

Variación anatómica e fisiológica do amendoim (cultivar IAPAR 25 Tição) cultivado sob diferentes regimes hídricos

Julia Pelegrineli Fasolin¹, Valdir Zucareli¹, Juliana Carbonieri², Getúlio Takashi Nagashima³, Heverly Morais³, Paulo Henrique Caramori³, Moacyr Eurípedes Medri²

¹Universidade Estadual de Maringá – Campus Umuarama, Centro de Ciências Agrárias. E-mail:

²Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Caixa Postal 6001, CEP 86051-990 Londrina, PR. E-mail:

³Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Departamento de Fisiologia Vegetal e Agrometeorologia.

E-mail autor correspondente: julia_pelegrineli@hotmail.com

Artigo enviado em 24/09/2018, aceito em 15/07/2019.

Resumo: O objetivo desse trabalho foi verificar as alterações anatómicas e processos fisiológicos da cultivar de amendoim IAPAR 25 Tição, cultivada sob diferentes regimes hídricos. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com três tratamentos e quinze repetições de um vaso por parcela. Os regimes hídricos foram: controle, no qual as plantas foram mantidas em condições de capacidade de campo (CC), estresse moderado (EM) e estresse severo (ES), com restrição de 50% e 75% de água em relação ao controle, respectivamente. Houve redução no crescimento e na área foliar da cultivar IAPAR 25 Tição e decréscimo na produção final da massa de matéria seca. No período inicial de estresse, ocorreram reduções no conteúdo relativo de água, na assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração. Sob condições de estresse hídrico, a cultivar analisada apresentou maior densidade estomática, com estômatos menores em ambas as faces da epiderme e maior quantidade de cristais de oxalato de cálcio. Os resultados indicam mecanismos de aclimação à deficiência hídrica.

Palavras-chave: *Arachishypogaea*; déficit hídrico; trocas gasosas.

Anatomical and physiological traits of peanut (cultivar IAPAR 25 Tição) growth under different water regimes

Abstract: The aim of this work was to verify anatomical variations and physiological traits of IAPAR 25 Tição, cultivar of groundnut (*Arachishypogaea* L.), grown under different water regimes. The experimental design was randomized blocks with three water regimes in fifteen replications of one plant per parcel. The water regimes were: control, in which the plants were kept in field capacity (CC), moderate stress (EM) and severe stress (ES), with restriction of 50% and 75% water compared to control, respectively. Water stress caused a reduction in the growth and leaves area in this cultivar and decrease of the final production of dry matter. In the initial period of the experiment, there were reductions in the relative water content of leaves, in the rate of CO₂ assimilation, in stomata conductance and transpiration. Under water stress conditions, the former cultivar presented a higher number of stomata, with smaller proportions in both sides of the epidermis and a higher number of oxalate crystals. These results indicate mechanisms of water deficiency acclimation.

Keywords: *Arachishypogaea*; water deficit; gas exchange.

Introdução

Cultivares de amendoim são lançadas e cultivadas frequentemente no Brasil e no mundo. Na região Nordeste do Brasil, o cultivo do amendoim torna-se uma alternativa atraente, especialmente por ser uma oleaginosa (PEREIRA et al., 2012). Para contribuir com o estabelecimento da lavoura na região, torna-se necessária a identificação de genótipos estáveis, mesmo quando submetidos a situações de baixa e irregular disponibilidade hídrica. Portanto, a detecção de mecanismos de adaptação ou aclimatação de cultivares às condições de baixa disponibilidade hídrica é de grande importância para programas de melhoramento genético, programas de manejo e escolha de cultivares (NOGUEIRA e SANTOS 2000).

De maneira geral, a cultura do amendoim apresenta baixa exigência hídrica (NOGUEIRA e TÁVORA 2005), no entanto, plantas de amendoim submetidas ao estresse hídrico podem ter o crescimento reduzido (CORREIA e NOGUEIRA, 2004), bem como ter suas características agrônomicas e produtividade alteradas (VORASOOT et al., 2003).

A baixa disponibilidade hídrica no solo afeta negativamente o crescimento dos cultivos agrícolas e é uma das principais causas da redução de produtividade (PIMENTEL, 2004; FLEXAS et al., 2006). Isso acontece porque a deficiência hídrica afeta as funções fisiológicas das plantas, podendo repercutir em alterações de crescimento, desenvolvimento, anatomia e reprodução (FLEXAS et al., 2009, PINHEIRO e CHAVES, 2011).

