



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIANA CARBONIERI

**ESTUDOS MORFOANATÔMICOS E ECOFISIOLÓGICOS DE
DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

Londrina
2012

JULIANA CARBONIERI



**ESTUDOS MORFOANATÔMICOS E ECOFISIOLÓGICOS DE
DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Eurípedes Medri
Co-orientadora: Dra. Heverly Morais

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C264e Carbonieri, Juliana.

Estudos morfoanatômicos e ecofisiológicos de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas a diferentes regimes hídricos / Juliana Carbonieri. – Londrina, 2012.
86 f. : il.

Orientador: Moacyr Eurípedes Medri.

Coorientador: Heverly Moraes.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Amendoim – Ecofisiologia – Teses. 2. Amendoim – Cultivares – Resistência à seca – Teses. 3. Plantas – Deficiência hídrica – Tese. 4. Plantas – Anatomia – Teses. 5. Plantas oleaginosas – Teses. I. Medri, Moacyr Eurípedes. II. Moraes, Heverly. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU 634.58

COORDENADORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
Divisão de Admissão e Registro

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: Juliana Carbonieri Machado

Título: "Estudos morfoanatômicos, ecofisiológicos e bioquímicos de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas a diferentes regimes hídricos".

Data da Defesa: 02 de março de 2012 - 09:00 hs, na sala de aula do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas, desta Universidade.

Banca Examinadora

Parecer

Dr. Moacyr Eurípedes Medri

Aprovada


Dr. Valdir Zucareli

Aprovada


Dr. Edmilson Bianchini

Aprovada

Parecer Final Aprovada



Dr. Moacyr Eurípedes Medri



Dr. Valdir Zucareli



Dr. Edmilson Bianchini

**Ao meu irmão, melhor amigo, e exemplo de vida,
Dedico.**

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da Vida;

À mulher da minha vida, minha mãe guerreira e companheira de todas as horas;

Ao meu exemplo de homem, meu amigo, meu herói, meu querido irmão! Meu outro eu!

Ao meu filho lindo que eu amo tanto. Obrigada pela paciência nos momentos que eu estava escrevendo e estudando, sem poder conversar. Eu te amo!

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas pela estrutura e conhecimentos adquiridos;

Ao meu orientador, meu tesouro, meu ombro amigo, meu exemplo, Moacyr Eurípedes Medri, por toda amizade, orientação, conversas e prazos apertados;

Aos professores Dr. Edmilson Bianchini e Dr. José Antônio Pimenta, pela amizade e inspiração;

Ao Dr. Valdir Zucareli, pela amizade, paciência e força, além de intermináveis horas no telefone me explicando a ‘bendita’ estatística;

À minha “flor do campo”, Léo, por fazer parte integral na minha vida;

À Mazita, e novamente, para você também dedico esse trabalho. Palavras do mundo todo não são suficientes nem fazem jus a tudo que temos. E você continua sendo o *you* do meu *I Love*.

Aos meus queridos do Laboratório de Anatomia Vegetal, em especial, ao Zezé, pela parceria e amizade, e a Thais, que além da amizade, me ajudou a descascar muitos amendoins, rrsrs;

A todos os amigos da turma de 2010 do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, pelas experiências vividas;

À Rosana, pela amizade que permanece e pela ajuda durante esses dois anos de curso;

Aos responsáveis pelo Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Universidade Estadual de Londrina, Dra. Célia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade e Osvaldo Capello, por todo apoio, orientação e parceria.

Agradeço em especial à Dr^a. Heverly Moraes, pela oportunidade de parceria nesse projeto e por toda amizade e compreensão;

Ao Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR;

Ao Dr. Getúlio Takashi Nagashima, Dr. Paulo Henrique Caramori, Dr. Celso Jamil Marur e ao André, pela colaboração e pelos conhecimentos que tornaram este trabalho possível.

Obrigada!

“Gregório parece passar horas comendo as folhas da árvore calmamente, mas com muita vontade. Aos poucos começa a sentir seu corpo novamente paralisando, mas dessa vez, sem perceber, pendura-se na ponta de um pequeno galho de cabeça para baixo, seguro por uma pupa. Perde-se dentro de uma exímia crisálida. Por algumas horas, o jardim voltou a ficar em silêncio, sem som nem movimento.(...) Até que, com muita força, quebrando o marasmo tonteante do jardim, o menino rompe o caminho e sai de dentro dessa proteção pronto para voar: é uma borboleta.”

Carlos Machado – a voz do outro

CARBONIERI, J. **Estudos morfoanatômicos e ecofisiológicos de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas a diferentes regimes hídricos.** 2012. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2012.

RESUMO

Arachis hypogaea L. é uma espécie economicamente importante para a indústria alimentícia, oleoquímica e biodiesel devido às características de suas sementes. A planta do amendoim é conhecida por apresentar mecanismos anatômicos e fisiológicos de tolerância ao déficit hídrico, entretanto, se houver deficiência hídrica durante o seu desenvolvimento, a produção final será comprometida. Partindo desse pressuposto, a avaliação anatômica das partes vegetativas da planta, assim como as alterações morfoanatômicas e fisiológicas, se fazem necessárias para compreender o mecanismo de tolerância à seca dessas plantas, auxiliando na seleção de cultivares mais resistentes ao estresse. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina – PR. Foram avaliadas duas cultivares de amendoim: IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST, ambas de porte ereto e ciclo precoce (90-110 dias). O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3 (duas cultivares e três regimes hídricos). 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. Os estudos morfológicos e anatômicos envolveram os órgãos vegetativos (raiz, caule e folha) das duas cultivares. Para os estudos anatômicos da raiz, foram obtidos segmentos da região localizada a 10 cm abaixo do colo. Para estudos anatômicos do caule foi extraído um segmento da haste principal, 20 cm abaixo do ápice caulinar. Cinco folhas adultas totalmente expandidas foram coletadas e analisados aspectos morfológicos e anatômicos. Todos os segmentos foram fixados em FAA 70% e após 24 horas, submetidos a técnicas usuais de preparação de lâminas semi permanentes. Segmentos da epiderme foram analisados em microscopia fotônica e microscopia eletrônica de varredura. As variáveis fisiológicas analisadas foram: conteúdo relativo de água, trocas gasosas, massa de matéria seca da raiz, da parte aérea e dos grãos e teor de prolina das folhas. Os resultados indicam que as duas cultivares apresentam estrutura anatômica semelhante em todos os órgãos analisados. Para as duas cultivares, as plantas submetidas a deficiência hídrica moderada ou severa as características anatômicas foram quantitativamente diferentes das plantas cultivadas em capacidade de campo. Além disso, houve diferença entre as duas cultivares, em todos os tratamentos. Ao longo do ciclo ambas cultivares desenvolveram estratégias fisiológicas de aclimação ao estresse hídrico. Pode-se concluir que as características anatômicas e fisiológicas apresentadas pelas duas cultivares indicam que em situações de restrição hídrica, as mesmas apresentam mecanismos de adaptação que permitem o seu desenvolvimento.

Palavras chave: Tolerância à seca. Deficiência hídrica. Anatomia ecológica. Oleaginosas. Biodiesel.

CARBONIERI, J. **Morpho-anatomical and ecophysiological studies of two peanuts cultivars (*Arachis hypogaea* L.) under different water regimes**. 2012. 86p. Dissertation (Master's Degree in Biological Sciences) Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2012.

ABSTRACT

Arachis hypogaea L. is an economically important specie to food industry, oilchemistry industry and biodiesel industry due to the characteristics of their seeds. The peanut plant is known for present anatomical and physiological mechanisms of drought tolerance, however, if water restriction occurs during the growth, the final productivity will be compromised. Based on that, anatomical evaluations of the vegetative parts of the plant as well as morpho-anatomical and physiological alterations are needed to understand the drought tolerance mechanism of those plants, helping in breeding research of cultivars more resistant to the stress. The experiments were conducted under greenhouse conditions, at Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina – PR. Two peanuts cultivars were evaluated: IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST, both erected and early cycle (90-110 days). The experimental design was randomized blocks, 2x3 factorial (two cultivars and three water regimes) with 15 repetitions. The water regimes were: control, in which the plants were sustained under field capacity (CC), moderate stress (EM and severe stress (ES), with 50% and 75% of water restriction compared to the control group. The morphological and anatomical studies involved vegetative organs (root, stem and leaf) from both cultivars. For the anatomical studies of the root, segments were obtained from the section located 10 cm below the collar. For the anatomical studies of the stem, segments of the main branch were extracted 20 cm below the stem apex. Five mature and fully expanded leaves were collected and their morphological and anatomical aspects were analysed. All the segments were fixed in FAA 70% and after 24 hours, were submitted to usual techniques for preparation of semi permanent laminas. Segments of the epidermis were analyzed by scanning light and electron microscopy. The physiological variables analyzed were: relative water content, gas exchange, dry matter of root, shoot and grain, and proline content of leaves. The results indicate that both cultivars presents similar anatomical structure in all organs analyzed. For both cultivars, plants that were submitted to moderate or severe restriction of water anatomical characteristics are quantitatively different from those plants cultivated under field capacity. Besides, there were differences between both cultivars in all the treatments. During their cycle both cultivars developed strategies of physiological acclimation to water stress. It can be concluded that the traits presented for both cultivars indicates that in situations where water is restricted, the plants presents adaptation mechanisms that enable them to development.

Keywords: Drought tolerance. Water stress. Ecological anatomy. Oilseeds. Biodiesel.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1** - Imagem esquemática da folha de *Arachis hypogaea*, simulando as regiões onde foram retirados os segmentos..... 33
- Figura 2** - Seções transversais da região basal da raiz de *Arachis hypogaea* em desenvolvimento secundário. **A, C, D, E e F** – Cultivar Tição. **B, G e H**. Cultivar Tatu ST. **D** – Pormenor da periderme e região cortical. **E e F** – Respectivamente, pormenores da região vascular e medular parenquimática. **G** – Raiz secundária diarca. **H** – Pormenor da formação de uma raiz secundária. **Legenda:** **Cor** – Córtex; **Cr** – Crisais; **EL** – Elemento de vaso; **Fl** – Floema; **Med** – Medula; **Per** – Periderme; **R.Sec** – Raiz secundária; **Xi** – Xilema..... 36
- Figura 3** - Seções transversais do caule de *Arachis hypogaea* em desenvolvimento secundário. **A** – Vista geral (cv. Tição). **B** - Vista geral (cv. Tatu ST). **C** – Pormenores da região cortical plana (cv. Tição). **D** – Pormenores da região cortical da aresta (cv. Tatu ST). **E** – Pormenores do prosênquima cortical (cv. Tatu ST). **F** – Pormenores da região cortical em vista longitudinal (cv. Tição). **Legenda:** **Col** – Colênquima; **Cor** – Córtex; **Ep** – Epiderme; **Fl** – Floema; **Fv** – Feixe Vascular; **Hip** – Hipoderme; **Med** – Medula; **Pr** – Periciclo; **Pro** – Prosênquima; ****** - câmbio fascicular; **seta branca** – câmbio interfascicular; **seta preta** – célula secretora alongada..... 38
- Figura 4** - Imagens de varredura de seções transversais de pecíolos de *Arachis hypogaea*. **A** – cv. Tição. **B** – cv. Tatu ST. **Legenda:** **Fv** – Feixe vascular; **Par** – Parênquima Fundamental..... 39
- Figura 5**- Seções transversais de pecíolos de *Arachis hypogaea*. **A** – Regiões cortical e vascular da ala (cv. Tição). **B** – Região cortical adaxial (cv. Tição). **C** – Pormenor da região alada (cv. Tatu ST). **D** - Pormenores da região abaxial (cv. Tição). **E** – Pormenor da bainha amilífera e amiloplastos no feixe vascular (cv. Tatu ST). **F** – Pormenor do parênquima fundamental (cv. Tição). **Legenda:** **B. Am** – Bainha amilífera; **Col** – Colênquima; **Ep**

- epiderme; **Est** – Estômato; **Fl** – Floema; **Hip** – Hipoderme; **Pr** – Periciclo; **Xi** – Xilema; **seta preta** – meato 40
- Figura 6** - Seções transversais da raque de *Arachis hypogaea*. **A** – Visão geral (cv. Tição). **B** – Visão geral (cv. Tatu ST). **C** – Pormenor da região alada (cv. Tição). **D** – Pormenores da região do parênquima fundamental (cv. Tatu ST). **Legenda:** **Clo** – Clorênquima; **Ep** – Epiderme; **Hip** – Hipoderme; **Par** – Parênquima fundamental. 41
- Figura 7** - Secções transversais do limbo de folíolos de *Arachis hypogaea*. **A** - Vista geral cv. Tição. **B** – Pormenor da região adaxial da nervura central. (cv. Tição). **C** – Vista geral cv. Tatu ST. **D** – Pormenor da região abaxial da nervura central. (cv. Tatu ST). **E** – Pormenor da região cortical (cv. Tição). **F** – Região central vascular (cv. Tição). **Legenda:** **B. Par** – Bainha parenquimática; **Ep** – Epiderme; **Est** – Estômato; **Fv** – Feixe Vascular; **Hip** – Hipoderme. 43
- Figura 8** - Secção transversal do limbo de folíolos de *Arachis hypogaea* cv. Tição (**A**) cv. Tatu ST (**B a E**). **B** – Face adaxial com parênquima paliçádico e idioblasto mucilaginoso cônico. **C** – Detalhe do idioblasto de mucilagem em cone. **D** – Cristais de oxalato de cálcio. **E** – Detalhe do idioblasto mucilaginoso curto. **Legenda:** **B. Par** – Bainha Parenquimática; **C. muc.** – Célula mucilaginosa; **Ep** – Epiderme; **Est** – Estômato; **Hip** – Hipoderme; **Plac** – Parênquima Lacunoso; **Ppal** – Parênquima Paliçádico; **seta** – cristais 45
- Figura 9** - Faces epidérmicas fotônicas (A e B) ou de varredura (C e D) do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* (cv. Tição). **A** e **C** – Face adaxial. **B** e **D** – Face abaxial. **Legenda:** **C. muc** – Célula mucilaginosa; **Cr** – Cristais; **Est** – Estômato; **seta** – Tricoma tector 46
- Figura 10** - Faces epidérmicas fotônicas (A e B) ou de varredura (C e D) do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* (cv. Tatu ST). **A** e **C** – Face adaxial. **B** e **D** – Face abaxial. **Legenda:** **C. muc** – Célula mucilaginosa; **Cr** – Cristais; **Est** – Estômato; **seta** – Tricoma tector 47
- Figura 11** - Epiderme adaxial (imagem de varredura) (A). Secção paradérmica (B) do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* (cv. Tição). **A** – Detalhe da cera epicuticular na face adaxial do folíolo. **B** – Hipoderme em vista paradérmica. (**C – H**) – Diversidade morfológica de estômatos das faces

adaxial ou abaxial dos folíolos das duas cultivares de *Arachis hypogaea*. **C, D, E e G** – estômatos paracíticos. **F** – estômato anisocítico. **H** – forma anormal de estômato anisocítico..... 47

Figura 12 -Fases epidérmicas de varredura do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* cv. Tição ou cv. Tatu ST. Imagens de Energy Dispersive System (EDS) cv. Tição (**A – D**). **A e B** – Face adaxial. **C e D** – Face abaxial. **E** – Pormenor dos cristais de oxalato de cálcio presentes na superfície adaxial. **F** – Cristais de oxalato de cálcio presente na superfície abaxial. **G** – Pormenor de dois cristais conectados. **H** – Detalhe da invaginação da epiderme. **Legenda: Ca** – Cálcio; **seta preta** – Cristal; **estrela branca** – invaginação da epiderme 50

Capítulo 2

Figura 1 - Comprimento médio da haste principal de *Arachis hypogaea* nos tratamentos capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15; 30; 45 e 60 dias após início dos tratamentos. As letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos e as letras maiúsculas entre as cultivares ($p < 0,05$)..... 60

Figura 2 - Área foliar (40DAT) e número de folhas no caule principal (60DAT) de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição ou cultivar IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES). Barras seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos e as letras maiúsculas entre as cultivares 62

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

- Tabela 1** - Quantidade de água oferecida às cultivares de amendoim, ao longo do experimento 57
- Tabela 2** - Diâmetros do pecíolo, da raque e da nervura central e número de elementos de vasos de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES) 63
- Tabelas 3** - Variáveis histométricas dos folíolos de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição ou cultivar IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES) 64
- Tabela 4** - Variáveis na epiderme do folíolo de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição ou cultivar IAC Tatu ST), comprimento, largura e funcionalidade dos estômatos do folíolo nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES) 66

Capítulo 3

- Tabela 1** - Quantidade de água oferecida às cultivares de amendoim, ao longo do experimento 72
- Tabela 2** - Valores médios da massa de matéria seca dos grãos (g) e do número de grãos produzidos por planta de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 80 DAT..... 74
- Tabela 3** - Valores médios da massa de matéria seca da parte aérea (g), da raiz (g) e Razão entre a raiz (R) e a parte aérea (PA) por planta de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 80DAT..... 75
- Tabela 4** - Conteúdo Relativo de Água (CRA) (%) em folhas de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de

campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 30, 60 e 75DAT	76
Tabela 5 - Taxa de assimilação de CO ₂ , condutância estomática, resistência estomática e transpiração em folhas de <i>Arachis hypogaea</i> (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 45 e 60DAT.	77
Tabela 6 - Número (nº mm ⁻²) e tamanho de estômatos (µm) da face adaxial de folhas de <i>Arachis hypogaea</i> (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES)	78
Tabela 7 - Teores médios de Prolina em folíolos de <i>Arachis hypogaea</i> (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES) aos 75 DAT.	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	RELAÇÕES HÍDRICAS EM PLANTAS	18
2.2	DÉFICIT HÍDRICO	19
2.3	RESPOSTAS MORFOANATÔMICAS AO DÉFICIT HÍDRICO	20
2.4	RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO DÉFICIT HÍDRICO	21
3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
4	CAPÍTULO 1 - ASPECTOS MORFOANATÔMICOS DE ÓRGÃOS VEGETATIVOS DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (<i>Arachis hypogaea</i> L.) – IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST	30
	INTRODUÇÃO	31
	MATERIAL E MÉTODOS	32
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	51
5	CAPÍTULO 2 - MORFOANATOMIA FOLIAR DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (<i>Arachis hypogaea</i> L.) – IAPAR 25 Tição e IAC Tatu-ST – Submetidas A Diferentes Regimes Hídricos	54
	INTRODUÇÃO	56
	MATERIAL E MÉTODOS	57
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	66
6	CAPÍTULO 3 - ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO AMENDOIM CULTIVADOS SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS	69
	INTRODUÇÃO	70

MATERIAL E MÉTODOS	71
RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS	79
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
8 APÊNDICES	83
APÊNDICE A - <i>Arachis hypogaea</i> . A – Planta cultivada em vaso de 15 litros em casa de vegetação. B – Detalhe da formação de estruturas da flor e ginóforo. C – Ginóforos tocando o solo. D – Planta com frutos aos 100 dias idade. No detalhe – Espessamento do ginóforo	84
APÊNDICE B - <i>Arachis hypogaea</i> . A – Marcação do primórdio foliar demarcando o início dos tratamentos hídricos diferenciados. B – Visão geral do experimento no início dos tratamentos (15DAS). C – Coleta das folhas para análises anatômicas. D – Visão geral no final do experimento (100DAS)	85
APÊNDICE C - <i>Arachis hypogaea</i> . A, C e E – Cultivar IAPAR 25 Tição. B, D e F – Cultivar IAC Tatu ST. A e B – Plantas com 60 dias. C-F – Grãos. Legenda-CC – Capacidade de campo; EM – Estresse hídrico moderado; ES – Estresse hídrico severo	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura energética aparece no cenário mundial como uma oportunidade capaz de promover estímulos e mudanças no agronegócio brasileiro. Nesse cenário, o biodiesel surge como uma alternativa de diminuição da dependência dos derivados de petróleo e como um novo mercado para as oleaginosas, com perspectiva de redução da emissão de poluentes (Campos, 2003).

O estado do Paraná já vem trabalhando com pesquisas em biodiesel desde 2004 e, atualmente, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), possui um Programa de Pesquisa em Agroenergia, visando o fortalecimento da matriz energética com o uso de novas matérias primas, com a finalidade de gerir e fomentar ações de pesquisa e desenvolvimento, aplicações e uso da biomassa como fonte de energia. Este Programa do IAPAR está inserido em um Plano Nacional de Agroenergia, que visa organizar e desenvolver proposta de pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologia para garantir sustentabilidade e competitividade às cadeias de agroenergia (Embrapa, 2006).

Inserido nesse Plano Nacional de Agroenergia, o zoneamento agroclimático de espécies importantes para a agricultura energética, em áreas tradicionais e em áreas de expansão está entre os temas priorizados pelo Plano (Embrapa, 2006). Ao IAPAR, cabe a geração de conhecimento sobre as culturas oleaginosas com potencial para o biodiesel, incluindo nesse contexto, o zoneamento climático.

Dentro dessa perspectiva, algumas culturas oleaginosas de ciclo curto, como o amendoim, por exemplo, pode vir a constituir uma alternativa para a produção agrícola de óleos vegetais, destinados à indústria do biodiesel.

Arachis hypogaea, o amendoim, é uma leguminosa da família Fabaceae (subfamília Papilionoideae), com folhas estipuladas compostas de quatro ou raramente três folíolos, flores com corola papilionada, hipanto tubular, frutos subterrâneos e nativa da América do Sul (Rincon *et al.*, 1992; Montenegro & Pinzon, 1997; Nascimento, 2006; Ramos, 2007). Sabe-se que o gênero engloba 81 espécies, sendo 80 silvestres e uma cultivada (Valls & Simpson, 1994).

De acordo com Krapovickas e Gregory (1994), as espécies de *Arachis* são autógamas, com fluxo gênico limitado a pequenas populações, não podendo dispersar suas sementes em um raio acima de um ou dois metros ao ano, a partir do local de germinação. A reprodução no gênero é sexuada, embora algumas espécies apresentam intensa propagação vegetativa por estolões (Simpson *et al.*, 1994).

A importância econômica do amendoim está relacionada ao fato de suas sementes serem processadas e utilizadas diretamente na alimentação humana, nas indústrias de conservas, confeitarias, oleoquímica e no biodiesel (Graciano, 2009).

Com produção mundial superior a 34 milhões de toneladas (Freitas, 2011) o amendoim pode ser considerado a quarta oleaginosa mais plantada no mundo, devido ao fato de possuir em seus grãos, grande quantidade de óleo e proteína, em torno de 45% e 20-25% respectivamente (Zullo *et al.*, 1993; Godoy *et al.*, 1999b; Freitas *et al.*, 2005), o que garante um grande consumo mundial e uma alternativa promissora na produção de biodiesel (Hammons, 1994).

A produção brasileira de amendoim na safra de 2010/2011 foi em torno de 245.000 toneladas (CONAB, 2011), sendo o Estado de São Paulo o maior produtor do país responsável por 70% dessa produção, ocupando uma área aproximada de 60,4 mil hectares (CONAB, 2011).

