



**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA
SUBMETIDAS A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

GENILSON LIMA SANTOS

2019

GENILSON LIMA SANTOS

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE CAFÉ
ARÁBICA SUBMETIDAS A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. *D. Sc.* Cristiano Tagliaferre

Coorientadora:

Prof. *D. Sc.* Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

2019

S235d

Santos, Genilson Lima.

Desenvolvimento inicial de cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação. / Genilson Lima Santos, 2019.

88f. : il.

Orientador (a): *D. Sc.* Cristiano Tagliaferre.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2019.

Inclui referência F. 76 - 83.

1. *Coffea arabica* L - Cultivo. 2. Características fisiológicas
3. Manejo da irrigação. 4. Eficiência da água. I. Tagliaferre, Cristiano. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 633.73

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**
UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA SUBMETIDAS A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO”.

Autor: Genilson Lima Santos

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:


Prof. Cristiano Tagliarini, D.Sc., UESB
(Presidente)


Prof. Marcelo Rocha dos Santos, D.Sc., IFBAIANO-Guanambi


Prof. Ramon Correia de Vasconcelos, D.Sc., UESB

Data de realização: 27 de setembro de 2019.

A Deus;

Aos meus pais, Artemio e Irani (in memoriam);

À minha mãe do coração, Cristina;

Aos meus irmãos, Aelson, Alessandra, Bruno, Cosme, Damiana, Gilson,

Jesuíno, Maria, Maurícia, Vanilda e Vilma;

Aos meus sobrinhos, Rayka, Thiago, Cecília e Luísa;

À minha namorada, Gabriela;

e aos meus amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por ser tão bom e estar sempre comigo;
Aos meus pais, Artemio e Irani (*in memoriam*), pelo amor e educação;
À minha mãe do coração, Cristina, pelo amor e apoio;
Aos meus irmãos, Aelson, Alessandra, Bruno, Cosme, Damiana, Gilson, Jesuíno, Maria, Maurícia, Vanilda e Vilma, pelo apoio, confiança e amor;
Aos meus sobrinhos, Rayka, Thiago, Cecília e Luísa, pelo carinho e afeto;
A toda a minha família e amigos, pelo apoio e incentivo;
À Gabriela, pelo amor, incentivo, companheirismo e por acreditar sempre em mim;
À Marta, pelo carinho e incentivo;
À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de capacitação profissional;
À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;
Ao Professor D. Sc. Cristiano Tagliaferre, pela orientação, ensinamentos e apoio durante a realização deste trabalho e, sobretudo, pela amizade;
À minha Coorientadora, D. Sc. Sylvana Naomi Matsumoto, pela orientação, ensinamentos, apoio e amizade;
À D. Sc. Adriana Dias Cardoso, pela contribuição e amizade;
Aos membros da banca examinadora, pela avaliação e sugestões para melhoria da dissertação;
A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Ao Milton do Viveiro Catuaí, pelo fornecimento das mudas para o experimento;
Aos colegas e amigos do Laboratório de Hidráulica Agrícola, Fernanda, Lorena, Rafael, Rosilene e, em especial, Bismarc e Manoel, pelo apoio, companheirismo e auxílio durante a condução do experimento e, ainda, pelo grande vínculo de amizade que se criou;
Aos meus amigos, Maria Caroline, Fabricio, Ana Carolina, Willian, Bruno, Sávio e Victor, pelo apoio e amizade;
Aos colegas e amigos do curso, pelo companheirismo e convivência, principalmente, Anny, Francisco, Zenóbia, Mariana, José Renato, Maida, Walleska, Elismar e Naasoom. Enfim, gratidão a todos que colaboraram direta e indiretamente para essa conquista.

Gratidão!

RESUMO

SANTOS, Genilson Lima. **Desenvolvimento inicial de cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2019. 88p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).*

O Brasil é o principal produtor de café do mundo, no entanto, o cultivo e a produção têm sido afetados pelas condições climáticas, principalmente o déficit hídrico. Outro fator importante é a escolha da cultivar, uma vez que o seu desenvolvimento é influenciado pelo ambiente, através das condições edafoclimáticas ou manejo adotado no cultivo. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento inicial de cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro cultivares de café arábica (Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2, IPR 107 e IAC Tupi 125 RN) e quatro lâminas de irrigação (L1 = 20%, L2 = 60%, L3 = 100% e L4 = 140%), obtidas em função da evapotranspiração da cultura (ETc). Foram realizadas avaliações aos 60 e 120 dias, medindo-se: o Índice SPAD, a condutância estomática, a transpiração, a assimilação de CO₂, o potencial hídrico foliar, a altura de plantas, o diâmetro do caule e a área foliar. Aos 120 dias, também foram determinados o número de ramos plagiotrópicos, a massa seca de raiz, a massa seca de parte aérea e a eficiência do uso da água. Os resultados obtidos aos 60 dias indicam maior desenvolvimento das plantas com o aumento da lâmina de irrigação, principalmente na lâmina de 140%, demonstrando que as cultivares na fase inicial de desenvolvimento são altamente responsivas à irrigação. Em relação ao déficit hídrico, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 obteve melhor desempenho, seguida pela cultivar MGS Paraíso 2. Aos 120 dias, as plantas das cultivares submetidas ao déficit hídrico não sobreviveram, por outro lado, as plantas sob lâminas de 100 e 140% da ETc promoveram melhor desempenho para as características morfológicas e fisiológicas para todas as cultivares, sendo que, ao serem irrigadas com a lâmina de 140% da ETc, houve maior eficiência do uso da água. Em relação às características fisiológicas, a cultivar IPR 107 obteve maiores valores de condutância estomática e transpiração, evidenciando certa sensibilidade às condições climáticas. As demais cultivares mostraram serem mais tolerantes à perda de água pela transpiração, conferindo maior controle estomático e resistência à perda de água.

*Orientador: Cristiano Tagliaferre, *D. Sc.*, UESB

*Coorientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, *D. Sc.*, UESB

Palavras-chave: Características fisiológicas, *Coffea arabica* L., manejo da irrigação, eficiência do uso da água.

ABSTRACT

SANTOS, Genilson Lima. **Early seedling development of arabica coffee cultivars subjected to irrigation levels.** Vitória da Conquista - BA: UESB, 2018. 88p. (Dissertation – Master in Agronomy, Field of study, Plant Science)*

Brazil is the main coffee producer in the world; however, its cultivation and production have been affected by climate conditions, especially water deficit. Another important factor is selecting the coffee cultivar since plant development is influenced by the environment, such as climate and soil, as well as crop managements. The objective of this study was to evaluate the initial development of arabica coffee cultivars subjected to irrigation levels. Treatments consisted of four arabica coffee cultivars (Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2, IPR 107 and IAC Tupi 125 RN) and four irrigation levels (L1 = 20%, L2 = 60%, L3 = 100%, and L4 = 140%), calculated based on crop evapotranspiration (ET_c). The treatments were laid out in a randomized block design, arranged in a 4 x 4 factorial with four replicates. Two evaluations were made: at 60 and 120 days. We measured: SPAD index, stomatal conductance, transpiration, CO₂ assimilation, leaf water potential, plant height, stem diameter, and leaf area. At 120 days, plagiotropic stems, root dry weight, shoot dry weight, and water use efficiency were measured as well. Results obtained at 60 days indicated increased plant development with increasing irrigation levels, especially at 140% irrigation level. This demonstrates that coffee seedlings are highly responsive to irrigation. As for deficit irrigation, Catuaí Vermelho IAC 144 cultivar had the best performance, followed by MGS Paraíso 2. At 120 days, all seedlings subjected to deficit irrigation (20 and 60% ET_c) did not survive. Conversely, at 120 days, seedlings under 100 and 140% ET_c irrigation levels improved morphological and physiological traits for all cultivars. 140% irrigation level of ET_c led to higher water use efficiency. As for physiological traits, IPR 107 cultivar exhibited the highest values of stomatal conductance and transpiration, suggesting high sensibility to climate conditions. The remaining cultivars were more tolerant to drought stress; resulting in a greater control in stomatal aperture and resistance to drought stress.

Keywords: Physiological traits, *Coffea arabica*, irrigation management, water use efficiency

*Adviser: Cristiano Tagliaferre, *D. Sc.*, UESB

*Coadvises: Sylvana Naomi Matsumoto, *D. Sc.*, UESB

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise física e química do solo.....	30
Tabela 2 - Índice SPAD em cultivares de café arábica submetidas a diferentes lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	41
Tabela 3 - Índice SPAD em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	43
Tabela 4 - Condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	44
Tabela 5 - Condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	46
Tabela 6 - Condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	47
Tabela 7 - Transpiração (E) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	49
Tabela 8 - Transpiração (E) em cultivares de café arábica, 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	51
Tabela 9 - Taxa de assimilação de CO_2 (A) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	52
Tabela 10 - Taxa de assimilação de CO_2 (A) em cultivares de café arábica, avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	54

Tabela 11 - Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	55
Tabela 12 - Potencial hídrico foliar em cultivares de café arábica, avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	57
Tabela 13 - Altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	58
Tabela 14 - Altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	61
Tabela 15 - Altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	62
Tabela 16 - Diâmetro do caule (DC) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	63
Tabela 17 - Diâmetro do caule (DC) em cultivares de café arábica, avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	66
Tabela 18 - Diâmetro do caule (DC) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	67
Tabela 19 - Área foliar total (AFT) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	68
Tabela 20 - Área foliar total (AFT) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	71
Tabela 21 - Número de Ramos Plagiotrópicos em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120	

dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	72
Tabela 22 - Massa Seca de Raiz (MSR) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	73
Tabela 23 - Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	74
Tabela 24 - Eficiência do uso da água (EUA) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Umidade relativa média e temperatura média semanais para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2019. Vitória da Conquista, BA, 2019.....	32
Figura 2 – Determinação do índice SPAD em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.....	33
Figura 3 – Determinação das trocas gasosas em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.....	34
Figura 4 – Bomba de pressão utilizada na determinação do potencial hídrico foliar em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.....	35
Figura 5 – Determinação da altura de plantas em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.....	36
Figura 6 – Determinação do diâmetro do caule em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.....	37
Figura 7 - Estimativa do índice SPAD em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	42
Figura 8 - Estimativa da condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	45
Figura 9 - Estimativa para transpiração (E) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	50
Figura 10 - Estimativa para taxa de assimilação de CO_2 (A) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	53
Figura 11 - Estimativa para potencial hídrico foliar (Ψ_w) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	56

Figura 12 - Estimativa da altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas aos 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	60
Figura 13 - Estimativa do diâmetro do caule (DC) para cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	65
Figura 14 - Estimativa da área foliar total (AFT) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.....	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Taxa de assimilação de CO ₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
AFT	Área Foliar Total (cm ²)
Al ³⁺	Alumínio
ALP	Altura de plantas (cm)
Ca ²⁺	Cálcio
CC	Capacidade de campo (%)
CV	Coefficiente de variação (%)
DADT	Dias após o início dos tratamentos
DC	Diâmetro de caule (mm)
E	Transpiração (mmol vapor d'água m ⁻² s ⁻¹)
FV	Fonte de Variação
g	Gramas
GL	Grau de liberdade
gs	Condutância estomática (mol m ⁻² s ⁻¹)
ET ₀	Evapotranspiração de referência (mm)
ET _c	Evapotranspiração da cultura (mm)
EUA	Eficiência no uso da água (g L ⁻¹)
FV	Fonte de variação
GL	Graus de liberdade
IRGA	Analisador de gases por radiação infravermelha
H ⁺	Hidrogênio
K ⁺	Potássio
K _c	Coefficiente da cultura
L	Litro
LI	Lâmina total de irrigação (L)
m ²	Metro quadrado
Mg ²⁺	Magnésio
M. O.	Matéria orgânica

N	Nitrogênio
NRP	Número de ramos plagiotrópicos
MSPA	Massa seca de parte aérea (g)
MSR	Massa seca de raiz (g)
MST	Massa seca total (g)
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PMP	Ponto de murcha permanente (%)
SB	Soma de bases
SAEG	Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas
SPAD	Índice SPAD (<i>Soil Plant Analysis Development</i>)
V	Saturação de bases
Ψ_w	Potencial hídrico foliar (MPa)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Aspectos gerais e econômicos da cultura do café	21
2.2 Cafeicultura irrigada	22
2.3 Efeitos da restrição hídrica no cultivo do café	24
2.4 Cultivares de café na região do Planalto da Conquista	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Caracterização da área experimental	29
3.2 Delineamento experimental	29
3.3 Implantação do experimento	30
3.3.1 Preparo do substrato	30
3.3.2 Determinação da quantidade de água a ser aplicada	31
3.4 Período de avaliações	33
3.5 Características avaliadas	33
3.5.1 Índice SPAD (SPAD)	33
3.5.2 Condutância estomática (g_s), transpiração (E) e assimilação de $CO_2(A)$	34
3.5.3 Potencial hídrico foliar (Ψ_w)	35
3.5.4 Área foliar Total (AFT)	35
3.5.5 Altura de planta (ALP)	36
3.5.6 Diâmetro do caule (DC)	36
3.5.7 Número de ramos plagiotrópicos (NRP)	37
3.5.8 Massa seca da parte aérea (MSPA)	37
3.5.9 Massa seca de raiz (MSR)	37
3.5.10 Eficiência do uso da água (EUA)	38
3.6 Análise estatística	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Resultados estatísticos	40
4.2 Características fisiológicas do cafeeiro	40

4.2.1 Índice SPAD.....	40
4.2.2 Condutância estomática (g_s).....	43
4.2.3 Transpiração (E).....	48
4.2.4 Taxa de assimilação CO_2 (A).....	52
4.2.5 Potencial hídrico foliar (Ψ_w).....	55
4.3 Características morfológicas do cafeeiro.....	58
4.3.1 Altura de plantas.....	58
4.3.2 Diâmetro do caule (DC).....	63
4.4 Características morfológicas avaliadas ao final do experimento	72
4.4.1 Número de ramos plagiotrópicos (NRP).....	72
4.4.2 Massa seca de raiz (MSR).....	73
4.4.3 Massa seca de parte aérea ($MSPA$)	74
4.5 Eficiência do uso da água (EUA).....	75
5 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICE	86
APÊNDICE A – Análises de variância das características avaliadas para cultivares de café arábica	87

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das mais importantes atividades agrícolas do mundo. O Brasil mantém-se como maior produtor e exportador mundial de café, destacando-se na produção de *Coffea arabica* L. (café arábica), responsável pela geração de empregos, distribuição de renda e por sua participação na pauta de exportação, sendo fundamental para a economia do país.

