

ERIKA SOCORRO ALVES GRACIANO

**ESTUDOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE  
CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea L.*)  
SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Recife - PE

2009

ERIKA SOCORRO ALVES GRACIANO

**ESTUDOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE  
CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)  
SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Botânica, área de concentração em Biotecnologia e Fisiologia Vegetal.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup> Dra. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira

**Conselheiros:** Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos

Prof. Dr. Laurício Endres

Recife – PE

2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

G731e Graciano, Erika Socorro Alves  
Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de  
amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência  
hídrica / Erika Socorro Alves Graciano. -- 2009.  
66 f. : il.

Orientadora : Rejane Jurema Mansur C. Nogueira  
Dissertação : (Mestrado em Botânica) -- Universidade  
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Botânica.  
Inclui bibliografia.

CDD 581.1

1. *Arachis hypogaea*
  2. Crescimento
  3. Oleaginosa
  4. Relações hídricas
  5. Solutos orgânicos
- I. Nogueira, Rejane Jurema Mansur Custódio
  - II. Título

ERIKA SOCORRO ALVES GRACIANO

**ESTUDOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE  
CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea L.*)  
SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Botânica, área de concentração em Biotecnologia e Fisiologia Vegetal.

Aprovada em \_\_\_\_\_

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira  
Orientadora  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lilia Gomes Willadino  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

---

Prof. Dr. Mauro Guida dos Santos  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Dra. Liziane Maria de Lima  
Embrapa Algodão – CNPA

*“Mas, pela graça de Deus, sou o que sou; e a sua graça para comigo não foi inútil, antes trabalhei muito; todavia não eu, mas a graça de Deus comigo.”*

*(1Co 15.10)*

*Aos meus irmãos, Fernando Graciano, Edvaldo Graciano, Eva Graciano, Evana Graciano e Gerusa Silva.*

*Aos meus sobrinhos, Felipe, Davi, Diego, Diogo, Gabriel, Clisalvi Jr., Everton e Emily.*

*À meus cunhados, M<sup>a</sup> Helena F. Graciano, Clisalvi L. Mendonça Neto e Tiago Henrique Costa.*

### **Ofereço**

*Aos meus pais, Francisco S. Graciano (in memoriam) e Erundina A. Graciano, essência da minha existência, que me ensinaram as lições do trabalho, da honestidade e da dignidade com simplicidade e seu verdadeiro amor...*

### **Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas oportunidades proporcionadas, por tudo permitido, por estar sempre ao meu lado em todos os momentos, compreendendo a dimensão das minhas dificuldades e possibilitando mais um grande vitória em minha vida.

À minha família, em especial aos meus pais e irmãos, por todo incentivo, compreensão, paciência, sempre estando ao meu lado apoiando meus objetivos, foi por vocês terem me ensinado a sempre aprender com as dificuldades e superá-las que consegui mais essa conquista.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Rejane J. Mansur C. Nogueira, pelo carinho que me recebeu, pelos grandes ensinamentos, orientação, compreensão, apoio, contribuição no meu crescimento profissional e principalmente pela grande amizade que levarei por toda vida.

À Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos, da Embrapa Algodão, pela a co-orientação, atenção, sugestões e concessão dos recursos necessários para a execução do experimento.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Laurício Endres, da Universidade Federal de Alagoas, pela co-orientação.

À Dra. Elizamar Ciríaco da Silva, pela amizade, carinho, apoio, dicas, sugestões e críticas apresentadas para a elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto, pelo apoio e ajuda nas etapas desta pesquisa, como também pela amizade e grande incentivo nos momentos difíceis.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) pela realização do curso de mestrado, por todo apoio e recursos recebidos.

À coordenadora do PPGB Cibele Cardoso Castro e ao Prof. Ulysses Paulino de Albuquerque, pelas contribuições prestadas de forma direta e indireta.

À secretária do PPGB, Margarida Clara da Silva, pela dedicação, paciência e ajuda a todos que fazemos parte do Programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa que viabilizou parte dos estudos.

Ao corpo docente do PPGB, pelos ensinamentos, conhecimentos e experiências transmitidas.

Aos amigos do LFV, PhD. Manoel Bandeira, Ms. M<sup>a</sup> Alice, Ms. Eric Beserra, Ms. Márcio Martins, Ms. Marcelle Almeida, Hugo Henrique e Adenilda Moura, pelo apoio, amizade, convivência e momentos agradáveis.