De maneira geral, a cultura do amendoim tem baixa exigência hídrica (Silva & Rao, 2006). Contudo, o déficit hídrico na fase inicial da cultura ou fase de enchimento dos grãos, pode reduzir a população ou a produção das plantas, respectivamente (Canecchio Filho, 1955; Reichardt, 1987).

Várias cultivares de amendoim são produzidas no Brasil e no mundo, das quais podem existir genótipos mais aclimatados às condições de baixa disponibilidade hídrica em função das características morfológicas e fisiológicas (Martins, 2006). Estudos de detecção de mecanismos de tolerância ou adaptação das cultivares a essa condição são de grande importância para programas de melhoramento genético da cultura.

As regiões Sul e Sudeste do Brasil, grandes produtoras nacionais de amendoim, são marcadas por períodos de estiagem mesmo durante a estação chuvosa (Caramori *et al.*, 1991). Ainda que períodos de estiagens possam interferir no desenvolvimento e produção, principalmente nos períodos de florescimento e frutificação, as características morfoanatômicas e ecofisiológicas apresentadas pelo amendoim são significativamente vantajosas, quando comparado com outras oleaginosas.

Em geral, as respostas das plantas ao ambiente são de natureza complexa, sendo relacionadas às alterações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e bioquímicas, as quais, por sua vez, são controladas por genes que são expressos sob determinadas condições edafoclimáticas. A compreensão de como ocorrem estas alterações associados aos efeitos do ambiente e às condições de cultivo, permitem avanços e ganhos em produtividade agrícola.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar anatomicamente a raiz, o caule e a folha das cultivares IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST de *Arachis hypogaea*, cultivadas em casa de vegetação, assim como analisar as alterações morfoanatômicas e fisiológicas de folhas produzidas sob diferentes níveis de restrição hídrica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RELAÇÕES HÍDRICAS EM PLANTAS

A água participa diretamente do processo de crescimento das plantas de diversas formas (Vieira, 2009). É o principal constituinte do protoplasma, participa diretamente de numerosas reações químicas, é considerada um solvente universal, favorece o transporte de nutrientes e fotoassimilados dentro da planta, é responsável pela turgescência celular e estabilidade térmica do material vivo celular, auxiliando na manutenção das atividades bioquímicas do vegetal (Farias, 2005; Marengo & Lopes, 2005; Paiva & Oliveira, 2006; Taiz & Zeiger, 2009; Vieira, 2009).

A água constitui um meio contínuo através da planta, translocando-se na maioria dos espaços capilares, permeando totalmente o corpo da planta. A absorção de água do solo e sua ascensão no xilema ocorrem, em parte, por causa da coesão entre as moléculas, formando uma coluna líquida contínua, desde a parte aérea até as raízes (Meinzer *et al.*, 2001). Segundo Farias (2005) é dessa forma que a água atua no papel de regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento, como na manutenção e na distribuição do calor, além de permitir o desenvolvimento de pressão de turgescência que dá um elevado grau de rigidez ao conteúdo celular e à parede celular envolvente, agindo na manutenção de estruturas moleculares, o que é essencial para a alongação celular, processos de abertura e fechamento de estômatos e o crescimento do vegetal (Costa, 2001).

A característica principal nas relações de água na planta é o balanço interno de água, pois esse controla todos os seus processos fisiológicos (Campos *et al.*, 1992). A carência de água no solo restringe a solubilização dos compostos e elementos químicos, exige maior consumo de energia, altera a atividade fisiológica e reduz a absorção de nutrientes, resultando na redução do crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas (Tisdale *et al.*, 1985).

Pode-se dizer, portanto, que o suprimento de água para a cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo – planta – atmosfera. É um sistema dinâmico e interligado, de forma que a condição hídrica do vegetal (ou da cultura) dependerá sempre da combinação desses três segmentos. À medida que o solo seca, as plantas absorvem água com mais dificuldade, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no mesmo. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera, mais

elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo – planta – atmosfera (Santos & Carlesso, 1998).

2.2 DÉFICIT HÍDRICO

Deficiência hídrica ou déficit hídrico pode ser definido como o conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água exibido no estado de maior hidratação (Larcher, 2000; Taiz & Zeiger, 2009). O déficit hídrico é um dos fatores de estresse que causa maiores danos nos processos fisiológicos e metabólicos das plantas, acarretando em reduções na produtividade (Larcher, 2000; Pimentel, 2004; Taiz & Zeiger, 2009). O estresse causa desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes (Larcher, 2000).

O déficit hídrico pode ocorrer em duas situações: quando o solo não contém água disponível em níveis adequados às plantas, também chamado de déficit hídrico no solo, ou ainda, quando o solo contém água disponível, mas a planta não é capaz de absorvê-la em velocidade e quantidade suficiente para atender a demanda atmosférica (Jones, 1992). A falta de água no solo limita intensamente o crescimento de espécies vegetais em várias regiões do mundo, tornando-se limitante principalmente nos períodos de baixa pluviosidade, ocasionando efeitos deletérios que poderão afetar a produtividade (Lechinoski *et al.*, 2007).

Carlesso (1995) afirma que o suprimento de água às plantas é determinado pela habilidade da cultura em utilizar a água armazenada no solo, enquanto a demanda da atmosfera, por outro lado, está relacionada à combinação dos fatores meteorológicos que interagem com a parte aérea da cultura.

Segundo Kelling (1995), o efeito do déficit hídrico sobre a produção das culturas está associado ao período de ocorrência durante o desenvolvimento das plantas. Para Baldwin e Harrison (1996) existem três períodos críticos às condições de disponibilidade de água, em que excesso ou escassez prejudicam igualmente a produção do amendoim. O primeiro período compreende a fase de semeadura e germinação, o segundo a fase de formação das vagens e o terceiro a fase de maturação dos frutos.

A diminuição do teor de água no solo afeta acentuadamente alguns processos morfofisiológicos, enquanto outros são relativamente insensíveis (Kelling, 1995). A extensão dos efeitos da deficiência hídrica nas espécies vegetais depende da sua intensidade e

da duração da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente (Chaves, 1991; Santos & Carlesso, 1998).

2.3 RESPOSTAS MORFOANATÔMICAS AO DÉFICIT HÍDRICO

De todos os órgãos da plantas, as folhas são os mais sensíveis ao déficit hídrico, podendo tornar-se mais espessa, com redução do tamanho das células epidérmicas e do mesofilo, aumento da espessura das paredes externas da epiderme e da cutícula, aumento do número e redução do tamanho dos tricomas das folhas, abundância de substâncias protetoras, enrolamento e aceleração dos processos de abscisão (Bradford & Hsiao, 1982; Hsiao, 1983; Pimentel & Perez, 2000; Raven *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2009; Taiz & Zeiger, 2009; Cutler *et al.*, 2011).

O crescimento celular é considerado o processo mais sensível à baixa disponibilidade de água no solo, com a divisão e expansão celular sendo diretamente inibidas pelo estresse hídrico (Zhu, 2001; Sausen, 2007). Esta sensibilidade deve-se ao impacto da falta de água sobre a taxa de expansão das células, devido à perda de turgor (Sausen, 2007; Taiz & Zeiger, 2009).

A limitação à expansão da área foliar também é uma resposta à deficiência hídrica, e não apenas limita o tamanho de cada folha, mas, também a área foliar pela diminuição no surgimento de novas folhas (Santos & Carlesso, 1998; Shigaki *et al.*, 2004; Scarpari, 2007). A expansão das folhas é mais afetada pela falta de água do que o alongamento do caule (Inmam-Bamber & Smith, 2005).

Correira e Nogueira (2004) observaram um acréscimo da altura do amendoim, sendo este mais evidente nas plantas que não foram submetidas à suspensão da rega, além disso, a deficiência hídrica reduziu ainda o número de folhas e a área foliar total das plantas.

Se o déficit hídrico ocorrer após o desenvolvimento substancial da área foliar, há senescência e queda das folhas, assim desta forma há o ajuste da área foliar total da planta. A queda das folhas mais velhas contribui para a diminuição do gasto de água, podendo ser visto como um programa de reciclagem no interior da planta, permitindo a remobilização dos nutrientes armazenados nas folhas mais velhas para os caules ou folhas mais jovens (Solomon *et al.*, 1999).

As alterações anatômicas decorrentes da baixa disponibilidade de água no meio, geralmente, estão envolvidas na proteção das plantas contra a perda de água para o

ambiente e dessecação de células corticais, assim como na manutenção da condução de água no xilema (Pitman *et al.*, 1983, Baruch & Mérida 1995, Lo Gullo *et al.*, 1995, Pimentel & Perez, 2000; Vasellati *et al.*, 2001; Apezato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2006; Raven *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2009; Taiz & Zeiger, 2009; Cutler *et al.*, 2011).

2.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO DÉFICIT HÍDRICO

A deficiência hídrica causa uma redução na expansão celular, condutância estomática, fotossíntese e, assim, reduz a matéria seca produzida (Pimentel & Perez, 2000; Kisis *et al.*, 2001). O estresse geralmente aumenta a resistência difusiva ao vapor de água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (Nogueira *et al.*, 1998).

Quando submetidas à deficiência hídrica, as plantas podem apresentar mecanismos de adaptação que previnem a perda de água para o ambiente e mantêm a hidratação celular (Taiz & Zeiger, 2009). Um dos primeiros sintomas é o fechamento estomático, em resposta a um declínio da turgescência foliar e/ou do seu potencial hídrico (Yordanov *et al.*, 2003), ou ainda em resposta ao aumento da concentração de Ácido Abscísico (ABA) no fluxo transpiratório (Chaves *et al.*, 2003). Este fechamento permite evitar a desidratação da planta e fenômenos de cavitação, os quais poderiam comprometer a sobrevivência das mesmas.

O controle da abertura estomática ou, a resistência estomática é regulada pela planta de forma que a transpiração é proporcional ao balanço de energia, sem induzir aquecimento excessivo das folhas (Larcher, 2000; Taiz & Zeiger, 2009). Dessa forma, a diminuição da condutância estomática, além de manter a integridade do sistema de transporte de água, também mantém o potencial de água na folha favorável para o desenvolvimento durante os períodos de escassez de água (Mattos, 1998).

Para Atteya (2003) as reduções na condutância estomática em plantas submetidas à deficiência hídrica estão associadas ao declínio no potencial hídrico e conteúdo relativo d'água na folha. Lauriano *et al.* (2004) verificaram reduções na condutância estomática, quando compararam plantas estressadas com irrigadas nas culturas do amendoim.

Bagsari *et al.* (1976) verificaram que a resistência estomática aumentou com o estresse hídrico, sendo seu valor elevado quando o teor relativo de água nas folhas foi menor que 80%.

Para cultivar considerada resistente ao déficit hídrico, a resistência estomática se apresenta maior quando comparada a uma cultivar sensível, fato verificado por Nogueira *et al.* (1998) que, analisando duas cultivares de amendoim, uma resistente e outra sensível ao déficit hídrico, observaram no tratamento com restrição hídrica diferenças marcantes na cultivar resistente, Nigéria 55437, cuja resistência estomática (11,15 s cm⁻¹) foi quase 2,5 vezes superior ao valor obtido na sensível, IAC Tupã (4,47 s cm⁻¹).

Folhas que se desenvolvem sob condições de deficiência hídrica apresentam estômatos menores, porém, densidade estomática maior (Larcher, 2000; Paiva & Oliveira, 2006). A maior densidade e menor tamanho dos estômatos aumentam a resistência estomática, a qual limita o excesso de perda de água por transpiração (Silva, 2008).

O controle da transpiração realizado pelo fechamento estomático diminui tanto o fluxo de vapor d'água quanto o fluxo de absorção de CO₂. Contudo, a redução na assimilação de CO₂ afeta a fotossíntese líquida, resultando em efeitos prejudiciais diretamente sobre o aparelho fotossintético, enquanto que as taxas respiratórias não são afetadas (Sasaki & Machado, 1999).

O estado da água no substrato e no tecido vegetal pode ser determinado diretamente, a partir de estimativa do conteúdo hídrico, ou por medidas baseadas no estado de energia da água nesses sistemas (Jones, 2007). No tecido vegetal, pode-se calcular, diretamente, o componente hídrico por meio do Conteúdo Relativo de Água (CRA).

O CRA na folha é definido como sendo a quantidade de água de um tecido comparada com a máxima quantidade de água que ele poderá reter em um dado momento (Cairo, 1995). O CRA é considerado a variação de massa de água do tecido, a qual, por sua vez, decorre da variação da massa de água da célula, entre a turgescência plena e a perda da turgescência (Angelocci, 2002).

Bhagasari *et al.* (1976), relataram que o decréscimo na fotossíntese líquida em amendoim acompanhou a redução no conteúdo relativo de água (CRA). A fotossíntese e a condutância estomática tiveram grandes decréscimos quando o CRA caiu de 85 para 75%. Já Chaves (1991) propôs o fechamento estomático como primeiro pressuposto ao dessecamento, o mesmo ocorrendo antes da redução do conteúdo relativo d'água (Yordanov *et al.*, 2003).

O potencial de água na folha (Ψ_w) diminui com o declínio da disponibilidade de água no solo, levando à perda da turgescência e induzindo também ao fechamento estomático, e tais respostas diferenciam-se de espécie para espécie (Mansur & Barbosa, 2000; Tavares, 2009). O Ψ_w descreve o estado energético foliar, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera.

Nogueira *et al.* (1998) verificaram em duas cultivares de amendoim, a alteração nos valores do potencial hídrico foliar tanto entre as cultivares quanto da condição hídrica das plantas. Sob deficiência hídrica, a cultivar Nigéria 55437, considerada resistente à seca obteve menor valor (-2,3 MPa) quando comparada à cultivar sensível IAC Tupã (-1,3 MPa). Estudos anteriores afirmam que o potencial hídrico em planta de amendoim com suprimento hídrico satisfatório situa-se entre -1,2 a -1,3 MPa e sob estresse por deficiência hídrica, os valores decrescem até -3,0 a -4,5 MPa, podendo variar conforme o estágio fenológico da cultura, cultivar e severidade do estresse (Allen *et al.*, 1976; Bhagsari *et al.*, 1976 e Pallas *et al.*, 1979).

De modo geral, espera-se que plantas submetidas a déficit hídrico apresentem características como baixas taxas de crescimento e de fotossíntese, elevada razão raiz/parte aérea, aumento na resistência estomática e alterações no CRA e potencial hídrico foliar. Estes fatores associados conferem às plantas maiores resistência para se desenvolverem em eventos extremos como ambientes mais irradiados e com menor disponibilidade hídrica (Lambers & Poorter, 1992; Chapin *et al.*, 1993; Ramos *et al.*, 2004; Jones, 2007; Taiz & Zeiger, 2009).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, L.H.; BOOTE JUNIOR, K.J. & HAMMOND, L.C. 1976. Peanut stomatal diffusion resistance affected by soil water and solar radiation. Proceedings. **Soil and Crop Science Society of Florida** **35**: 42-46.
- ANGELOCCI, L.R. 2002. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera**: introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba. 272p.
- APEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S.M. 2006. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV. 438p.
- ATTEYA, A. M. 2003. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. **Bulgarian Journal of Plant Physiology** **29** (1-2): 63-76.
- BALDWIN, J.A. & HARRISON K.A. 1996. Determining water use in peanut production. **Irrigation Journal** **46** (6): 18-21.
- BARUCH, Z. & MÉRIDA, T. 1995. Effects of drought and flooding on root anatomy in four tropical forage grasses. **International Journal the Plant Science** **156**: 514-521.
- BHAGSARI, A.S.; BROWN, R.H. & SCHEPERS, J.S. 1976. Effect of moisture stress on photosynthesis and some related physiological characteristics in peanut. **Crop Science** **16**: 712-715.
- BRADFORD, K.J. & HSIAO, T.C. 1982. Physiological responses to moderate water stress. In: LANGE, O.L. *et al.*, **Physiological plant ecology II**: water relation and carbon assimilation. Berlin: Springer Verlag.
- CAIRO, P.A.R. 1995. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 32p.
- CAMPOS, I. 2003. Biodiesel e Biomassa: duas fontes para o Brasil. **Revista Eco** **21**. Ano XIII, Edição 80. Disponível em www.eco21.com.br.
- CAMPOS, S.; KLAR, A.E. & CATANEO, A. 1992. Déficits hídricos em plantas de morango (*Fragaria spp*). I. Resistência à seca. **Científica** **20**: 307-319.
- CANECCHIO FILHO, V. 1955. Amendoim da seca: épocas de plantio. **Bragantia** **14**: 23-24.
- CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. & FARIA, R.T. 1991. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná. Londrina: **IAPAR. Boletim técnico** **36**: 40p.
- CARLESSO, R. 1995. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural** **25**(1): 183-188.
- CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J. & PAIVA, R. 2009. **Histologia Vegetal**: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos. Lavras: UFLA, 234p.

CHAPIN III, F.S.; AUTUNM, K. & PUGNAIRE, F. 1993. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist** **142**(supplement): 79-92.

CHAVES, M.M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany** **42**: 1-16.

CHAVES, M.M.; MAROCO, J.P. & PEREIRA, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought – From genes to the whole plant. **Functional Plant Biology** **30**: 239-264.

CONAB. 2011. **Acompanhamento e safra brasileira**: Grãos. Quarto Levantamento. Brasília. 41p.

CORREIA, K.G. & NOGUEIRA, R.J.M.C. 2004. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra** **4**(2): 1-7.

COSTA, A.R. 2001. **As Relações Hídricas Das Plantas Vasculares**. Portugal. Editora da Universidade de Évora, 75p.

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

EMBRAPA. 2006. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica. 110p.

FARIAS, J.R.B. 2005. Dinâmica da água no sistema solo-água-atmosfera: déficit hídrico em culturas. **ITEM** **68**: 32-37.

FREITAS, G.A.DE. 2011. Produção e área colhida de amendoim no nordeste. **Informe Rural ETENE** (3) ano V.

FREITAS, S.M DE; MARTINS, S.S.; NOMI, A.K. & CAMPOS, A.F. 2005. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: SANTOS, R.C. dos. **O Agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande. Embrapa Algodão. p.15-44.

GODOY, I.J.; MORAES, S.A.; ZANOTTO, M. & SANTOS, R.C. 1999b. Melhoramento do Amendoim. In: BORÉM, A.(ed.) **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 1 ed., Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, v.1, p.51-94.

GRACIANO, E.S.A. 2009. **Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

HAMMONS, R.O. 1994. The origin and history of the groundnut. In: SMARTT, J. **The Groundnut Crop: A scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, p.24-42.

HSIAO, T.C. 1983. Plant responses to water stress. **Annual Review Plant Physiology** **24**: 519-570.

INMAN-BAMBER, N.G. & SMITH D.M. 2005. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research** **92**: 185-202.

- JONES, H.G. 1992. **Plant and microclimate**: a quantitative approach to environmental plant physiology. 2. ed. Cambridge: University Press, 428p.
- JONES, H.G. 2007. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany** **58**(2): 119–130.
- KELLING, C.R.S. 1995. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro**. Dissertação de Mestrado –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- KISIS, D.; LUMBRERAS, V.; & PAGES, M. 2001. Role of AP2/EREBP transcription factors in gene regulation during abiotic stress. **FEBS Letters** **498**: 187-189.
- KRAPOVICKAS, A. & GREGORY, W.C. 1994. Taxonomia del género *Arachis* (Leguminosae). **Bonplandia** **8**(1-4): 1-186.
- LAMBERS, H. & POORTER, H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research** **23**: 187-261.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 531p.
- LAURIANO, J.A.; RAMALHO, J.C.; LIDON, F.C. & MATOS, M. C. 2004. Peanut photosynthesis under drought and re-watering. **Photosynthetica** **42**(1): 37-41.
- LECHINOSKI, A. et al. 2007. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.). **Revista Brasileira de Biociências** **5**(2): 927-929.
- LO GULLO, M.A.; SALLEO, S. PIACERI, E.C. & ROSSO, R. 1995. Relations between vulnerability to xylem embolism and xylem conduit dimensions in young trees of *Quercus cerris*. **Plant, Cell and Environment** **18**: 661-669.
- MANSUR, R.J.C.N. & BARBOSA, D.C.A. 2000. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton** **68**: 97-106.
- MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. 2005. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG: UFV, 451p.
- MARTINS, R. 2006. Cultivares de amendoim: um estudo sobre as condições da pesquisa pública paulista. **Informações Econômicas** **36**(5): 37-49.
- MATTOS, E.A. 1998. Perspectives in comparative ecophysiology of some Brazilian vegetation type: leaf CO₂ and H₂O gas exchange, chlorophyll a fluorescence and carbon isotope discrimination. p.01-22. In: SCARANO, F.R.; FRANCO, A.C. **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in neotropics**. V. IV. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro.

- MEINZER, F.C.; CLEARWATER, M.J. & GOLDSTEIN, G. 2001. Water transport in trees: current perspectives, new insights and some controversies. **Environmental and Experimental Botany** **45**: 239-262.
- MONTENEGRO, R. & PINZÓN, B. 1997. Maní forrajero (*Arachis pintoii* Krapovickas e Gregory): Una alternativa para el sostenimiento de la ganadería en Panamá. Panamá: **IDIAP**, 20p.
- NASCIMENTO, I.S. do. 2006. O cultivo do amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência** **12**(4): 387-393.
- NOGUEIRA, R.J.M.C. et al. 1998. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **33**: 1963-1969.
- PAIVA, R. & OLIVEIRA, L. M. 2006. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 104p.
- PALLAS, J.E.; STANSELL JUNIOR, J.R. & KOSKE, T.J. 1979. Effects of drought on Florunner peanuts. **Agronomy Journal** **71**: 853-858.
- PIMENTEL, C. 2004. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 191p.
- PIMENTEL, C. & PEREZ, A.J. DE LA C. 2000. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **35**(1): 31-39.
- PITMAN, W.D.; HOLT, E.C.; CONRAD, B.E. & BASHAW, E.C. 1983. Histological differences in moisture-stressed and nonstressed kleingrass forage. **Crop Science** **23**: 793-795.
- RAMOS, A.; BOVI, M.L.A.; FOLEGATTI, M.V. & DIOTTO, A.V. 2004. Efeitos da irrigação sobre a produção de palmito da pupunheira. **Horticultura Brasileira** **22**: 734-739.
- RAMOS, V.R. 2007. **Caracterização da resistência às cercosporioses, lagarta do cartucho e lagarta da soja em espécies silvestres do gênero *Arachis*, para uso no melhoramento genético do amendoim**. Tese de Doutorado – Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. 2007. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Guanabara, Koogan. Rio de Janeiro.
- REICHARDT, K. 1987. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, p.157-188.
- RINCÓN, C.A. et al. 1992. **Maní forrajero perenne (*Arachis pintoii* Krapovickas e Gregory): Uma alternativa para ganaderos e agricultores**. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 23p. (Boletín Técnico, 219).
- SANTOS, R.F. & CARLESSO, R. 1998. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** **2**(3): 287-294.