Todavia, sob restrições hídricas, as plantas podem apresentar mecanismos de adaptação que lhes permitem a sobrevivência. Essas alterações,

geralmente estão envolvidas na proteção das plantas contra a perda de água para o ambiente (VASELLATI et al., 2001; PENA-VALDIVIA, et al., 2005; MOSTAJERAN e RAHIMI-EICHI, 2008). São vários os mecanismos que podem estar envolvidos na adaptação e aclimatação dessa cultura em resposta à baixa disponibilidade hídrica, sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar aspectos morfoanatômicos, ecofisiológicos e produção da massa da matéria seca da cultivar de amendoim, IAPAR 25 Tição, cultivada sob diferentes regimes hídricos.

Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Instituto Agrônomo do Paraná localizado no município de Londrina – PR. A cultivar utilizada foi a IAPAR 25 Tição, foi semeada em vasos com capacidade de 20 L, contendo 15 Kg do substrato (1 areia:1 matéria orgânica: 3 distroférrico).

A semeadura de dez sementes por vaso foi realizada no dia 17 de novembro de 2010. Aos 16 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o primeiro desbaste, mantendo duas plantas por vaso. Aos 20 DAS foi realizado o segundo desbaste, deixando uma planta por vaso e marcados os primórdios foliares.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três tratamentos e quinze repetições de um vaso por parcela. Para tanto, da semeadura até 20 DAS, todos os vasos receberam a mesma quantidade de água a fim de proporcionar desenvolvimento uniforme às plantas. Após esse período, as plantas foram submetidas a três regimes hídricos: Capacidade de Campo (CC) - plantas controle mantidas em condições de capacidade de campo (100 % de água); Estresse Moderado (EM) - plantas com restrição de 50 % de água em

comparação ao controle; Estresse Severo (ES) - plantas com restrição de 75 % de água em comparação ao controle.

O monitoramento da umidade dos vasos foi realizado pelo método gravimétrico. No dia anterior à semeadura, os vasos foram irrigados até a capacidade de campo. Cinco vasos foram acrescentados ao experimento e admitidos como referência para determinação do volume de água necessário para recompor a capacidade de campo em função da evapotranspiração. A irrigação foi feita a cada três dias e seu volume calculado a partir do valor médio das pesagens dos vasos referência.

As avaliações morfológicas foram iniciadas aos 14 dias após o início dos tratamentos (DAT) e foram realizadas ao longo de todo o período experimental. Foi determinado, o comprimento da haste principal, considerando a medida do colo ao ápice da planta. A área foliar foi determinada pelo *software* Determinador Digital de Áreas - DDA versão 1.2 (FERREIRA et al. 2008). Esse procedimento foi realizado em todos os tratamentos e em cinco repetições.

A coleta das folhas para análises anatômicas ocorreu aos 40 DAT. Foram coletadas folhas totalmente expandidas, de todos os tratamentos em cinco repetições e estas foram imediatamente fixadas em FAA (formal - ácido acético - álcool) 70% por 24 horas. Após esse período, os segmentos das folhas foram submetidos a técnicas usuais de preparação de lâminas semi permanentes (MACÊDO, 1997). Foram utilizados segmentos das regiões medianas do pecíolo e limbo, além de secções paradérmicas da epiderme. Segmentos da epiderme foram submetidos à análise em microscopia eletrônica de varredura, no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise (LMEM) da Universidade Estadual de Londrina.

Por meio do aparelho portátil IRGA (Infra Red Gas Analyser) (modelo LI-6200) foram avaliadas a taxa de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) aos 15, 45 e 60 DAT. Avaliaram-se quatro plantas de cada tratamento escolhidas ao acaso, no horário entre 9 h e 11 h. As medidas foram efetuadas em folhas jovens, totalmente expandidas, em um folíolo da 2^a, 3^a ou 4^a folha, contadas a partir do ápice do ramo. Nestas mesmas plantas, foram obtidos, também, os valores de resistência estomática com o auxílio do equipamento portátil Porômetro (modelo LI-1600).

O Conteúdo Relativo de Água (CRA) foi realizado com base na massa fresca (MF), massa túrgida (MT) e massa seca (MS), de acordo com metodologia proposta por Weatherley (1950), por meio da equação: $\text{CRA} = (\text{MF} - \text{MS} / \text{MT} - \text{MS}) \times 100$. Para o cálculo do CRA foi avaliada um folíolo por planta em cada tratamento em quatro repetições: aos 15, 30, 60 e 75 DAT, coletados quatro horas, um dia, dois dias e três dias após a irrigação, respectivamente.