Aos estagiários do LFV, Danubia Ramos, Cinthya Pacheco, Rodrigo Castro, Hugo Bentzen, Nilson, Elton, Diego, Marcos Silva, Marcelo Ribeiro, Ana Santos, Nathalia Vaz e David Medeiros, pela amizade, convivência, contribuição na condução do experimento e nas análises laboratoriais, além dos grandes momentos de alegria proporcionados (“Tudo por amor a ciência”) e companheirismo durante todo tempo do curso.

Aos amigos de turma do PPGB, Nise Souto, Patrícia Cunha, Giseli Araújo, Lucilene Santos, Douglas Burgos, pela convivência e amizade.

Às minhas amigas, Kátia Felix, Lígia Helena, Emmelyne Ketllen, Thais Oliveira, Joyce Lima e Sarah Cavalcante, pelo companheirismo em todos os momentos, amizade e toda força recebida, as quais foram minha família em Recife durante o curso.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Vilma Marques Ferreira e ao Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto, da Universidade Federal de Alagoas, pelo grande incentivo e amizade.

Aos amigos, Sibeli Kalyne Carvalho, Juliana Carnaúba, Manoel Messias, Leila Cruz, Márcio Felix, Ellen Paula Dionísio, Deusdek Juliana Brandão, Claudiana Moura, Clíssia Barboza, Mônica Lopes, pelo grande incentivo, apoio e amizades em todos os momentos.

E a todos que de alguma forma facilitaram a realização deste trabalho o meu “eterno agradecimento”.



**LISTA DE FIGURAS****Capítulo I**

Figura 1. Teores de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e aminoácido livres em folhas e raízes das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos (rega diária – RD, rega a cada 5 dias – R5D e suspensão de rega – SR).....	50
Figura 2. Alocação de biomassa da folha, haste e raiz das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos (rega diária-RD, rega a cada 5 dias-R5D e suspensão de rega-SR) em casa de vegetação.....	53
Figura 3. Relação raiz/parte aérea (R/Pa) das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos (rega diária-RD, rega a cada 5 dias-R5D e suspensão de rega-SR) em casa de vegetação.....	54

**LISTA DE TABELAS****Capítulo I**

Tabela 1. Teores de prolina livre em folhas e raízes de duas cultivares de amendoim sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	51
Tabela 2. Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) e conteúdo relativo de água foliar (CRA) duas cultivares de amendoim sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	51
Tabela 3. Altura da planta, diâmetro da haste e número de folha das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	52
Tabela 4. Área foliar (AF) e matéria seca da folha (MSF), haste (MSH), raiz (MSR) e total (MST) das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.....	53

**LISTA DE ABREVIATURAS**

ABH	Alocação de biomassa para haste
ABF	Alocação de biomassa para folha
ABR	Alocação de biomassa para raiz
cv.	Cultivar
CP	Capacidade de pote
CRA	Conteúdo relativo de água
MSH	Matéria seca das hastes
MSF	Matéria seca das folhas
MSR	Matéria seca das raízes
MF	Matéria fresca
MS	Matéria seca
MT	Matéria túrgida
RD	Rega diária
R5D	Rega a cada cinco dias
R/Pa	Razão raiz/parte aérea
SR	Suspensão de rega
$\Psi_f$	Potencial hídrico foliar

## SUMÁRIO

Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1. Introdução.....	14
2. Revisão Bibliográfica.....	16
2.1 Aspectos botânicos do amendoim.....	16
2.2 A cultura do amendoim.....	17
2.3 Ecofisiologia do amendoim.....	19
2.4 A deficiência hídrica.....	20
2.4.1 Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento.....	21
2.4.2 Efeito da deficiência hídrica nas trocas gasosas e fotossíntese.....	22
2.4.3 Efeito da deficiência hídrica no acúmulo de solutos orgânicos e nas relações hídricas da planta.....	24
3. Referências Bibliográficas.....	26

## CAPITULO I – SOLUTOS ORGÂNICOS, RELAÇÕES HÍDRICAS E CRESCIMENTO DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.) SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.....

Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	38
Conclusões.....	41
Referências.....	46
Tabelas e Figuras.....	47
	50

## ANEXO

1. Normas de submissão de trabalhos para a Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB.....	57
---	----

Graciano, Erika Socorro Alves; M.Sc.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Fevereiro de 2009; Estudos Fisiológicos e Bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica; Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira (Orientadora); Dr<sup>a</sup> Roseane Cavalcanti dos Santos (Conselheira); Prof. Dr. Laurício Endres (Conselheiro).

## RESUMO

Pertencente a família Leguminosae, o amendoim é uma cultura muito importante para a indústria alimentícia, por ser constituído de alto teor de óleo e proteínas essenciais à nutrição. A ampliação do mercado tendo em vista a alta demanda pelas indústrias e principalmente a produção de óleo traz novas e favoráveis perspectivas de ampliação dessa cultura na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Embora essa cultura mostre-se bem adaptada à condição de deficiência hídrica, principal fator limitante da produtividade, há muito ainda a ser estudado para um melhor aproveitamento do potencial e desempenho dessa cultura no semi-árido. Portanto, foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação com objetivo de avaliar alguns parâmetros fisiológicos e bioquímicos de duas cultivares de amendoim submetidas à deficiência hídrica. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial de 2 x 3 (Cultivares x Tratamentos hídricos), com seis repetições. As cultivares estudadas foram BR1 e BRS Havana, e os tratamentos hídricos utilizados foram: rega diária, rega a cada cinco dias e suspensão de rega. As análises de crescimento foram realizadas durante todo o período experimental. No final do experimento, foi avaliada as relações hídricas, mensurando o potencial hídrico foliar e determinado o conteúdo relativo de água foliar. Para as análises bioquímicas, foram coletadas amostras das folhas e das raízes para a determinação dos carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres totais e prolina livre. Também foi determinada a área foliar e a matéria seca, com esses dados calculou-se a alocação de biomassa para as folhas, hastes e raízes e a relação raiz/parte aérea. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina livre aumentam com a deficiência hídrica nas folhas e raízes das cultivares de amendoim. As relações hídricas das plantas são influenciadas com a deficiência hídrica, reduzindo o potencial hídrico foliar a valores mais negativos. O crescimento das cultivares de amendoim é reduzido proporcionalmente com a disponibilidade hídrica, com marcada diferença varietal. A cv. BR1 é mais adaptada às condições de deficiência hídrica, por apresentar mecanismos fisiológicos capazes de acumular mais solutos orgânicos osmoticamente ativos, reduzir seu potencial hídrico a valores mais negativo e por sofre menores alterações no crescimento.

**Palavras-chave:** *Arachis hypogaea* L., Crescimento, Oleaginosa, Relações hídricas, Solutos orgânicos.

Graciano, Erika Socorro Alves; M.Sc.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Fevereiro de 2009; Estudos Fisiológicos e Bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica; Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira (Orientadora); Dr<sup>a</sup> Roseane Cavalcanti dos Santos (Conselheira); Prof. Dr. Laurício Endres (Conselheiro).

## ABSTRACT

Belonging to Leguminosae Family, peanut is a very important crop to the food industry, because its high oil and protein contents essential for nutrition. The market enlargement due to the high industry demand and mainly the biodiesel production brings news and favorable perspectives to expand this crop in the semi-arid region of Brazilian northeastern. However, the low water availability is the main limiting factor to agriculture expansion in these areas. Although peanut crop shows well adapted to water deficit conditions, there are still so much to be studied to improve its potential and performance in the semi-arid areas. Thus, an experiment was carried out in greenhouse conditions aiming to evaluate some physiological and biochemical parameters of two peanuts cultivars under water deficit. A randomized experimental design was used in a factorial 2 (cultivars) x 3 (water treatments), with six replications. The cultivars studied were BR1 and BRS Havana. The water treatments were: daily watering, five days intervals of watering and water withholding. Growth analysis was accomplished over all the experimental period. At the end of the experiment, leaf water potential and relative water content was measured. For the biochemical analyses, leaf and root tissues were collected to the determination of total soluble carbohydrates, amino acids, protein and free proline. For growth analysis, the plants were separated in leaves, stems and roots to determination of dry matter. Leaf area, root:shoot ratio and biomass allocation were calculated. The obtained data were submitted to variance analysis and the means were compared by Tukey Multiple Range Test ( $P < 0.05$ ). Soluble carbohydrates, proteins, amino acids and free proline contents increased with the water deficiency in the leaves and roots of peanut cultivars. Plants water relations were influenced by water deficit reducing leaf water potential to more negative values. The growth of the peanuts cultivars was reduced proportionally to water availability, with marked varietal differences. The cultivar BR1 is more adapted to water deficiency conditions by showing physiological mechanisms capable to accumulate more organics solutes osmotically actives, reducing its leaf water potential to more negatives values, and for showing less growth alterations.