SASSAKI, R.M. & MACHADO, E. C. 1999. Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **34**(9): 1571-1579.

SAUSEN, T. L. 2007. **Respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução na disponibilidade de água no solo**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCARPARI, M.S. 2007. **PREDPOL**: Um modelo de previsão da maturação da cana-de-açúcar visando planejamento otimizado. Tese de doutorado. Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

SHIGAKI, F. et al. 2004. Influência do estresse hídrico nos parâmetros de crescimento, acúmulo e produtividade de diferentes variedades de cana-de-açúcar em Miracema - RJ. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida** **24**(1): 63-71.

SILVA, E.C. 2008. **Respostas fisiológicas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) aos estresses hídricos e salino**. Tese de Doutorado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, L.C. & RAO, T.V.R. 2006. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** **10**(1): 128-131.

SIMPSON, C.E; VALLS, J.F.M. & MILES, J.W. 1994. Reproductive biology and potencial for recombination in *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. **Biology and Agronomy of Forage *Arachis***. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p.43-52.

SOLOMON, M. et al. 1999. The involvement of cysteine proteases and protease inhibitor genes in the regulation of programmed cell death in plants. **Plant Cell** **11**: 431-444.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.

TAVARES, A.C.S. 2009. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. & BEATON, J.D. 1985. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. New York: Macmillan, 754 p.

VALLS, J.F.M. & SIMPSON, C.E. 1994. Taxonomy, natural distribution and attributes of *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Eds.) **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, p.1-18.

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

VIERIA, E.L. 2009. Produtividade Vegetal: Principais Fatores. **Tópicos em Ciências Agrárias** **1**: 79-89.

YORDANOV, I; VELIKOVA, V & TSONEV, T. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology** (Special Issue): 187-206.

ZHU, J.K. 2001. Cell signaling under salt, water and cold stresses. **Current Opinion in Plant Biology** 4: 401-406.

ZULLO, M.A.T. et al. 1993. Produtividade e qualidade do óleo de linhagens de amendoim. **Bragantia** 52(2): 105-112.

4 ASPECTOS MORFOANATÔMICOS DE ÓRGÃOS VEGETATIVOS DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.) – IAPAR 25 TIÇÃO E IAC TATU ST

RESUMO (Aspectos morfoanatômicos de órgãos vegetativos de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) – IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST). O objetivo deste estudo foi identificar e caracterizar a morfoanatomia de raízes, caules e folhas das cultivares IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST de amendoim, comparativamente, contribuindo para o conhecimento das distâncias e/ou similaridades anatômicas entre os órgãos dessas duas cultivares. Além do mais, proporcionar subsídios para a correta identificação das mesmas. Para os estudos anatômicos da raiz, foram obtidos segmentos de cinco raízes provenientes de cinco plantas da região localizada a 10 cm abaixo do colo. Os estudos anatômicos do caule se deram também em cinco segmentos provenientes de cinco plantas, retirados da haste principal, 20 cm abaixo do ápice caulinar. Para os estudos morfoanatômicos foliares, foram coletadas cinco folhas adultas e totalmente expandidas. Todos os segmentos foram fixados em FAA 70% e após 24 horas, submetidos a técnicas usuais de preparação de lâminas semi permanentes. Segmentos da epiderme foram analisados em microscopia fotônica e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados indicam que as duas cultivares apresentam estruturas anatômicas semelhantes em todos os órgãos analisados. Entretanto, o formato quadrangular da haste principal na cultivar Tição é mais acentuado quando comparado com a cultivar Tatu ST, podendo ser essa característica utilizada para fins taxonômicos.

Palavras-chave: Anatomia descritiva. Taxonomia. Anatomia de raiz. Anatomia foliar.

ABSTRACT (Morpho-anatomical aspects of vegetative organs of two peanut cultivars (*Arachis hypogaea* L.) – IAPAR 25 Tição and IAC Tatu ST). the aim of this study was identify and characterize the morphoanatomy of the root, stem and leaves of peanuts cultivars IAPAR 25 Tição and IAC Tatu ST, comparatively, contributing to the knowledge of the distances and / or anatomical similarities between the organs of these two cultivars. Also providing subsidy to the correct identification of both cultivars. For the anatomical studies of the root, segments of five roots from five plants were obtained from the section located 10 cm below the collar. The anatomical studies of the stem were also in five segments from five plants removed of the main branch, 20 cm below the stem apex. For morphoanatomical studies five mature and fully expanded leaves were collected. All the segments were fixed in FAA 70% and after 24 hours, were submitted to usual techniques for preparation of semi permanent laminas. Segments of the epidermis were analyzed by scanning light and electron microscopy. The results indicate that both cultivars presents similar anatomical structure in all organs analyzed. However, the square form of the main stem in cultivar Tição is most pronounced when comparing to cultivar Tatu ST, and this characteristic could be used to taxonomic definition.

Keywords: Descriptive anatomy. Taxonomy. Root anatomy. Leaf anatomy.

INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma espécie muito importante para a indústria alimentícia. Com produção mundial superior a 34 milhões de toneladas (Freitas, 2011), pode ser considerado a quarta oleaginosa mais plantada no mundo, devido ao fato de possuir em seus grãos, grande quantidade de óleo e proteína, em torno de 45% e 20-25%

respectivamente (Zullo *et al.*, 1993; Godoy *et al.*, 1999b; Freitas *et al.*, 2005), o que garante um grande consumo mundial e uma alternativa promissora na produção de biodiesel (Hammons, 1994).

A. hypogaea é uma Eudicotiledônea, pertencente à família Leguminosae, subfamília Faboideae. A espécie tem folhas estipuladas, tetrafolioladas, flores amareladas com corola papilionada, hipanto tubular e frutos subterrâneos (Judd *et al.*, 1999). Sabe-se que o gênero engloba 81 espécies, sendo 80 silvestres e uma cultivada (Valls & Simpson, 1994).

As informações sobre a anatomia vegetal são de grande importância quando se trata de reprodução vegetativa de plantas, em que a identificação de caracteres estruturais é fundamental no processo de propagação (Silva *et al.*, 2005). Ainda, os estudos sobre anatomia descritiva são amplamente utilizados na literatura como contribuição e subsídio de recursos para questões taxonômicas que envolvem espécies de um mesmo grupo com semelhança na organografia (Rio *et al.*, 2005).

De acordo com Metcalfe e Chalk (1957), os folíolos de amendoim (*Arachis* spp.) são anfiestomáticos, com mesofilo rico em cristais, formado por células pequenas contendo clorofila e conteúdos taniníferos. O mesofilo é constituído pelos parênquimas paliçádico e lacunoso, e pela hipoderme, a qual é formada por células armazenadoras de água, conforme descrito por Kumari *et al.* (1983). Células de mucilagem e tricomas tectores são encontrados na epiderme da face adaxial, e a hipoderme localiza-se na face abaxial do folíolo. As nervuras podem ou não apresentar esclerênquima.

No presente trabalho foram avaliadas duas cultivares de *Arachis hypogaea* L.: IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST, provenientes do banco ativo de germoplasma de amendoim, da seção de oleaginosas do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). O objetivo foi identificar e caracterizar a morfoanatomia de raízes, caules e folhas das cultivares IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST de amendoim, comparativamente.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

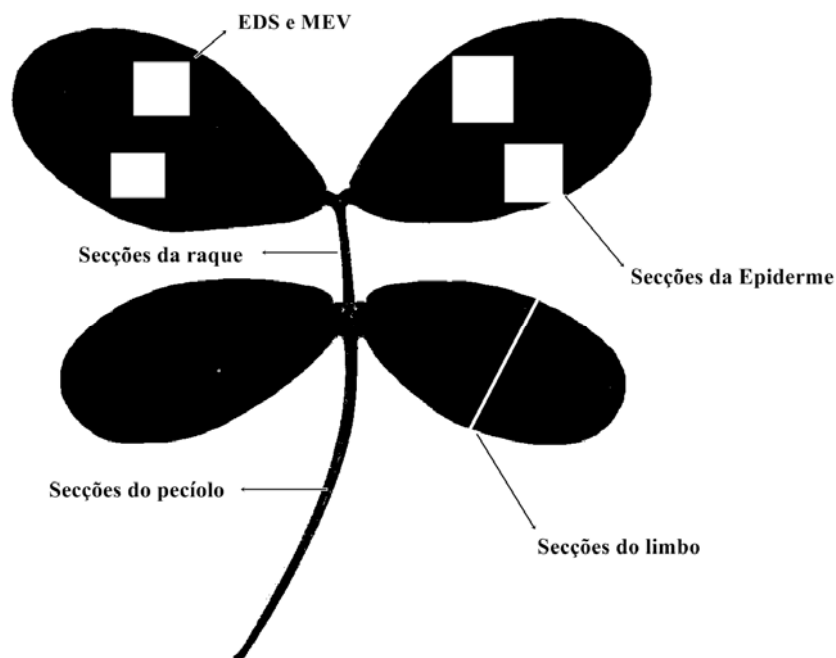
Foram avaliadas duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.): IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST, ambas de porte ereto e ciclo precoce (90-110 dias). Segmentos de órgãos vegetativos das duas cultivares foram obtidos de plantas cultivadas em casa de vegetação do Instituto Agrônômico do Paraná, no município de Londrina - PR (23°22'S; 51°10'W; 585m) (Apêndice 1).

Técnicas de coleta e preparação do material

Os estudos morfológicos e anatômicos envolveram os órgãos vegetativos (raiz, caule e folha) das duas cultivares. Segmentos de cinco folhas provenientes de cinco plantas foram coletados aos 60 dias após a semeadura (DAS) das plantas enquanto que segmentos de cinco raízes e de cinco caules principais, ambos provenientes de cinco plantas, foram coletados no final do ciclo vegetativo, aos 100 DAS. Para os estudos anatômicos da raiz, foram obtidos segmentos da região localizada a 10 cm abaixo do colo. Os estudos anatômicos do caule principal se deram em um segmento da haste principal, 20 cm abaixo do ápice caulinar. Para estudos foliares, foram coletadas cinco folhas adultas e totalmente expandidas, das duas cultivares. Todos os segmentos de raízes, caules e folhas foram imediatamente fixados em FAA70% (Formol - Acido Acético - Álcool Etílico) por 24 horas. Após esse período, os mesmos foram submetidos à técnicas usuais de preparação de lâminas semi permanentes (Macêdo, 1997). Todas as secções foram feitas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear, coradas em uma solução de Azul de Astra e Fucsina básica (Kraus & Arduin, 1997), montadas em lâminas glicerizadas e posteriormente, vedadas com esmalte incolor.

Pelo fato da folha do amendoim apresentar quatro folíolos, dois proximais e dois distais, padronizou-se para a análise do limbo foliolar, a região mediana dos proximais direito e para análise da epiderme, a região mediana dos distais direito e esquerdo (Fig.1).

Figura 1 - Imagem esquemática da folha de *Arachis hypogaea*, simulando as regiões onde foram retirados os segmentos.



Para estudos da epiderme dos folíolos foram realizados cortes paradérmicos também à mão livre. As secções obtidas foram submetidas à lavagem em solução de Jeffrey (Kraus & Arduin, 1997), por cinco minutos. Após esse tempo, foram lavadas em água deionizada, coradas em uma solução de Azul de Astra e Fucsina básica e montadas as lâminas conforme o procedimento anterior.

Segmentos da epiderme também foram submetidos à análise em microscopia eletrônica de varredura, no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise (LMEM) da Universidade Estadual de Londrina. Para tal, foram utilizados segmentos da região mediana dos folíolos distais esquerdo (Fig. 1). Os segmentos foram lavados em tampão fosfato 0,1M por três vezes de dez minutos cada e desidratados em série alcoólica crescente, sendo, posteriormente submetidos à secagem ao ponto crítico no equipamento Baltec Critical Point Dryer CPD 0,30 (Bal-Tec). As amostras foram fixadas em *stubs* com auxílio de fita dupla face de carbono e foram recobertos com uma camada de grafite para a realização de microanálises por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS – *Energy Dispersive System*), objetivando qualificar a composição química do tecido foliar. Para essa análise foi utilizado o software INCA X- Sight – Oxford, associado ao microscópio eletrônico de varredura. Após a análise de EDS, as amostras foram recobertas com uma película de ouro no equipamento Spulter Coater SCD 050 (Bal-Tec) e submetidas a análise e registro fotográfico no microscópio eletrônico de varredura FEI, modelo QUANTA 200.

Análise fotônica e obtenção de imagens

Todas as secções histológicas foram analisadas e fotografadas em microscópio fotônico MOTIC B1 SERIES acoplado à câmera MOTICAM 2300 3.0 MP Live Resolution. A formatação das imagens fotomicrografadas, incluindo suas escalas, foi realizada por meio do programa Motic Images Plus version 2.0 ML.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As raízes principais das duas cultivares de *Arachis hypogaea* são estruturalmente semelhantes e, em secção transversal, se mostram tetrarcas, pois apresentam quatro pólos xilemáticos, além de apresentarem crescimento secundário (Fig. 2). O sistema de revestimento é formado pela periderme com células de formatos tabulares bem definidos, em geral contendo súber, felogênio e feloderma (Fig. 2 C e D).

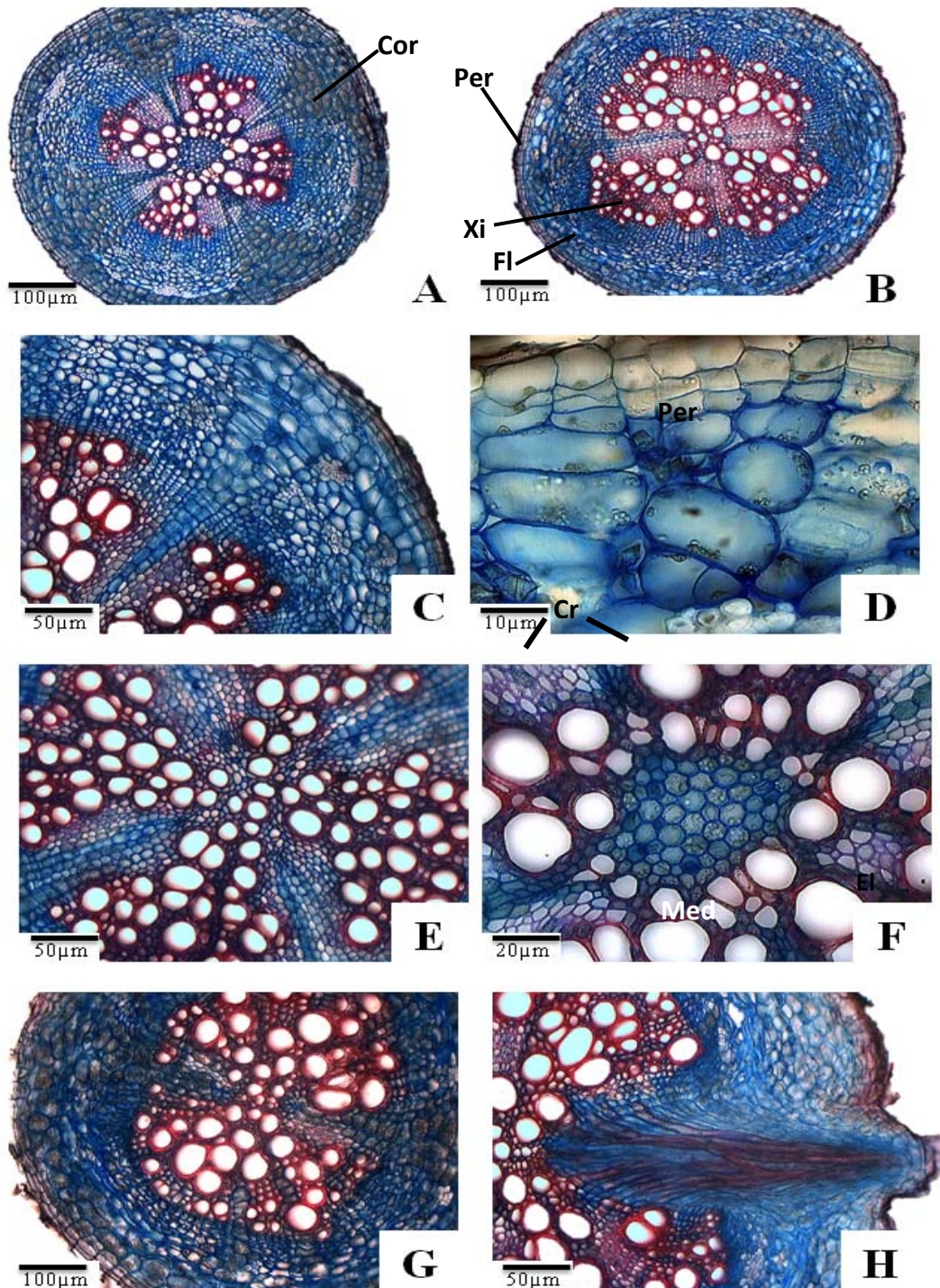
A região cortical das raízes de ambas as cultivares é composta por células parenquimáticas grandes, de formatos isodiamétricos e retangulares. Apresenta-se

ligeiramente compacta, com os espaços intercelulares confinados nos ângulos entre as células. A região é rica em amido e cristais prismáticos de cálcio (Fig. 2 A, C e B).

Nas duas cultivares, o xilema secundário é heterogêneo quanto ao diâmetro dos seus elementos traqueais, fibras ou células parenquimáticas (Fig. 2 B e E). A raiz da cultivar Tição pode apresentar, também, uma medula de composição parenquimática (Fig. 2 F).

Nota-se que a origem da raiz secundária da cultivar Tatu ST, ocorre a partir de células do periciclo (Fig. 2 H). As raízes secundárias de maiores diâmetros também se encontram em crescimento secundário, e têm estrutura diarca com dois raios xilemáticos além de grande quantidade de amido, tanto na região cortical quanto na região parenquimática do cilindro vascular (Fig. 2 G).

Figura 2 - Seções transversais da região basal da raiz de *Arachis hypogaea* em desenvolvimento secundário. **A, C, D, E e F** - Cultivar Tição. **B, G e H**. Cultivar Tatu ST. **D** - Pormenor da periderme e região cortical. **E e F** - Respectivamente, pormenores da região vascular e medular parenquimática. **G** - Raiz secundária diarca. **H** - Pormenor da formação de uma raiz secundária. **Legenda:** **Cor** - Córtex; **Cr** - Crisais; **EL** - Elemento de vaso; **Fl** - Floema; **Med** - Medula; **Per** - Periderme; **R.Sec** - Raiz secundária; **Xi** - Xilema



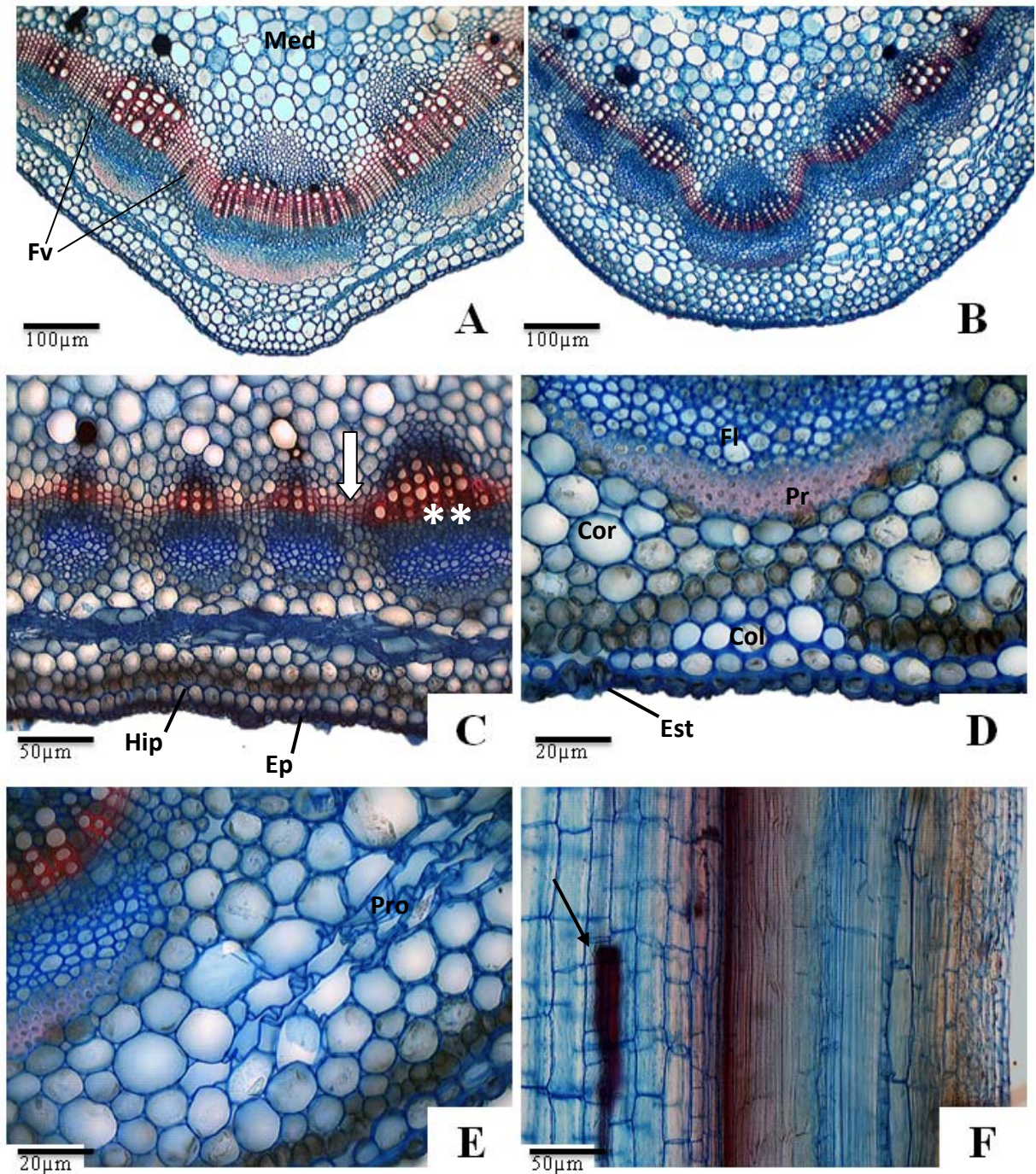
Estruturalmente, as hastes principais, ou caules principais, das duas cultivares são semelhantes, ambas em secções transversal têm formato quadrangular, sendo mais proeminente em plantas da cultivar Tição (Fig. 3 A e B). A epiderme é composta por uma camada de células pequenas, cutícula delgada, estômatos no mesmo nível das demais células da epiderme e tricomas tectores (Fig. 3 C, D e E). Há hipoderme formada por células mais volumosas que as da epiderme e, adjacente a ela, ocorre um estrato de células com cloroplastos e amiloplastos (Fig. 3). Esse estrato clorofilado e amilífero se encontra na região plana do caule e, quando presente na região das arestas, é menos pronunciado (Fig. 3 C, D e E).