Para obtenção da massa túrgida, os folíolos ficaram submersos em água durante 24 horas e, para a massa seca, os folíolos permaneceram em estufa a 60°C com circulação de ar forçada até a obtenção da massa constante.

Para obtenção da massa da matéria seca, as raízes, a parte aérea e os frutos, foram separados e depositados em estufa a 60°C com circulação de ar forçada durante 96 horas. Esse procedimento foi realizado em todas as plantas aos 80 dias após o início dos tratamentos (DAT) e 100 DAS. Com base nos valores obtidos foi calculada a razão da massa da matéria seca da raiz e parte aérea.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias

comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Houve redução de crescimento à medida que a disponibilidade hídrica reduziu. A análise da área foliar indicou que as plantas submetidas à ES por 40

dias apresentaram menor área quando comparadas com as plantas mantidas sob CC e EM, com redução de 36,75% (Fig. 1).

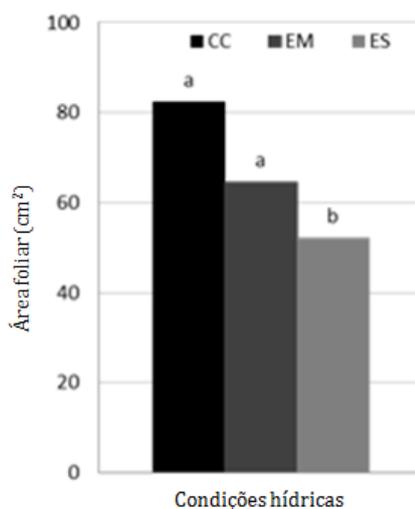


Figura 1. Área foliar de *Arachis hypogaea* nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 40 DAT. Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Correia e Nogueira (2004) obtiveram em seu estudo redução de 70,57% na área foliar das plantas de amendoim submetidas à suspensão total de irrigação, comparando com plantas controle. Pinto (2006) também relatou redução de 37,77% na área foliar das plantas de amendoim quando em restrição hídrica severa. Estes resultados corroboram com a teoria a qual diz existir uma relação direta entre a disponibilidade de água e a área foliar, sendo menor o crescimento foliar com a redução da umidade do solo (CORDEIRO et al., 2009; KERBAUY, 2009).

As hastes das plantas mantidas na CC tiveram maiores comprimentos que as plantas dos tratamentos EM e ES e, a partir de 30 DAT, as plantas do

tratamento EM apresentaram maior altura que as plantas do tratamento ES (Fig. 2).

Análises realizadas por Correia e Nogueira (2004), revelam que a altura, o número de folhas e a área foliar do amendoim foram afetados por tratamentos de restrição hídrica, e, a diferença entre os tratamentos pode ser observada a partir do 14° dia de estresse. Isso acontece porque o processo de alongamento celular e a síntese de paredes são muito sensíveis ao déficit hídrico, e a redução do crescimento como consequência da diminuição do alongamento celular seria causada por um decréscimo na turgescência das células (BEWLEY e BLACK, 1994). De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a

redução do turgor é o efeito mais precoce da deficiência de água na planta, e todos

os processos que dependem diretamente dele tornam-se prejudicados.