**Keywords:** *Arachis hypogaea* L., Growth, Oleaginous, Organic solutes, Water relations.

## 1. Introdução

Pertencente à família Leguminosae, o amendoim é uma das principais oleaginosas produzidas no mundo, ocupando o quarto lugar em termo mundial, perdendo apenas para a cultura da soja, do algodão e da colza (canola) (Freitas et al., 2005).

O amendoim é uma cultura produtora de óleo comestível de boa qualidade (Santos et al., 1998), muito importante para a indústria alimentícia, por ser constituído de aproximadamente 50% de óleo e de proteínas ricas em aminoácidos essenciais à nutrição, que compõem entre 21 a 36% do peso do grão. Apresenta grande valor nutricional, por possuir cerca de 540 Kcal/100g de sementes. Devido a essas características, o amendoim é consumido na dieta alimentar diária de algumas regiões da África e da Ásia, onde o preço da proteína animal é elevado a ponto do seu consumo ser inacessível à maioria da população, o que gera uma situação nutricional precária (Freire et al., 1998).

A produção de amendoim, em escala global, alcançou 35,6 milhões de toneladas e 5,8 milhões de toneladas em óleo, por ano. Os principais produtores mundiais são China, Índia e Estados Unidos (Borges et al., 2007).

O Brasil, de 1996 a 2002, exportou 12 mil toneladas de amendoim *in natura*. Entre 2003 e 2005, o volume subiu para 111 mil toneladas. Apesar da queda na safra 2005/06, devido, principalmente, à estiagem prolongada, a exportação foi de mais de 40 mil toneladas. Nas vendas externas brasileiras, cerca de 80% do amendoim tem como destino a Europa (Fernandes, 2006), cuja demanda no mercado vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria de alimentos.

No Brasil, o Estado de São Paulo é o principal produtor, com uma grande área cultivada, correspondendo a 80% da produção nacional. A região Nordeste, por sua vez, detém cerca de 14%, no qual o plantio de amendoim encontra-se distribuído no recôncavo baiano, nos tabuleiros costeiros de Sergipe, na Zona da Mata, Agreste e Sertão pernambucano, no Agreste e Brejo da Paraíba e no Cariri cearense (Santos et al., 2006a).

No Nordeste brasileiro, essa oleaginosa tem sido tradicionalmente cultivada em condições de agricultura de sequeiro, sujeita aos elevados riscos causados pelas variações do clima. Um dos maiores problemas encontrados nas regiões semi-áridas é a deficiência hídrica, devido à baixa pluviosidade, má distribuição das chuvas, elevada taxa de evapotranspiração e baixa capacidade de retenção de água dos solos, em geral rasos e pedregosos (Andrade Lima, 1989).

A água é um dos fatores ambientais determinantes da diversidade produtiva dos vegetais. A sua importância para as plantas reside no fato de que todas as atividades

metabólicas das células são afetadas direta ou indiretamente pelo nível de hidratação (Ferreira, 1988). Além do mais, a água participa como reagente em numerosas reações no metabolismo vegetal. A hidrólise dos açúcares ou a própria fotossíntese, são exemplos de reações indispensáveis para o metabolismo das plantas (Ferraz, 1977).

A utilização de indicadores da condição hídrica das plantas, como o potencial da água na folha, pode ser uma ferramenta importante no monitoramento da disponibilidade de água no solo e da necessidade de irrigação (Bergonci et al., 2000).

A cultura do amendoim mostra-se bem adaptada à seca e observa-se que dentro da espécie podem existir genótipos mais aclimatados a condições de baixa disponibilidade hídrica, em função das características morfológicas e fisiológicas. Levando-se em conta esse fato, considera-se o estudo sobre detecção de mecanismos de tolerância e/ou adaptação da espécie em estudo a essa condição, de grande importância para os programas de melhoramento genético da cultura e posterior seleção de linhagens adaptadas.



## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 Aspectos botânicos do amendoim

O gênero *Arachis* L. (Leguminosae) é dividido em nove seções. Destas, a *Arachis* desperta maior interesse econômico por abrigar o amendoim cultivado (*Arachis hypogaea* L.) (Veiga et al., 2001). O gênero é composto por cerca de 80 espécies, cuja distribuição natural é restrita ao Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (Valls, 2005).

O amendoim é uma dicotiledônea pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, gênero *Arachis*. Nativo da América do Sul é uma das oleaginosas mais cultivadas no mundo. A espécie se subdivide em duas subespécies, *Arachis hypogaea* L. subespécie *hypogaea* e *Arachis hypogaea* subespécie *fastigiata*.

É uma planta alotetraplóide, que se reproduz quase exclusivamente por autogamia (Santos et al., 2000), herbácea, ereta ou prostrada, anual, com ciclo entre 90 e 160 dias, atingindo altura da haste principal entre 50 a 60 cm. Desenvolve, logo após a germinação, um ramo principal que se origina da gema apical do epicótilo e dois ramos laterais originados a partir das gemas axilares aos cotilédones. Cerca de 30 dias após a emergência observa-se o início da ramificação alternada ou seqüencial (Nogueira e Távora, 2005).

Apresenta folhas compostas, pinada, com dois pares de folíolos inseridos num pecíolo de 4 a 9 cm. A inserção dos folíolos é oposta, apresentando a forma elíptica e lanceolada, dependendo da cultivar. Os estômatos estão presentes nas duas superfícies foliares, adaxial e abaxial (Nogueira e Távora, 2005). A flor é completa, perfeita, hermafrodita, com corola papilionácea, de coloração amarela, esta agrupada em números variáveis ao longo do ramo principal ou secundário, conforme a cultivar.

A época de florescimento é ampla, havendo períodos de aparecimento de maior número de flores, e o processo de frutificação ocorre por geocarpia, em que a flor aérea, após ser fecundada, produz um fruto subterrâneo por meio do ginóforo. As sementes, proveniente dos óvulos, constituem a parte de maior interesse econômico, por ser um alimento nutritivo e com alto teor de óleo comestível, seu número pode variar entre 1 a 6, sua proporção varia de acordo com a cultivar e as condições do plantio; de maneira geral, situa-se entre 65 e 80% (Nogueira e Távora, 2005).

As raízes são pivotante e laterais, possuem uma taxa de crescimento elevada durante os primeiros estádios de desenvolvimento, sendo reduzido na fase de desenvolvimento dos grãos (Gregory e Reddy, 1982).



Amendoim (*Arachis hypogaea* L.)

Fonte : Wikipedia

## 2.2 A cultura do amendoim

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

No aspecto climático, a cultura do amendoim é adaptada aos trópicos e seu cultivo é realizado predominantemente em regiões de latitude até 30° N e S. Sua exploração comercial também é realizada em países temperados como os Estados Unidos, onde o manejo atinge elevado grau de sofisticação tecnológica. Apesar de ser uma planta mesófila, é adaptada às condições extremas de disponibilidade hídrica, sendo cultivada tanto no trópico úmido como no semi-árido (Nogueira e Távora, 2005).

No Brasil a maior produção desta cultura se concentra na região Sudeste do país, se destacando o estado de São Paulo como o maior produtor nacional respondendo por cerca de 76% da produção na safra de 2006/2007 (IEA, 2007).

Na região Nordeste, o amendoim é cultivado basicamente por pequenos e médios produtores, com áreas em torno de 11,1 mil hectares (CONAB, 2007), a qual se encontra em franca expansão devido o incentivo da produção de óleo para o biodiesel. Esses agricultores utilizam baixo nível tecnológico, sendo que a produção visa atender principalmente o consumo *in natura*.



Plantação de amendoim no interior do Estado de São Paulo, Brasil.  
Autor: Anderson Casarini, 2006.

A geração de novas cultivares adaptadas a região Nordeste, juntamente com técnicas adequadas de manejo, é o caminho para melhor rendimento dos sistemas de produção. Santos et al. (2005) relatam que um dos principais objetivos dos programas de melhoramento é introduzirem nas novas cultivares características de resistência ou tolerância às condições de seca e precocidade, de forma a otimizar o rendimento da cultura na região a qual a cultivar será recomendada.