A região cortical dos caules das duas cultivares é composta por células parenquimáticas grandes de paredes delgadas e poucos espaços intercelulares. Na cultivar Tatu ST, a região da aresta possui até três camadas de colênquima anelar, que não está presente na região plana (Fig. 3 C, D e E). Nota-se que a parede celular da hipoderme, que se encontra voltada para o interior do caule, é mais espessa.

O córtex é ainda composto por um tecido de natureza parenquimática, denominado prosênquima. Esse se diferencia das demais células pelo formato sinuoso das suas paredes vistas transversalmente, pelas dimensões longas e estreitas das mesmas (Ferri *et al.*, 1981), e ainda pela disposição axial em relação ao eixo do órgão (Fig. 3 E).

Em secção transversal, o sistema vascular dos caules das duas cultivares é circundado por uma bainha amilífera, a endoderme. O cilindro vascular é contínuo, sendo mais desenvolvido nas regiões das arestas (Fig. 3 C e E).

Figura 3 - Seções transversais do caule de *Arachis hypogaea* em desenvolvimento secundário. **A** – Vista geral (cv. Tição). **B** - Vista geral (cv. Tatu ST). **C** – Pormenores da região cortical plana (cv. Tição). **D** – Pormenores da região cortical da aresta (cv. Tatu ST). **E** – Pormenores do prosênquima cortical (cv. Tatu ST). **F** – Pormenores da região cortical em vista longitudinal (cv. Tição). **Legenda:** **Col** – Colênquima; **Cor** – Córtex; **Ep** – Epiderme; **Fl** – Floema; **Fv** – Feixe Vascular; **Hip** – Hipoderme; **Med** – Medula; **Pr** – Periciclo; **Pro** – Prosênquima; ****** - câmbio fascicular; **seta branca** – câmbio interfascicular; **seta preta** – célula secretora alongada.



O câmbio apresenta dinâmica diferenciada. Nessa região do caule e estágio de desenvolvimento, o câmbio fascicular produz xilema secundário composto por parênquima, fibras e elementos de vasos, enquanto o interfascicular determina um xilema secundário composto somente de parênquima e fibras (Fig. 3 C). O sistema vascular é formado por feixes colaterais concêntricos acompanhados por calotas de periciclo esclerenquimático. Nota-se ainda, na parte interna de cada feixe, uma célula com características secretoras que pode ser vista também em secção longitudinal (Fig. 3 A, B e F).

A região medular do caule das duas cultivares apresenta células parenquimáticas isodiamétricas em diferentes tamanhos, com paredes delgadas contendo amiloplastos, cristais e meatos.

Os pecíolos das duas cultivares apresentam formato côncavo-convexo, com a projeção de duas “alas” em sua face adaxial (Fig. 4). A epiderme é uniestratificada, possui tricomas tectores simples de diferentes tamanhos e os estômatos, quando presentes, se encontram no mesmo nível das demais células epidérmicas. Subjacente à epiderme, há uma camada de hipoderme com células de paredes mais espessas que o parênquima fundamental (Fig. 5). As “alas” dos pecíolos das duas cultivares são semelhantes estruturalmente, pois em ambas há colênquima anelar, entretanto, diferem-se nas faces abaxiais com parênquima na Tatu ST e colênquima na Tição (Fig. 5 A e D).

Na região mediana dos pecíolos das duas cultivares, o sistema vascular é composto por feixes dispostos em formato de ‘U’. Na cultivar Tição há até sete feixes vasculares (Fig. 4 A) e na cultivar Tatu ST, cinco feixes (Fig. 4 B).

Figura 4 - Imagens de varredura de seções transversais de pecíolos de *Arachis hypogaea*. **A** – cv. Tição. **B** – cv. Tatu ST. **Legenda:** **Fv** – Feixe vascular; **Par** – Parênquima Fundamental.

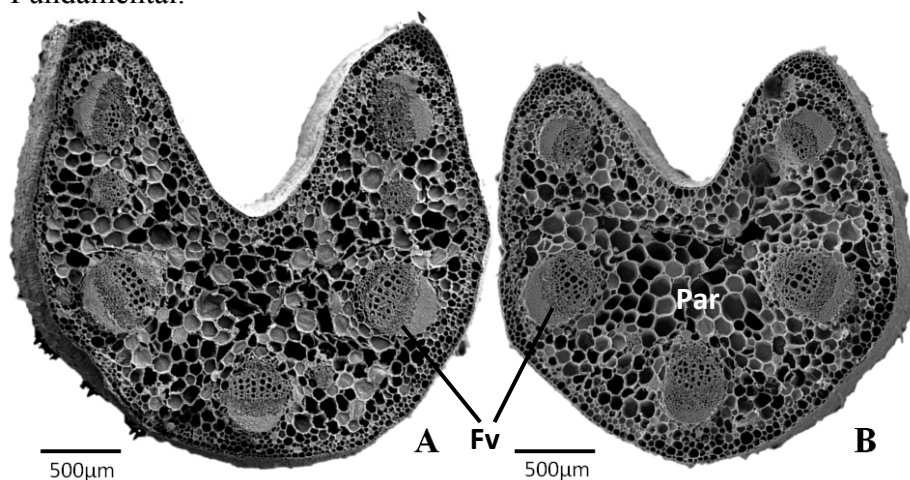
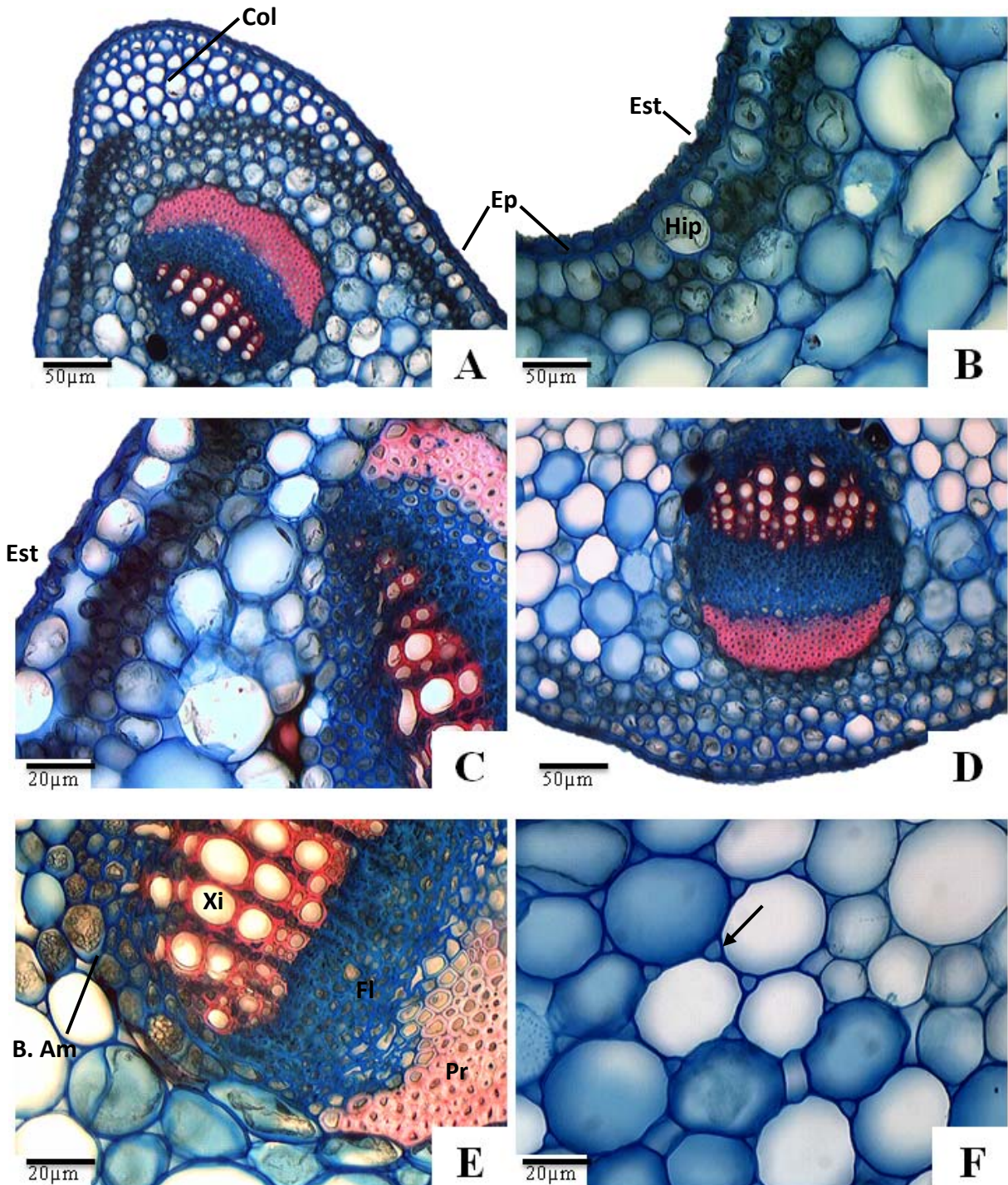


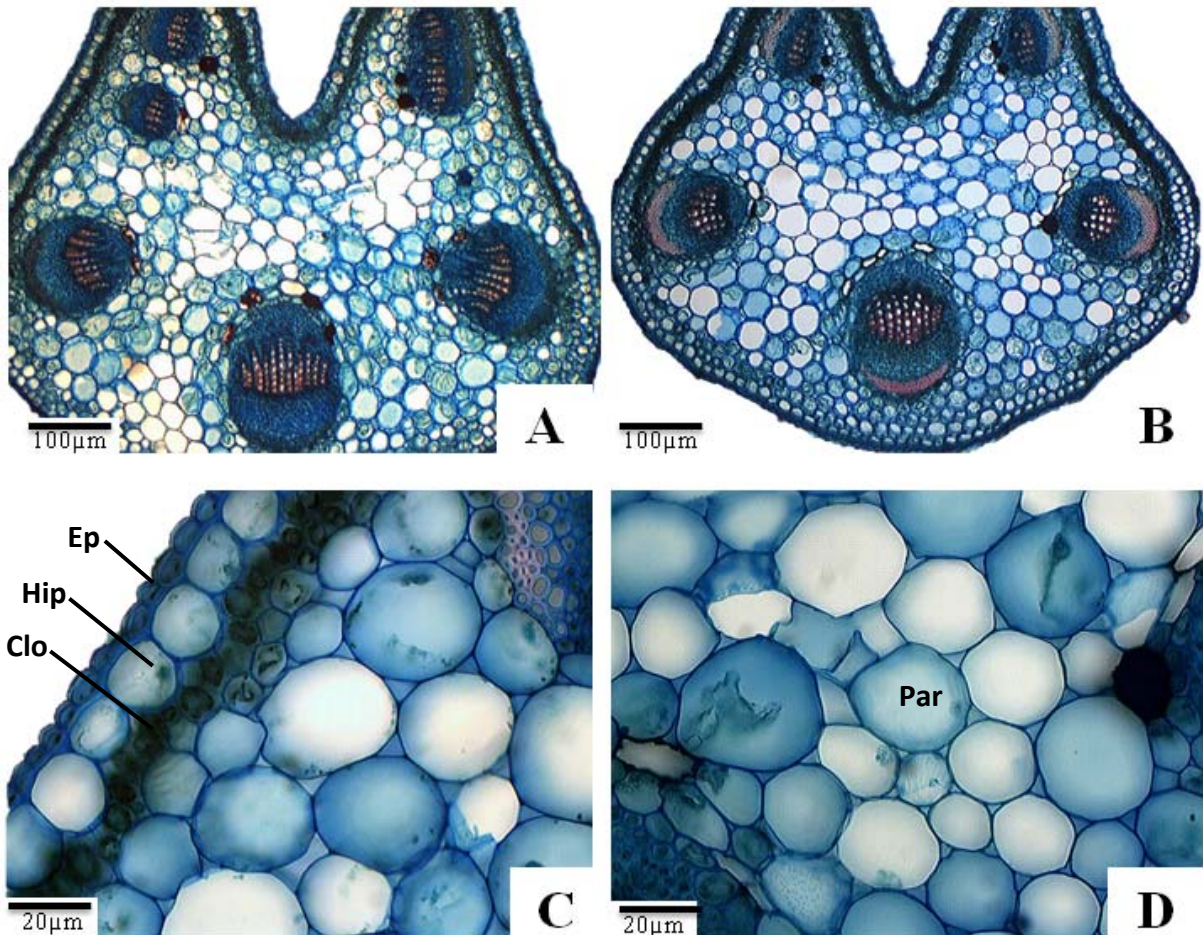
Figura 5 - Seções transversais de pecíolos de *Arachis hypogaea*. **A** – Regiões cortical e vascular da ala (cv. Tição). **B** – Região cortical adaxial (cv. Tição). **C** – Pormenor da região alada (cv. Tatu ST). **D** - Pormenores da região abaxial (cv. Tição). **E** – Pormenor da bainha amilífera e amiloplastos no feixe vascular (cv. Tatu ST). **F** – Pormenor do parênquima fundamental (cv. Tição). **Legenda:** **B. Am** – Bainha amilífera; **Col** – Colênquima; **Ep** – epiderme; **Est** – Estômato; **Fl** – Floema; **Hip** – Hipoderme; **Pr** – Periciclo; **Xi** – Xilema; **seta preta** – meato.



Nas duas cultivares os feixes vasculares dos pecíolos são colaterais, rodeados por uma bainha amilífera (Fig. 5 E), além de possuírem periciclo fibroso na face voltada para o floema (Fig. 5 D e E). No interior do xilema há células parenquimáticas com paredes celulares bem espessa. O parênquima fundamental é formado por células isodiamétricas e é rico em meatos (Fig. 5 F).

A raque, em secção transversal, é estruturalmente semelhante ao pecíolo (Fig. 6 A e B). Apresenta epiderme uniestratificada, hipoderme e uma camada de clorênquima (Fig. 6 C). A quantidade de feixes vasculares que compõem a raque, nas duas cultivares, também varia, sendo encontrado na cultivar Tição seis ou sete feixes vasculares em sua região mediana e cinco feixes na cultivar Tatu ST (Fig. 6 A e B). O parênquima fundamental apresenta células com espaços intercelulares e alguns idioblastos secretores (Fig. 6 D).

Figura 6 - Seções transversais da raque de *Arachis hypogaea*. **A** – Visão geral (cv. Tição). **B** – Visão geral (cv. Tatu ST). **C** – Pormenor da região alada (cv. Tição). **D** – Pormenores da região do parênquima fundamental (cv. Tatu ST). **Legenda:** **Clo** – Clorênquima; **Ep** – Epiderme; **Hip** – Hipoderme; **Par** – Parênquima fundamental.



Estruturalmente, a nervura principal e o mesofilo das cultivares Tição e Tatu-ST, são semelhantes. Em secção transversal, a face adaxial da nervura principal é ligeiramente plana, enquanto a face abaxial é convexa e saliente (Fig. 7). Possui epiderme unisseriada composta por células tabulares pequenas em relação ao parênquima fundamental e hipoderme formada por uma camada de células grandes que se estendem por todo o mesofilo (Fig. 7).

Veiga *et al.* (1994) descrevem as células hipodérmicas em mesofilos de amendoim, como aquosas e mucilaginosas, arranjadas de forma a criar amplos espaços intercelulares, tomando cerca de um terço do mesofilo. Waldron (1919) considera a hipoderme como sendo uma camada de armazenamento de água, o que indica xeromorfismo apresentado pela espécie. Da mesma forma, Pallas *et al.* (1979), indica que a larga camada de hipoderme, pode compensar a perda de água em caso de deficiência hídrica durante o desenvolvimento da planta.

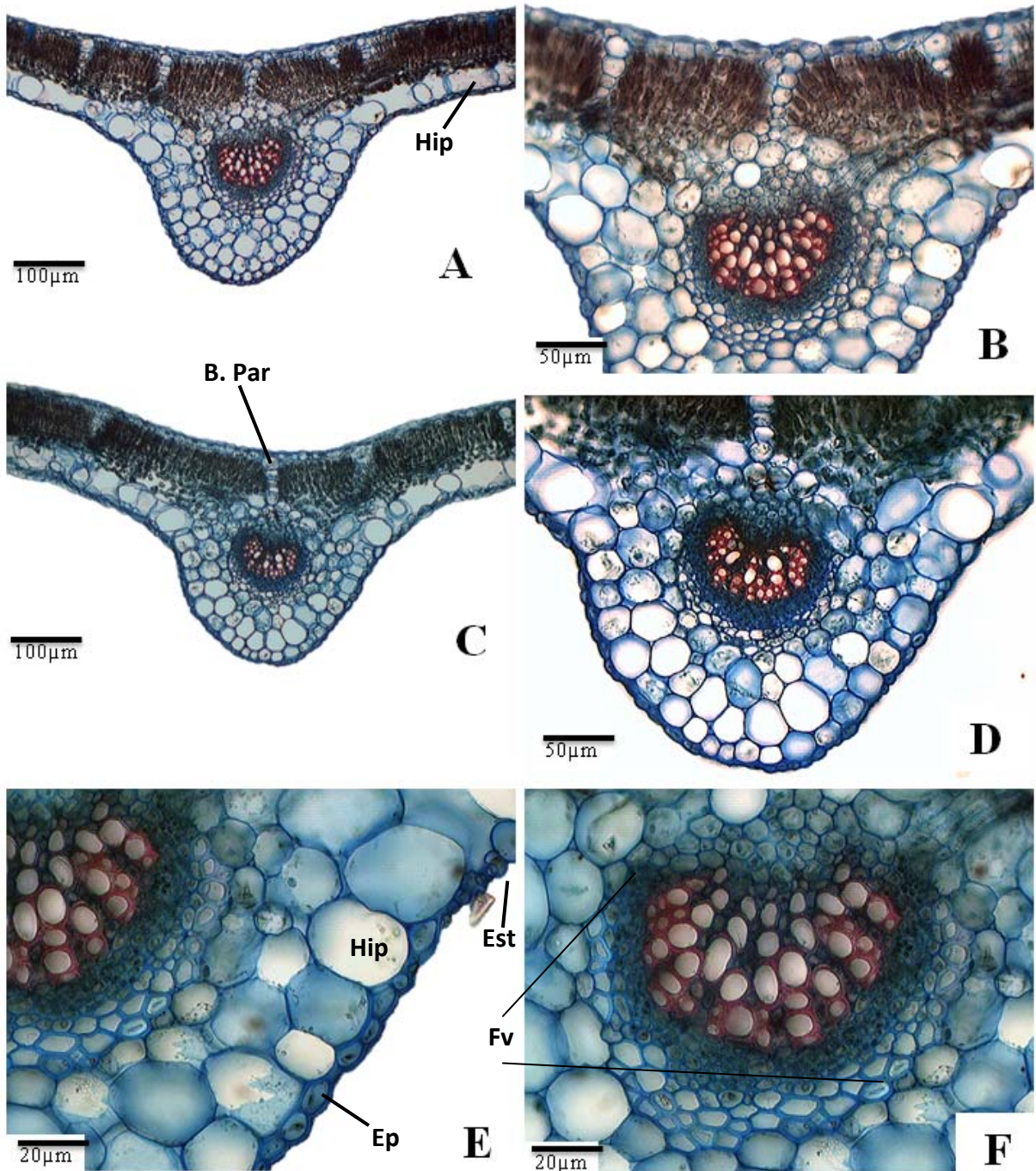
A região adaxial da nervura central apresenta parênquima clorofiliano (paliádico e lacunoso) e extensão da bainha parenquimática que conecta o cilindro vascular à face adaxial da epiderme (Fig. 7). Em todo o folíolo, encontram-se extensões da bainha parenquimática ligando os feixes de menor porte à superfície adaxial (Fig. 8 A).

A região cortical da nervura é composta por células parenquimáticas regulares de diferentes dimensões e espaços entre as mesmas. Os estômatos presentes na face abaxial da nervura estão no mesmo nível das demais células epidérmicas (Fig. 7 E).

O sistema vascular da nervura central do folíolo das duas cultivares é composto por apenas um feixe vascular colateral em forma de meia lua e periciclo fibroso descontínuo em sua face abaxial (Fig. 7 F).

Silva (2008) encontrou em *Arachis hypogaea* e *A. gregoryi* e no híbrido diplóide *A. ipaënsis* x *A. magna* um feixe colateral do tipo arco aberto envolvido por uma distinta camada de fibras, disposta de forma descontínua, próximas ao floema da nervura principal, assim como uma bainha parenquimática ao redor do feixe e extensões dessa em direção à face adaxial.

Figura 7 - Secções transversais do limbo de folíolos de *Arachis hypogaea*. **A** - Vista geral cv. Tição. **B** - Pormenor da região adaxial da nervura central. (cv. Tição). **C** - Vista geral cv. Tatu ST. **D** - Pormenor da região abaxial da nervura central. (cv. Tatu ST). **E** - Pormenor da região cortical (cv. Tição). **F** - Região central vascular (cv. Tição). **Legenda:** **B. Par** - Bainha parenquimática; **Ep** - Epiderme; **Est** - Estômato; **Fv** - Feixe Vascular; **Hip** - Hipoderme.



Em secção transversal, a epiderme da face adaxial do folíolo apresenta células tabulares e células mucilaginosas cônicas e curtas (Fig. 8).