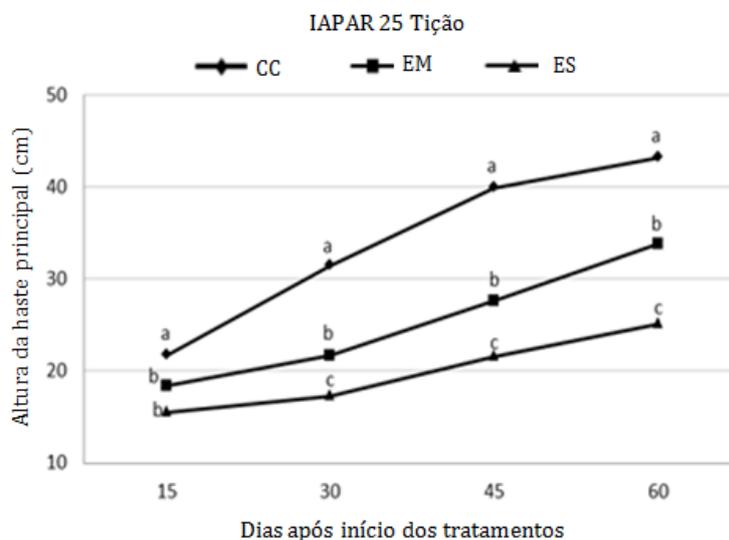


Figura 2. Altura da haste principal de *Arachis hypogaea* IAPAR 25 Tição nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 30, 45 e 60 dias após início dos tratamentos e área foliar (40DAT). Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Esta sensibilidade do crescimento e desenvolvimento das plantas deve-se ao impacto da falta de água sobre a expansão das paredes das células devido à perda de turgor (SAUSEN e ROSA 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013) e por ser essa uma variável primária, a redução do crescimento ocorre diretamente em consequência da restrição hídrica (TAIZ e ZEIGER, 2013).

As folhas de *Arachis hypogaea* são pecioladas, compostas por quatro folíolos e uma raque. Em secção transversal, o pecíolo apresenta-se côncavo-convexo, com duas projeções adaxiais, lembrando

um 'U' (Fig. 3 A). O seu sistema vascular é composto por feixes vasculares colaterais. Na cultivar IAPAR 25 Tição, a região mediana do pecíolo possui até sete feixes vasculares (Fig. 3 A). O mesófilo do folíolo da cultivar de amendoim IAPAR 25 Tição é dorsiventral e, em secção transversal, apresenta de dois a três estratos de células paliádicas justapostas e duas ou três camadas de parênquima esponjoso com espaços intercelulares de dimensões variadas. Aproximadamente um terço do limbo é composto pela hipoderme (Fig. 3 F-H).

