

Resultados similares aos encontrados neste estudo foram constatados por Santana (2012), trabalhando com pinhão manso sob DHM os teores das clorofilas não foram significativos.

Por outro lado Yin et al. (2016) trabalhando com plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas*) submetidas a três níveis de deficiência hídrica (80, 50 e 30 % CC), avaliaram o teor de clorofilas (*a* e *b*) e verificaram que paralelamente à diminuição do conteúdo volumétrico da água no solo os pigmentos aumentaram de

forma significativa. Pereira et al. (2011) avaliando teores relativos de clorofila (TRC) em cafeeiros submetidos a diferentes ambientes obteve valores entre 53,36 e 58,02 de TRC em condição de seca e também observou que em cafeeiros em regime de seca, os valores de TRC aumentaram à medida que se reduziu a água. Em adição, muitos trabalhos buscam correlacionar o TRC com a concentração de nitrogênio nas plantas (SOUZA et al., 2011; GODOY; VILLAS BÔAS; GRASSI FILHO, 2003; GÁBORCIK, 2003).

Entretanto, para plantas de cafeeiro do presente ensaio e nas condições experimentais, de fato o TRC se correlacionou com as concentrações foliares de nitrogênio, as quais também não variaram em função da DH.

6 CONCLUSÕES

Em função da severidade, a deficiência hídrica reduziu consideravelmente o crescimento e a área foliar em plantas de cafeeiro, independentemente da cultivar.

Entre as cultivares, somente as plantas da cv. Obatã conseguiram-se adaptar melhor aos efeitos da DH.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão do recurso econômico.

8 REFERÊNCIAS

- ABRISQUETA, I. **Balance hídrico y respuesta del melocotonero extratemprano al riego deficitario**. 2010. Tesis (Doctorado en Biología) – Universidad de Murcia, Murcia, 2010.
- CAI, Z. Q.; CHEN, Y. J.; GUO, Y. H.; CAO, K. F. Responses of two field-grown coffee species to drought and re-hydration. *Photosynthetica*, Lysolaje, v. 43, n. 2, p. 187-193, 2005.
- CAFÉ. **Acompanhamento Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 3, n. 4, p. 1-77, dez. 2016. Safra 2016, Quarto levantamento. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/Boletim_cafe_dezembro_2016.pdf>. Acesso em: 19/10/2018.
- DIAS, P. C.; ARAÚJO, W. L.; MORAES, G. A. B. K.; BARROS, R. S.; DaMATTA, F. M. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. *Journal of Plant Physiology*, Amsterdam, v. 164, n. 12, p. 1639-1647, 2007.
- INTERNATIONAL TRADE CENTRE. **The coffee exporter's guide**. 3rd ed. Geneva, 2011. Disponível em: <<http://www.intracen.org/The-Coffee-Exporters-Guide---Third-Edition/>>. Acesso em: 15/10/2018.
- FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A Moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.
- FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R. Irrigação de café no Brasil. Anuário do café. *Revista Campo & Negócios*, Altamira, p. 45-47, 2010.
- GÁBORCIK, N. Relationship between contents of chlorophyll (a+b) (SPAD values) and nitrogen of some temperate grasses. *Photosynthetica*, Lysolaje, v. 41, n. 2, p. 285-287, 2003.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 373-380, 2003.

IAC. Centros de pesquisa. Centro de café “Alcides Carvalho”. **Produtos e serviços**. Campinas: IAC, 2018. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cafe/centrocafe4.php>>. Acesso em: 29/09/2018.

LEE, D. W.; BRAMMEIER, S.; SMITH, A. P. The selective advantage of anthocyanins in developing leaves of mango and cacao. **Biotropica**, Lawrence, v. 19, n. 1, p. 40-49, 1987.

MARCONATO, A. R. **Estado da Arte na fertirrigação do cafeeiro**. 2012. TCC (Graduação em Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão) – Faculdade de Tecnologia “Shunji Nishimura”, Pompéia, 2012.

MEINZER, F. C.; SALIENDRA, N. Z.; CRISOSTO, C. H. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea arabica* during adjustment in different soil moisture regimes. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 19, n. 2, p. 171-184, 1992.

PEREIRA, T. B.; BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L.; GUIMARÃES, R. J.; GOMES, R. A.; PEREIRA, V. A. Teores de clorofila em cafeeiros submetidos a diferentes ambientes avaliados por dois métodos de determinação. *In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Anais...* (07.: 2011: Araxá, MG). Embrapa-Café, Item 40, p. 1-4, 2011.

RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; SILVA, N. K. C.; RIBEIRO, W. R. REIS, E. F. Crescimento inicial do cafeeiro conilon sob déficit hídrico no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 33-38, 2016.

SANTANA, T. A. **Relações hídricas e assimilação de carbono em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob deficiência hídrica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2012.

SAVÉ, R.; CASTELL, C.; TERRADAS, J. Gas exchange and water relations. *In: RODA, F. (ed.). Ecology of Mediterranean Evergreen Oak forest*. Springer, Berlin, Heidelberg, v. 137, p. 135-147, 1999.

SHAO, H. B.; CHEN, X. Y.; CHU, L. Y.; ZHAO, X. N.; WU, G.; YUAN, Y. B.; ZHAO, C. X.; HU, Z. M. Investigation on the relationship of proline with wheat anti-drought under soil water deficits. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 53, n.1, p. 113-119, 2006.

SOUZA, T. R.; SALOMÃO, L. C.; ANDRADE, T. F.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 993-1003, 2011.

TERRADAS, J.; SAVÉ, R. The influence of summer and winter stress and water relationships on the distribution of *Quercus ilex* L. **Vegetatio**, Argovia, v. 99, n. 1, p. 137-145, 1992.

YIN, C. Y.; PANG, X. Y.; PEUKE, A. D.; WANG, X.; CHEN, K.; GONG, R. G. Growth and photosynthetic responses in *Jatropha curcas* L. seedlings of different provenances to watering regimes. **Photosynthetica**, Lysolaje, v. 54, n. 3, p. 367-373, 2016.

ZONTA, J. H; BRAUN, H; REIS, E. F; PAULUCIO, D; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café Conillon (*Coffea canephora* Pierre). **IDESIA**, Arica, v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.