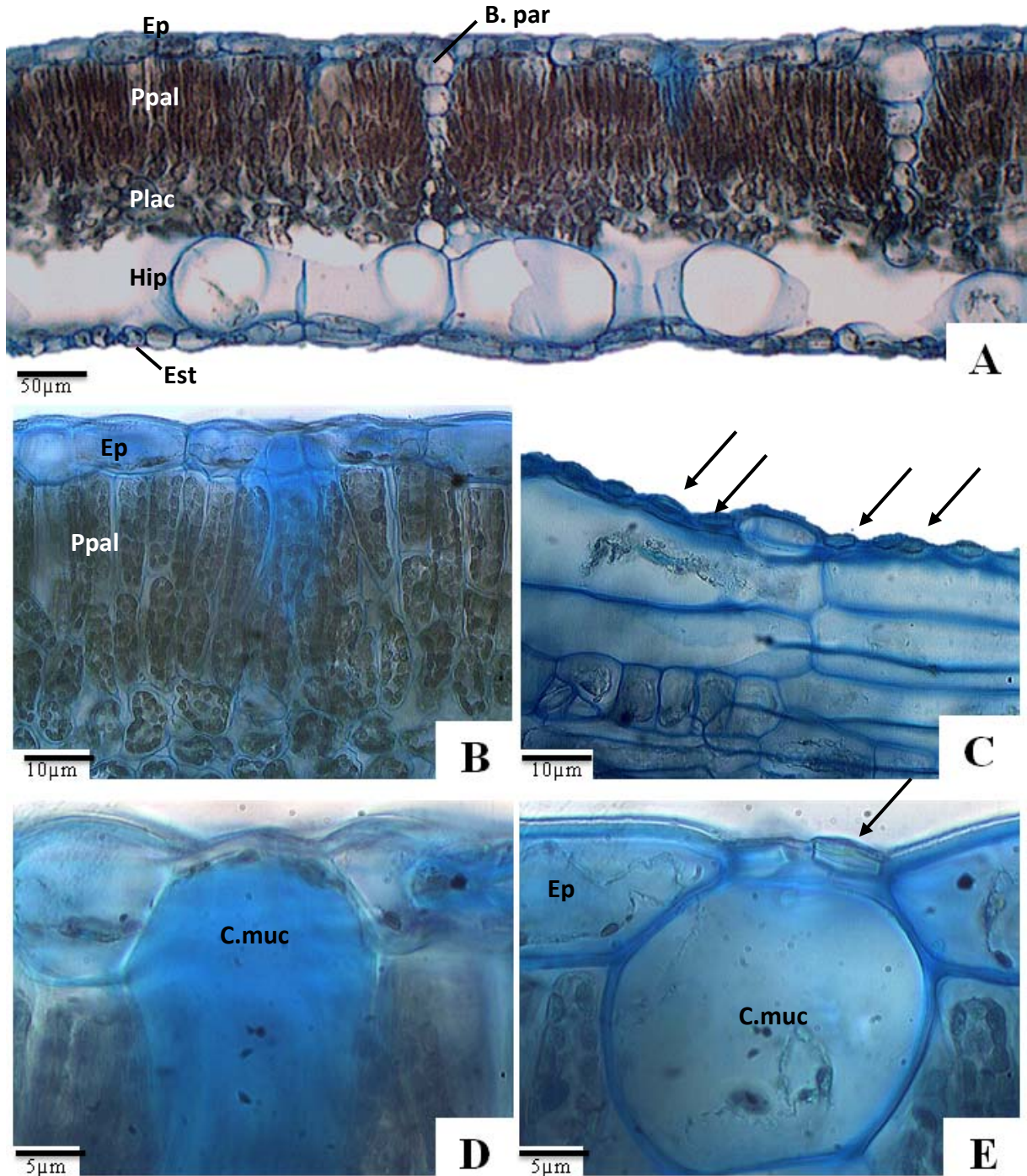
Segundo Veiga *et al.* (1994) idioblastos mucilaginosos de *Arachis*, quando em secções transversais, se apresentam em forma de cone, com seus ápices se aprofundando de maneira intrusiva no parênquima paliçádico, e também em formato ‘curto’, semelhante às demais células epidérmicas, diferindo somente na sua maior dimensão. Características semelhantes foram encontradas por Silva (2008), que evidenciou a presença de células mucilaginosas em nove espécies do gênero *Arachis*, inclusive em *Arachis hypogaea*.

O limbo apresenta dois a três estratos de células paliçádicas justapostas e duas ou três camadas de parênquima lacunoso com espaços intercelulares de dimensões variadas (Fig. 8 A). Aproximadamente um terço do limbo das duas cultivares é composto pela hipoderme.

Veiga *et al.* (1994) encontraram no genótipos ‘SO-53’ e ‘SO-909’ a mesma quantidade de camadas de células formando o parênquima paliçádico, que para Waldron (1919) pode chegar a cinco e para Reed (1924) em quatro camadas.

Os cristais que se encontram na superfície da epiderme podem ser observados em vista transversal. Nota-se que os mesmos não foram localizados no interior de nenhum tipo especial de célula (Fig. 8 C).

Figura 8 - Secção transversal do limbo de folíolos de *Arachis hypogaea* cv. Tição (A) cv. Tatu ST (B a E). **B** – Face adaxial com parênquima paliçádico e idioblasto mucilaginoso cônico. **C** – Detalhe do idioblasto de mucilagem em cone. **D** – Cristais de oxalato de cálcio. **E** – Detalhe do idioblasto mucilaginoso curto. **Legenda:** **B. Par** – Bainha Parenquimática; **C. muc.** – Célula mucilaginosa; **Ep** – Epiderme; **Est** – Estômato; **Hip** – Hipoderme; **Plac** – Parênquima Lacunoso; **Ppal** – Parênquima Paliçádico; **seta** – cristais.



Nas duas cultivares os folíolos são anfiestomáticos. Na face adaxial, em vista frontal, a epiderme apresenta células ordinárias de tamanhos e formas variados, com paredes delgadas curvas ou ligeiramente sinuosas (Figs. 9 e 10). Em microscopia eletrônica de varredura, nota-se que a face adaxial da epiderme possui cera epicuticular, recobrindo toda superfície (Figs. 9 C, 10 C e 11 A).

Figura 9 - Faces epidérmicas fotônicas (A e B) ou de varredura (C e D) do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* (cv. Tição). **A** e **C** – Face adaxial. **B** e **D** – Face abaxial. **Legenda:** **C. muc** – Célula mucilaginosa; **Cr** – Cristais; **Est** – Estômato; **seta** – Tricoma tector

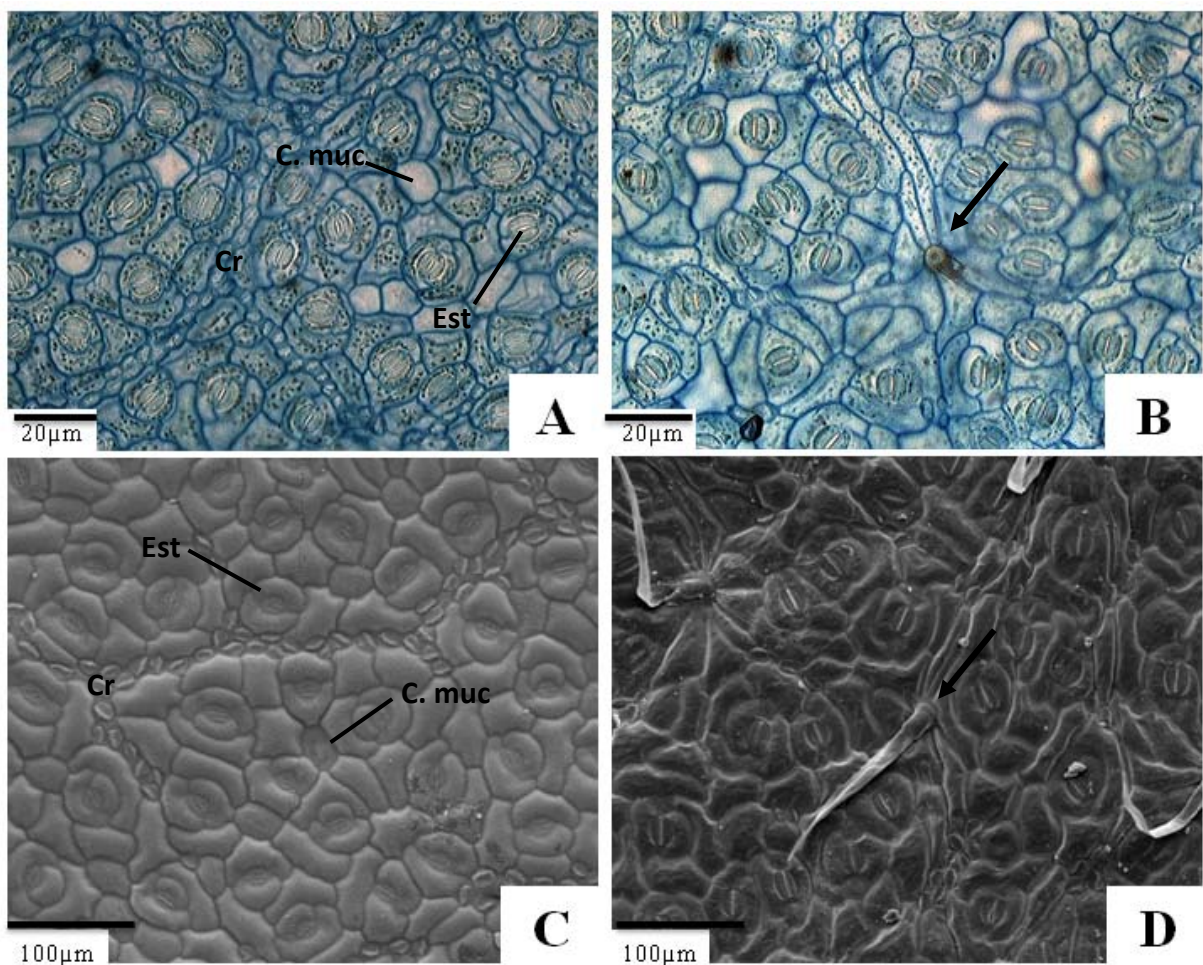
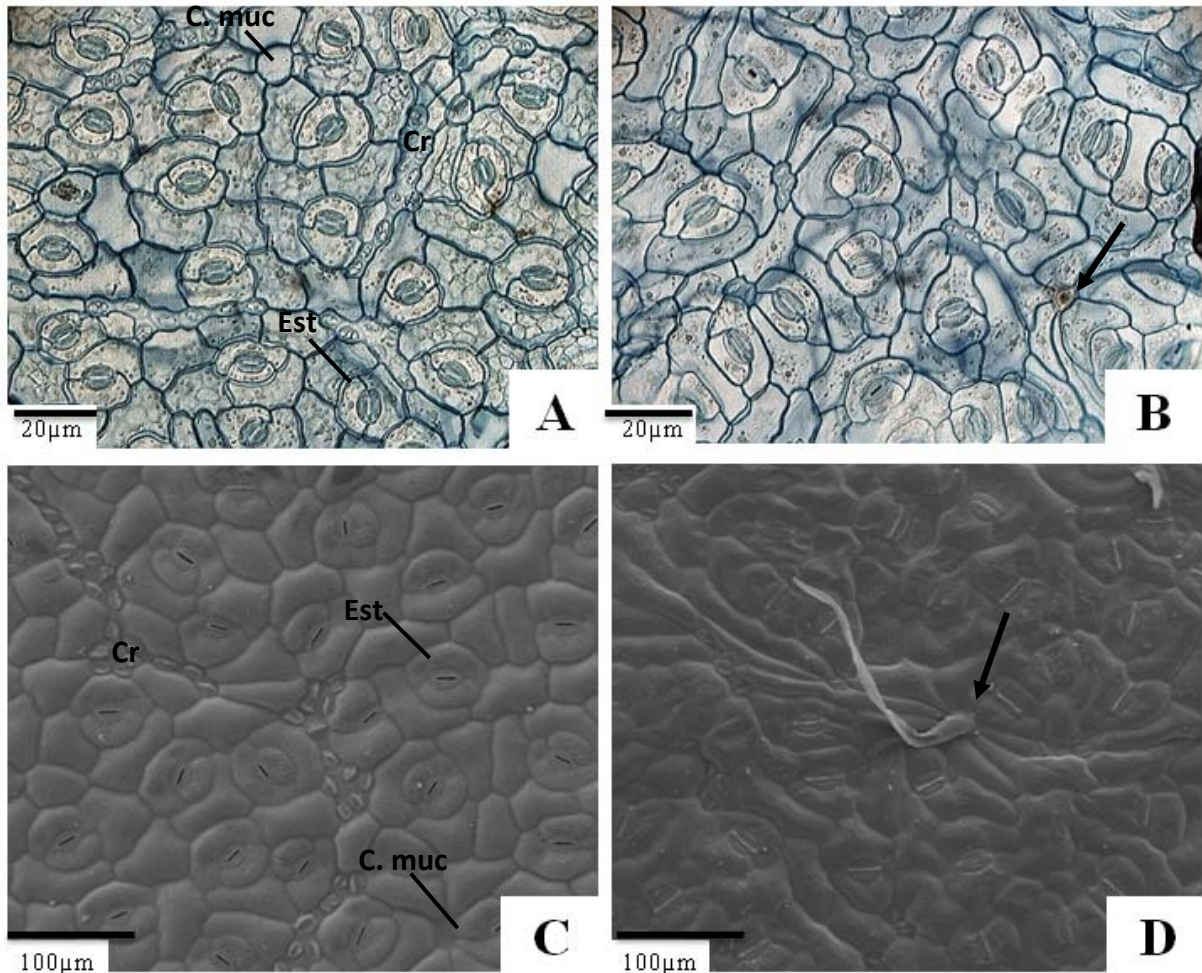


Figura 10 -Fases epidérmicas fotônicas (A e B) ou de varredura (C e D) do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* (cv. Tatu ST). **A** e **C** – Face adaxial. **B** e **D** – Face abaxial. **Legenda:** **C. muc** – Célula mucilaginosa; **Cr** – Cristais; **Est** – Estômato; **seta** – Tricoma tector



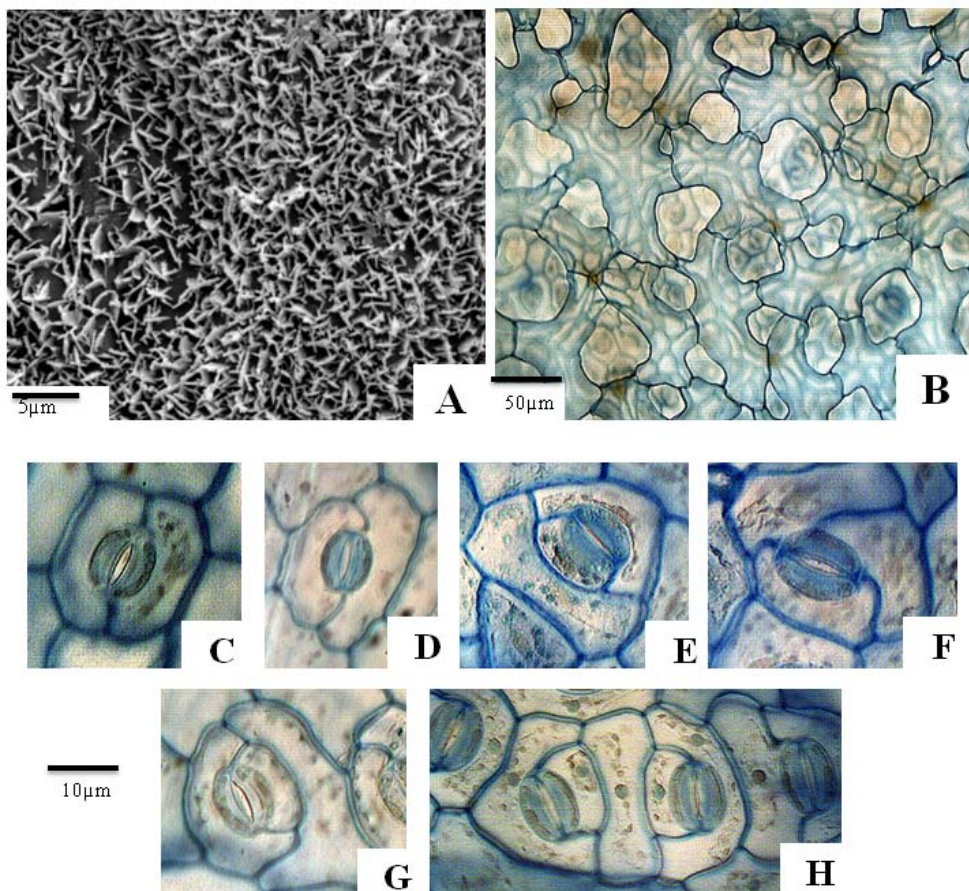
Estruturas secretoras com formato circular e cristais de oxalato de cálcio ocorrem na superfície adaxial das células epidérmicas (Figs. 9, 10 e 12). Em vista frontal da superfície adaxial da epiderme, os idioblastos mucilaginosos possuem formato circular ou elipsoidal, isolados ou em grupos de duas ou três células. Há idioblastos mucilaginosos curtos, que são semelhante as demais células da epiderme, diferindo apenas na sua maior dimensão em secção transversal (Fig. 8 E). Veiga *et al.* (1994) relataram a presença de três tipos principais de idioblastos presentes na superfície da epiderme: taniníferos, mucilaginosos e cristalíferos.

De acordo com Metcalfe e Chalk (1957) as folhas de plantas de amendoim (*Arachis sp.*) apresentam células de mucilagem e tricomas tectores na epiderme da face adaxial, e a hipoderme localiza-se na face abaxial.

Os folíolos das duas cultivares apresentam certa diversidade de tipos estomáticos (Fig. 11), entretanto, os tipos morfológicos paracíticos, seguidos de anisocíticos são os mais frequentes. Alguns estômatos com formas anormais (Cutler *et al.*, 2011), que compartilham uma das células subsidiárias também foram encontrados em ambas as faces da duas cultivares (Fig. 11 H).

Veiga *et al.* (1992a) encontraram quatro tipos de estômatos na epiderme de dois genótipos de amendoim, o ‘Tatu’ e o ‘SO-909’: anomocíticos, paracíticos, anisocíticos e diacíticos e, raramente, foram notados estômatos geminados. No presente trabalho foram observados estômatos paracíticos (Fig. 11 C, D, E e G) e anisocíticos (Fig. 11 F), em ambas as cultivares analisadas e um ou outro estômato geminado apenas na face abaxial da cultivar Tatu ST.

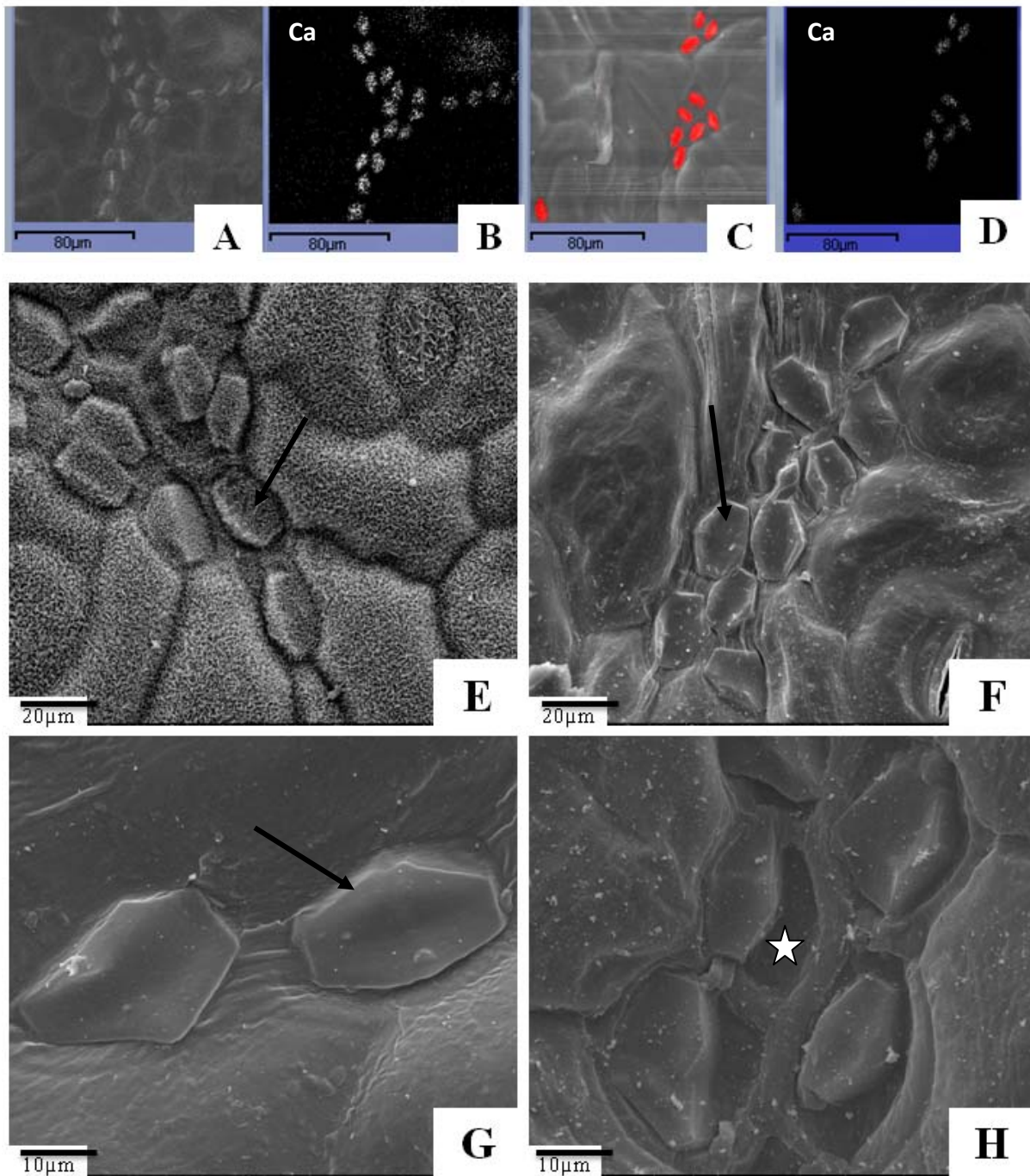
Figura 11 - Epiderme adaxial (imagem de varredura) (A). Secção paradérmica (B) do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* (cv. Tição). **A** – Detalhe da cera epicuticular na face adaxial do folíolo. **B** – Hipoderme em vista paradérmica. (**C** – **H**) – Diversidade morfológica de estômatos das faces adaxial ou abaxial dos folíolos das duas cultivares de *Arachis hypogaea*. **C**, **D**, **E** e **G** – estômatos paracíticos. **F** – estômato anisocítico. **H** – forma anormal de estômato anisocítico.



Os cristais de oxalato de cálcio encontrados na superfície da epiderme puderam ser analisados por meio de EDS – *Energy Dispersive System* (Fig. 12). Esses cristais se encontram nas duas faces da epiderme, podendo estar isolados ou agregados em número variável.

Veiga *et al.* (1994) classificam esses cristais como idioblastos cristalíferos, indicando que os mesmos estão incluídos nas células epidérmicas, assim como Waldron (1919), descreveu a presença deles como sendo células contendo cristais. No presente trabalho, por meio da análise em Microscopia Eletrônica de Varredura, pode ser registrado que os cristais se encontram na superfície externa da epiderme, sem estarem incluídos em qualquer tipo celular. Entretanto, em casos extremos de deficiência hídrica severa nas plantas durante o seu desenvolvimento, os folíolos das duas cultivares demonstraram que a superfície da epiderme sofre um tipo de invaginação cuticular, onde esses cristais ficam alojados (Fig. 12 H) (ver capítulo 2).

Figura 12 -Fases epidérmicas de varredura do limbo foliolar de *Arachis hypogaea* cv. Tição ou cv. Tatu ST. Imagens de Energy Dispersive System (EDS) cv. Tição (A – D). A e B – Face adaxial. C e D – Face abaxial. E – Pormenor dos cristais de oxalato de cálcio presentes na superfície adaxial. F – Cristais de oxalato de cálcio presente na superfície abaxial. G – Pormenor de dois cristais conectados. H – Detalhe da invaginação da epiderme. **Legenda:** Ca – Cálcio; seta preta – Cristal; estrela branca – invaginação da epiderme.