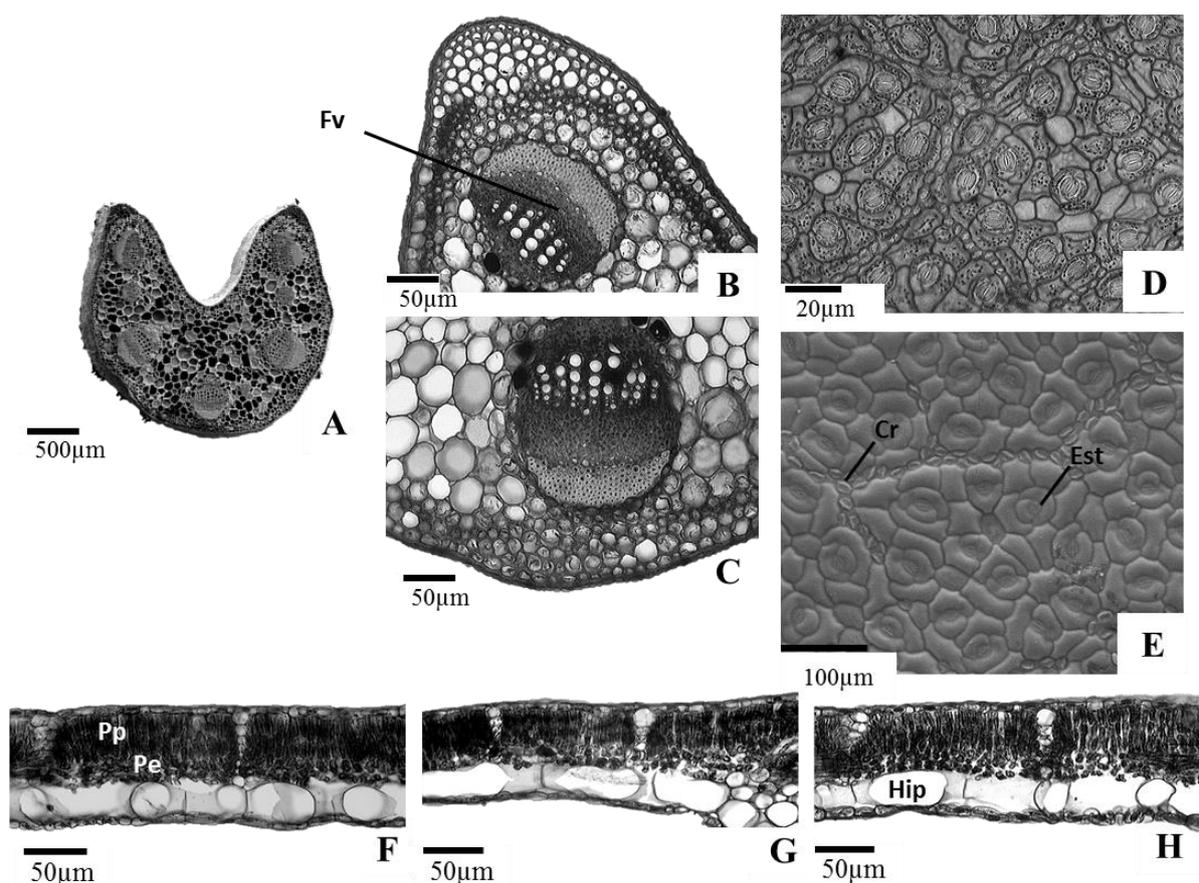


Figura 3. Seções de pecíolos (A-C), epiderme (D e E) e limbo foliar (F-H) de *Arachishypogaea* cultivar IAPAR 25 Tição. (A) Visão geral do pecíolo em secção transversal. Imagem em microscopia eletrônica. (B) Região cortical adaxial do pecíolo. (C) Região abaxial do pecíolo. (D) Face epidérmica foliar adaxial. (E) Imagem em microscopia eletrônica. F- H – Secção transversal do limbo foliar nas condições: (F) Capacidade de campo; (G) Deficiência hídrica moderada; (H) Deficiência hídrica severa. Legenda: Cr: Cristais; Est: Estômato; Hip: Hipoderme; Pe: Parênquima esponjoso; Pp: Parênquima paliçádico.

As plantas submetidas aos tratamentos EM e ES, apresentaram pecíolos com diâmetros menores que as plantas em CC, entretanto, o número de elementos de vasos nos pecíolos não variou entre os tratamentos (Tabela 1). Castro et al. (2009) relacionaram a menor espessura de pecíolos de ambientes xéricos com a menor quantidade de elementos de vasos. Para a cultivar analisada essa condição não foi verificada, contudo, a área de condução do xilema observada nas plantas estressadas foi de 52 a 64% menor, comparadas às plantas sem estresse hídrico.

Ocorreram alterações na espessura dos tecidos foliares de acordo com o regime hídrico aplicado. Para essa cultivar, a espessura total foi maior em condições de capacidade de campo do que em estresse severo, sendo que nesta condição a espessura total foi 8,4% menor (Tabela 1). Comumente, a redução na espessura do mesofilo e da lâmina foliar em função da deficiência hídrica é decorrente da redução no número de estratos celulares e/ou dos espaços intercelulares (CHARTZOULAKIS et al., 2002).

Tabela 1. Variáveis histométricas da planta de *Arachis hypogaea* cultivar IAPAR 25 Tição nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES).

Variável	Capacidade de Campo (CC)	Restrição hídrica moderada (EM)	Restrição hídrica severa (ES)
Diâmetro do pecíolo (mm)	3,48 a	2,87 b	2,78 b
Número de elementos de vaso no xilema	207 a	181 a	204 a
Área de condução do xilema (%)	100	48	36
Espessura total (μm)	309,6 a	297,4 ab	283,6 b
Superfície superior (μm)	26,8 a	26,2 a	25,4 a
Parênquima paliçádico (μm)	106,8 a	100,8 a	88,2 a
Parênquima esponjoso (μm)	69,6 a	60,4 ab	62 b
Hipoderme (μm)	86 a	90,4 a	88,8 a
Superfície inferior (μm)	20,4 a	16,6 a	19,2 a
Número de estômatos face superior/ mm^2	196,10 b	254,63 a	248,07 a
Comprimento estômatos face superior (μm)	17,83 a	16,89 b	15,72 c
Largura estômatos face superior (μm)	14,47 a	13,58 b	13,60 b
Número de estômatos face inferior/ mm^2	178,87 b	205,68 ab	226,19 a
Comprimento estômatos face inferior (μm)	20,36 a	20,42 a	18,75 b
Largura estômatos face inferior (μm)	16,10 a	15,25 b	15,20 b
Número de cristais de cálcio face superior/ mm^2	300,58 c	434,32 b	528,68 a
Número de cristais de cálcio face inferior/ mm^2	189,54 b	248,34 a	295,11 a

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Um dos tecidos que mais contribuiu para a diferença na espessura total foi o parênquima esponjoso que, no mesofilo de folíolos de plantas submetidas ao tratamento ES foi 10% menor em relação ao tratamento CC (Tabela 1). Esta redução acontece para diminuir os espaços intercelulares no mesofilo, isso ocasiona diminuição da evaporação de água e na garantia da eficiência de uso da mesma. Ainda, a redução dos espaços intercelulares leva a uma maior compactação do mesofilo e, desta maneira, ocorre um aumento da resistência interna ao movimento de vapor d'água, reduzindo assim, a evaporação (SILVA et al., 2001).