Embora o Brasil seja líder no mercado desse produto, o cultivo e a produção do cafeeiro são afetados pelas condições climáticas, em consequência da ocorrência, dentre outros, de períodos prolongados de déficit hídrico nas regiões produtoras (PIZETTA et al., 2016). Além disso, a abertura de novas fronteiras agrícolas tem sido realizada em regiões marginais, nas quais, em grande parte, apresentam restrições hídricas, o que leva as plantas a passarem por déficit hídrico prolongado, sendo um dos fatores limitantes ao seu desenvolvimento (BUNN et al., 2015). Diante dessas circunstâncias, o seu cultivo é predominantemente irrigado.

O déficit hídrico, além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando o metabolismo, é um fenômeno que ocorre em grande extensão das áreas cultiváveis. O cafeeiro, como as demais culturas, necessita de água facilmente disponível no solo durante seu crescimento para se desenvolver e produzir satisfatoriamente. Outro fator importante no desenvolvimento do cafeeiro é a qualidade da muda, que é influenciada pela disponibilidade de água (AZEVEDO et al., 2014), a fim de propiciar o pegamento e o desenvolvimento das mesmas.

Na Bahia, o café, juntamente com o milho, soja, cana, cacau e mandioca são as culturas mais exploradas e, no Planalto da Conquista, a cafeicultura é considerada uma atividade imprescindível para o desenvolvimento econômico e social. A região ocupa a maior área plantada

na Bahia, com aproximadamente 60% da área cultivada com café. Nessa região, a produtividade se mantém historicamente baixa, em virtude, principalmente, da baixa e má distribuição das chuvas. Com isso, deve-se utilizar a irrigação complementar para garantir o desenvolvimento da cultura e a expressividade da produção.

Atualmente, os produtores de café têm utilizado cultivares melhoradas, com o intuito de elevar a produtividade, diminuir a incidência de pragas e doenças, a fim de obter um maior retorno econômico em um menor período de investimento na implantação de uma lavoura. No entanto, a utilização de cultivares com base em estudos obtidos em outras regiões não é confiável, uma vez que, cada localidade apresenta particularidades e características próprias, como, por exemplo, as características edafoclimáticas, as quais influenciam diretamente no desenvolvimento das plantas, ou indiretamente por meio do favorecimento da incidência de pragas e doenças.

Por isso, existem importantes razões para se avaliar a lâmina ideal de água e o impacto no desenvolvimento de mudas, tanto para a introdução de novas cultivares ou mesmo para se saber quais os impactos da ocorrência da seca no desenvolvimento inicial das lavouras de café arábica. Diante desse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento inicial de cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais e econômicos da cultura do café

O gênero *Coffea* é de origem africana, pertence à família Rubiaceae, que compreende cerca de 100 espécies (FAZUOLI, 1986). No entanto, somente as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora*, denominadas “café arábica” e “café robusta”, respectivamente, têm importância econômica. A primeira espécie é a que apresenta melhores propriedades sensoriais, enquanto a segunda é mais resistente às pragas (MÜLLER, 2007).

A importância da cafeicultura brasileira pode ser visualizada pelo volume de produção, consumo interno, participação na exportação, capacidade de geração de emprego e renda. Cerca de 90% da produção mundial está concentrada em 15 países, sendo o Brasil o maior produtor e exportador de café do mundo, seguido por Vietnã, Colômbia e Indonésia, e o segundo no ranking dos países que mais consomem café, atrás apenas dos Estados Unidos (ICO, 2019).

A produção mundial de café, no ano cafeeiro de 2018/19, é estimada em 168,05 milhões de sacas, 1,5% acima do volume produzido em 2017/18. Estima-se um crescimento do consumo de 2%, para 164,64 milhões de sacas. Nos países exportadores, o consumo deve crescer 1,3%, passando a 50,26 milhões de sacas. Embora tenha aumentado a uma taxa anual média de 2,2% nos cinco últimos anos, a demanda global deve ser ultrapassada pela produção global em 3,41 milhões de sacas em 2018/19 (ICO, 2019).

A cafeicultura é uma das principais culturas geradoras de renda, trabalho e arrecadação de tributos, contribuindo para a formação de boa parte das receitas com exportação, o que faz ser uma das principais culturas do país e do estado da Bahia.

A Bahia se destaca tanto no cultivo de café arábica quanto do café conilon. O café arábica é cultivado predominantemente nas regiões denominadas de Planalto e Cerrado. O Planalto é caracterizado pelo clima de altitude, produzindo cafés de alta qualidade. Para todo o estado, estima-se que o cultivo de café em 2019 ocupe uma área de 138 mil hectares, no qual 15,6 mil hectares para lavouras em formação e 122,4 mil hectares para área em produção, o que permitirá colher cerca de 3 milhões de sacas de café beneficiado, sinalizando diminuição de 33,3% em comparação à temporada passada, em razão, principalmente, da bionalidade negativa esperada para essa safra (CONAB, 2019).

2.2 Cafeicultura irrigada

A água é o principal constituinte das plantas, o que representa de 50 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).

O cafeeiro necessita de condições específicas para seu desenvolvimento e, dentre os fatores que influenciam sua produção, cita-se: a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica, os ventos, a umidade relativa do ar e a insolação. O ciclo fenológico do cafeeiro é extenso, conseqüentemente, sujeito a diferenças climáticas dentro de uma mesma florada e, portanto, é importante analisar cada estágio fenológico e identificar suas interações com as variáveis climáticas. Variações regionais e interanuais na fenologia de cultivares de café podem ocorrer devido às diferenças edafoclimáticas entre as áreas de cultivo (PETEK; SERA; FONSECA, 2009).

O uso da irrigação tem proporcionado o cultivo de café em regiões com precipitação pluvial aquém das suas necessidades, tendo sido verificados aumentos consideráveis de produtividade e qualidade da bebida. Nas regiões

consideradas marginais à cafeicultura, muitos plantios efetuados sem o suprimento complementar de água foram seriamente prejudicados. O efeito da irrigação no crescimento vegetativo, na produção do cafeeiro e a melhoria na qualidade dos frutos são bem documentados na literatura (FERNANDES et al., 2012). Em razão das condições de distribuição irregular das chuvas nessas regiões com ocorrência de déficits hídricos prolongados, o cultivo tem sido feito predominantemente sob irrigação, com lavouras altamente produtivas e com destaque na produção brasileira.

Sabendo-se que a irrigação é uma das práticas agrícolas que mais influencia a produção das culturas, é necessário atentar-se a três conceitos básicos, que devem sempre ser levados em consideração dentro da agricultura irrigada: quando, como e quanto irrigar. Estes três conceitos são definidos com base na capacidade de armazenamento de água no solo e consumo de água pelas plantas (ROCHA NETO et al., 2015). Dessa forma, ressalta-se a importância da realização de um correto manejo da irrigação, visto que, tal procedimento constitui-se de uma técnica de suma importância do ponto de vista econômico e ambiental em uma atividade agrícola, pois proporciona economia de água, energia, aumento da produtividade da cultura e melhoria na qualidade do produto (BONOMO et al., 2013). Assim, se tais fatores não forem levados em consideração na cafeicultura irrigada, provocará uma baixa sustentabilidade econômica e socioambiental.

De acordo com Matiello, Fernandes e Santinato (2009), a ampliação de áreas cultivadas para regiões mais secas e o aumento do déficit hídrico, mesmo em regiões tradicionalmente consideradas aptas, intensificaram o uso da irrigação, cuja implantação traduz-se em retornos produtivos vantajosos com ótima relação custo/benefício, como também, por eliminar riscos sobre os investimentos realizados no processo produtivo, especialmente nos sistemas de produção mais tecnificados.

Para Silva, Teodoro e Melo (2008), as alterações nas relações hídricas no cafeeiro são de extrema importância e promove o desenvolvimento das plantas. Portanto, alterações nas características fisiológicas das plantas, como

as trocas gasosas e potencial hídrico, podem ser importantes para discriminar o nível de tolerância ao estresse hídrico.

Estimativas precisas da necessidade de água para o café são essenciais, pois a falta pode reduzir substancialmente o crescimento da planta, sem que estas mostrem sinais de murchamento ou outros sintomas visíveis de baixa umidade no solo. O suprimento de água em quantidades e intervalos corretos promovem aumentos de produtividade na lavoura cafeeira, além de menores perdas para a planta (SOARES et al., 2003).

O momento exato de se efetuarem as irrigações, associado ao volume de água a ser aplicado na cultura, são informações primordiais para o uso eficiente da água na cafeicultura irrigada. Entretanto, o principal problema ou a principal dificuldade encontrada pelos produtores na irrigação do cafeeiro é quantificar adequadamente o volume de água a ser aplicado nos períodos críticos da cultura.

2.3 Efeitos da restrição hídrica no cultivo do café

No cenário climático atual, partes das regiões agrícolas do Brasil bem como áreas de lavouras de café estão constantemente sujeitas às adversidades climáticas que limitam seu estabelecimento inicial em campo, refletindo negativamente na formação dos cafezais e no potencial produtivo. Dos fatores climáticos, a elevada radiação solar, o baixo volume pluviométrico e a sazonalidade das precipitações são os mais limitantes.

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). 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).

As plantas expostas a estresses ambientais causados pelas mudanças climáticas, como alterações na temperatura e ausência de precipitação, isoladas ou em combinação, representam os fatores mais limitantes para a produtividade agrícola em todo o mundo. Destes, a seca é o estresse ambiental mais importante na agricultura, o que gera perdas significativas na produtividade das culturas (FRACASSO; TRINDADE; AMADUCCI, 2016). Zhou et al. (2013) relataram que o déficit hídrico influencia negativamente na condutância estomática, na taxa fotossintética e no teor de clorofila foliar.

A adaptação das plantas ao déficit hídrico é um mecanismo muito complexo, uma vez que envolve alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares. Uma resposta marcante das plantas submetidas a esse estresse é a redução da turgescência das células e, com progressiva desidratação do protoplasma, provoca aumento na concentração do conteúdo celular e decréscimo do potencial hídrico, que pode comprometer todos os processos vitais responsáveis pelo crescimento vegetal (TAIZ et al., 2017).

A falta de água também pode contribuir para a redução da condutância estomática, o que leva ao fechamento parcial ou total dos estômatos. O fechamento estomático induz o bloqueio do influxo de CO₂ nas folhas, afeta o acúmulo de fotoassimilados, paralisação do crescimento e a perda de produtividade. Em adição, o estresse promovido pelo déficit hídrico ainda pode limitar o tamanho e o número de folhas, reduzir a expansão foliar (ALMEIDA et al., 2011; RODRIGUES, R. et al., 2016), a altura de plantas (PIZZETTA et al., 2016) e o diâmetro do coleto (FIALHO et al., 2010; ARAÚJO et al., 2011), levando à perda da biomassa vegetal (RODRIGUES, R. et al., 2016).

O estudo das relações hídricas no cafeeiro é importante, uma vez que pequenas reduções na disponibilidade da água podem diminuir o crescimento das plantas. Desse modo, a compreensão das relações entre a água e o cafeeiro, e suas interações ecofisiológicas podem fornecer subsídios ao técnico e ao

pesquisador, para tomadas de decisões mais fundamentadas sobre o manejo da cultura.

2.4 Cultivares de café na região do Planalto da Conquista

A recomendação de cultivares para implantação, com base em resultados de pesquisa obtidos em outras regiões, não é um parâmetro confiável, em virtude das particularidades de cada localidade (NASCIMENTO et al., 2010). Dessa forma, utilizar cultivares com alto rendimento em locais não testados podem acarretar em baixa eficiência produtiva. Em vista que cada cultivar comporta-se de maneira diferente em diversas regiões, é necessário que se façam testes de avaliação de cultivares, para uma indicação adequada, buscando plantas melhor adaptadas e que demonstrem maior estabilidade na região desejada (OLIVEIRA; OLIVEIRA; MOURA, 2012).

O Estado da Bahia possui três regiões distintas produtoras de café, o Cerrado e o Planalto, como produtores de café arábica; e o sul da Bahia, como produtor de café conilon. O Planalto de Vitória da Conquista possui destaque na cafeicultura do Brasil, como o maior produtor de *Coffea arábica* L. da Bahia, com produção correspondente a aproximadamente 60% de todo o café arábica produzido no Estado (CONAB, 2019).

O Planalto de Vitória da Conquista foi zoneado para o cultivo de café arábica, apresentando altitude de 700 a 1100 m, com temperatura média anual de 21°C. A região abrange doze municípios: Vitória da Conquista, Barra do Choça, Planalto, Poções, Encruzilhada, Ribeirão do Largo, Itambé, Caatiba, Iguai, Cândido Sales, Boa Nova e Nova Canaã, sendo o município de Barra do Choça o maior produtor da Bahia e do Nordeste do Brasil, com 18 mil hectares plantados (SEI, 2010). No Planalto de Vitória da Conquista, a principal cultivar de café arábica utilizada em plantios é a Catuaí, abrangendo aproximadamente 95% dos cafezais da região (SILVA et al., 2013).

Dessa maneira, a avaliação de novas cultivares de café no Planalto da Conquista, desenvolvidas por instituições de pesquisa, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (EPAMIG), a Fundação Procafé e o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), é de extrema relevância.

A cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, a mais plantada na região, caracteriza-se por apresentar porte baixo, alto vigor e produtividade; produz um café suave e com acidez média e pode ser tomado sem açúcar. Essa cultivar deve ser plantada em locais com altitudes mais elevadas, o que proporciona um sabor mais acentuado, permitindo a absorção de açúcares naturais ao grão durante o processo de maturação.

A cultivar MGS Paraíso 2, pouco estudada na região, foi originada da hibridação artificial entre a cultivar Catuaí Amarelo IAC 30 e o Híbrido de Timor UFV 445-46. Essa cultivar apresenta como principal característica a resistência à ferrugem. O ciclo de maturação é médio e ligeiramente mais uniforme que das cultivares do grupo Catuaí. Apresenta aproximadamente 68% dos grãos do tipo chato, classificados nas peneiras 16 ou mais (EPAMIG, 2016). A qualidade superior da bebida tem despertado interesse dos cafeicultores que produzem cafés especiais, em razão da presença de nuances diferenciada. A cultivar apresentou desempenho satisfatório em todos os locais em que foi selecionada, demonstrando ampla adaptação às regiões produtoras de café de Minas Gerais.

Já a cultivar IAC 125 RN, pouco estudada na região, também possui porte baixo (desejável para mecanização); internódios curtos; brotos novos de coloração verde; frutos grandes, vermelhos e de maturação precoce; sementes com peneira média 17; resistente à ferrugem e a duas raças de nematoide *Meloidogyne exigua*. Apresenta boa qualidade de bebida, é exigente em nutrição e mais sensível à seca do que a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144. É indicada também para plantios adensados e em regiões de altitudes mais elevadas (IAC, 2017).