A planta do amendoim possui grande plasticidade genética podendo ser cultivada em várias condições ambientais. Essa espécie pode ser cultivada em quase todos os tipos de solo, sendo os melhores resultados naqueles de boa drenagem, fertilidade razoável e textura arenosa. Contudo, o maior rendimento será função da cultivar e, sobretudo, das interações entre temperatura e disponibilidade hídrica (Bolonhezi et al., 2005).

A cultivar BR1, obtida a partir dos genótipos CNPA 95 AM, CNPA 96 AM e Sapé Roxo, foi lançada pela Embrapa Algodão em 1994 para atender os produtores da Região Nordeste brasileira. É uma cultivar precoce, produtiva e altamente adaptada às condições fisiográficas do nordeste brasileiro. A planta possui hábito de crescimento ereto e ciclo de em torno de 89 dias, com 3-4 sementes por vagens, de formato arredondado e coloração vermelha (Santos et al, 2005).

A BRS Havana originou-se através de vários ciclos de seleção, exercidos no acesso CNPA 75 AM, com pressão de seleção para tamanho e forma dos grãos e adaptação para clima semi-árido. É uma cultivar de porte ereto, película clara, e baixo teor de óleo (43%), indicada para atender ao mercado de alimentos. É recomendada para produtores do agronegócio familiar, nas regiões da Zona da Mata, Agreste e Sertão nordestino (Santos et al., 2006b).

### **2.3 Ecofisiologia do amendoim**

Segundo Silva et al. (1993), o amendoim desponta como uma cultura promissora por apresentar capacidade de se desenvolver e produzir satisfatoriamente em regiões áridas e semi-áridas. Nogueira e Santos (2000) relatam que a planta do amendoim é conhecida por apresentar mecanismos fisiológicos de tolerância à deficiência hídrica. Esta oleaginosa parece ter habilidade genética para aprofundar suas raízes e extrair água em maior profundidade, quando cresce em solos apropriados para seu cultivo, podendo desta forma, adiar a dissecação durante a estação da seca; a produção, entretanto, provavelmente será reduzida, uma vez que a absorção d'água de maior profundidade pode não ser suficiente para suprir toda a demanda evaporativa da cultura (Boote et al., 1982).

A tolerância ao estresse hídrico no amendoim, selecionada como um dos principais caracteres tem sido estudada nos trabalhos de melhoramento em ambientes onde o clima é limitante para produção da cultura. Em outras regiões de menor limitação hídrica, o caráter é avaliado pelo desempenho agrônomico geral das cultivares em condições de estresse (Nogueira e Santos, 2000).

Alguns autores têm tentado definir diferenças fisiológicas associadas à tolerância à seca em cultivares e estabelecer testes de seleção de germoplasma que possam contribuir para a prévia identificação desse caráter (Nogueira et al., 1998). Entre vários parâmetros ecofisiológicos, a temperatura foliar ( $T_f$ ), a resistência difusiva ( $R_s$ ), a transpiração ( $E$ ) e o potencial de água da folha ( $\Psi_f$ ) podem servir para diferenciar genótipos e cultivares promissores (Nogueira, 1997; Nogueira et al., 1998).

Pallas et al. (1979) reportam que o amendoim, tal como a soja, recupera mais rapidamente o grau de abertura dos seus estômatos com a atenuação do estresse hídrico, do que outras espécies. Esta habilidade pode ser uma importante resposta adaptativa da planta à seca. Outros mecanismos associados à tolerância à seca têm sido relatados, como a capacidade de crescimento das raízes ou atributos ligados à fenologia da planta (Távora e Melo, 1991).

## 2.4 A deficiência hídrica

A água é a substância mais importante na superfície terrestre. Além de ser o constituinte principal das células vivas, essencial para o metabolismo de toda a forma de vida na terra, é fundamental para a manutenção da integridade funcional de moléculas biológicas, células, tecidos e organismo como um todo. É constituinte do protoplasma, solvente por meio do quais gases, minerais e outros solutos entram na célula e se movimentam de uma parte a outra (Marengo e Lopes, 2005).