CONCLUSÃO

As cultivares IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST (*Arachis hypogaea* L.) apresentam estrutura anatômica semelhante para a maioria dos tecidos e/ou caracteres. Entretanto, algumas diferenças puderam ser observadas:

- As raízes da cultivar Tição podem apresentar medula, enquanto as da Tatu não as têm.
- As hastes principais (caule) na cultivar Tição se diferenciam das hastes da Tatu, por apresentarem formatos quadrangulares e arestas, marcadamente, mais proeminentes.
- Na cultivar Tatu as arestas caulinares possuem até três estratos de colênquima anelar, caractere não encontrado na cultivar Tição.
- As “alas” dos pecíolos das duas cultivares são semelhantes. Entretanto nas faces abaxiais delas há parênquima na cultivar Tatu e colênquima na Tição.
- Nos pecíolos da cultivar Tição podem ser observados até sete feixes vasculares compondo o sistema vascular, enquanto que nos da cultivar Tatu há, no máximo, cinco feixes.
- Nas raques (região mediana) da cultivar Tição ocorrem de seis a sete feixes vasculares, enquanto nas da cultivar Tatu, há, no máximo, cinco feixes.

REFERÊNCIAS

- Cutler, D.F.; Botha, T. & Stevenson, D.W. 2011. **Anatomia Vegetal:** uma abordagem aplicada. Editora. Artmed. 304p.
- Ferri, M.G.; Menezes, N.L. & Monteiro-Scanavacca, W.R. 1981. **Glossário Ilustrado de Botânica.** 1ª edição. Editora Nobel.
- Freitas, S.M de; Martins, S.S.; Nomi, A.K. & Campos, A.F. 2005. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: SANTOS, R.C. dos. **O Agronegócio do amendoim no Brasil.** Campina Grande. Embrapa Algodão. p.15-44.
- Freitas, G.A.de. 2011. Produção e área colhida de amendoim no nordeste. **Informe Rural ETENE.** ano V. fevereiro. n.3.
- Godoy. I.J.; Moraes, S.A.; Zanotto, M.D. & Santos, R.C. 1999b. Melhoramento do amendoim. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: UFV, p.51-94.

- Hammons, R.O. 1994. The origin and history of the groundnut. In: SMARTT, J. **The Groundnut Crop: A scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, p.24-42.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. 1999. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. Massachusetts: Sinauer Associates, 464p.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Editora da Universidade Rural, Rio de Janeiro.
- Kumari, D.S.; Seshavatharam, V. & Murty, U.R. 1983. Comparative leaf anatomy of the wild species and cultivated varieties of the genus *Arachis*. **Oléagineux** **38**(1): 27- 40.
- Macêdo, N.A. 1997. **Manual de técnicas em Histologia Vegetal**. Feira de Santana: UEFS.
- Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1957. **Anatomy of the dicotyledons**. v.1. Oxford: Clarendon Press, p.502-511.
- Pallas, J.E.; Stansell, J.R. & Kosket, T.J. 1979. Effects of drought on Florunner peanuts. **Agronomy Journal** **71**: 853-858.
- Reed, E.L. 1924. Anatomy, embriology and ecology of *Arachis hypogaea*. **Botanical Gazette** **78**(3): 289-310.
- Rio, M.C.S.; Kinoshita, L.S. & Castro, M.M. 2005. Anatomia foliar como subsídio para a taxonomia de espécies de *Forsteronia* G. Mey (Apocynaceae) dos cerrados paulistas. **Revista Brasileira de Botânica** **28**(4): 713-726.
- Silva, L.M.; Alquini, Y. & Cavallet, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. 2005. **Acta Botânica Brasílica** **19**(1): 183-194.
- Silva, G.S. 2008. **Contribuição à taxonomia do gênero *Arachis* – Secção *Arachis* à luz do estudo de espécies e híbridos interespecíficos**. Dissertação. UNB. Brasília. 98p.
- Valls, J.F.M. & Simpson, C.E. 1994. Taxonomy, natural distribution and attributes of *Arachis*. In: KERRIDGE, P.C. & HARDY, B. (Eds.) **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, p.1-18.
- Veiga, R.F.A.; Corso, G.M. & Curi, P.R. 1992a. Morfologia dos estômatos em folíolos de amendoim, cultivares Tatu e SO-909. **Bragantia** **51**(1): 7-15.
- Veiga, R.F.A.; Corso, G.M. & Curi, P.R. 1994. Aspectos da organografia e anatomia foliar do amendoim: genótipos SO-53 e SO-909. **Bragantia** **53**(1): 1-17.
- Zullo, M.A.T.; Godoy, I.J.de ; Moraes, S.A.de & Pereira, J.C.V.N.A. 1993. Produtividade e qualidade do óleo de linhagens de amendoim. **Bragantia** **52**(2): 105-112.

Waldrom, R.A. 1919. The peanut (*Arachis hypogaea*), its history, histology, physiology and utility. **Contributions from the Botanical Laboratory of the University of Pennsylvania 4**: 301-338.

CAPÍTULO 2

5 MORFOANATOMIA FOLIAR DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.) – IAPAR 25 Tição e IAC Tatu-ST – Submetidas A Diferentes Regimes Hídricos

RESUMO (Morfoanatomia foliar de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) – IAPAR 25 Tição e IAC Tatu-ST – submetidas a diferentes regimes hídricos). Objetivou-se com este estudo avaliar a anatomia foliar de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L. cv. IAPAR 25 Tição e cv. IAC Tatu ST), submetidas a diferentes regimes hídricos. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3 (duas cultivares e três regimes hídricos). Os tratamentos foram: controle, no qual as plantas foram mantidas em condições de capacidade de campo (CC), estresse moderado (EM), com restrição de 50% de água em relação ao grupo controle e estresse severo (ES), mantidas com restrição de 75% de água também em relação ao grupo controle. Foram coletadas cinco folhas adultas e totalmente expandidas aos 40 dias após início dos tratamentos (DAT). As mesmas foram fixadas em FAA 70% e após 24 horas, foram submetidas a técnicas usuais de preparação de lâminas semi permanentes. Segmentos da epiderme foram analisados em microscopia fotônica. Para as duas cultivares, as folhas das plantas submetidas a deficiência hídrica moderada ou severa apresentaram características anatômicas quantitativamente diferentes das plantas cultivadas em capacidade de campo com diferença também entre as cultivares em todos os tratamentos. Sob restrição hídrica, a cultivar IAPAR 25 Tição apresentou maior diâmetro do pecíolo e da raque, menor incremento de folhas, maior quantidade de estômatos e células de mucilagem, quando comparada com a cultivar IAC Tatu ST que apresentou menor área foliar e maior diâmetro da nervura principal. Pode-se concluir que as características apresentadas pelas duas cultivares indicam que em situações de restrição hídrica, as plantas apresentam mecanismos de adaptação que permitem a sobrevivência e o desenvolvimento.

Palavras-chave: Anatomia foliar. Mecanismos de adaptação. Tolerância à dessecação.

ABSTRACT (Morpho-anatomy of peanuts leaf cultivars (*Arachis hypogaea* L.) – IAPAR 25 Tição and IAC Tatu ST – under different water regimes). The aim of the study was to evaluate leaf anatomy of two peanuts cultivars (*Arachis hypogaea* L. cv. IAPAR 25 Tição e cv. IAC Tatu ST) under different water regimes. The experimental design was randomized blocks, 2x3 factorial (two cultivars and three water regimes). The treatments were: control, in which the plants were sustained under field capacity (CC), moderated stress (EM), with 50% water restriction compared to the control group and severe stress (ES), sustained with 75% water restriction also compared to the control group. Five matured and fully expanded leaves were collected 40 days after the beginning of the treatments. Those were fixated in FAA 70% and after 24 hours, were submitted to usual techniques for preparation of semi permanent laminae. Epidermis segments were analyzed by scanning light microscopic. Leaves of plants from both cultivars, that were submitted to moderate or severe restriction of water presented anatomical characteristics quantitatively different from those plants cultivated under field capacity and also, there were differences between both cultivars. When in water restriction, cultivar IAPAR 25 Tição presented higher petiole and rachis diameter, less increment of leaves, higher amount of stomata and mucilage cells in comparison to cultivar IAC Tatu ST that presented lower leaf area and higher nervure diameter. It can be concluded that the traits presented for both cultivars indicates that in situations where water is restricted, the plants presents adaptation mechanisms that enable them to survive and development.

Keywords: Leaf anatomy. Adaptations mechanisms. Drought tolerance.

INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das principais oleaginosas cultivadas no Brasil e no mundo. A diversidade na forma do seu consumo faz com que esta cultura tenha grande expressividade econômica. A semente do amendoim contém cerca de 50% de óleo, o que o torna uma importante alternativa na produção de biodiesel (Freitas *et al.*, 2005). Apresenta grande plasticidade, podendo ser cultivada em várias condições edafoclimáticas, incluindo restrições hídricas significativas, tanto que, com cerca de apenas 600 mm de água durante todo o seu ciclo de desenvolvimento, é possível garantir seu desenvolvimento (Boote *et al.*, 1982; Reichardt, 1987). Nogueira & Távora (2005) afirmam que, de maneira geral, a planta de amendoim apresenta baixa exigência hídrica.

As regiões Sul e Sudeste do Brasil, grandes produtores nacionais dessa cultura, são marcadas por períodos de estiagem mesmo durante a estação chuvosa (Caramori *et al.*, 1991). Ainda que períodos de estiagens possam interferir no desenvolvimento e produção, principalmente nos períodos de florescimento e frutificação, as características morfoanatômicas e ecofisiológicas do amendoim são significativamente vantajosas quando comparado com outras oleaginosas. Nesse sentido, ao considerar as informações relatadas no Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), que apontam para mudanças climáticas globais, com elevação de temperatura e aumento de períodos de estiagem, o amendoim pode ser uma alternativa promissora de cultivo para a indústria alimentícia e energética.

Deficiências hídricas nos solos afetam negativamente as funções fisiológicas das plantas, principalmente fotossíntese e respiração, podendo repercutir nas variações anatômicas, no crescimento e desenvolvimento (Ollala Mañas & Juan Valero, 1993).

Alterações anatômicas decorrentes da baixa disponibilidade de água geralmente estão envolvidas na proteção das plantas contra a perda de água para o ambiente e dessecação de células corticais, assim como, na manutenção da condução de água no xilema (Pitman *et al.*, 1983; Baruch & Mérida, 1995; Lo Gullo *et al.*, 1995; Vasellati *et al.*, 2001). Essas respostas podem ser complexas, em nível morfológico, fisiológico e molecular, dependendo do genótipo, estágio de desenvolvimento da planta, da duração, severidade e natureza do estresse (Bray, 1993). Entender como são ativadas e como ocorrem estas

respostas adaptativas, do ponto de vista morfoanatômico, é importante para a seleção de cultivares mais adaptadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a morfoanatomia foliar de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes tratamentos hídricos e identificar características anatômicas de tolerância à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, em Londrina, PR (23°22'S; 51°10'W; 585m). Foram avaliadas duas cultivares de amendoim de porte ereto e ciclo precoce (90-110 dias): IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST. As mesmas foram semeadas em vasos com capacidade de 20 L, contendo 15 Kg do substrato (1 areia:1 matéria orgânica: 3 latossolo vermelho).

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 blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3, sendo os fatores: duas cultivares e três regimes hídricos, com 15 repetições.

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 então submetidas a três regimes hídricos diferenciados: 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; Estresse Severo (ES) - plantas com restrição de 75 % de água. A quantidade de água fornecida às plantas durante todo o experimento se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de água oferecida às cultivares de amendoim, ao longo do experimento.

Cultivar	Regimes hídricos	Quantidade de água (mm)
IAPAR 25 Tição	Capacidade de Campo	835,7
IAC Tatu ST	Capacidade de Campo	829,6
IAPAR 25 Tição	Estresse Moderado	460,2
IAC Tatu ST	Estresse Moderado	457,9
IAPAR 25 Tição	Estresse Severo	272,5
IAC Tatu ST	Estresse Severo	272,1

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 de cada cultivar foram acrescidos ao experimento e deixados como referência para determinação do volume médio de água necessário para recompor a capacidade de campo em função da evapotranspiração. A pesagem dos vasos, conversão em volume de água para irrigação e a irrigação propriamente dita eram realizados a cada três dias. Os períodos sem irrigação foram determinados com base na duração média dos veranicos (dias sem chuva) ocorridos no Norte do Paraná, significativas por causarem prejuízos à agricultura (Caramori *et al.*, 1991; Costa *et al.*, 2009).

Avaliações Biométricas

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, com o auxílio de uma régua milimetrada. Esse procedimento foi realizado quinzenalmente em todos os tratamentos e repetições.

A quantidade de folhas foi mensurada contando-se o número de folhas produzidas após o início dos tratamentos. Para tal, foi marcado o primórdio foliar (folha referência) e contabilizadas apenas as folhas que brotaram e se desenvolveram acima da folha referência, no ramo principal (Apêndice 2).

Durante as avaliações foram realizadas medições do comprimento e da largura dos folíolos, comprimento do pecíolo e da raque e determinação da área foliar. As medidas do comprimento e da largura foram realizadas com o auxílio de régua e a área foliar, foi calculada 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.

Avaliações anatômicas

A coleta das folhas para análises anatômicas ocorreu aos 40 DAT. Foram coletadas folhas totalmente expandidas, das duas cultivares, 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, da raque e limbo com e sem nervura principal, além da secção paradérmica da epiderme.

Todas as secções obtidas foram coradas com uma solução de Azul de Astra e Fucsina básica (Kraus & Arduin, 1997), montadas em lâminas histológicas glicerizadas e posteriormente, vedadas com esmalte incolor.

Para estudos da epiderme dos folíolos foram realizados cortes paradérmicos à mão livre. As secções foram submetidas à lavagem em solução de Jeffrey 10% (Macêdo, 1997), por cinco minutos. Logo após foram lavadas em água e coradas com uma solução de Azul de Astra e Fucsina básica, e as lâminas montadas conforme o procedimento anterior.

Análise fotônica e obtenção de imagens

Para avaliação do diâmetro do pecíolo, da raque, da nervura central, espessura do limbo e dos tecidos que os compõem, número de estômatos, cristais, células mucilaginosas e tricomas, foram utilizadas cinco folhas adultas e totalmente expandidas. As mensurações foram realizadas com o emprego da ocular micrométrica. A análise da epiderme foi feita ao microscópio fotônico, com auxílio de câmara clara.

Todas as secções foram analisadas em microscópio fotônico MOTIC B1 SERIES acoplado à câmera MOTICAM 2300 3.0 MP Live Resolution.

Análise estatística

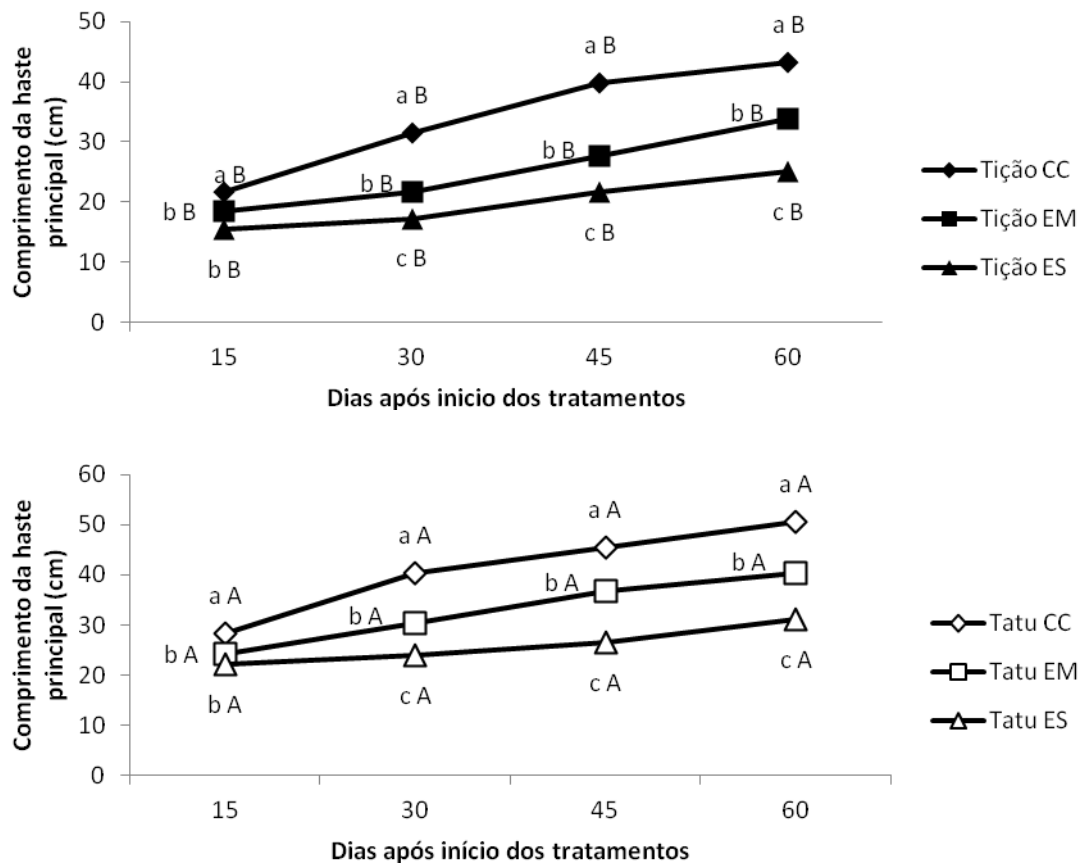
Todos os resultados foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) no ambiente computacional R, versão 2.14 (R Development Core Team, 2011). Resultados não normais e/ou não homogêneos foram submetidos a transformações. Resultados normais e homogêneos foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey 5% de probabilidade, com auxílio do programa Sisvar versão 5.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve redução no crescimento das plantas à medida que reduziu a disponibilidade hídrica, nas duas cultivares (Fig. 1). As hastes das plantas mantidas na capacidade de campo (CC) tiveram maiores comprimentos que as plantas dos tratamentos EM (estresse moderado) e ES (estresse severo) e, a partir de 30 DAT, as plantas do tratamento EM apresentaram maior altura que as plantas do tratamento ES (Fig. 1). Para todos os tratamentos, a cultivar Tatu obteve maiores comprimentos da haste principal.

A ocorrência de deficiência hídrica gera modificações morfológicas bem visíveis na planta, tornando-se evidente a redução no comprimento do caule principal e do número e tamanho dos folíolos (Beltrão *et al.*, 2011). Correia e Nogueira (2004) também observaram que a altura, o número de folhas e a área foliar do amendoim foram afetados pela restrição hídrica. E assim como no presente estudo, as autoras relataram que a diferença entre os tratamentos pode ser observada a partir do 14º dia de estresse.

Figura 1 - Comprimento médio da haste principal de *Arachis hypogaea* nos tratamentos capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15; 30; 45 e 60 dias após início dos tratamentos. As letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos e as letras maiúsculas entre as cultivares ($p < 0,05$).



As plantas submetidas ao EM ou ES por 40 dias apresentaram menor área foliar quando comparadas com as plantas mantidas sob CC (Fig. 2). A cultivar Tição teve redução de 21,58% na condição EM e 36,75% na condição ES e a cultivar Tatu, redução de 17,69% e 43,67%, respectivamente. Tanto na condição CC, como ES, a cultivar Tatu apresentou área foliar significativamente menor, quando comparada com a área foliar da cultivar Tição (Fig. 2). Embora apresente área foliar menor que a cultivar Tição, a Tatu

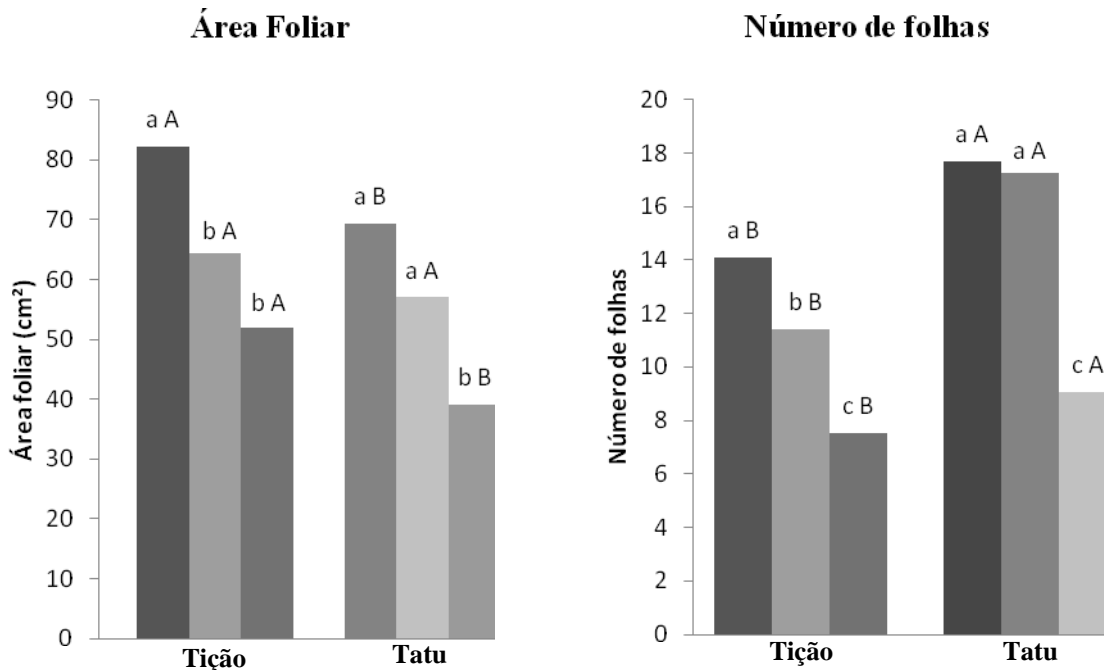
obteve maior incremento de folhas no caule principal, ao longo de todo o período experimental. Na cultivar Tição, as duas situações de estresse afetaram o surgimento de novas folhas. Já na cultivar Tatu, apenas o ES afetou, de forma significativa, o surgimento de novas folhas (Fig. 2).

Correia e Nogueira (2004) observaram redução de 70,57% na área foliar das plantas de amendoim submetidas à suspensão total de rega. Pinto (2006) notou redução de 37,77% na área foliar de plantas de amendoim sob restrição hídrica severa.

Painawadee *et al.* (2009) afirmaram que ocorre a redução da área foliar em condições de seca, porém, ressaltaram que é importante avaliar os diferentes genótipos, pois alguns podem apresentar área foliar menor que outros, mesmo em condições de capacidade de campo. Fato ocorrido nas cultivares analisadas no presente estudo, que em condições de CC apresentam área foliar distinta, nesse caso, a deficiência hídrica, quando comparados os tratamentos separadamente, foi a responsável pela alteração da área foliar. De acordo com Larcher (2000), um dos impactos da restrição hídrica ocorre na divisão mitótica, onde as células diminuem o ritmo de divisão, ou até mesmo, cessam o processo completamente.

Com menor área foliar, há diminuição na transpiração, conservando água no solo por período mais longo (Taiz & Zeiger, 2009). Segundo Kramer (1963), existe uma estreita relação entre a disponibilidade de água e a área foliar, sendo menor o crescimento foliar com a redução da umidade do solo, sugerindo uma grande sensibilidade desta variável à deficiência hídrica.

Figura 2 - Área foliar (40DAT) e número de folhas no caule principal (60DAT) de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição ou cultivar IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES). Barras seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos e as letras maiúsculas entre as cultivares.