A cultivar IPR 107 foi desenvolvida com o objetivo de combinar as características porte compacto pequeno e resistência completa e durável à ferrugem da cultivar IAPAR 59, com as características de rusticidade das cultivares do Mundo Novo. É indicada para áreas cafeeiras com solos de textura argilosa e textura média, com temperatura média anual entre 19°C e 22°C.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), no *Campus* de Vitória da Conquista, sob coordenadas geográficas de 14° 53' 08'' de latitude sul e 40° 48' 02'' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 880 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é tropical de altitude (Cwb), com estação seca no inverno e verões quentes e úmidos. A estação chuvosa na região compreende os meses de novembro a março. O total pluviométrico anual é de cerca de 730 mm e as médias térmicas mostram máximas de 26,4°C e mínimas de 16,1°C, com média anual de 20,2°C.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, totalizando 64 parcelas, sendo que cada parcela foi constituída por uma planta. Os tratamentos foram constituídos por quatro cultivares de *Coffea arabica* L. (Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2, IPR 107 e IAC Tupi 125 RN) e quatro lâminas de irrigação (L1 = 20%, L2 = 60%, L3 = 100% e L4 = 140%), obtidas em função da evapotranspiração da Cultura (ETc). A escolha dessas lâminas teve o intuito de avaliar o desempenho das plantas, quando supridas com lâminas de irrigação sob déficit hídrico severo e moderado, sendo que uma lâmina foi considerada ideal e a outra em excesso.

3.3 Implantação do experimento

3.3.1 Preparo do substrato

Para o cultivo das plantas nos vasos, utilizou-se terra de subsolo de um LATOSSOLO AMARELO Eutrófico típico, no qual foi destorroada, passada em peneira com malha de 4 mm e homogeneizada. Posteriormente, retirou-se uma amostra e encaminhou ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual Sudoeste da Bahia para realização das análises física e química (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise física e química do solo

Análise Física (%)								
Areia	Silte	Argila	PMP ¹	CC ¹				
72	7	21	8,36	20,68				
Análise Química								
pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	M.O.
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)	-----			(cmol _c dm ⁻³)	-----		(g dm ⁻³)
5,0	6	0,6	-	1,3	0,7	0,2	2,5	10

¹Capacidade de Campo (CC) e Ponto de Murcha Permanente (PMP) estimado por pedotransferência de acordo ARRUDA et al., 1987.

Fonte: Laboratório de Química do Solo da UESB, 2018.

A calagem e a adubação foram realizadas com base nas análises física e química do solo, conforme as recomendações técnicas da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

A calagem do solo foi realizada com base no valor V (saturação de bases), sendo elevado para 65%, quando foi necessária a dosagem de 793,3 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, sendo realizada 60 dias antes do transplante. Ao longo dos 60 dias, o solo foi umedecido e homogeneizado, a fim de proporcionar maior reação do calcário.

Após os 60 dias, foi realizado o enchimento dos vasos com capacidade para 20 litros, tendo-se o cuidado de manter a densidade do solo semelhante à encontrada no campo, aproximadamente 1,4 g cm⁻¹. Também foi realizada a

adubação fosfatada à base de Superfosfato Simples (18% de P_2O_5) na dosagem de 140 g vaso^{-1} , para posteriormente realizar o transplântio das mudas que se encontrava com, no mínimo, 4 pares de folhas.

As mudas foram produzidas no Viveiro Catuaí (credenciado no Ministério da Agricultura sob RENASEM nº 00227/2006), situado no município de Barra do Choça – BA.

Foram realizadas adubações nitrogenada e potássica de cobertura e foliar à base de micronutrientes. Para a adubação nitrogenada, utilizou-se a ureia (45% N), realizada aos 15, 60 e 105 dias após o transplântio, sendo aplicada $1,5 \text{ g}$ por vaso em cada aplicação. A adubação potássica foi realizada com cloreto de potássio (60% de K_2O), sendo realizada aos 15 e 75 dias após o transplântio, aplicada $3,0 \text{ g}$ por vaso em cada. Para a adubação foliar, foi aplicado o fertilizante MASTERMINS® + CaB® na dosagem de 1 mL L^{-1} , aos 75 e 115 dias após o transplante das mudas.

Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados conforme as necessidades da cultura ao longo do experimento. As plantas daninhas foram controladas com o arranque manual e, para o controle do bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*), foi aplicado o inseticida Vertimec 18 EC®, na dosagem de 1 mL L^{-1} , aos 75 dias após a instalação do experimento.

3.3.2 Determinação da quantidade de água a ser aplicada

Para garantir o “pegamento” das mudas, inicialmente, o solo foi saturado e, após a drenagem do excesso de água, foi realizado o transplântio. Em seguida, todas as parcelas foram irrigadas durante 15 dias, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Após esse período, iniciou-se a aplicação dos tratamentos, cuja irrigação foi em função das porcentagens das lâminas. As irrigações foram realizadas com um turno de rega fixo de dois dias.

Utilizou-se uma estação meteorológica automática, instalada dentro da casa de vegetação, para medição das variáveis climáticas (Figura 1) e, por meio do programa REF-ET (ALLEN et al., 1998), que processa dados diários, conforme o método de Penman-Monteith-FAO 56, determinou-se a evapotranspiração de referência (ET_o). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida pela multiplicação da ET_o pelo coeficiente da cultura (K_c) para mudas na fase inicial de campo igual a 0,7 (SANTINATO et al., 2008).

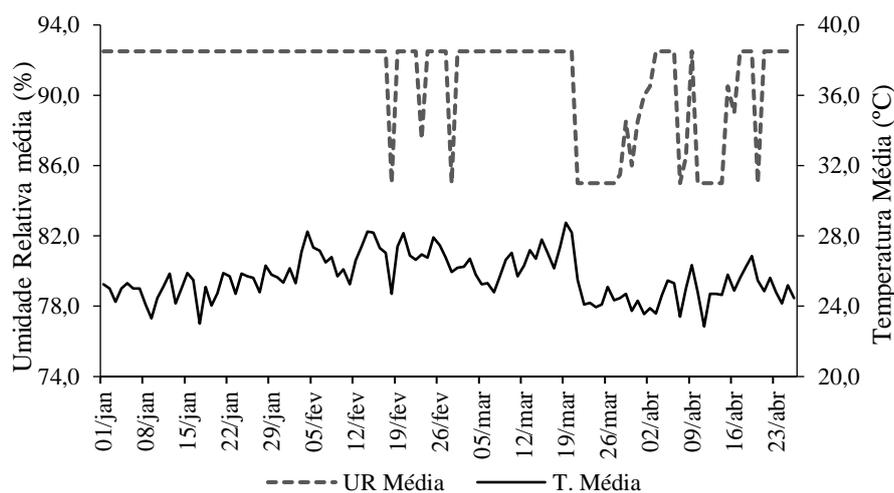


Figura 1 - Umidade relativa média e temperatura média semanais para os meses de janeiro a abril de 2019. Vitória da Conquista, BA, 2019. Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

O volume de água aplicado em cada tratamento correspondeu ao somatório da lâmina calculada de cada dia, no período compreendido entre duas irrigações consecutivas, de acordo com as porcentagens de 20, 60, 100 e 140% da ET_c, levando em consideração a área superficial dos vasos, estimada em 0,10 m². Foi utilizada uma proveta graduada para medir e aplicar o volume de água nos vasos.

3.4 Período de avaliações

As avaliações foram realizadas aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos. Para o período de 60 dias, foram utilizadas três repetições, mantendo a adequação dos dados aos critérios de normalidade e homogeneidade de variâncias.

Nas avaliações aos 120 dias, foram utilizadas apenas as plantas dos tratamentos com lâminas de 100% e 140%, uma vez que as plantas irrigadas com as lâminas de 20 e 60% morreram antes dos 120 dias. Importante salientar que a morte das plantas foi resultante do efeito dos tratamentos aplicados no presente estudo.

3.5 Características avaliadas

3.5.1 Índice SPAD (SPAD)

Para determinar o índice SPAD na folha, utilizou-se o medidor portátil de clorofila (SPAD 502, MINOLTA, Japão), com leituras realizadas em três pontos da primeira folha totalmente expandida e madura, localizada no terço superior da planta. As avaliações de índice SPAD foram realizadas aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos (Figura 2).



Figura 2 – Determinação do índice SPAD em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

3.5.2 Condutância estomática (g_s), transpiração (E) e assimilação de $CO_2(A)$

As avaliações referentes à condutância estomática, transpiração e fotossíntese foram realizadas utilizando-se um sistema portátil aberto de análise de gases por infravermelho (IRGA), LCpro, ADC BioScientific Ltd., UK, nos períodos de 60 e 120 dias após o início dos tratamentos, efetuadas antes da irrigação, entre o horário das 7:00 às 11:00 horas da manhã (Figura 3).



Figura 3 – Determinação das trocas gasosas em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

3.5.3 Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

A leitura do potencial hídrico foliar (Ψ_w) foi realizada aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos com auxílio de uma bomba de pressão (PMS 1000, PMS, Inglaterra), de acordo com Scholander et al. (1964), no período antemanhã (às cinco horas da manhã), na 1ª folha totalmente expandida do terço superior da planta (Figura 4).

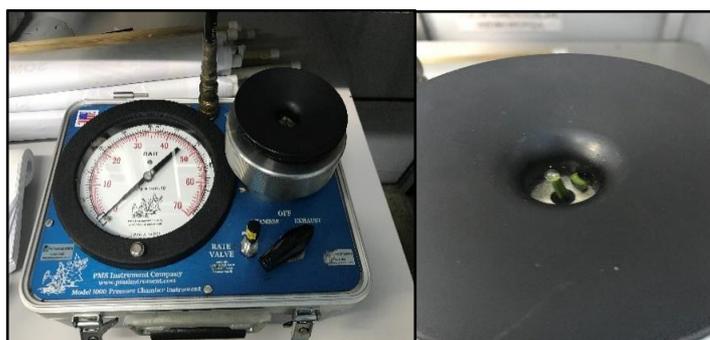


Figura 4 – Bomba de pressão utilizada na determinação do potencial hídrico foliar em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

3.5.4 Área foliar Total (AFT)

A Área Foliar Total foi determinada aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos, obtida por meio da multiplicação do número de folhas pela área da folha. A área da folha foi obtida pelo método (não destrutivo para cafeeiro), proposto por Barros et al. (1973), utilizando a equação 1:

$$y = 0,667 x \quad (1)$$

Em que: y é a área da folha (expresso em cm^2) e x a área do retângulo circunscrito à folha, correspondente ao produto do maior comprimento pela

maior largura, obtida em uma folha de cada par de folhas, utilizando régua graduada.

3.5.5 *Altura de planta (ALP)*

A altura de planta, expresso em cm, foi mensurada aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos, a partir do colo da planta até o seu meristema apical com auxílio de uma régua graduada (Figura 5).



Figura 5 – Determinação da altura de plantas em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista - BA. UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

3.5.6 *Diâmetro do caule (DC)*

O diâmetro do caule, expresso em mm, foi mensurado aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos, a 2 cm acima do solo, na região do colo da planta, utilizando um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm (Figura 6).



Figura 6 – Determinação do diâmetro do caule em cultivares de café arábica. Vitória da Conquista – BA. UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

3.5.7 Número de ramos plagiotrópicos (NRP)

Contagem manual dos ramos plagiotrópicos diretamente nas plantas, aos 120 dias (final do experimento).

3.5.8 Massa seca da parte aérea (MSPA)

Aos 120 dias após o início dos tratamentos, realizou-se o corte das plantas, separando a parte aérea da parte radicular. Em seguida, a parte aérea foi acondicionada em sacos de papel kraft e levado à estufa, sob temperatura de $70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por 72 horas ou até atingir peso constante para obtenção da massa seca da parte aérea.

3.5.9 Massa seca de raiz (MSR)

Aos 120 dias, final do experimento, realizou-se a separação da raiz do solo por meio do processo de lavagem sobre peneira de arame com malha de 2,0 mm e sob jato de água corrente. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel kraft e conduzido à estufa, sob temperatura de $70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$,

por 72 horas ou até atingir peso constante para obtenção da massa seca da parte radicular.

3.5.10 Eficiência do uso da água (EUA)

A eficiência de uso da água (EUA) foi calculada de acordo com a Equação 2:

$$EUA = \frac{MST}{LI} \quad (2)$$

Em que:

EUA = Eficiência no uso da água, em g L⁻¹;

MST = Massa seca total, em g; e

LI = Lâmina total de irrigação, em L.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (Cochran e Bartlett). No entanto, para as avaliações aos 60 dias, devido à dificuldade de encontrar transformações que atendessem aos critérios de normalidade e homogeneidade de variâncias para algumas características avaliadas, devido ao efeito dos tratamentos para a menor lâmina, retirou-se uma repetição, uma vez que foi proposital a utilização de quatro, pois já se tinha a ideia de que no decorrer do experimento poderia perder tratamentos irrigados com a menor lâmina. Com isso, para transpiração e área foliar total, aplicou-se a transformação $\sqrt{x} + 2$. Em seguida, as médias dos tratamentos qualitativos foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância. Para os dados quantitativos, foi realizada a análise de regressão cujos modelos foram

definidos com base na significância ($p < 0,05$), pelo maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e na resposta biológica para cada característica estudada. Para as avaliações aos 120 dias, devido à morte das plantas das lâminas L1 e L2, houve uma redução do experimento. Sendo assim, para o estudo das lâminas, foi utilizado o teste F, a 5% de significância. Após o estudo da análise de variância, para as características que tiveram interação significativa, foi realizado o desdobramento. Para realização das análises estatísticas, foi utilizado o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados estatísticos

Pela análise de variância, verificou-se que aos 60 dias, após o início dos tratamentos, houve interação entre os fatores cultivares e lâminas de irrigação para todas as características avaliadas. Por outro lado, aos 120 dias, houve interação apenas para as características condutância estomática e altura de plantas, para as demais, houve apenas efeito simples (Apêndices 1A e 2A).

4.2 Características fisiológicas do cafeeiro

4.2.1 Índice SPAD

Aos 60 dias, foram observadas diferenças do índice SPAD entre as cultivares, apenas quando irrigadas com a lâmina de 60% da ETc (Tabela 2). O índice SPAD da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 teve desempenho superior em 33,10, 65,90 e 98,80% em relação as cultivares MGS Paraíso 2, IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente. Também houve diferença entre a cultivar MGS Paraíso 2 e a IAC Tupi 125 RN, sendo a primeira superior em 49,4%.