Os folíolos são anfiestomáticos, e, condição de estresse, tanto moderado quanto severo, proporcionou o desenvolvimento de maior quantidade de estômatos por área nas plantas de amendoim, em ambas as faces da epiderme, sendo que na face superior houve incremento de 28,17% a mais no número de estômatos por mm^2 nos tratamentos EM e ES, e na face inferior o número de estômatos foi 26,45% maior no ES. No entanto, de maneira geral, estes foram significativamente menores (Tabela1). Castro et al. (2009), verificaram que, com o estresse hídrico, o tamanho dos estômatos diminui, o que pode auxiliar a planta a tolerar tal

condição, pois menor disponibilidade hídrica, há menor expansão celular, assim sendo, os estômatos tendem a serem menores, otimizando suas atividades e contribuindo com uma menor perda de água para o ambiente (LARCHER 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Como a quantidade de estômatos de uma folha é definida no decorrer do desenvolvimento (LARCHER, 2000; KOUWENBERG et al., 2004), as plantas sob restrição hídrica moderada ou severa, apresentam aumento da densidade estomática por área, indicando ser um

Foram observados cristais de oxalato de cálcio na superfície da epiderme, em ambas as faces, isolados e/ou agregados em número variável. Na face adaxial, a cultivar apresentou maior quantidade de cristais quando em ES, seguida de EM e CC. Na face abaxial, houve aumento na quantidade de cristais, quando as plantas foram submetidas a condições de estresse tanto moderado quanto severo (Tabela 1). A maior quantidade de cristais na face adaxial, concomitantemente com a maior abundância dos mesmos, na condição de restrição hídrica severa, sugere que estes possam estar relacionados com a diminuição da perda de água para o ambiente por transpiração cuticular, exercendo uma barreira contra a perda de água por evapotranspiração.

morfológica, com o aumento na densidade estomática e presença de cristais de oxalato de cálcio na superfície epidérmica, quanto estomática. Contudo, a transpiração nas plantas da cultivar IAPAR 25 Tição apresentou redução na transpiração apenas aos 15 DAT, nas condições de restrição hídrica moderada e severa (Tabela 2).

Segundo Larcher (2000), plantas que se desenvolvem em solos mais secos possuem folhas com aparato epicuticular mais espesso, induzindo o aumento da resistência da camada limítrofe enquanto, Taiz e Zeiger (2013) sugerem que, o aumento da resistência estomática em condições de deficiência hídrica é

mecanismo de adaptação dessas plantas às condições de baixa disponibilidade hídrica no solo devido à redução da expansão celular (LARCHER 2000; RAVEN et al., 2007; CASTRO et al., 2009; CUTLER et al., 2011). De acordo com Larcher (2000), a menor distância entre os mesmos influencia na transpiração, pois sendo mais densos na folha, podem reduzir a transpiração, devido à formação de arcos transpiratórios, mais próximos entre si, o que detém maior umidade na área estomática.

ambiente por transpiração cuticular, exercendo uma barreira contra a perda de água por evapotranspiração.

De acordo com Taiz e Zeiger (2013) a transpiração foliar depende de dois fatores principais: a diferença de concentração de vapor d'água entre os espaços intercelulares das folhas e a atmosfera externa e à resistência à difusão dessa rota. As plantas sob estresse severo apresentaram mesofilo mais compacto, o que diminuiu consideravelmente os espaços intercelulares que armazenariam maior quantidade de vapor d'água, e concomitantemente, houve aumento na resistência da rota transpiratória, tanto importante para regular a perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de CO₂.

Houve redução na taxa de assimilação de CO₂ aos 15 DAT de acordo com o decréscimo do volume de água fornecida às plantas da IAPAR 25 Tição (Tabela 2). Corroborando Nogueira e colaboradores (1998), que estudando os efeitos da baixa disponibilidade hídrica na cultura do amendoim, verificaram que o estresse hídrico aumentou a resistência difusiva ao vapor d'água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo o suprimento de CO₂ para a fotossíntese e a transpiração.

Tabela 2. Taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, transpiração e resistência estomática em folhas de *Arachis hypogaea* cultivar IAPAR 25 Tição nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 45 e 60 DAT.