O diâmetro dos pecíolos das duas cultivares variou conforme o tratamento hídrico aplicado. Na cultivar Tição, as plantas submetidas aos tratamentos EM e ES, apresentaram pecíolos com diâmetros menores que as plantas em CC. Na Tatu o diâmetro dos mesmos variou em todos os tratamentos, sendo maior nas plantas em CC, seguido das plantas em EM e ES, respectivamente (Tab. 2). Em todos os tratamentos, os pecíolos da cultivar Tição tiveram diâmetros maiores quando comparados aos da Tatu (Tab. 2).

O número de elementos de vasos nos pecíolos não variou entre os tratamentos da cultivar Tição (Tab. 2). Para a cultivar Tatu, o tratamento ES apresentou menor quantidade de elementos de vasos. Comparando as cultivares, as plantas da cultivar Tição, sob ES, apresentaram maior quantidade de elementos de vasos, quando comparadas a Tatu, no mesmo tratamento. (Tab. 2).

Tabela 2 - Diâmetros do pecíolo, da raque e da nervura central e número de elementos de vasos de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES).

Tratamento	Diâmetro Pecíolo (mm)		Elementos de vasos (unidade)		Diâmetro Raque (mm)		Diâmetro Nervura Principal (µm)	
	Tiçã	Tiçã	Tatu	Tatu	Tiçã	Tatu	Tiçã	Tatu
CC	3,48 a A	2,86 a B	207 a A	199 a A	2,53 a A	2,47 a A	0,86 a B	1,65 a A
EM	2,87 b A	2,71 b B	181a A	184 a A	2,20 b A	2,24 b A	0,80 ab B	1,54 b A
ES	2,78 b A	2,26 c B	204 a A	130 b B	2,1 b A	1,98 c B	0,73 b B	1,35 c A
C.V. (%)	3,35		18,40		7,12		12,68	

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

A raque apresentou maior diâmetro no tratamento CC na cultivar Tição, em comparação com os tratamentos EM e ES, os quais não diferiram estatisticamente. Na cultivar Tatu, o diâmetro da raque diminuiu de acordo com a redução de água oferecida às plantas. (Tab. 2). Comparando as cultivares, somente a condição ES na cultivar Tatu foi menor que a Tição. O número de feixes vasculares que compõem a raque, variou entre as cultivares, sendo encontrado na cultivar Tição, seis ou sete feixes vasculares em sua região mediana, e cinco feixes na raque da cultivar Tatu ST.

Quanto ao diâmetro da nervura principal, houve diferença entre os tratamentos para as duas cultivares e em todos os tratamentos, a cultivar Tatu apresentou os maiores diâmetros (Tab. 2).

A espessura total do mesofilo variou tanto entre os tratamentos hídricos quanto entre as cultivares. A cultivar Tatu apresentou maior espessura nos tratamentos CC e EM, quando comparada com a Tição. Na condição de ES a situação se inverteu. Entre os tratamentos hídricos, a cultivar Tição apresentou menor espessura na condição ES e a cultivar Tatu diminuiu as de acordo com a diminuição da quantidade de água fornecida às plantas (Tab. 3).

Comparando os tratamentos hídricos, na cultivar Tição, o tecido que apresentou diferença na espessura foi o parênquima lacunoso na condição de ES. Já a cultivar Tatu, apresentou menor espessura no parênquima paliçádico, parênquima lacunoso, hipoderme e superfície abaxial, todos na condição ES, o que contribuiu com a menor espessura total do mesofilo dos folíolos nessas plantas (Tab. 3).

Comumente, em função da deficiência hídrica ocorre redução na espessura do mesofilo e da lâmina foliar, que pode ser decorrente de uma redução no número de estratos celulares ou dos espaços intercelulares (Chartzoulakis *et al.*, 2002).

Silva *et al.* (2001) explicam que a redução na espessura do parênquima lacunoso diminui os espaços intercelulares no mesofilo, ocasionando na diminuição da evaporação de água e na garantia da eficiência no uso da mesma. Os autores citam, também, que com a redução dos espaços intercelulares ocorre maior compactação do mesofilo e, desta maneira, ocorre um aumento da resistência interna ao movimento de vapor d'água, reduzindo assim, a evaporação.

Tabela 3 - Variáveis histométricas dos folíolos de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição ou cultivar IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES).

Tratamento	Espessura (µm)											
	Sup. Adaxial		P. Paliçádico		P. Lacunoso		Hipoderme		Sup. Abaxial		Espessura	
	Tiçã	Tatu	Tiçã	Tatu	Tiçã	Tatu	Tiçã	Tatu	Tiçã	Tatu	Tiçã	Tatu
CC	26,8 a A	26,8 a A	106,8 a A	111,2 a A	69,6 a B	84,4 a A	86 a A	85,6 a A	20,4 a A	21,8 a A	309,6 a B	329,8 a A
EM	26,2 a A	26,4 a A	100,8 a B	116,2 a A	60,4 ab B	74,6 a A	90,4 a A	81,8 a B	16,6 a A	21,6 ab A	297,4 ab B	320,6 b A
ES	25,4 a A	25,0 a A	88,2 a A	91 b A	62 b A	60,4 b A	88,8 a A	68,4 b B	19,2 a A	19 b A	283,6 b A	263,8 c B
C.V. (%)	13,88		14,27		10,65		15,62		20,09		9,34	

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

As plantas do tratamento EM ou ES, nas duas cultivares, apresentaram maior quantidade de estômatos por área, nas duas faces do folíolo. A cultivar Tição apresentou maior quantidade de estômatos por área, em todos os tratamentos e ambas as faces quando comparada com a Tatu (Tab. 4).

Como a quantidade de estômatos de uma folha é definida no decorrer do seu desenvolvimento (Larcher, 2000; Kouwenberg *et al.*, 2004), as plantas sob restrição hídrica moderada ou severa, apresentam um aumento da densidade estomática por área, indicando ser um mecanismo de adaptação às condições de baixa disponibilidade hídrica (Larcher, 2000; Almeida, 2001; Raven *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2009; Cutler *et al.*, 2011).

Em geral, os estômatos da cultivar Tição são menores nos tratamentos EM e ES, nas duas faces da epiderme, enquanto na cultivar Tatu, apenas no tratamento ES (Tab. 4).

Com 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 (Silva, 2008; Castro *et al.*, 2009). Concomitante com a redução do tamanho dos estômatos há alteração na densidade estomática. De acordo com Larcher (2000) estômatos mais próximos entre si, podem reduzir a transpiração, devido à formação de arcos de transpiração, o que retém maior umidade na área estomática.

Os cristais de oxalato de cálcio observados na superfície da epiderme se encontram nas duas faces, podendo estar isolados ou agregados em número variável. Na face adaxial, a cultivar Tição apresentou maior quantidade de cristais na condição de ES, seguida do EM e CC, cada tratamento hídrico apresentou quantidades significativamente diferentes, enquanto na cultivar Tatu, não houve diferença entre os tratamentos. Na face abaxial, a cultivar Tição apresentou maior quantidade de cristais, em plantas submetidas a algum tipo de estresse, e na Tatu, o aumento só foi significativo em plantas sob ES (Tab. 4).

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 evaporação, exercendo uma barreira física contra a perda de água por evapotranspiração.

A superfície adaxial da epiderme, em vista frontal, apresenta idioblastos mucilaginosos circulares ou elipsoidais, isolados ou em grupos de duas ou três células, nas duas cultivares. Não há diferença na quantidade de células de mucilagem entre os tratamentos, apenas entre as cultivares, onde a cultivar Tição apresenta maior quantidade de células mucilaginosas em todos os tratamentos, quando comparadas com a cultivar Tatu, nas mesmas condições (Tab. 4). Fahn e Cutler (1992) explicam que a presença de mucilagem no interior das células diminui a perda hídrica, devido à característica desta substância de reter água.

Tabela 4 - Variáveis na epiderme do folíolo de *Arachis hypogaea* (cultivar IAPAR 25 Tição ou cultivar IAC Tatu ST), comprimento, largura e funcionalidade dos estômatos do folíolo nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES).

Epiderme (número/mm ²)										
Tratamento	Estômatos ADAXIAL		Estômatos ABAXIAL		Cristais ADAXIAL		Cristais ABAXIAL		Células Mucilaginosas	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	196,1	174,5	178,8	139,76	300,5	295,6	189,5	239,32	52,24	15,59
	0 b A	0 b B	7 b A	b B	8 c A	6 a A	4 b B	b A	a A	a B
EM	254,6	188,7	205,6	157,54	434,3	292,9	248,3	224,55	57,44	15,86
	3 a A	2 a B	8 ab A	b B	2 b A	2 a B	4 a A	b A	a A	a B
ES	248,0	224,8	226,1	187,90	528,6	368,4	295,1	323,56	53,33	14,22
	7 a A	2 a B	9 a A	a B	8 a A	1 a B	1 a A	a A	a A	a B
C.V. (%)	15,19		24,05		36,16		29,83		27,57	

Tamanho dos Estômatos (µm)									
Tratamento	Comprimento ADAXIAL		Largura ADAXIAL		Comprimento ABAXIAL		Largura ABAXIAL		
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu	
CC	17,83	18,43	14,47	14,97	20,36	20,61	16,10	15,77	
	a B	a A	a B	a A	a A	a A	a A	a A	
EM	16,89	18,30	13,58	14,92	20,42	19,88	15,25	15,78	
	b B	a A	b B	a A	a A	a A	b B	a A	
ES	15,72	15,43	13,60	13,23	18,75	18,21	15,20	14,05	
	c A	a A	b A	b A	b A	b A	b A	b B	
C.V. (%)	3,91		4,07		9,01		3,48		

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

CONCLUSÃO

As duas cultivares de amendoim apresentaram características anatômicas quantitativamente distintas quando avaliadas em relação aos diferentes tratamentos hídricos. As características apresentadas pelas folhas das duas cultivares indicam que em situações de restrição hídrica, as plantas apresentam mecanismos de aclimação que permitem a sobrevivência e o desenvolvimento das mesmas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.P. 2001. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes níveis de radiação.** 96 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- BARUCH, Z. & MÉRIDA, T. 1995. Effects of drought and flooding on root anatomy in four tropical forage grasses. **International Journal the Plant Science** **156**: 514-521.
- BELTRÃO, N.E. de M.; SOUSA JÚNIOR, S.P.; OLIVEIRA, M.I.P.; FIDELES FILHO, J. & SILVA, M.N.B. da. 2011. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Embrapa Informação Tecnológica, DF. 322p.
- BOOTE, K.J.; STANSELL, J.R.; SCHUBERT, A.M. & STONE, J.F. 1982. Irrigation, water use and water relation. In: PATEE, H.E.; YOUNG, C.T. (ed). **Peanut science and technology**. Texas: American Press, cap.7, p.164-205.
- BRAY, E.A. 1993. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology** **103**: 1035-1040.
- CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. & FARIA, R.T. 1991. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR. 40p. (**IAPAR. Boletim técnico, n.36**).
- CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J. & PAIVA, R. 2009. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 234 p.
- CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A.; KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A. & NASTOU, A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Horticultural Science & Biotechnology** (95): 39-50.
- CORREIA, K.G. & NOGUEIRA, R.J.M.C. 2004. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra** **4**(2): 1-7.
- COSTA, A.B.F., MORAIS, H., CARAMORI, P.H., RICCE, W.S., ATAÍDE, L.T., YADA, I.F. 2009. Análise climatológica de dias consecutivos sem chuva no Estado do Paraná In: III **Simpósio Internacional de Climatologia**. Canela.
- CUTLER, D.F.; BOTHA, T. & STEVENSON, D.W. 2011. **Anatomia Vegetal: uma abordagem aplicada**. Editora. Artmed. 304p.
- FAHN, A. & CUTLER, D. 1992. **Xerophytes**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 178p.
- FERREIRA, O.G.L.; ROSSI, F.D. & ANDRIGHETTO, C. 2008. **DDA: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo – versão 1.2**. Santo Augusto.
- FREITAS, S.M.; MARTINS, S.S.; NOMI, A.K. & CAMPOS, A.F. 2005. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: SANTOS, R.C. (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA, p.16-44.
- IPCC, 2007. **IPCC Fourth Assessment Report**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>>. Acesso em: 05/07/2008.
- KOUWENBERG, L.L.R.; KÜRSCHNER, W.M. & VISSCHER, H. 2004. Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsuga heterophylla* Needles. **Annals of Botany** **94**: 561-569.

- KRAMER, P.J. 1963. Water stress and plant growth. **Agronomy Journal** **55**: 31-35.
- KRAUS, J.E. & ARDUIN, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Editora da Universidade Rural, Rio de Janeiro.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 531 p.
- LO GULLO, M.A.; SALLEO, S.; PIACERI, E.C. & ROSSO, R. 1995. Relations between vulnerability to xylem embolism and xylem conduit dimensions in young trees of *Quercus cerris*. **Plant, Cell and Environment** **18**: 661-669.
- MACÊDO, N.A. 1997. **Manual de técnicas em Histologia Vegetal**. Feira de Santana: UEFS.
- NOGUEIRA, R.J.M.C. & TÁVORA, F.J.A.F. 2005. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R.C. (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA, p.16-44.
- OLALLA MAÑAS, F. & DE JUAN VALERO, J.A. 1993. **Agronomía del riego**. Madrid: Mundi-Prensa, 732p.
- PAINAWADEE, M.; JOGLOY, S.; KESMALA, T.; AKKASAENG, C. & PATANOTHAI, A. 2009. Heritability and Correlation of Drought Resistance Traits and Agronomic Traits in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Asian Journal of Plant Sciences** **8**: 325-334.
- PINTO, C.M. 2006. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica**. 80 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- PITMAN, W.D.; HOLT, E.C.; CONRAD, B.E. & BASHAW, E.C. 1983. Histological differences in moisture-stressed and nonstressed kleingrass forage. **Crop Science** **23**: 793-795.
- R. Development Core Team. 2011. **R: A language and environment for statistical computing**. [2.14]. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. 2007. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Guanabara, Koogan. Rio de Janeiro.
- REICHARDT, K. 1987. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, p.157-188.
- SILVA, E.C. 2008. **Respostas fisiológicas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) aos estresses hídricos e salino**. 142 f. Tese (Doutorado em Botânica)- Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SILVA, H.; ACEVEDO, E. & SILVA, P. 2001. Anatomia del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. **Revista Chilena de Historia Natural** **74**: 341-351.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819 p.
- VASELLATI, V.; OESTERHELD, M.; MEDAN, D. & LORETI, J. 2001. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany** **88**: 355-360.

**6 ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO AMENDOIM CULTIVADO SOB
DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS.**

RESUMO – (Aspectos ecofisiológicos do amendoim cultivado sob diferentes regimes hídricos). O objetivo desse trabalho foi estudar aspectos fisiológicos de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L. IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST), cultivadas sob diferentes regimes hídricos. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3 (duas cultivares e três regimes hídricos). 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. As variáveis analisadas foram: conteúdo relativo de água, trocas gasosas, massa de matéria seca da raiz, da parte aérea e dos grãos e teor de prolina das folhas. A deficiência hídrica reduziu a produção da massa da matéria seca, o conteúdo relativo de água nas folhas, a taxa de assimilação de CO₂, a condutância estomática e transpiração nas duas cultivares de amendoim. Ao longo do ciclo ambas cultivares desenvolveram estratégias fisiológicas de aclimação ao estresse hídrico.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea*. Déficit hídrico. Trocas gasosas.

ABSTRACT – (Ecophysiological aspects of groundnut cultivated under different water regimes). The aim of this work was to study physiological aspects of two cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L. IAPAR 25 Soot and IAC Tatu ST), grown under different water regimes. The experimental design was randomized blocks in factorial 2x3 (two cultivars and three water regimes). The water systems were: control, in which the plants were kept in field capacity (FC), moderate stress (MS) and severe stress (ES), with restriction of 50% and 75% water compared to control, respectively. The variables analyzed were: relative water content, gas exchange, dry matter of root, shoot and grain, and proline content of leaves. Water stress caused a reduction the production of dry matter, in relative water content of leaves, the rate of CO₂ assimilation, stomatal conductance and transpiration in the two peanut cultivars. During their cycle both cultivars developed strategies of physiological acclimation to water stress.

Keywords: *Arachis hypogaea*. Water deficit. Gas exchange.

INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica no solo afeta as funções fisiológicas das plantas, sobretudo, a fotossíntese e a respiração, o que pode repercutir em alterações de crescimento, desenvolvimento, anatomia e reprodução (Ollala Mañas & Juan Valero, 1993). Todavia, sob restrições hídricas, as plantas apresentam mecanismos de adaptação e aclimação que lhes permitem a sobrevivência. Além das alterações fisiológicas para controle da perda de água, ajustes metabólicos e novos equilíbrios osmóticos também são mecanismos que podem ser manifestados pela planta. Como exemplo, o acúmulo de solutos, tais como prolina, manitol e sorbitol, proporciona às plantas uma diminuição do potencial osmótico por meio de um aumento líquido nos solutos intracelulares, podendo auxiliar na manutenção do turgor,

sustentando o alongamento celular e a expansão de regiões de crescimento (Premachandra et al., 1992; Spollen & Nelson, 1994; Carvalho, 2005; Taiz & Zeiger, 2009).

Boote et al.(1982) e Reichardt (1987), anotam que cerca de 600 mm de água durante todo o ciclo de desenvolvimento são suficientes para garantir seu desenvolvimento. De maneira geral, a planta de amendoim apresenta baixa exigência hídrica (Nogueira & Távora, 2005).

Vários estudos foram realizados com o objetivo de detectar os mecanismos ecofisiológicos de adaptação e aclimação do amendoim à baixa disponibilidade hídrica. Nogueira et al. (1998) verificaram que o estresse hídrico no amendoim aumentou a resistência difusiva ao vapor d'água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo o suprimento de CO₂ para a fotossíntese e a transpiração. Correia e Nogueira (2004) observaram que a falta de água reduziu o crescimento da cultura sem, contudo, paralisá-lo. Araújo e Ferreira (1997) constataram alterações na área foliar, massa da matéria seca da parte aérea e da raiz em função do déficit hídrico. Vorasoot et al. (2003) observaram decréscimos significativos na produção e em características agrônomicas como na altura das plantas e no número de vagens e grãos, em plantas de amendoim submetidas ao estresse hídrico.

Frequentemente várias cultivares de amendoim são lançadas e cultivadas no Brasil e no mundo. A detecção de mecanismos de adaptação ou aclimação de cultivares às condições de baixa disponibilidade hídrica é de grande importância para programas de melhoramento genético da cultura, programas de manejo e escolha de cultivares (Nogueira & Santos, 2000).

O objetivo desse trabalho foi avaliar aspectos ecofisiológicos e produção da massa da matéria seca de duas cultivares de amendoim, IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST, cultivadas sob diferentes regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, em Londrina, PR (23°22'S; 51°10'W; 585m). Foram avaliadas duas cultivares de amendoim de porte ereto e ciclo precoce (90-110 dias): IAPAR 25 Tição e IAC Tatu ST. As mesmas foram semeadas em vasos com capacidade de 20 L, contendo 15 Kg do substrato (1 areia:1 matéria orgânica: 3 latossolo vermelho).

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 blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x3, sendo os fatores: duas cultivares e três regimes hídricos, totalizando seis tratamentos com 15 repetições de um vaso por parcela.

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 então submetidas a três regimes hídricos diferenciados: 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 grupo controle; Estresse Severo (ES) - plantas com restrição de 75 % de água em comparação ao grupo controle. A quantidade de água fornecida às plantas durante todo o experimento se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de água oferecida às cultivares de amendoim, ao longo do experimento.

Cultivar	Regimes hídricos	Quantidade de água (mm)
IAPAR 25 Tição	Capacidade de Campo	835,7
IAC Tatu ST	Capacidade de Campo	829,6
IAPAR 25 Tição	Estresse Moderado	460,2
IAC Tatu ST	Estresse Moderado	457,9
IAPAR 25 Tição	Estresse Severo	272,5
IAC Tatu ST	Estresse Severo	272,1

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 de cada cultivar foram acrescentados ao experimento e deixados como referência para determinação por pesagem, 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 cinco vasos referências.

Para obtenção da massa da matéria seca, as raízes, a parte aérea e os grãos, foram separados e acondicionados em sacos de papel previamente identificados 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 tratamento (DAT) e 100 DAS. Com base nos valores obtidos foi calculada a razão da massa da matéria seca da raiz e parte aérea.

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: $CRA = (MF - MS / MT - MS) \times 100$

Para o cálculo do CRA foi avaliada uma folha por planta em cada tratamento em quatro repetições: aos 15, 30, 60 e 75 DAT, coletadas 4 horas, 1, 2 e 3 dias após a irrigação, respectivamente. Para obtenção da massa túrgida, as folhas ficaram submersas em água durante 24 horas. Para a massa seca, as folhas permaneceram em estufa a 60°C com circulação de ar forçada até a obtenção da massa constante.

Por meio do aparelho portátil IRGA (Infra Red Gas Analyser) (ref. com. LI-COR, 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 2ª, 3ª ou 4ª folha, contadas a partir do ápice do ramo. Nestas mesmas plantas, foram obtidos, também, os valores de resistência estomática (s m^{-1}) com o auxílio do equipamento portátil Porômetro (ref. com. LI-COR, modelo LI-1600).

Para a análise anatômica de número e tamanho de estômatos, folhas adultas e totalmente expandidas foram coletadas aos 60 DAS, em ambas cultivares em cinco repetições. Padronizou-se para a análise da epiderme, a região mediana dos folíolos distais direito e esquerdo. Os segmentos foram imediatamente fixados em FAA 70 % (Formol - Acido Acético - Álcool Etilico) por 24 horas. Após esse período, os mesmos foram submetidos a técnicas usuais de preparação de lâminas semi permanentes (Macêdo, 1997). Todas as secções foram feitas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear, coradas em uma solução de Azul de Astra e Fucsina básica (Kraus & Arduin, 1997), montadas em lâminas glicerinas e posteriormente vedadas com esmalte incolor.

Para a determinação do teor de Prolina, aos 40 DAT foram coletadas duas folhas de cada tratamento, em cinco repetições. Essas foram congeladas em nitrogênio líquido imediatamente após a coleta e transferidas para freezer a -80 °C até o momento das análises. Para as análises utilizou-se 100 mg de tecido foliar previamente macerados em nitrogênio líquido, seguindo a metodologia descrita por Bates et al. (1973). As análises foram realizadas em triplicata e os resultados de Prolina obtidos em $\mu\text{mol g MF}^{-1}$.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias de cada cultivar e tratamento comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve redução significativa na massa da matéria seca dos grãos e número de grãos de acordo com a redução na quantidade de água fornecida às plantas. Comparando as cultivares, somente a massa de matéria seca dos grãos de plantas cultivadas sob capacidade de campo apresentou diferença, com valores maiores para a IAPAR 25 Tição (Tabela 2). Convém ressaltar que o cultivo em casa de vegetação e em vaso é limitante para expressão total do potencial produtivo da cultura. Outros autores também encontraram diminuição na produção de amendoim submetido a estresse hídrico em casa de vegetação (Santos et al., 2005; Correia & Nogueira, 2004).