Tabela 2 - Índice SPAD em cultivares de café arábica submetidos a diferentes lâminas de irrigação (% ETC), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	Índice SPAD			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	30,00A	50,47A	55,07A	58,13A
MGS Paraíso 2	31,27A	37,93B	52,00A	55,57A
IPR 107	34,27A	30,43BC	52,70A	50,73A
IAC Tupi 125 RN	35,40A	25,39C	48,97A	50,40A

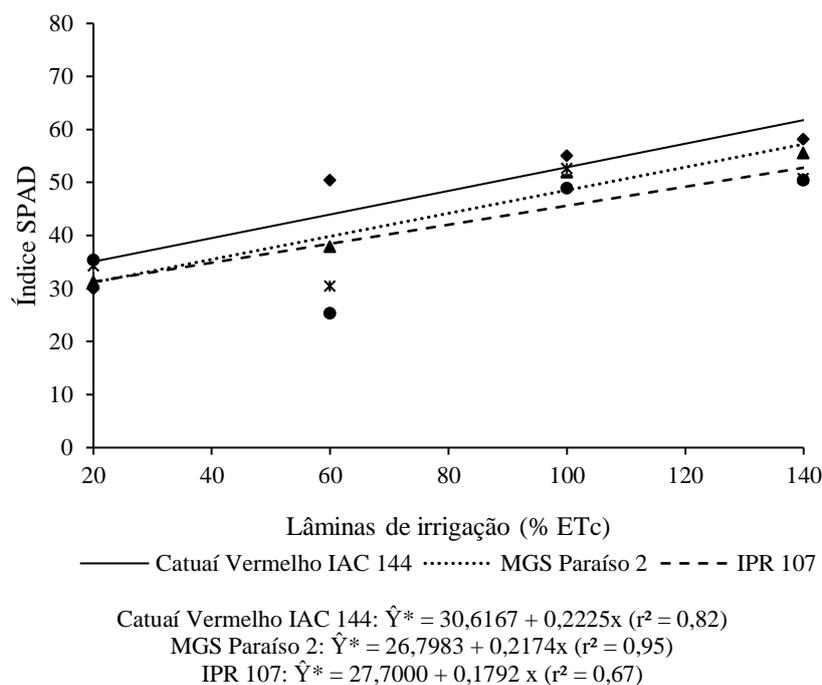
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Quando a planta é submetida ao estresse hídrico, há redução dos teores foliares da enzima redutase do nitrato e, conseqüentemente, diminuição da assimilação do nitrogênio (CAMPBELL, 1988). O teor de nitrogênio tem forte correlação com o teor de clorofila, que varia em função de estresses bióticos e abióticos, como o déficit hídrico (CHEMURA; MUTANGA; ODINDI, 2017), e, com isso, a intensidade de coloração do verde das folhas pode ser alterada. Na lâmina de 60%, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 obteve maiores valores para índice SPAD, demonstrando maior tolerância nesse nível de estresse hídrico.

A relação entre lâminas de irrigação e teores de clorofila foi anteriormente estudada por Peloso et al. (2017). Estes autores verificaram a redução dos teores de clorofila em função da redução das lâminas de irrigação. Para que ocorra a redução dos teores de clorofila, a restrição hídrica deve ser de elevada magnitude (ARAÚJO et al., 2008).

Para a relação entre o índice SPAD e as lâminas de irrigação, houve ajuste linear crescente com incremento de 76,1, 83,8 e 68,7% da lâmina de 20 para a 140% da ETC, nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2 e IPR 107, respectivamente. Para a cultivar IAC Tupi 125 RN, não houve ajuste de modelo de regressão, obtendo valor médio de 40,0 (Figura 7).



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 7 - Estimativa do índice SPAD em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETC), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Conceição et al. (2019), ao estudarem o crescimento inicial para diferentes cultivares do cafeeiro arábica, submetidas ao déficit hídrico, encontraram modelo linear crescente de índice SPAD para as cultivares Catuaí vermelho IAC e IAC 44 à medida que se aumentava a umidade do solo, comportamentos semelhantes ao encontrado no presente estudo.

Aos 120 dias após início dos tratamentos, a lâmina de 140% da ETC proporcionou maiores valores de índice SPAD, quando comparada com a lâmina de 100% (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice SPAD em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	Índice SPAD
100	51,71 B
140	56,67 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

O passar do tempo e o uso de lâminas de irrigação mais elevadas podem ter influenciado o metabolismo das plantas, promovendo alterações, o que pode justificar o aumento do índice SPAD para a lâmina de 140% da ETc, desempenho este que não foi constatado nas avaliações de 60 dias.

4.2.2 Condutância estomática (g_s)

Aos 60 dias, houve diferença significativa somente na lâmina de 140%, sendo a condutância estomática da cultivar IPR 107 superior em 68,2, 85,0 e 68,2% às cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente (Tabela 4). A condutância estomática é o principal fator limitante da taxa fotossintética em plantas cultivadas a pleno sol (FRANCK; VAST, 2009), tendo sua importância acentuada, quando avaliada sobre déficit hídrico.

Tabela 4 - Condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETC), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

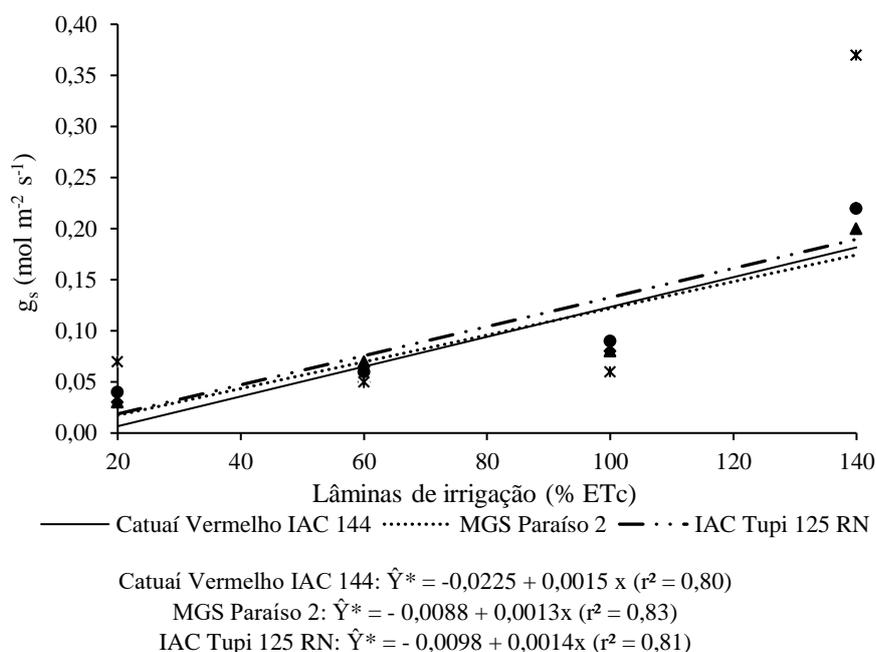
Cultivares	g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	0,03 A	0,05 A	0,08 A	0,22 B
MGS Paraíso 2	0,03 A	0,07 A	0,08 A	0,20 B
IPR 107	0,07 A	0,05 A	0,06 A	0,37 A
IAC Tupi 125 RN	0,04 A	0,06 A	0,09 A	0,22 B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Uma resposta marcante de plantas submetidas à deficiência hídrica é a redução das taxas transpiratórias. Esse processo envolve o fechamento estomático, com consequente redução da condutância estomática, que contribui para o aumento do potencial hídrico dentro dos limites que permitem a manutenção do crescimento vegetal (CAVATTE et al., 2012).

Para o estudo da condutância estomática em função das lâminas de irrigação, houve ajuste linear crescente para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2 e IAC Tupi 125 RN, com incremento de $0,17 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $0,15 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,18 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, da menor à maior lâmina aplicada. No entanto, para a cultivar IPR 107, nenhum modelo de regressão testado ajustou-se aos dados, obtendo valor médio de $0,14 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 8).



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 8 - Estimativa da condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Peloso et al. (2017), ao estudarem as limitações fotossintéticas em folhas de café arábica sob déficit hídrico, constataram que a redução de 100 para 60% da água disponível promove uma redução na condutância estomática, passando de 0,08 para 0,04 mol m⁻² s⁻¹, ou seja, uma redução de 50%. Segundo os autores, a situação ficou mais crítica quando as plantas foram submetidas a 30% da água disponível, obtendo valores inferiores a 0,02 mol m⁻² s⁻¹. Como constatado no trabalho dos mesmos autores e no presente estudo, a redução do fornecimento de água para as plantas de café arábica reduz severamente a condutância estomática. Tal fato indica que o cafeeiro é sensível, quando exposto ao déficit hídrico de curta duração, uma vez que o fechamento estomático ocorre assim que a umidade do solo começa a ser reduzida (PIZETTA et al., 2016).

Por outro lado, à medida que se eleva o fornecimento de água, a condutância estomática aumenta, o que maximiza as trocas gasosas, como a assimilação de CO₂ e também a taxa de transpiração.

Aos 120 dias (Tabela 5), observou-se que o valor médio da condutância estomática da cultivar MGS Paraíso 2, no tratamento com a lâmina de 100%, foi inferior em 100% e 80% às cultivares IAC Tupi 125 RN e IPR 107, respectivamente. Para a lâmina de 140%, a condutância estomática da cultivar IPR foi superior às demais, mantendo-se o mesmo desempenho. Dessa forma, fica evidente que, sob maior disponibilidade de água no solo, a cultivar IPR 107 consegue melhor desempenho quanto à abertura estomática, promovendo maiores trocas gasosas.

Tabela 5 - Condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	0,07 AB	0,06 B
MGS Paraíso 2	0,05 B	0,04 B
IPR 107	0,09 A	0,19 A
IAC Tupi 125 RN	0,10 A	0,09 B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Entretanto, apesar da cultivar IPR 107 apresentar maior condutância estomática, ou seja, maior difusão de CO₂ para o interior das células, esta não apresentou acréscimo em altura, diâmetro ou massa de matéria seca de raiz e parte aérea, se comparado às demais cultivares. Pelo contrário, essa cultivar apresentou-se inferior à cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 em muitas das características morfológicas avaliadas. Esse resultado pode estar relacionado às características intrínsecas da cultivar, uma vez que, apesar de apresentar maior condutância estomática, apresentou baixas taxas de assimilação de CO₂, comparado às demais cultivares, quando submetida a um

déficit hídrico com fornecimento de água equivalente a 60% da ETc e com uma maior disponibilidade de água, 140% da ETc.

Os resultados das demais cultivares indicam que essas plantas apresentam mecanismo de resposta ao estresse hídrico, uma vez que a maior disponibilidade de água no solo promove a redução da aeração do solo, dificultando a respiração das raízes e, como consequência, ocorre o fechamento estomático, diminuindo, assim, as trocas gasosas.

Para a avaliação, realizada aos 120 dias, as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso e IAC Tupi 125 RN apresentaram maiores valores de condutância estomática sob lâmina de 100%, diferentemente da cultivar IPR 107, que foi superior na lâmina de 140% (Tabela 6). Isso evidencia que, sob o maior fornecimento de água, a cultivar IPR 107 tende a realizar maiores trocas gasosas com a atmosfera, principalmente a taxa de transpiração, ou seja, a cultivar tende a perder mais água para atmosfera.

Tabela 6 - Condutância estomática (g_s) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	Catuaí Vermelho IAC 144	MGS Paraíso 2	IPR 107	IAC Tupi 125 RN
100	0,07A	0,05A	0,09B	0,11A
140	0,06B	0,04B	0,19A	0,10B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Esses resultados evidenciam que o estresse hídrico promovido pelo maior fornecimento de água no solo reduz a condutância estomática. Essa redução leva a um menor influxo de CO_2 para o interior dos cloroplastos (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2015), causando reduções na taxa fotossintéticas e, em última análise, contribuindo para um menor acúmulo de biomassa pela planta.

4.2.3 Transpiração (E)

Aos 60 dias (Tabela 7), observou-se que a transpiração na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi inferior em 8,9% à cultivar MGS Paraíso 2 e em 8,5% à cultivar IPR 107; no entanto, não diferiu da transpiração da cultivar IAC Tupi 125 RN, quando irrigada com a lâmina de 20% da ETc. Para a lâmina de 60% da ETc, a transpiração da cultivar IPR 107 foi inferior às cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2, em 6,6% e 8,1%, respectivamente, porém, não diferiu da cultivar IAC Tupi 125 RN.

No tratamento com a lâmina de 100% da ETc, o valor da transpiração na cultivar IPR 107 foi superior ao das demais cultivares, sendo 14,2% superior à transpiração da cultivar Catuaí Vermelho IAC, 16,0% à MGS Paraíso 2 e 10,0% sobre a cultivar IAC Tupi 125 RN. Na lâmina de 140% da ETc, não houve diferença das médias de transpiração entre as cultivares.

Tabela 7 – Transpiração (*E*) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% E_{Tc}), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	<i>E</i> (mmol vapor d'água m ⁻² s ⁻¹)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	2,82 ¹ (0,68)* B	3,04 ¹ (1,08) A	3,17 ¹ (1,38)* B	3,65 ¹ (2,72)* A
MGS Paraíso 2	3,07 ¹ (1,16)* A	3,08 ¹ (1,17)* A	3,12 ¹ (1,26)* B	3,52 ¹ (2,30)* A
IPR 107	3,06 ¹ (1,13)* A	2,85 ¹ (0,74)* B	3,62 ¹ (2,62)* A	3,68 ¹ (2,82)* A
IAC Tupi 125 RN	2,96 ¹ (0,92)* AB	2,94 ¹ (0,88)* AB	3,29 ¹ (1,65)* B	3,53 ¹ (2,35)* A

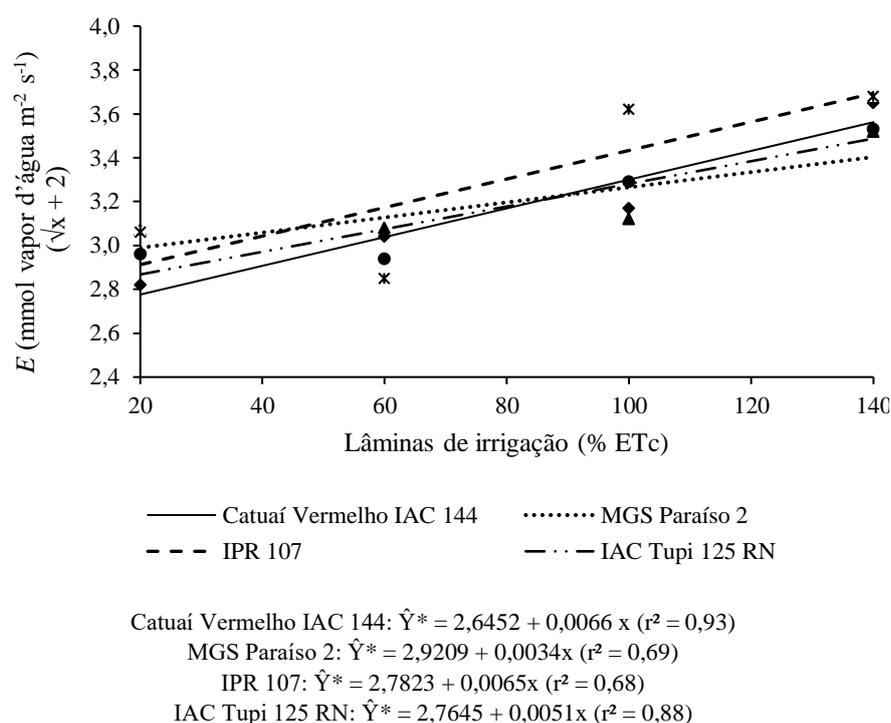
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹Valores transformados para: $\sqrt{x + 2}$

*Valores reais.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

A resposta da transpiração em função das lâminas de irrigação apresentou ajuste linear crescente em todas as cultivares estudadas, com aumento da transpiração de 28,3%, 13,8%, 26,8% e 21,6% da lâmina de 20 para 140% da ETc, nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2, IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente (Figura 9). Dessa forma, percebe-se que à medida que se aumenta o fornecimento de água para as plantas, há uma maior perda de água para a atmosfera. Esse resultado é evidenciado por meio do comportamento da condutância estomática.