Taxa de assimilação de CO ₂ (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)			
Regime hídrico	15DAT	45DAT	60DAT
CC	30,79 a	23,60 a	19,04 a
EM	13,36 b	23,98 a	19,36 a
ES	5,28 c	17,27 a	16,06 a
C.V. (%)	26,07	25,10	29,76
Condutância estomática (mol m ⁻² s ⁻¹)			
Regime hídrico	15DAT	45DAT	60DAT
CC	0,88 a	1,29 a	1,21 a
EM	0,38 b	1,28 a	1,24 a
ES	0,20 b	0,96 a	0,65 b
C.V. (%)	24,06	23,87	22,61
Transpiração (mmol.m ⁻² s ⁻¹)			
Regime hídrico	15DAT	45DAT	60DAT
CC	15,53 a	15,38 a	13,43 a
EM	10,21 b	16,76 a	11,32 a
ES	9,49 b	16,49 a	12,82 a
C.V. (%)	14,72	9,14	22,27
Resistência estomática (s m ⁻¹)			
Regime hídrico	15DAT	45DAT	60DAT
CC	0,67 b	0,39 b	3,44 b
EM	2,22 b	0,92 ab	6,26 ab
ES	8,13 a	0,88 a	12,91 a
C.V. (%)	54	62	63

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos demais períodos as taxas foram semelhantes. A condutância estomática foi significativamente menor aos 15 DAT em plantas sob EM e ES e aos 60DAT em plantas sob ES. As reduções na taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração, ocorreram predominantemente na fase inicial de deficiência hídrica. Todavia, com o tempo, as plantas se aclimataram à condição de pouca água disponível e passaram a não

apresentar diferenças nestas variáveis fisiológicas.

Aos 15 e 60 DAT o conteúdo relativo de água (CRA) na cultivar IAPAR 25 Tição foi menor apenas sob estresse severo (Tabela 3). Aos 30 DAT foi menor em plantas submetidas ao estresse moderado e severo (13 e 21% menor em relação a CC), e aos 75 DAT não houve diferenças entre os tratamentos hídricos.

Tabela 3. Conteúdo Relativo de Água (CRA) (%) em folhas de *Arachis hypogaea* cultivar IAPAR 25 Tição cultivadas nas condições de capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 30, 60 e 75 DAT.

	15DAT	30DAT	60DAT	75DAT
Período de coleta após a irrigação	4 horas	1 dia	2 dias	3 dias
Regime hídrico				
CC	90,2 a	92,6 a	96,1 a	94,5 a
EM	87,2 a	80,2 b	95,2 a	94,8 a
ES	75,6 b	73,0 b	93,5 b	87,5 a
C.V. (%)	6,76	5,80	1,27	1,78

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O fato do CRA não ter apresentado diferenças significativas entre os regimes hídricos aos 75 DAT, indica a aclimação das plantas ao menor volume de água recebido, pois, neste caso, a quantidade de água fornecida foi suficiente para manter o conteúdo hídrico nas folhas, em função da redução da massa da parte aérea, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios da massa de matéria seca da parte aérea (g), da raiz (g) e Razão entre a raiz e a parte aérea (R/PA) por planta de *Arachis hypogaea* cultivar IAPAR 25 Tição nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 80 DAT.

Regime hídrico	Parte aérea	Raiz	Razão R/PA
CC	47,42 a	11,73 a	0,25 b
EM	32,16 b	6,17 b	0,19 b
ES	16,59 c	6,06 b	0,37 a
C.V. (%)	2,03	34,88	3,80

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Taiz e Zeiger (2013) afirmam que a menor área foliar transpira menos, conservando efetivamente um suprimento de água nas folhas e no solo por um período mais longo e, segundo Ashraf e Foolad (2007), a redução da superfície transpirante permite o reestabelecimento do balanço hídrico com a superfície absorvente, em contato com o solo.

A menor área foliar nas plantas sob estresse hídrico refletiu na produção da massa de matéria seca da parte aérea, com valores menores na condição de estresse severo (ES). A razão da

raiz/parte aérea foi maior em plantas sob ES (Tabela 4). À medida que o estresse foi intensificado, reduziu-se a alocação de biomassa da parte aérea. O maior crescimento da raiz em relação à parte aérea é considerado um mecanismo da aclimação das plantas sob restrição hídrica, pois aumenta a área de absorção de água e nutrientes em detrimento da parte aérea, proporcionando menor área de transpiração e maior área de absorção (BARROS e BARBOSA 1995; CLAUSSEN 1996). Esses resultados corroboram com Araújo e Ferreira (1997) os quais observaram uma expressiva redução na

matéria seca da parte aérea em amendoim submetido ao déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. Correia e Nogueira (2004) também observaram que as plantas de amendoim submetidas à deficiência hídrica reduziram a alocação de biomassa na parte aérea e aumentaram a alocação de biomassa nas raízes.