As plantas cultivadas em ambientes naturais estão sujeitas a vários fatores abióticos, os quais podem causar algum estresse às mesmas. O estresse é considerado um desvio significativo das condições ótimas para a vida, que induz a mudanças e respostas nos níveis funcionais dos organismos, as quais são reversíveis a princípio, podendo se tornar permanente (Larcher, 2006). Dentre os fatores abióticos, a deficiência hídrica é uma das principais limitações ambientais que afeta a produção das culturas no mundo (Chaves e Oliveira, 2004).

O estresse causado pela deficiência hídrica pode ser consequência da diminuição sazonal da disponibilidade de água no solo ou pelas variações da demanda transpiratória da região. Nas regiões áridas e semi-áridas a disponibilidade de água, devido à irregularidade das chuvas, é o principal fator limitante para o avanço das culturas agrícola. Além desse fator, a alta demanda evapotranspiratória e a baixa capacidade de retenção de água no solo, fazem com que as zonas semi-áridas tropicais sejam mais susceptíveis à seca do que as zonas semi-áridas de clima temperados (Pimentel, 2004).

Numa situação de deficiência hídrica no solo, os vegetais apresentam desordens fisiológicas que podem comprometer irreversivelmente a produção agrícola. Frente a essa situação, os vegetais evidenciam mecanismos adaptativos e/ou respostas que lhe permitem sobreviver sob condições de deficiência hídrica. Estas respostas podem ser de *escape*, como um rápido desenvolvimento vegetativo na estação chuvosa; *evitação*, reduzindo a perda de água pelo fechamento estomático nos horários de maior demanda evaporativa, aumentando a capacidade de absorção de água pelo aprofundamento das raízes ou por mudanças no potencial da água da folha; e *tolerância*, manutenção da turgescência através do ajustamento osmótico (Turner, 1979).

Os efeitos produzidos pela seca são determinados pela intensidade e a duração desse estresse (Chaves e Oliveira, 2004). Esse, por sua vez, pode ser efeito específico, na maioria deles são induzidos por uma ação genética, cujos sintomas podem ser mecanismos específicos de resistência; e não-específicos representado por uma expressão do grau de

severidade de um distúrbio. Alterações nas propriedades das membranas, aumento da respiração, inibição da fotossíntese, redução da produção de matéria seca, distúrbios no crescimento, baixa fertilidade e senescência prematura são exemplos de efeitos não-específicos do estresse (Larcher, 2006).

De acordo com Blum (1997), apesar dos muitos estudos sobre as respostas dos vegetais à falta d'água desde o começo do século XX, ainda há muita discussão sobre os efeitos da seca em plantas, pois existe uma grande variabilidade no grau de tolerância à falta d'água entre espécies e, mesmo dentro de uma espécie, entre variedades, assim como nos mecanismos de tolerância à seca empregados pelas diferentes espécies.

A seca tanto pode enfraquecer as funções vitais como estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de deficiência hídrica (Perez, 1998). A maioria dessas reações adaptativas visam manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com limitação na disponibilidade hídrica.

As estratégias das plantas para superar a deficiência hídrica, envolvem ações complexas relacionadas à sensibilidade e à tolerância a outros estresses, o que pode variar entre os genótipos (Chaves et al., 2002). A compreensão destes processos fisiológicos quanto às suas mudanças provocadas por essa situação de deficiência e dos mecanismos de adaptação e de aclimatação das plantas submetidas a deficiências hídricas, são de grande importância para a agricultura e para o meio ambiente.

#### **2.4.1 Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento**

A deficiência de água nos tecidos, causada pela excessiva demanda evaporativa ou pelo suprimento de água no solo limitado afetam todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Krieg, 1993).

A primeira resposta das plantas a deficiência hídrica é a diminuição de turgescência, e juntamente a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (Larcher, 2006). Por ser a redução da turgescência o primeiro efeito da deficiência hídrica, as atividades dependentes deste evento, como a expansão foliar e o alongamento das raízes, são os mais sensíveis (Taiz e Zeiger, 2004).

Na parte aérea da planta, uma resposta visual ao estresse, antes mesmo de haver variação no conteúdo de água dos tecidos, é uma diminuição do crescimento, que é associado com alterações no metabolismo de carbono e de nitrogênio (Yordanov et al., 2000, citado por Pimentel, 2005). Carvalho et al. (2000), avaliando o efeito do déficit hídrico sobre a produção de caupi, verificaram que a fase de maior sensibilidade ao déficit hídrico foi a de

crescimento, seguida da floração e frutificação. A redução ou interrupção completa do crescimento é considerada a mais séria consequência fisiológica da deficiência hídrica para as plantas, uma vez que compromete o alongamento celular (Cairo, 1995; Larcher, 2006).