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 9 - Estimativa para transpiração (E) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Ronchi et al. (2015), estudando as relações ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao déficit hídrico, encontraram resultados que

corroboram o presente estudo e, de acordo com os autores, conforme se reduz a disponibilidade de água, os valores de transpiração decrescem, como resultado do fechamento dos estômatos. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra as perdas exageradas de água e eventual morte e dessecação (TAIZ et al., 2017).

Na avaliação realizada aos 120 dias, a cultivar MGS Paraíso 2 apresentou o menor valor de transpiração, quando comparada com as demais cultivares, sendo inferior em 49,1% à Catuaí Vermelho IAC 144, 63,7% à IPR 107 e 81,4% à IAC Tupi 125 RN (Tabela 8). Esse resultado pode indicar maior sensibilidade da cultivar, quando submetida à maior disponibilidade hídrica, uma vez que os valores médios apresentados são provenientes de plantas submetidas à irrigação com 100 e 140% da ETc.

Tabela 8 - Transpiração (*E*) em cultivares de café arábica, 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	<i>E</i> (mmol vapor d'água m⁻² s⁻¹)
Catuaí Vermelho IAC 144	1,52A
MGS Paraíso 2	1,02B
IPR 107	1,67A
IAC Tupi 125 RN	1,85A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Dessa forma, podemos inferir que o fornecimento de água em maior volume que o necessário para a cultura não reflete em aumentos na taxa transpiratória das plantas.

4.2.4 Taxa de assimilação CO₂ (A)

Para o estudo dos tratamentos com aplicação da lâmina de 20% da ETc, observou-se que a taxa de assimilação de CO₂ da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi inferior às demais, apresentando valor negativo (Tabela 9), ou seja, as plantas estavam respirando ao invés de realizarem a fotossíntese. Entretanto, ao analisarmos a lâmina de 60%, observamos que ocorre o mesmo comportamento com a cultivar IPR 107, cuja assimilação de CO₂ foi inferior às demais cultivares.

Na lâmina de 100% da ETc, a taxa de assimilação de CO₂ das cultivares não apresentou diferença entre si, porém, na lâmina de 140% da ETc, a taxa de assimilação de CO₂ das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e IAC Tupi 125 RN foi superior em 36,9% e 35,9% em relação à MGS Paraíso 2 e 34,1% e 33,1%, quando comparadas à cultivar IPR 107, respectivamente.

Tabela 9 - Taxa de assimilação de CO₂ (A) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

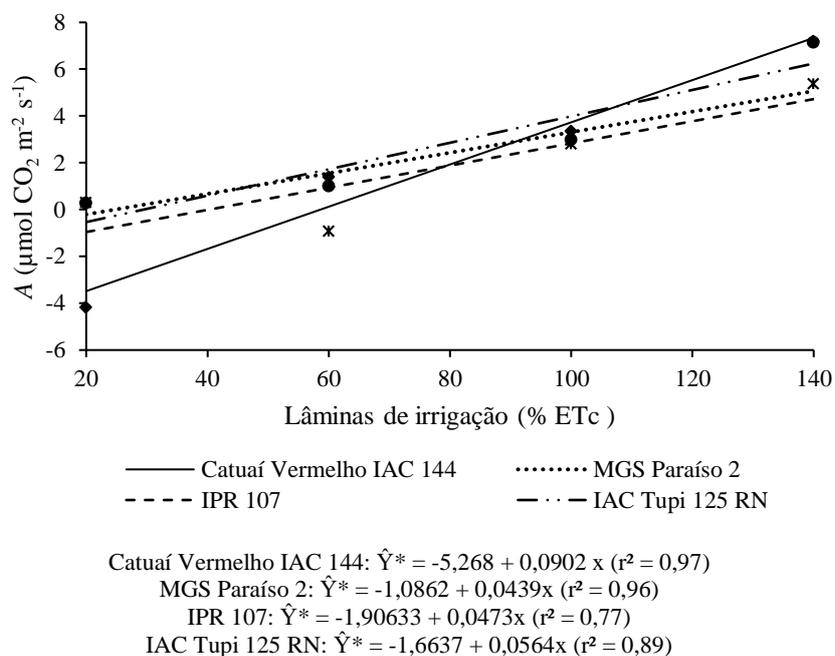
Cultivares	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC144	- 4,17B	1,40A	3,36A	7,20A
MGS Paraíso 2	0,23A	0,86A	3,37A	5,26B
IPR 107	0,30A	- 0,94B	2,79A	5,37B
IAC Tupi 125 RN	0,28A	1,00A	2,99A	7,15A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Para a avaliação realizada aos 60 dias, observou-se que a assimilação de CO₂ para todas as cultivares apresentou ajustes lineares crescentes, havendo aumento de -3,48 para 7,34 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na cultivar Catuaí IAC 144, - 0,21 para 5,07 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na MGS Paraíso 2, - 0,96 para 4,72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na IPR 107 e de - 0,53 para 6,24 na cultivar IAC Tupi 125 RN, em relação à lâmina de 20 para 140% da ETc (Figura 10).

Peloso, Tatagiba e Amaral (2017), estudando o déficit hídrico em mudas de café, encontraram resultados semelhantes aos apresentados neste trabalho. O café é sensível ao déficit hídrico durante o crescimento inicial, com reduções no crescimento vegetativo (SALAMANCA-JIMENEZ et al., 2017), o que pode explicar os menores valores de assimilação de CO₂ em plantas submetidas ao déficit hídrico. Por outro lado, a lâmina superior à recomendada promoveu maiores valores de assimilação de CO₂, principalmente para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e IAC Tupi 125 RN, o que pode provocar aumentos no teor de massa seca.



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 10 -Estimativa para taxa de assimilação de CO₂ (A) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Rodrigues, W. et al. (2016), ao avaliarem respostas fisiológicas no crescimento e produtividade em espécies de café em regiões de alta altitude,

encontraram uma redução da taxa de assimilação de CO₂ e condutância estomática, sendo correlacionada com a falta de chuva nesse período.

Na avaliação realizada aos 120 dias (Tabela 10), a taxa de assimilação de CO₂ da cultivar MGS Paraíso 2 foi inferior à taxa de assimilação de CO₂ nas cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, em 202,02% e 250,51%, respectivamente. No entanto, a mesma não diferiu da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

Tabela 10 - Taxa de assimilação de CO₂ (A) em cultivares de café arábica, avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Catuaí Vermelho IAC 144	3,66AB
MGS Paraíso 2	1,98B
IPR 107	5,98A
IAC Tupi 125 RN	6,94A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

É importante salientar que plantas submetidas ao déficit hídrico mostram decréscimo para condutância estomática e assimilação de CO₂, sendo a fotossíntese a principal prejudicada (PELOSO; TATAGIBA; AMARAL, 2017). No entanto, como aos 120 dias não foi possível fazer o estudo do déficit hídrico, devido à morte das plantas para estes tratamentos, podemos inferir somente a respeito das maiores lâminas, por meio das quais não houve diferenças para nenhuma cultivar. Isso mostra que, para as plantas em condições ótimas ou de maior disponibilidade hídrica, a assimilação de CO₂ não é afetada significativamente.

4.2.5 Potencial hídrico foliar (Ψ_w)

O potencial hídrico foliar (Tabela 11) não diferiu dentre as cultivares, quando aplicado às lâminas de 20, 100 e 140% da ETc, no entanto, quando aplicada uma lâmina de 60% da ETc, o potencial hídrico foliar da cultivar IAC Tupi 125 RN apresentou-se superior às demais cultivares. O potencial hídrico foliar nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e IPR 107 foi inferior ao potencial hídrico foliar da IAC Tupi 125 RN e superior ao potencial hídrico foliar da cultivar MGS Paraíso 2.

Tabela 11 - Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	Ψ_w (MPa)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	- 6,30A	- 2,40B	- 1,10 A	- 0,77A
MGS Paraíso 2	- 6,27A	- 3,30C	- 0,90 A	- 0,80A
IPR 107	- 6,30A	- 2,77B	- 0,87 A	- 0,67A
IAC Tupi 125 RN	- 6,43A	- 1,87 A	- 0,80 A	- 0,73A

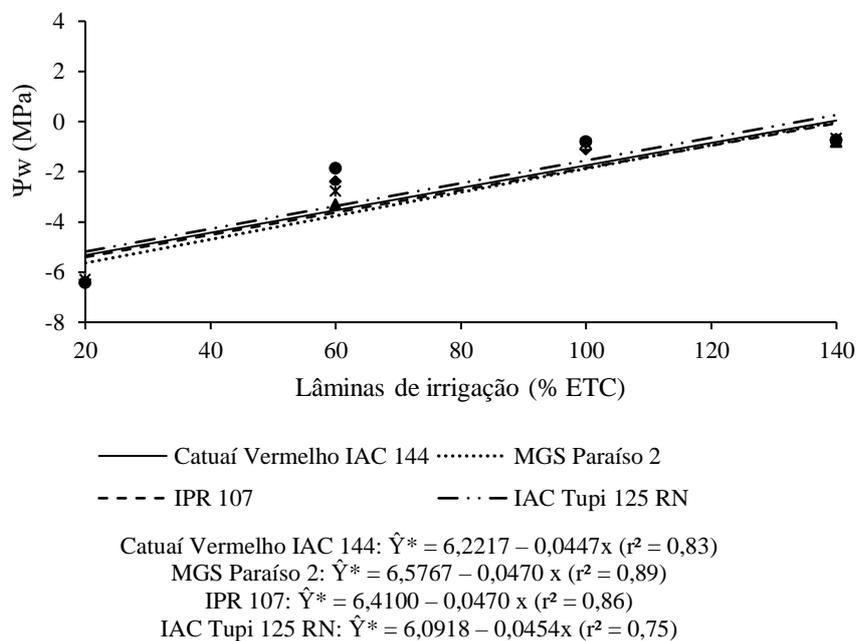
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

A cultivar MGS Paraíso 2 apresentou menor valor para o potencial hídrico foliar na lâmina de 60% da ETc, indicando menor conteúdo de água nas folhas ou maior resistência à perda de água. Ainda não se determinou, precisamente, um valor de potencial hídrico foliar para o café, por meio do qual as taxas fotossintéticas são afetadas (DaMATA; RAMALHO, 2006).

O potencial hídrico foliar em função das lâminas de irrigação apresentou ajuste linear crescente para todas as cultivares (Figura 11). Para o potencial hídrico foliar da cultivar Catuaí Vermelho 144, ocorreu um aumento de 5,37 MPa, passando de - 5,33 MPa na lâmina de 20% para 0,04 MPa na lâmina de 140%. O potencial hídrico foliar das cultivares MGS Paraíso 2, IPR

107 e a IAC Tupi 125 RN apresentou um aumento de 5,64, 5,30 e 5,45 MPa, respectivamente.



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 11 - Estimativa para potencial hídrico foliar (Ψ_w) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETC), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019. Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Brum et al. (2013), ao avaliarem o potencial hídrico foliar em mudas de café da cultivar Siriema em condições de estresse hídrico, encontraram valores de - 3,5 MPa após 30 dias sem irrigação. Os mesmos autores, ao irrigarem novamente as plantas submetidas ao estresse hídrico e avaliadas após 48 horas, verificaram que as plantas recuperaram o potencial, atingindo valores próximos a - 1,5 MPa, destacando-se que as mudas de café possuem grande poder de recuperação.

Deuner et al. (2011), ao avaliarem o comportamento estomático de plantas de café na capacidade de campo, encontraram valor para potencial hídrico foliar constante de - 0,2 MPa para todo o período de avaliação. Os

mesmos autores, avaliando plantas em que a irrigação foi suspensa gradualmente, com turno de rega de três dias, após 21 dias antes da irrigação, observaram uma redução de potencial hídrico para - 2,5 MPa. Para autores como Pinheiro et al. (2005) e Grisi et al. (2008), esses valores podem ser considerados prejudiciais para as plantas de café, pois podem causar reduções no aparelho fotossintético (GRISI et al., 2008). Ainda, os mesmos autores encontraram valores de potencial hídrico foliar de aproximadamente - 3,0 MPa aos 18 dias de avaliação, quando as plantas não foram irrigadas durante o período de avaliação.

Houve efeito significativo para o potencial hídrico foliar para lâminas de irrigação (Tabela 12), sendo inferior nas plantas sob suprimento de água de 100% da ETc. Esse resultado mostra que, com o aumento da lâmina de irrigação, as plantas promovem a turgescência das células estomáticas com consequente abertura, diminuindo a resistência da perda de água e favorecendo as trocas gasosas.

Tabela 12 - Potencial hídrico foliar em cultivares de café arábica, avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	Ψ_w (MPa)
100	- 1,00 B
140	- 0,88 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Com o aumento da lâmina de irrigação, há maior umidade do solo e água facilmente disponível, facilitando a absorção de água pelas raízes das plantas. Com isso, há um aumento da absorção de água pelas raízes, as células ficam mais túrgidas, promove o alongamento celular e diminui a resistência da perda de água, favorecendo as trocas gasosas.