Conclusões

Nas condições de realização deste trabalho, a deficiência hídrica reduziu o

crescimento e a área foliar da cultivar IAPAR 25 Tição, afetou negativamente a produção final da massa de matéria seca e no período inicial de estresse provocou reduções no conteúdo relativo de água, na assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração.

Sob condições de estresse hídrico, a cultivar IAPAR 25 Tição apresenta maior densidade estomática, com estômatos menores em ambas as faces da epiderme e maior quantidade de cristais de oxalato de cálcio, indicando mecanismos de aclimação à deficiência hídrica.

Referências

ARAÚJO, W.F.; FERREIRA, L.G.R. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.5, p.481-484, 1997.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, p.206-216, 2007.

BARROS, L.M.; BARBOSA, D.C.A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. em casa de vegetação. **Phyton**, v.57, n.2, p.179-191, 1995.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2. ed. New York: **Plenum Press**, 1994. 445 p.

CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 234 p, 2009.

CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A.; KOFIDIS, G.; BOSBALIDIS, A. & NASTOU, A. Water stress affects leaf

anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Horticultural Science e Biotechnology**, n. 95, p. 39-50, 2002.

CLAUSSEN, J.W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**. v.80, p.245-255, 1996.

CORDEIRO, Y.E.M.; PINHEIRO, H.A.; Filho, B.G.S.; CORREA, S.S.; SILVA, J.R.R.E.; FILHO, M. B. D. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1449-1455, 2009.

CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CUTLER. D.F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D.W. **Anatomia Vegetal: uma abordagem aplicada**. Editora. Artmed.304p, 2011.

FLEXAS, J.; BARÓN, M.; BOTA, J.; DUCRUET, J.-M.; GALLÉ, A.; GALMÉS, J.;

- JIMÉNEZ, M.; POU, A.; RIBAS-CARBÓ, M.; SAJNANI, C.; TOMÀS, M.; MEDRANO, H. Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). **Journal of Experimental Botany**, v.60 n.8, p.2361-2377, 2009.
- FLEXAS, J.; RIBAS-CARBO, M.; BOTA, J.; GALMES, J.; HENKLE, M.; MARTINEZ-CANELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. **New Phytologist**, v.172, p.73-82, 2006.
- KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 452 p, 2009.
- KOUWENBERG, L. L. R.; KÜRSCHNER, W. M.; VISSCHER, H. Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsugaheterophylla* Needles. **Annals of Botany**, v. 94, p. 561-569, 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 531 p, 2000.
- MACÊDO, N. A. **Manual de técnicas de histologia vegetal**. Feira de Santana: UEFS. 96p, 1997.
- MOSTAJERAN, A.; RAHIMI-EICHI, V. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**. v. 11, n. 18, p. 2173-2183, 2008.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C.dos.; NETO, E.B.; SANTOS, V.F.dos. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.12, p.1963-1969, 1998.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R. C. dos. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.41-45, 2000.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; TÁVORA, F.J.A.F. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R.C. dos (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 585 p, 2005.
- PENA-VALDIVIA, C.B.; SANCHEZ-URDANETA, A.B.; TREJO, C.; AGUIRRE, J.R.; CARDENAS, E. Root anatomy of drought sensitive and tolerant maize (*Zea mays* L.) seedlings under different water potentials. **Cereal Research Communications**, v. 33, p. 705-712, 2005.
- PEREIRA, J.W.L.; MELO FILHO, P.A.; ALBUQUERQUE, M.B.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.766-773, 2012.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.869-882, 2011.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Guanabara, Koogan. Rio de Janeiro. 856 p, 2007.
- SAUSEN, T.L.; ROSA, L.M.G. Growth and carbon assimilation limitations in *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) under soil water stress conditions. **Acta**

Botanica Brasilica, v. 24, n. 3, p. 648-654, 2010.

SILVA, H.; ACEVEDO, E.; SILVA, P. Anatomia Del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. **Revista Chilena de História Natural**, v.74, p. 341-351, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p, 2013.

VASELLATI, V.; OESTERHELD, M.; MEDAN, D.; LORETI, J. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, v. 88, p. 355-360, 2001.