Tabela 2 - Valores médios da massa de matéria seca dos grãos (g) e do número de grãos produzidos por planta de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 80 DAT.

Regime hídrico	Massa de matéria seca dos grãos		Número de grãos	
	TiçãO	Tatu	TiçãO	Tatu
CC	31,97 a A	23,16 a B	38,87 a A	40,20 a A
EM	15,61 b A	12,93 b A	27,33 b A	28,80 b A
ES	3,33 c A	4,66 c A	12,33 c A	14,40 c A
C.V. (%)	5,73		18,30	

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

A produção da massa de matéria seca da parte aérea foi proporcional à quantidade de água fornecida às plantas, com valores menores na condição de estresse severo (ES). Comparando as cultivares, a IAPAR 25 Tição apresentou menor produção na condição CC e EM. Quanto à massa de matéria seca da raiz, tanto o déficit hídrico moderado como o severo provocaram redução significativa nesta variável, contudo, não houve diferenças entre as cultivares. A razão da raiz/parte aérea foi maior em plantas sob ES nas duas cultivares, não apresentando diferença entre os outros dois regimes hídricos (Tabela 3). Tanto a matéria seca da raiz, como a razão raiz/parte aérea não apresentaram diferenças entre as cultivares. Os resultados da razão R/PA indicam que 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 estratégia de 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 (Barbosa, 1991; Barbosa & Prado, 1991; Barros &

Barbosa, 1995; Claussen, 1996). Esses resultados corroboram com Araújo & 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 & Nogueira (2004) também observaram que as plantas de amendoim submetidas a deficiência hídrica reduziram a alocação de biomassa na parte aérea e aumentaram a alocação de biomassa nas raízes.

Tabela 3 - 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* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 80DAT.

Regime hídrico	Parte aérea		Raiz		Razão R/PA	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	47,42 a B	62,25 a A	11,73 a A	13,71 a A	0,25 b A	0,22 ab A
EM	32,16 b B	39,02 b A	6,17 b A	6,90 b A	0,19 b A	0,18 b A
ES	16,59 c A	16,01 c A	6,06 b A	4,29 b A	0,37 a A	0,27 a A
C.V. (%)	2,03		34,88		3,80	

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

Quanto ao conteúdo relativo de água (CRA), nos primeiros 15 dias após a redução na quantidade de água fornecida às plantas, houve diferença entre os tratamentos somente sob estresse mais severo na cultivar IAPAR 25 Tição. Aos 30 e 60 DAT o conteúdo relativo de água também foi menor na condição de maior deficiência hídrica, porém em ambas as cultivares. Aos 75 DAT não houve diferenças entre os tratamentos hídricos. Comparando as cultivares, somente aos 75 DAT a cultivar IAPAR 25 Tição apresentou maior conteúdo relativo de água que a IAC Tatu ST (Tabela 4). O fato dos CRA não terem apresentado diferenças expressivas entre os regimes hídricos no início dos tratamentos, foi devido à irrigação abundante realizada nos 20 dias anteriores, para a germinação das sementes e formação das plantas. Com o passar do tempo (30 e 60 DAT), as plantas que receberam menores quantidades de água (ES) apresentaram menor conteúdo de água. Aos 75 DAT, já no final do ciclo da cultura, o CRA não apresentou diferença entre condições hídricas devido à 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.

Tabela 4 - Conteúdo Relativo de Água (CRA) (%) em folhas de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) cultivadas nas condições de capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 30, 60 e 75DAT.

Período de coleta após a irrigação	15DAT		30DAT		60DAT		75DAT	
	4 horas		1 dia		2 dias		3 dias	
Regime hídrico	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	90,2 a A	86,1 a A	92,6 a A	88,6 a A	96,1 a A	95,6 a A	94,5 a A	92,9 a A
EM	87,2 a A	87,9 a A	80,2 b A	86,1 a A	95,2 a A	95,1 a A	94,8 a A	92,4 a A
ES	75,6 b A	81,9 a A	73 b A	71,4 b A	93,5 b A	91,8 b A	87,5 a B	93,2 a A
C.V. (%)	6,76		5,80		1,27		1,78	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha entre os mesmos DAT e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Houve redução na taxa de assimilação de CO₂ aos 15 DAT de acordo com o decréscimo do volume de água fornecida às plantas das duas cultivares. Nos demais períodos as taxas foram semelhantes, havendo alteração apenas na cultivar IAC Tatu ST, no regime hídrico ES, aos 60 DAT. Não houve diferença entre as cultivares (Tabela 5).

A condutância estomática foi significativamente menor aos 15 DAT nas duas cultivares sob EM e ES. Nos demais períodos, exceto na cultivar IAC Tatu ST, regime hídrico ES aos 60 DAT, os valores de condutância estomática nas duas condições de deficiência hídrica foram similares ao controle. Não houve diferenças entre as cultivares (Tabela 5).

A transpiração apresentou redução apenas aos 15 DAT, para as duas cultivares nos regimes hídricos EM e ES. Não houve diferença entre as cultivares (Tabela 5).

Tabela 5 - Taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, resistência estomática e transpiração em folhas de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES), aos 15, 45 e 60DAT.

Taxa de assimilação de CO ₂ (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)						
Regime hídrico	15DAT		45DAT		60DAT	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	30,79 a A	28,69 a A	23,60 a A	23,23 a A	19,04 a A	19,15 a A
EM	13,36 b A	15,16 b A	23,98 a A	23,79 a A	19,36 a A	20,71 a A
ES	5,28 c A	3,28 c A	17,27 a A	15,68 a A	16,06 a A	8,86 b A
C.V. (%)	26,07		25,10		29,76	
Condutância estomática (mol m ⁻² s ⁻¹)						
Regime hídrico	15DAT		45DAT		60DAT	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	0,88 a A	0,80 a A	1,29 a A	1,19 a A	1,21 a A	1,10 a A
EM	0,38 b A	0,33 b A	1,28 a A	1,23 a A	1,24 a A	0,98 ab A
ES	0,20 b A	0,19 b A	0,96 a A	0,96 a A	0,65 b A	0,55 b A
C.V. (%)	24,06		23,87		22,61	
Transpiração (mmol.m ⁻² s ⁻¹)						
Regime hídrico	15DAT		45DAT		60DAT	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	15,53 a A	16,07 a A	15,38 a A	16,05 a A	13,43 a A	12,97 a A
EM	10,21 b A	10,69 b A	16,76 a A	16,35 a A	11,32 a A	12,42 a A
ES	9,49 b A	7,44 c A	16,49 a A	16,36 a A	12,82 a A	12,21 a A
C.V. (%)	14,72		9,14		22,27	
Resistência estomática (s m ⁻¹)						
Regime hídrico	15DAT		45DAT		60DAT	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	0,67 b A	0,80 b A	0,39 b B	0,84 a A	3,44 b A	2,11 b A
EM	2,22 b A	4,12 b A	0,92 ab A	0,59 a A	6,26 ab A	6,29 ab A
ES	8,13 a B	17,60 a A	0,88 a A	0,80 a A	12,91 a A	10,90 a A
C.V. (%)	54		62		63	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha entre os mesmos DAT e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No presente trabalho reduções da fotossíntese, transpiração e condutância estomática, ocorreram predominantemente na fase inicial de deficiência hídrica. A redução da capacidade fotossintética é uma importante resposta da planta ao estresse hídrico. Como o estômato controla a difusão de CO₂ e de vapor de água, suas respostas à deficiência hídrica são fundamentais no controle da eficiência de assimilação de CO₂ e da economia da água. Todavia, com o tempo, as plantas se aclimataram à condição de pouca água disponível e passaram a não apresentar diferenças nestas variáveis fisiológicas.

De modo geral a resistência estomática foi significativamente maior no regime hídrico de ES, não havendo diferenças entre as cultivares (Tabela 6). Taiz & Zeiger (2009) sugerem que, o aumento da resistência estomática em condições de deficiência hídrica é importante para regular a perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de CO₂.

De acordo com Larcher (2000), folhas que crescem sob condições de deficiência hídrica podem apresentar alterações modificativas, como estômatos menores e em maior quantidade, desta forma, a resistência da camada limítrofe é aumentada e o ar ao redor dos estômatos torna-se mais úmido, diminuindo assim, a perda de água por transpiração. Tal afirmação condiz com o presente trabalho, no qual verificou-se que plantas de amendoim cultivadas sob estresse, apresentaram maior quantidade de estômatos por área, quando comparadas com as plantas cultivadas em CC. Da mesma forma, os estômatos foram menores quando as plantas estavam sob estresse hídrico (Tabela 6).

Tabela 6 - Número (nº mm⁻²) e tamanho de estômatos (µm) da face adaxial de folhas de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES).

Regime hídrico	Número de estômatos		Comprimento dos estômatos		Largura dos estômatos	
	Tição	Tatu	Tição	Tatu	Tição	Tatu
CC	196,10 b A	174,50 b B	17,83 a B	18,43 a A	14,47 a B	14,97 a A
EM	254,63 a A	188,72 a B	16,89 b B	18,30 a A	13,58 b B	14,92 a A
ES	248,07 a A	224,82 a B	15,72 c A	15,43 a A	13,60 b A	13,23 b A
C.V. (%)	15,19		3,91		4,07	

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

As plantas que cresceram sob ES apresentaram maiores teores de prolina, quando comparadas aos demais regimes hídricos. Entre as cultivares não houve diferenças significativas (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores médios de Prolina em folíolos de *Arachis hypogaea* (cv. IAPAR 25 Tição ou cv. IAC Tatu ST) nas condições capacidade de campo (CC), déficit hídrico moderado (EM) e déficit hídrico severo (ES) aos 75 DAT.

Regimes Hídricos	Prolina ($\mu\text{mol g}^{-2}$ Massa Fresca)
CC	0,59 b
EM	1,66 b
ES	3,10 a
DMS	1,33
Cultivares	Prolina ($\mu\text{mol g}^{-2}$ Massa Fresca)
IAPAR 25 Tição	1,78 a
IAC Tatu ST	1,78 a
DMS	0,89

Médias seguidas da mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

As plantas de amendoim acumulam prolina como mecanismo associado à capacidade de tolerar o déficit hídrico (Muller et al., 1995). Nogueira et al. (1998) também detectaram aumentos nos níveis de prolina em cultivares de amendoim submetidas à deficiência hídrica.

CONCLUSÃO

A deficiência hídrica afetou a produção da massa da matéria seca e provocou redução no conteúdo relativo de água das folhas, taxa de assimilação de CO_2 , condutância estomática e transpiração nas duas cultivares de amendoim avaliadas, no período inicial de estresse hídrico, mas as mesmas desenvolveram estratégias fisiológicas de aclimação ao longo do ciclo, não havendo diferenças significativas entre as cultivares analisadas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, W.F.; FERREIRA, L.G.R. 1997. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.5, p.481-484.
- BARBOSA, D.C.A. 1991. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Leguminosae – Mimosoideae), **Phyton**, Buenos Aires, v.52, n.1, p.51-62.
- BARBOSA, D.C.A.; PRADO, M.C.G. 1991. Quantitative analysis of the growth of *Parkinsonia aculeata* (L.) in a greenhouse. **Phyton**. v.52, n.1, p.17-26.
- BARROS, L.M.; BARBOSA, D.C.A. 1995. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. em casa de vegetação. **Phyton**. v.57, n.2, p.179-191.

- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207.
- BOOTE, K.J.; STANSELL, J.R.; SCHUBERT, A.M.; STONE, J.F. 1982. Irrigation, water use and water relation. In: PATEE, H.E.; YOUNG, C.T. (ed). **Peanut science and technology**. Texas: American Press, cap.7, p.164-205.
- CARVALHO, C.J.R. 2005. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.907-914.
- CLAUSSEN, J.W. 1996. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**. v.80, p.245-255.
- CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. 2004. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Editora da Universidade Rural, Rio de Janeiro.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 531 p.
- MACEDO, N. A. 1997. **Manual de técnicas de histologia vegetal**. Feira de Santana: UEFS.
- MULLER, J.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. 1995. Trehalose and trehalase in plants: recent developments. **Plant Science**, Limerich, v.112, p. 1-9.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, C.R. dos, NETO, E.B, SANTOS, V.F. dos. 1998. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.1963-1969.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R. C. dos. 2000. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.41-45.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; TÁVORA, F.J.A.F. 2005, Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R.C. dos (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, p.16-44.
- OLALLA MAÑAS, F.; DE JUAN VALERO, J.A. 1993. **Agronomía del riego**. Madrid: Mundi-Prensa, 732p.
- PREMACHANDRA, G.S.; SANEOKA, H.; FUGITA, K.; OGATA, S. 1992. Osmotic adjustment and stomatal response to water deficits in maize. **Journal of Experimental Botany**, v.43, p.1451-1456.
- REICHARDT, K. 1987. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, p.157-188.
- SANTOS, R.C.; GODOY, J.I.; FÁVERO, A.P. 2005. Melhoramento do amendoim. In:

SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil.**, Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, p.123-192.

SPOLEN, W.G.; NELSON, C.J. 1994. Response of fructan to water in growing leaves of tall fescue. **Plant Physiology**. v.106, p.329-336.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819 p.

VORASSOT, N.; SONGSRI, P.; AKKASAENG, C.; JOGLOY, S.; PATANOTHAI, A. 2003. Efeito of water stress on yield and agronomic characters of peanut. **Songklanakarinn Journal of Science Technology**. v.25, p.283-288.

WEATHERLEY, P.E., 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurements of water deficit in leaves. *New Phytol.*, 49: 81-97.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As duas cultivares de amendoim analisadas neste trabalho apresentaram, de modo geral, características morfológicas, anatômicas e fisiológicas semelhantes. No início do experimento, ambas apresentaram sinais visíveis de deficiência hídrica nos tratamentos com restrição de 50 e 75 % de água, quando comparadas com as plantas mantidas sob capacidade de campo.

Em condições de estresse hídrico, a altura das plantas e a área foliar foram menores e houve menor incremento de folhas com diâmetros reduzidos. Todas essas características corroboram com a literatura, que apresenta resultados semelhantes para plantas que se desenvolvem em ambiente com restrição hídrica.

Fica evidente que mesmo sob deficiência hídrica moderada há restrições ao crescimento das plantas que aumenta em relação direta com a intensidade da restrição.

Tanto do ponto de vista anatômico, como fisiológico, as duas cultivares apresentaram mecanismos que possibilitaram se desenvolverem mesmo em condições de restrição hídrica severa. Ainda que a produção final nessas plantas tenha sido inferior às das mantidas em capacidade de campo, não houve o cessar das atividades metabólicas, o que indica que os mecanismos apresentados foram satisfatórios para que as plantas pudessem sobreviver e produzir sementes, garantindo a reprodução.

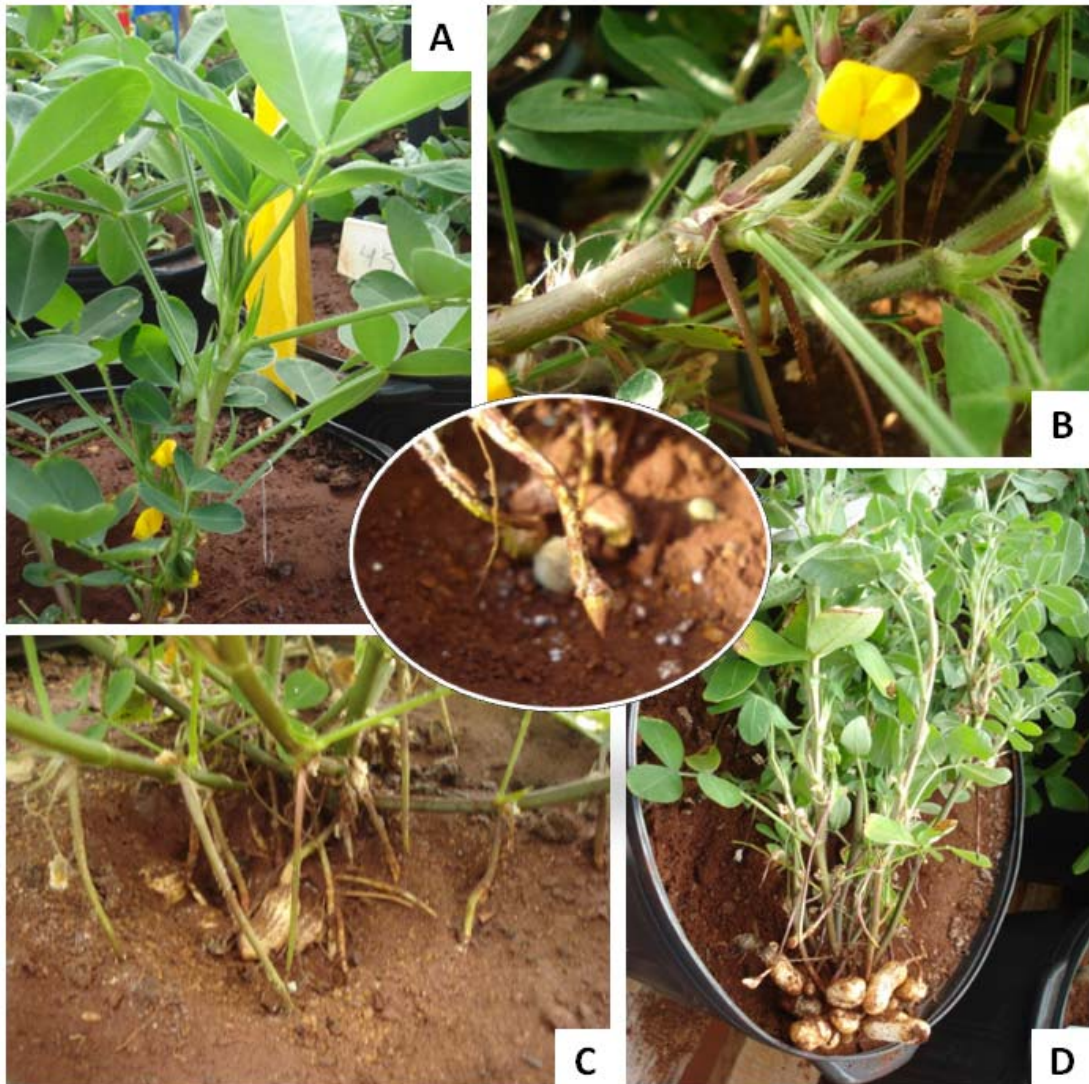
Os resultados indicam que as duas cultivares possuem caracteres indicativos de tolerância ao déficit hídrico, e que em condições de veranicos a produção será afetada, mas não cessará. Todavia, aspectos moleculares e bioquímicos também devem ser considerados no momento em que o produtor ou a empresa definir qual cultivar de amendoim deve semear.

Sugere-se estudos indicando a quantidade e qualidade de óleo produzida pelas sementes e a presença de genes de resistência à seca nessas cultivares.

APÊNDICES

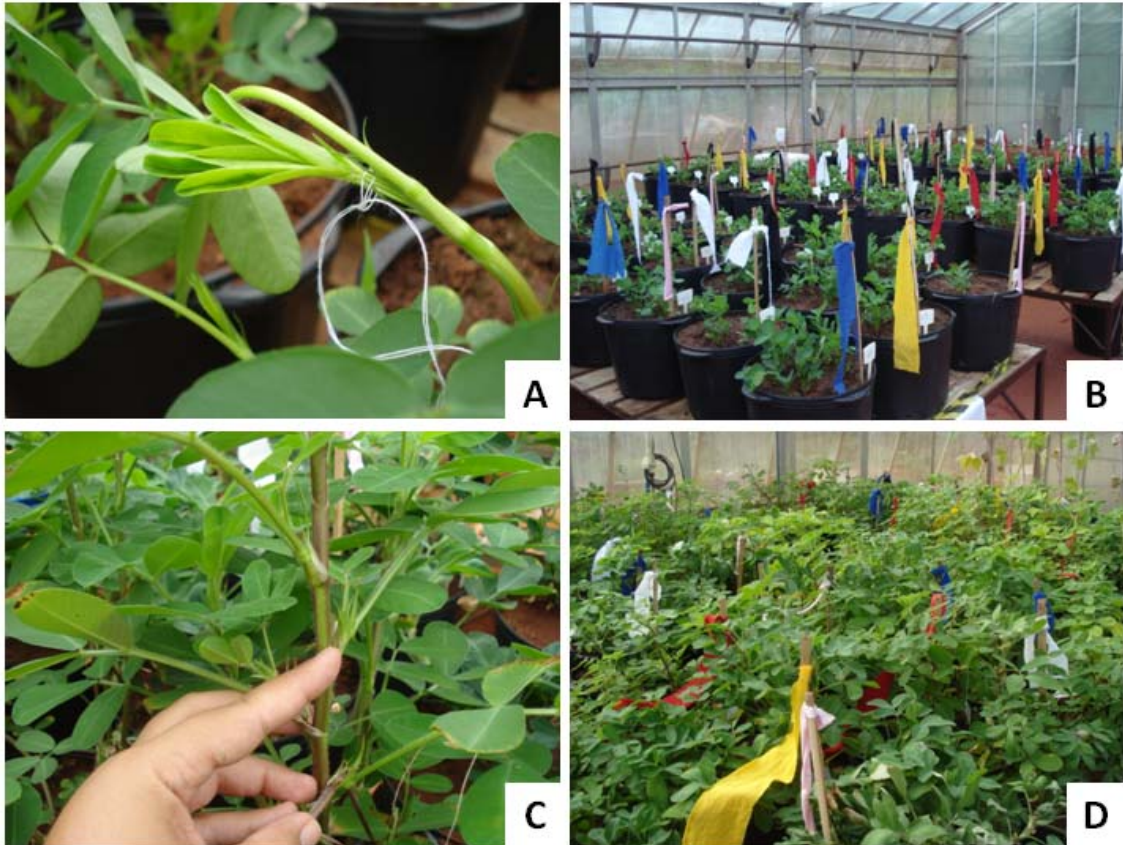
APÊNDICE A

Arachis hypogaea. **A** – Planta cultivada em vaso de 15 litros em casa de vegetação. **B** – Detalhe da formação de estruturas da flor e ginóforo. **C** – Ginóforos tocando o solo. **D** – Planta com frutos aos 100 dias idade. No detalhe – Espessamento do ginóforo.



APÊNDICE B

Arachis hypogaea. **A** – Marcação do primórdio foliar demarcando o início dos tratamentos hídricos diferenciados. **B** – Visão geral do experimento no início dos tratamentos (15DAS). **C** – Coleta das folhas para análises anatômicas. **D** – Visão geral no final do experimento (100DAS).



APÊNDICE C

Arachis hypogaea. **A, C e E** – Cultivar IAPAR 25 Tição. **B, D e F** – Cultivar IAC Tatu ST. **A** e **B** – Plantas com 60 dias. **C-F** – Grãos. **Legenda-** **CC** – Capacidade de campo; **EM** – Estresse hídrico moderado; **ES** – Estresse hídrico severo.