4.3 Características morfológicas do cafeeiro

4.3.1 Altura de plantas

A altura de plantas na lâmina de 20% para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi superior à altura de plantas cultivar IPR 107 em 27,59% e igual à altura de plantas das cultivares MGS Paraíso 2 e IAC Tupi 125 RN; no entanto, as mesmas não diferiram em altura de plantas da cultivar IPR 107 (Tabela 13). Na lâmina de 60%, a altura de plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi superior em 23,03% e 22,41% em relação às cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente, e novamente igual à cultivar MGS Paraíso 2, sendo que a altura de plantas desta cultivar não diferiu das cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN.

Tabela 13 - Altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	ALP (cm)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	14,50A	16,33A	17,80A	20,83A
MGS Paraíso 2	13,03AB	15,33AB	16,53A	23,17A
IPR 107	10,50B	12,57B	10,43B	15,90B
IAC Tupi 125 RN	12,10AB	12,67B	12,83B	14,00B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

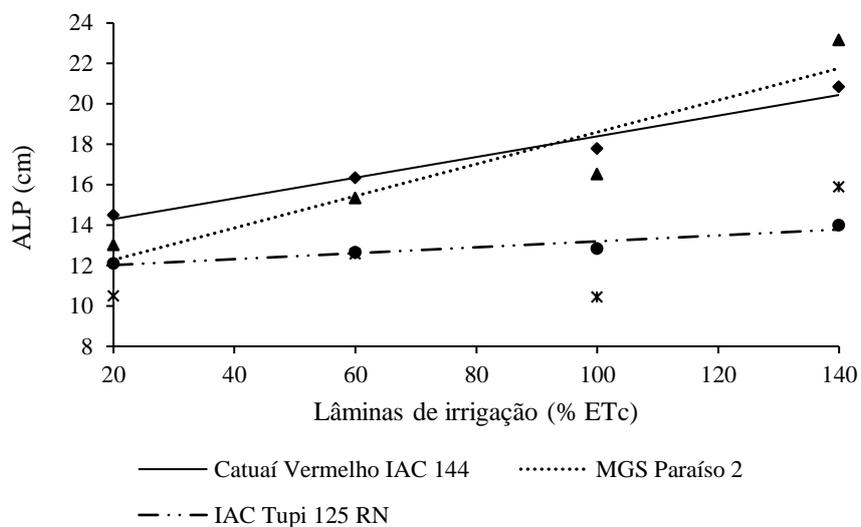
Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Na lâmina de 100%, a altura de plantas nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 foram iguais entre si e superiores às cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, as quais não diferiram uma da outra. A cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi superior para altura de plantas em 41,40% e 27,92%; e a MGS Paraíso 2 em 36,90% e 22,38% em relação às cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente. Esse desempenho se manteve na lâmina de 140%. Com base nos resultados de altura de plantas,

ficou evidenciado que a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 apresentou melhor aproveitamento da água de irrigação para seu crescimento, quando comparada à cultivar IPR 107 e IAC Tupi 125 RN nas lâminas de 60%, 100% e 140%, entretanto, apresentou crescimento semelhante à cultivar MGS Paraíso em todas as lâminas.

A disponibilidade de água é essencial para as plantas crescerem e completarem seu ciclo. Dentre algumas cultivares, observa-se uma tolerância à menor disponibilidade de água (CONCEIÇÃO et al., 2019), como verificado neste estudo, para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, que apresentou melhor resposta aclimatativa quanto ao estresse hídrico. Por outro lado, existem importantes razões para se quantificar o efeito do déficit hídrico, tanto para a introdução de novas práticas ou mesmo para se saber quais os impactos da ocorrência da seca no desenvolvimento inicial das lavouras de café (ARAUJO et al., 2011).

Na avaliação realizada aos 60 dias para a característica altura de plantas em função das lâminas de irrigação, houve ajuste linear crescente para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2 e IAC Tupi 125 RN, com incremento de 42,95%, 77,22% e 14,64% em altura com aumento da lâmina de 20 para 140% da ETc, respectivamente. No entanto, para a cultivar IPR 107, não houve ajuste quanto aos modelos de regressão testados, obtendo valor médio de 12,35 cm (Figura 12).



Catuaí Vermelho IAC 144: $\hat{Y}^* = 13,2733 + 0,0512 x$ ($r^2 = 0,97$)
 MGS Paraíso 2: $\hat{Y}^* = 10,6967 + 0,0790 x$ ($r^2 = 0,88$)
 IAC Tupi 125 RN: $\hat{Y}^* = 11,7267 + 0,0147 x$ ($r^2 = 0,90$)

*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 12 - Estimativa da altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas aos 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019. Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Worku e Astatkie (2010), ao estudarem as respostas morfológicas de cultivares de café arábica na fase de mudas em Jimma, no sudoeste da Etiópia, verificaram menor altura de plantas nos tratamentos em que foram submetidos ao estresse hídrico, sendo esses resultados semelhantes ao do presente estudo.

Dominghetti et al. (2016), avaliando o efeito do estresse hídrico sob a altura de mudas de café preparadas por estaquia, encontraram comportamento linear crescente com o aumento da lâmina aplicada, na qual houve incremento de 63,6% da lâmina de 20 para 100% da capacidade de campo, assim como Miranda et al. (2011) e Carvalho et al. (2006), que também encontraram comportamento linear crescente para altura de plantas com o aumento da disponibilidade hídrica, corroborando este estudo.

Aos 120 dias, as plantas submetidas ao tratamento com irrigação equivalente a 20% da ETc, assim como as de 60%, não resistiram e morreram, uma vez que a quantidade de água fornecida não foi suficiente para sua manutenção, restando apenas as plantas das lâminas de 100% e 140%. Na lâmina de 100%, a altura de plantas não apresentou diferença significativa entre as cultivares, evidenciando que, nesse período, as cultivares apresentaram o mesmo desempenho. Contudo, as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 apresentaram valores mais elevados em altura, sendo comprovados na lâmina de 140%. A altura de plantas para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi superior em 29,53% e 35,75%; e a altura de plantas para a MGS Paraíso 2 em 28,88% e 35,16%, quando comparadas às cultivares IPR 107 e à IAC Tupi 125 RN, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14 - Altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	ALP (cm)	
	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	19,25A	27,50 A
MGS Paraíso 2	19,20A	27,25 A
IPR 107	15,32A	19,38B
IAC Tupi 125 RN	16,83A	17,67B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Os resultados apresentados mostram que as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 são mais responsivas, quando supridas com lâminas maiores em relação às cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN. De acordo com Marouelli e Silva (2006), a maior disponibilidade de água pode reduzir a quantidade de oxigênio disponível para as raízes, acarretando redução no desenvolvimento, mesmo sendo plantas exigentes em água. Dessa forma, o maior fornecimento de água pode ter ocasionado redução do oxigênio

no solo, acarretando menores valores em altura de plantas para as cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, demonstrando serem mais sensíveis.

Para o estudo das lâminas dentro das cultivares aos 120 dias, não foi verificada diferença significativa para a cultivar IAC Tupi 125 RN (Tabela 15). Para as demais cultivares, houve incremento em altura de plantas com o aumento da lâmina de água aplicada, sendo esse aumento de 42,86%, para Catuaí Vermelho IAC 144; 41,93%, para a MGS Paraíso 2; e 26,42%, para IPR 107.

Tabela 15 - Altura de plantas (ALP) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	ALP (cm)			
	Catuaí Vermelho IAC 144	MGS Paraíso 2	IPR 107	IAC Tupi 125 RN
100	19,25 B	19,20 B	15,33 B	16,83 A
140	27,50 A	27,25 A	19,38 A	17,68 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Para a cultivar IAC Tupi 125 RN, é interessante a utilização da lâmina de 100%, uma vez que a cultivar não respondeu ao uso da lâmina de 140% e, dessa forma, a lâmina de 100% promove uma economia do uso da água. Já para as demais cultivares, no desenvolvimento inicial, a utilização de maiores lâminas de irrigação promoverá maior crescimento em altura, estando correlacionado com o maior diâmetro do caule e também da área foliar.

4.3.2 Diâmetro do caule (DC)

Não houve diferença significativa para diâmetro do caule das cultivares sob lâminas de 20% e 60%, no entanto, diferiram sob lâminas superiores (Tabela 16). Na lâmina de 100%, o diâmetro do caule da cultivar IPR 107 foi inferior às cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2 e IAC Tupi 125 RN, em 17,81%, 6,92% e 9,52%, respectivamente.

Na lâmina de 140%, o diâmetro do caule das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 foram iguais entre si e superiores às cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, sendo a primeira superior em 25,40% e 19,17%, e a segunda em 26,62% e 32,29%, respectivamente.

Tabela 16 - Diâmetro do caule (DC) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	DC (mm)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho	2,90 A	3,67 A	3,93 A	4,33 A
IAC 144				
MGS Paraíso 2	3,04 A	3,03 A	3,47 A	4,77 A
IPR 107	2,77 A	3,08 A	3,23 B	3,23 B
IAC Tupi 125 RN	3,23 A	3,00 A	3,57 A	3,50 B

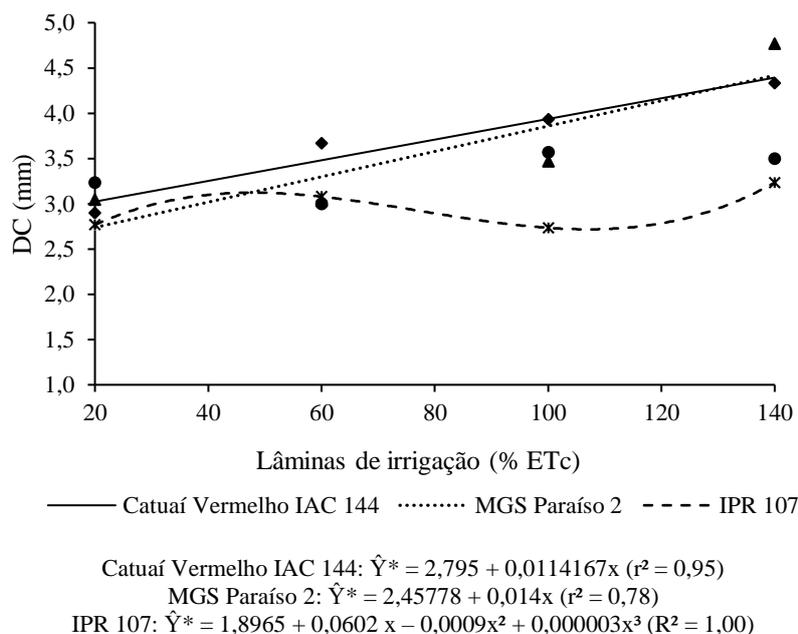
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

A determinação do diâmetro do caule é de suma importância, uma vez que maiores diâmetros de caule indicam taxas líquidas de assimilação dos produtos da fotossíntese (SOUZA et al., 2016), assim como também proporcionam maior taxa de sobrevivência no campo. Por outro lado, a redução do diâmetro de caule indica uma adaptação da planta para mitigar os efeitos de condições ambientais adversas (CASTANHEIRA et al., 2016; HACKE; SPICER; SCHREIBER, 2017). E, ainda segundo Sevanto et al. (2018), menor diâmetro em plantas submetidas ao déficit hídrico indica alta eficiência das plantas para a condução da seiva, pois diminui a chance de

embolia, uma vez que esse fenômeno é oriundo da formação de bolhas no interior do caule das plantas e mais recorrente naquelas que apresentam maiores valores de diâmetros de caule, pois a formação dessas bolhas no interior do caule impedem a condução da seiva.

A característica diâmetro do caule em função das lâminas de irrigação apresentou ajuste linear crescente com incremento de 45,31% e 61,36% em espessura, da lâmina de 20 para a de 140% da ETc, nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2, respectivamente. Para o diâmetro do caule da cultivar IPR 107, houve ajuste cúbico, com ponto de máximo ocorrendo na lâmina de 47,93%, equivalente a um diâmetro de caule de 3,12 cm e ponto mínimo na lâmina de 107,01%, equivalente a 2,72 cm. Para o diâmetro do caule na cultivar IAC Tupi 125 RN, não houve ajuste de modelo, obtendo-se valor médio de 3,33 cm (Figura 13).



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 13 - Estimativa do diâmetro do caule (DC) para cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019. Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Busato et al. (2007) encontraram modelos de regressão quadrática para diâmetro do caule para o cultivo do café conilon sob diferentes lâminas de irrigação, comportamento diferente ao encontrado no presente estudo. Por outro lado, os autores também constataram que a redução da lâmina de irrigação promove redução do diâmetro do caule.

Souza et al. (2016), ao estudarem o crescimento de plantas cultivadas com polímeros hidroretentor em sistema irrigado, encontraram valores para diâmetro de caule de 6,07 mm para a lâmina de 100% e uma redução para 3,73 mm na lâmina de 25%, ambas avaliadas aos 150 dias do transplante. No presente estudo, os valores foram inferiores aos encontrados pelos autores, fato este que pode ser justificado pelo período de avaliação, realizado aos 60 dias. No entanto, em ambos os trabalhos, o déficit hídrico é responsável pela redução do mesmo.

Malau et al. (2018), ao avaliarem o crescimento de cultivares de café arábica sob estresse hídrico, constataram que há uma redução de aproximadamente 18% do diâmetro do caule, quando diminuíram a lâmina de irrigação de 100 para 25% da capacidade de campo.

Azevedo et al. (2014), ao avaliarem a produção de mudas em diferentes recipientes e lâminas de irrigação em função da ET_0 aos 140 dias de idade, encontraram diferenças estatísticas para diâmetro de caule, quando as plantas foram irrigadas com a lâmina de 70 em relação a de 25% da ET_0 , obtendo maiores valores de diâmetro para a maior lâmina de irrigação. Assim como, também, Dardengo et al. (2009), estudando o déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, verificaram que o estresse hídrico reduz o diâmetro de caule das plantas.

O diâmetro do caule da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi superior em 15,29% em relação à cultivar IAC Tupi 125 RN. As demais cultivares não apresentaram diferenças significativas (Tabela 17).

Tabela 17 - Diâmetro do caule (DC) em cultivares de café arábica, avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	DC (mm)
Catuaí Vermelho IAC 144	5,10A
MGS Paraíso 2	4,91AB
IPR 107	4,68AB
IAC Tupi 125 RN	4,32B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

O diâmetro do caule para a lâmina de 140% foi superior em 27,3% ao da lâmina de irrigação de 100% (Tabela 18). Dessa forma, nesta fase, as cultivares são mais exigentes em água, o que permite maior ganho de diâmetro de caule, quando supridas com irrigações além da requerida.

Tabela 18 - Diâmetro do caule (DC) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	DC (mm)
100	4,18 B
140	5,32 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

4.3.3 Área foliar Total (AFT)

Na avaliação aos 60 dias (Tabela 19) na lâmina de 20%, não houve diferença entre as médias de área foliar total das cultivares, entretanto, na lâmina de 60%, a área foliar total da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 foi igual à cultivar MGS Paraíso 2 e superior às cultivares IPR 107, em 77,6%, e IAC Tupi 125 RN em 50,4%, respectivamente. Na lâmina de 100%, a área foliar total das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e IAC Tupi 125 foram iguais entre si e superiores às cultivares MGS Paraíso 2 e IPR 107, sendo a Catuaí superior em 26,6% e 30,2%; e a IAC Tupi superior em 32,3% e 36,1%, respectivamente.

Tabela 19 - Área foliar total (AFT) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Cultivares	AFT (cm ²)			
	20%	60%	100%	140%
Catuaí Vermelho IAC 144	10,39 ¹ (70,66)* A	17,30 ¹ (237,02)* A	27,18 ¹ (633,81)* A	35,41 ¹ (1122,51)* A
MGS Paraíso 2	9,16 ¹ (51,58)* A	14,28 ¹ (150,81)* AB	21,47 ¹ (380,27)* B	32,98 ¹ (960,61)* A
IPR 107	7,96 ¹ (36,02)* A	9,74 ¹ (62,86)* C	20,88 ¹ (363,18)* B	22,78 ¹ (441,60)* C
IAC Tupi 125 RN	10,38 ¹ (70,59)* A	11,50 ¹ (93,78)* BC	28,41 ¹ (704,09)* A	27,51 ¹ (651,67)* B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹Dados transformados para: $\sqrt{x + 2}$

*Dados reais.

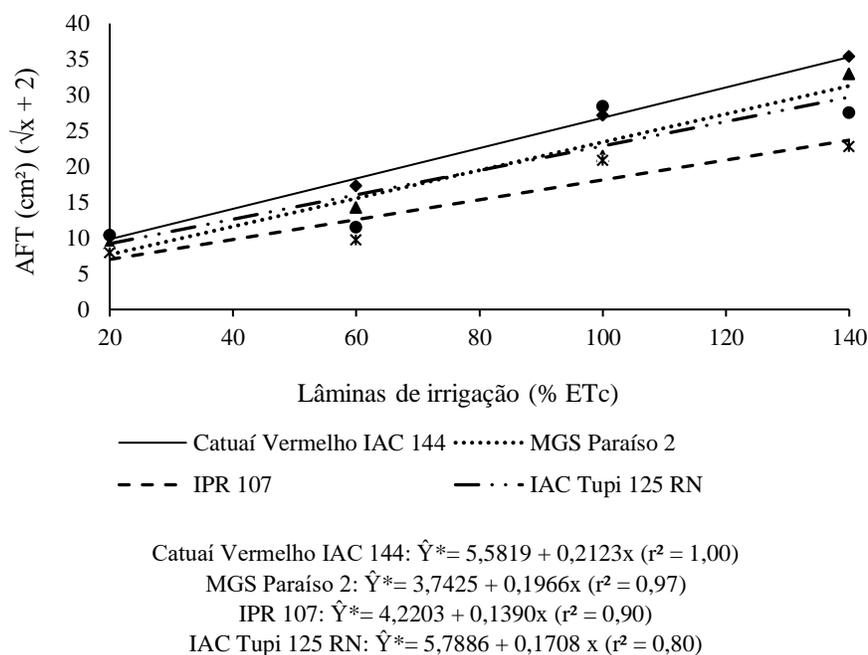
Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Na lâmina de 140%, as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 expressaram a mesma área foliar total, superiores à área foliar total das cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, sendo a Catuaí Vermelho IAC 144 superior em 55,44% em relação à IPR 107 e 28,7% em relação à IAC Tupi 125 RN. A cultivar MGS Paraíso 2 obteve área foliar total superior em 44,8% e 19,9% em relação às cultivares IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente.

A redução da área foliar é a primeira linha de defesa da planta ao déficit hídrico. Assim, logo no início do déficit hídrico, a perda de turgor nas células do mesófilo reduz o potencial de pressão interno da parede celular (TAIZ et al., 2017), reduzindo, portanto, a expansão foliar.

As cultivares apresentaram incrementos diferentes em respostas às lâminas de irrigação. O aumento das lâminas de irrigação de 20% para 140% da ETc proporcionou ganho de 259,2% na área foliar total, para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144; 307,4%, para a cultivar MGS Paraíso 2; 239,3%, para IPR 107; e 222,6%, para a cultivar IAC Tupi 125 RN (Figura 14).

Dominghetti et al. (2016), ao estudarem o déficit hídrico no cafeeiro, observaram tendência de crescimento linear para área foliar, para mudas obtidas por embriogênese somática, aumentando à medida que se aumentou a umidade no solo. Fatores ambientais exercem influência diretamente na anatomia da folha, sendo a condição hídrica um dos fatores mais importantes do desenvolvimento foliar (CASTRO et al., 2009).



*Significativo, a 5% de probabilidade pela análise de variância da Regressão.

Figura 14 - Estimativa da área foliar total (AFT) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 60 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Conceição et al. (2019), ao estudarem o crescimento inicial de cultivares de café arábica sob estresse hídrico, também encontraram aumento linear para a área foliar à medida que aumentou a umidade do solo, havendo um incremento de aproximadamente 100%, quando se elevou a umidade do solo de 12,5 para 100% da capacidade de campo. O déficit hídrico causa redução da área foliar, em consequência da abscisão foliar, da produção de folhas menores ou, até mesmo, da redução da emissão de novas folhas (DUBBERSTEIN et al., 2017), o que também acaba refletindo negativamente no sistema radicular do cafeeiro.

Não houve diferença significativa para a área foliar total em nenhuma das cultivares estudadas. Entretanto, nesse mesmo período, a lâmina de 140%

proporcionou maiores valores de área foliar total, com incremento de 122% em relação à lâmina de 100% (Tabela 20).

Tabela 20 - Área foliar total (AFT) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	AFT (cm ²)
100	384,56 B
140	854,28 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

De acordo Taiz et al. (2017), o incremento da área foliar para maiores lâminas de irrigação pode estar ligado à elevação do turgor nas células do mesófilo, promovendo, conseqüentemente, um aumento do potencial de pressão na parte interna da parede celular e ocasionando a expansão foliar.

O incremento em área foliar é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese. Quanto maior a área foliar, maior será a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, maior a capacidade de realizar fotossíntese, o que conseqüentemente irá favorecer o incremento de matéria seca (TATAGIBA et al., 2016; PELOSO et al., 2017).

4.4 Características morfológicas avaliadas ao final do experimento

4.4.1 Número de ramos plagiotrópicos (NRP)

O número de ramos plagiotrópicos para todas as cultivares foram iguais. Entretanto, o tratamento com irrigação equivalente a 140% da ETc promoveu maior número de ramos plagiotrópicos (Tabela 21).

Tabela 21 - Número de Ramos Plagiotrópicos em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	NRP
100	3,69 B
140	6,00 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Pereira et al. (2019), ao estudarem o desempenho morfoagronômico em 12 cultivares de café arábica, aos 15 meses de idade, constataram que as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2 possuíam o mesmo desempenho, no entanto, ambas foram superiores à cultivar IAC Tupi 125 RN. Porém, neste estudo, aos 120 dias, não foi constatada diferença entre as cultivares.

Castanheira et al. (2019), ao avaliarem técnicas agronômicas para mitigarem o efeito da restrição hídrica em mudas do café arábica, cultivar Mundo Novo IAC 379/19, observaram, aos 130 dias após o transplântio, que as plantas testemunhas tinham, em média, 6,1 ramos plagiotrópicos, quando estavam com 80% da capacidade de campo. Esses valores são próximos ao encontrado no presente estudo para a lâmina de 140% da ETc. Por outro lado, os autores encontraram valores de 1,8 ramos plagiotrópicos, quando reduziu a umidade do

solo para 40% da capacidade de campo. A produção de ramos plagiotrópicos em plantas de café está diretamente ligada ao fornecimento de água, uma vez que lâminas maiores promove maior número destes.

4.4.2 Massa seca de raiz (MSR)

As médias de massa seca de raiz das cultivares não diferiram entre si, sendo que a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 se destacou com o maior valor absoluto (3,18g). Ramos e Carvalho (1997), trabalhando com 29 cultivares de café, associaram a tolerância à seca a uma maior massa seca de raiz, que deve estar relacionada à distribuição radicular, sendo uma estratégia para aumentar a absorção de água. Neste trabalho, aos 120 dias não, foi constatada diferença de massa seca de raiz para as cultivares.

Para o estudo das lâminas, as médias das cultivares apresentaram maiores valores de massa seca de raiz, quando irrigadas com a lâmina de 140% (Tabela 22).

Tabela 22 - Massa Seca de Raiz (MSR) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	MSR (g)
100	1,59 B
140	3,37 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Peloso et al. (2017), ao estudarem o efeito da restrição hídrica no cafeeiro, verificaram que a redução da água disponível do solo de 100 para 60% acarretou

em diminuição de 52% da massa seca da raiz. Neste estudo, como não foi possível a avaliação da massa seca de raiz dos tratamentos submetidos ao déficit hídrico, fez-se o estudo da lâmina de 100 e 140% da ETc. O aumento de 40% da demanda hídrica da cultura promoveu ganho de 111,9%, resultando em maior eficiência do uso da água para essa lâmina.

4.4.3 Massa seca de parte aérea (MSPA)

A massa seca da parte aérea das cultivares foram iguais, todavia, na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, obteve-se o maior valor absoluto (10,49g), seguido pela cultivar MGS Paraíso 2 (8,93g).

Para o estudo de lâminas, os valores médios de massa seca de parte aérea foram superiores para a lâmina de 140%, quando comparada à lâmina de 100%, fato encontrado para todas as cultivares (Tabela 23).

Tabela 23 - Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	MSPA (g)
100	5,33 B
140	12,33 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Sabe-se que as respostas ao estresse por seca estão relacionadas ao crescimento e desenvolvimento anormais, podendo-se observar nas plantas necrose, murchamento foliar, diminuição do crescimento e biomassa, ajuste osmótico, controle estomático e menor produção (DaMATTA; RAMALHO,

2006; CHESEREK; GICHIMU, 2012), afetando significativamente a massa seca de parte aérea de plantas.

4.5 Eficiência do uso da água (EUA)

As cultivares, quando supridas com a lâmina de irrigação de 140% da ETc, apresentaram melhor eficiência do uso da água, em que se observa que são necessários 2,2 L de água para produzir 1 g de massa seca total, sendo o volume de água inferior ao encontrado para a lâmina de 100% da ETc, quando são necessários 3,57 L para produzir 1 g de massa seca total (Tabela 32). De acordo com os resultados, as plantas precisam de um menor volume de água para produzir a mesma massa seca total, quando irrigadas com a lâmina de 140%.

Tabela 24 - Eficiência do uso da água (EUA) em cultivares de café arábica, submetidas a lâminas de irrigação (% ETc), avaliadas 120 dias após o início dos tratamentos. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2019

Lâminas de irrigação (% ETc)	EUA (g L ⁻¹)
100	0,28 B
140	0,45 A

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

O uso correto da água é fundamental para obtenção de resultados satisfatórios, em termos econômicos, assim como na preservação desse recurso natural. Para Santana et al. (2010), lâminas menores ou maiores que a ideal ocasiona perdas de produtividades. Neste estudo, mesmo a lâmina sendo superior à ideal para a cultura, houve melhor resultado para a eficiência do uso da água. Esse resultado pode ser explicado porque no desenvolvimento inicial as plantas possuem alta resposta ao fornecimento de água.

De modo geral, o desenvolvimento inicial das cultivares de café arábica foi afetado pelo estresse hídrico. Observou-se melhor desempenho das características morfofisiológicas das cultivares, quando irrigadas com lâminas correspondentes a 100 e 140 % da ETc, em ambos períodos de avaliação. Dentre as cultivares estudadas, ficou evidenciado melhor desempenho das características morfofisiológicas para a Catuaí Vermelho IAC 144 e MGS Paraíso 2, quando submetidas ao déficit hídrico, mas, com o aumento do fornecimento de água, elas tiveram crescimento semelhante à IPR 107 e IAC Tupi 125 RN.

5 CONCLUSÕES

As cultivares respondem diferentemente em relação à quantidade de água, sendo que as plantas submetidas a maiores lâminas de irrigação tendem a aumentar o volume de raízes, altura de planta, diâmetro do caule e área foliar, como também apresentam melhores condições para a realização das trocas gasosas e, conseqüentemente, para produzir maior quantidade de massa seca.

Sob déficit hídrico, as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e a MGS Paraíso 2 apresentam melhores desempenhos das características morfológicas e fisiológicas, determinadas aos 60 dias, quando comparadas às demais.

Sob lâminas de irrigação de 100 e 140% da ETc, as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2, IPR 107 e IAC Tupi 125 RN apresentam respostas semelhantes para às características morfológicas e fisiológicas avaliadas aos 120 dias.

A lâmina de irrigação de 140% da ETc proporciona maior eficiência de uso da água para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, MGS Paraíso 2, IPR 107 e IAC Tupi 125 RN, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. 301p. 1998.
- ALMEIDA, G. R. R.; CARVALHO, C. H. S.; GUIMARÃES, R. J.; TEIXEIRA, J. B.; PADILHA, L. Comportamento de cafeeiros propagados por embriogênese somática e por sementes em diferentes níveis de água no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 114-119, 2011.
- ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 155-124, 2011.
- ARAÚJO, W. L.; DIAS, P. C.; MORAES, G. A. B. K.; 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**, Paris, v. 46, n. 10, p. 884-890, 2008.
- ARRUDA, F.B.; ZULLO JUNIOR, J.; OLIVEIRA, J.B. ARRUDA, F.B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.11, p.11-15, 1987.
- AZEVEDO, J. M. G. de.; REIS, E. F. dos.; TOMAZ, M. A.; GARCIA, G. DE O.; NOGUEIRA, N. O.; DARDENGO, M. C. J. D. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café Conilon sob irrigação e hidrorretentor. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.9, n.3, p.432-439, 2014.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L. cv “Bourbon Amarelo”). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.
- BRUM, C. N. F.; MELO, E. F.; BARQUERO, L. O. B.; ALVES, J. D.; CHALFUN-JÚNIOR, A. 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.

- BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O. O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, Heidelberg, v.129, n.1, p.89-101, 2015.
- BUSATO, C.; REIS E. F.; MARTINS C. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café Conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.54, n.314, p.351-357, 2007.
- CAMPBELL, W.H. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v.74, n.1, p.214-219, 1988.
- CARVALHO, C.H.M. de; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; MORAIS, A.R. de. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, p.243-250, 2006.
- CASTANHEIRA, D. T.; BARCELOS, T. R.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, M. A. de F.; REZENDE, T. T.; BASTOS, I. dos S. CRUVINEL, A. H. Agronomic techniques for mitigating the effects of water restriction on coffee crops. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 104-115, 2019.
- CASTANHEIRA, D.; REZENDE, T.; BALIZA, D.; GUEDES, J.; CARVALHO, S.; GUIMARÃES, R.; VIANA, M. Potencial de utilização de características anatômicas e fisiológicas na seleção de progênies de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 375-386, 2016.
- CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, v. 9, n. 4, 2009.
- CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A.; MORAIS, L.E.; MARTINS, S. C.; SANGLARD, L. M.; DaMATTa, F. M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee?: a morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 144, n. 2, p. 111-122, 2012.
- CHEMURA, A.; MUTANGA, O.; ODINDI, J. Empirical modeling of leaf chlorophyll content in coffee (*Coffea arabica*) plantations with sentinel-2 MSI Data- Effects of spectral settings, spatial resolution, and crop canopy cover. **Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, [S. l.], v. 10, n. 12, 2017.
- 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.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café Safra 2019 Segundo Levantamento**, v. 5, n. 2, 65p. 2019. Disponível em: file:///E:/Downloads/BoletimZCafZmaioZ2019_1.pdf. Acesso em: 10 ago. 2019.

CONCEIÇÃO, W. B.; MACHADO, C. M. M.; MACEDO, L. A.; FERREIRA, B. DE O.; FRANÇA, A. C. Crescimento inicial do cafeeiro em um latossolo vermelho amarelo sob diferentes umidades do solo. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 4, n. 1, p. e7715, 2019.

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.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, p. 1-14, n.6, 2009.

DEUNER, S., ALVES, J., ZANANDREA, I., GOULART, P., SILVEIRA, N., HENRIQUE, P., & MESQUITA, A. Stomatal behavior and components of the antioxidative system in coffee plants under water stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.1, p.77-85, 2011.

DOMINGHETTI, A. W.; SOUZA, A. J. de J.; SILVEIRA, H. R. de O.; SANT'ANA, J. A. do V.; SOUZA, K. R. D. de; GUIMARÃES, R. J.; LACERDA, J. R. Tolerância ao déficit hídrico de cafeeiros produzidos por estaquia e embriogênese somática. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 117 - 126, 2016.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, CURITIBA, M. Influência da adubação no crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia Sul Ocidental. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 197 - 206, 2017.

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). **Cultivares de café EPAMIG**. 2p. 2016. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/folder/cultivares_cafe_epamig.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, p. 87-106, 1986.

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.

FIALHO, G. S.; SILVA, P. da.; REIS, D. F. dos.; FONSECA, E. A. da.; FONSECA, A. F. A. da.; AMÉLIA, M. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Arica, v. 28, n. 3, 35-39, 2010.

FRACASSO, A.; TRINDADE, L.; AMADUCCI, S. Drought tolerance strategies highlighted by two Sorghum bicolor races in a dry-down experiment. **Journal of Plant Physiology**, v.190, p.1-14, 2016.

FRANCK, N.; VAAST, P. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. **Trees**, Gewerbestrasse, v. 23, n. 4, p. 761-769, 2009.

GRISI, F.A.; ALVES, J.D.; CASTRO, E.M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. Leaf anatomical evaluations in ‘Catuaí’ and ‘Siriema’ coffee seedlings submitted to water stress. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.6, p. 1730-1736. 2008.

HACKE, U.G.; SPICER, R.; SCHREIBER, S.G. Na ecophysiological and developmental perspective on variation in vessel diameter. **Plant, Cell & Environment**, Hoboken, v.40, n.6, p. 831-845, 2017.

Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Cultivares de café desenvolvidas pelo instituto agrônomo (IAC) e registradas no Ministério Da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (registro nacional de cultivares - RNC)**. 1p. 2017. Disponível em:
http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/cafe/tabela_rnc_cultivares_cafe_iac.pdf. Acesso em: 10 jan. 2018.

International Coffee Organization (ICO). **Trade statistic tables.**, 2019. Disponível em: <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/cmr-0219-p.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.

MALAU, S.; SIAGIAN, A.; SIRAIT, B.; AMBARITA, H. Plant growth of genotypes of Arabica coffee on water stress. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [S. l.], v. 420, n. 1, p. 1-10, 2018.

- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 24, n. 3, p. 342-346. 2006
- MATIELLO, J. B.; FERNANDES, A. L.; SANTINATO, R. **Facilitando a irrigação em cafezais**. Procafé, p.82, 2009.
- MIRANDA, W. L.; GUIMARÃES, R. J.; MAGALHÃES, P. B.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, P. M. de. Desenvolvimento vegetativo de plantas de café arábica enxertadas sobre café robusta e submetidas à reposição hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.12, p.1618-1624, 2011.
- MÜLLER, C. **Efeito do paclobutrazol na germinação e no metabolismo do etileno em sementes de *Stylosanthes humilis* H.B.K.** 2007. 58 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- NASCIMENTO, M.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CAMPANA, A. C. M.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.1, p.41-48, jan. 2010.
- OLIVEIRA, I. P.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Faculdade Montes Belos**, Montes Claros, v. 5, n. 4, p. 17-32, 2012.
- PELOSO, A. de F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T. do. Limitações do crescimento vegetativo em cafeeiro arábica promovido pelo déficit hídrico. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 139-147, 2017.
- PELOSO, A. de F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 389 - 399, 2017.
- PEREIRA, D. R.; AGUIAR, J. A. R. de; NADALETI, D. H. S.; FASSIO, L. de O.; CARVALHO, J. P.F.; CARVALHO, S. P. de; CARVALHO, G. R. Morphoagronomic and sensory performance of coffee cultivars in initial stage of development in cerrado mineiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 193-205, 2019.
- PÉREZ, L. R. Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. **Agromía colombiana**, Bogotá, v. 24, p. 28-37, 2006.

- PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arábica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2009.
- PINHEIRO, H. A.; DaMATTa, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, [S. l.], v. 96, p. 101-108, 2005.
- PIZETTA, S. C.; RODRIGUEZ, R. R.; RIBEIRO, W. R.; REIS, E, F.; COLODETTI, T. V. Análise do crescimento do cafeeiro arábica em razão da relação de água transpirável no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 46-54, 2016.
- RAMOS, L. C. da S.; CARVALHO, A. Shoot and root evaluations on seedlings from *Coffea* genotypes. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 59-68, 1997.
- RIBEIRO JUNIOR, J.J. **Análises Estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 301p. 2001.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999. p. 289-302.
- ROCHA NETO, O. C.; TEXEIRA, A. S. S.; BRAGA, A. P. S.; SANTOS, C. C.; LEÃO, R. A. O. Application of artificial neural networks as an alternative to volumetric water balance in drip irrigation management in watermelon crop. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p.266-279, 2015.
- RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; SILVA, N. K. C.; RIBEIRO, W. R.; REIS, E. F. dos. Crescimento inicial do cafeeiro conilon sob déficit hídrico no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 33-38, 2016.
- RODRIGUES, W. P., VIEIRA, H. D., CAMPOSTRINI, E., FIGUEIREDO, F. A. M. FERRAZ, T. M.; PARTELLI, F. L.; RAMALHO, J. C. Physiological aspects, growth and yield of *Coffea* spp. in areas of high altitude. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.] v. 10, n. 5, p. 666–674, 2016.
- RONCHI, C. P.; ARAÚJO, F. C. de; ALMEIDA, W. L. de; SILVA, C. E. da; MAGALHÃES, C. E. de O.; OLIVEIRA, L. B. de.; DRUMOND, L. C. D. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao déficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de minas gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 24-32, 2015.

- SALAMANCA-JIMENEZ, A.; DOANE, T. A.; HORWATH, W. R. Coffee response to nitrogen and soil water content during the early growth stage. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Hoboken, v. 180, n. 5, p. 625-626, 2017.
- SANTANA, M. J. de; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. da. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: o lutador, 2008. 476p.
- SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 52, n. 1, p. 119-125, 1964.
- SEVANTO, S.; RYAN, M.; DICKMAN, T.; DEROME, D.; PATERA, A.; DEFRAEYE, D.; PANGLE, R. E. HUDSON, P. J.; POCKMAN, W. T. Is desiccation tolerance and avoidance reflected in xylem and phloem anatomy of two coexisting aridzone coniferous trees? **Plant, Cell & environment**, Hoboken, v.41, n.7, p.1551-1564, 2018.
- SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro 'Catuai' em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 21-25. 2008.
- 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, n. 2, p. 32-41, 2008.
- SILVA, G. R.; DUTRA NETO, C.; SANTOS, A. C. N. S.; NOVAES, J. C. Caracterização da notoriedade do café do planalto de Vitória da Conquista – Ba, para a indicação geográfica de procedência. **In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2013, Salvador. 5p. 2013.
- SOARES, A. R.; MOURA, B. R.; RODRIGUES, S. B. S.; MUDRIK, A. S.; MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. Utilização de diferentes fontes de nitrogênio e potássio na produtividade de cafeeiros irrigados e fertirrigados. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS**, 29., 2003, Araxá-MG. **Anais...** Araxá-MG: MMA/PROCAFÉ, p.60, 2003.

SOUZA, A.J.J.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SANT'ANA, J. A. do V.; CASTANHEIRA, D. T. Quantitative analysis of growth in coffee plants cultivated with a water-retaining Polymer in an irrigated system. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.47, n.1, p.162-171, 2016.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Estatística dos municípios baianos**: Território de Identidade Vitória da Conquista. Salvador, SEI, v. 4, 2010.

TAIZ L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, F. Fotossíntese em *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 336-345, 2015.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; VINCO, J. S.; PINHEIRO, A. A. Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 104-118, 2016.

WORKU, M.; ASTATKIE, T. Growth responses of arabica coffee (*Coffea arabica* L.) varieties to soil moisture deficit at the seedling stage at Jimma, Southwest Ethiopia. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 8, n.1, p. 195-200, 2010.

ZHOU, S.; DUURSMA, R. A.; MEDLYN, B. E.; KELLY, J. W. G.; PRENTICE, I. C. How should we model plant responses to drought: an analysis of stomatal and non-stomatal responses to water stress. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 182, p. 204-214, 2013.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Análises de variância das características avaliadas para cultivares de café arábica

Apêndice 1A – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características índice SPAD (SPAD), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{s}^{-1}$), assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e potencial hídrico foliar (Ψ_w) (MPa) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% da ETc), determinados aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos (DAIT). UESB, Vitória da Conquista - BA. 2019

FV	GL	Quadrados médios				
		Determinado aos 60 DAIT				
		SPAD	g_s	E'	A	Ψ_w
Cultivar (C)	3	154,6665*	0,0045*	0,0462*	2,4906*	0,2572*
Lâmina (L)	3	1403,3420*	0,1146*	1,0516*	116,1913*	80,6239*
C x L	9	94,2674*	0,0048*	0,0654*	6,4260*	0,3044*
Blocos	2	126,8102 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0083 ^{ns}	0,0378 ^{ns}	0,0277 ^{ns}
Resíduo	30	20,4072	0,0005	0,0057	0,3830	0,0519
CV (%)		10,34	20,63	2,34	27,16	8,63

FV	GL	Quadrados médios				
		Determinado aos 120 DAIT				
		SPAD	g_s	E	A	Ψ_w
Cultivar (C)	3	36,1500 ^{ns}	0,0132*	1,0134*	40,4331*	0,0716 ^{ns}
Lâmina (L)	1	197,0112*	0,0028*	0,1028 ^{ns}	13,2956 ^{ns}	0,1225*
C x L	3	11,3812 ^{ns}	0,0066*	0,3196 ^{ns}	8,4746 ^{ns}	0,0554 ^{ns}
Blocos	3	11,1125 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,1089 ^{ns}	7,0045 ^{ns}	0,0494 ^{ns}
Resíduo	21	21,1425	0,0005	0,1139	6,3188	0,0276
CV (%)		8,49	25,87	22,28	54,19	17,49

^{ns}Não significativo e *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ¹Dados transformados para $\sqrt{x + 2}$

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.

Apêndice 2A– Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características altura de plantas (cm) (ALP), diâmetro do caule (mm) (DC), área foliar total (cm²) (AFT), número de ramos plagiotrópicos (NRP), massa seca de raiz (g) (MSR), massa seca de parte aérea (g) (MSPA) e eficiência do uso da água (g L⁻¹) (EUA) em cultivares de café arábica submetidas a lâminas de irrigação (% da ETc), determinados aos 60 e 120 dias após o início dos tratamentos (DAIT). UESB, Vitória da Conquista - BA. 2019

FV	GL	Quadrados médios						
		Determinado aos 60 DAIT						
		ALP	DC	AFT ¹				
Cultivar (C)	3	84,2678*	1,3280*	105,5280*				
Lâmina (L)	3	76,3483*	2,1024*	1072,5990*				
C x L	9	7,8513*	0,4603*	24,0461*				
Blocos	2	0,2158 ^{ns}	0,1595 ^{ns}	2,2814 ^{ns}				
Resíduo	30	1,5818	0,0979	4,1054				
CV (%)		8,44	9,23	10,55				

FV	GL	Quadrados médios						
		Determinado aos 120 DAIT						
		ALP	DC	AFT	NRP	MSR	MSPA	EUA
Cultivar (C)	3	96,0433*	0,9011*	61362,03 ^{ns}	0,9479 ^{ns}	2,4023 ^{ns}	11,6008 ^{ns}	0,0205 ^{ns}
Lâmina (L)	1	224,7200*	10,3854*	1765078,00*	42,7813*	25,3116*	392,0000*	0,2359*
C x L	3	25,0867*	0,3856 ^{ns}	48326,70 ^{ns}	0,9479 ^{ns}	1,7120 ^{ns}	10,6980 ^{ns}	0,0166 ^{ns}
Blocos	3	5,7625 ^{ns}	0,6333 ^{ns}	66298,19 ^{ns}	1,0313 ^{ns}	1,2636 ^{ns}	24,3905 ^{ns}	0,0283 ^{ns}
Resíduo	21	7,4935	0,2820	67032,45	1,0789	0,8167	12,9780	0,0187
CV (%)		13,48	11,18	41,80	21,44	36,44	40,80	37,74

^{ns}Não significativo e *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ¹Dados transformados para $\sqrt{x + 2}$

Fonte: SANTOS, G. L., 2019.