A redução na área foliar das plantas em geral, é considerada uma linha de defesa contra a deficiência hídrica (Taiz e Zeiger, 2004). Com a área foliar menor, a transpiração conseqüentemente é reduzida, conservando o suprimento de água limitado no solo por um período maior. No entanto, essa redução limita a produtividade devido à queda na absorção de CO<sub>2</sub> e na interceptação de luz (Mattos et al., 2005).

Com amendoim, Correia e Nogueira (2004) verificaram que a falta d'água reduziu os parâmetros de crescimentos sem, contudo, paralisá-los. Araújo e Ferreira (1997) averificaram alterações na área foliar, peso seco da parte aérea, da raiz e da relação raiz/parte aérea com a imposição do déficit hídrico. Vorasoot et al. (2003) verificaram decréscimo significativo na produção e nas características agrônômica dessa cultura nas plantas submetidas ao estresse hídrico.

Períodos de deficiência hídrica no solo podem incrementar o desenvolvimento das raízes e acumular fotoassimilados nelas, o que aumenta a absorção de água das camadas do solo que têm água disponível (Calvache et al., 1997). Esta expansão do sistema radicular, estimulada pela deficiência hídrica nas camadas mais profundas do solo, possibilita às plantas explorarem, além da umidade, a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genótípicas da espécie (Pimentel, 2004; Nogueira et al., 2005). De acordo com essas características podem conferir adaptação à seca o que favorece sua sobrevivência (Hurd, 1968).

A redução do crescimento é um mecanismo de adaptação das plantas que sobrevivem sob condições de deficiência hídrica. Esta resposta pode ser justificada por meio de uma melhor distribuição de fotoassimilados. Sousa (2008), avaliando o efeito do déficit hídrico no crescimento de cultivares de algodoeiro herbáceo, verificou um maior investimento no crescimento da raiz em profundidade com o incremento dos níveis de déficit hídrico.

#### **2.4.2 Efeito da deficiência hídrica nas trocas gasosas e fotossíntese**

Sabe-se que aproximadamente 98% de toda água absorvida pelos vegetais é perdida pelo processo de transpiração durante suas fases fenológicas. Entretanto, este fluxo é necessário para o desenvolvimento pleno do vegetal e quaisquer alterações podem provocar danos irreparáveis na produção (Reichardt, 1978).

As respostas das plantas à deficiência hídrica são variáveis e é difícil estabelecer as características fisiológicas desejáveis para a adaptação do vegetal à seca, que podem ser bastante distintas entre as espécies, nos diferentes ambientes de estudo e para os diferentes estádios de desenvolvimento (Passioura, 1997). As respostas podem ser caracterizadas por alterações fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e de organelas celulares, além das mudanças morfológicas e fisiológicas da planta (Yordanov et al., 2000, citado por Pimentel, 2005).

Quando uma planta se encontra num *status* hídrico desfavorável para a manutenção da turgescência das células-guarda, ocorre o processo de fechamento estomático como mecanismo de manutenção de água no interior da planta (Hsiao, 1973). A regulação estomática para restringir os danos nos tecidos, como resultado da desidratação é uma das primeiras linhas de defesa das plantas ao estresse hídrico (Mattos, 1992). Esta regulação é um processo complexo que envolve fatores ambientais e da própria planta (Angelocci, 2002) e este processo afeta diretamente a difusão do CO<sub>2</sub> ao interior das células.

O mecanismo estomático não só atua como um recurso para prevenir a dessecação do tecido, como tem a capacidade de variar a resistência à difusão a fim de aumentar a relação entre a taxa média de assimilação e a taxa média de transpiração (Robelo, 1982). Segundo Nogueira et al. (1998), o estresse hídrico geralmente aumenta a resistência difusiva ao vapor d'água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e conseqüentemente o suprimento de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese.

Nogueira e Santos (2000) verificando a transpiração em cultivares de amendoim observaram que esta foi reduzida em 75% com a imposição da deficiência hídrica em relação às plantas controle, ocorrendo fechamento estomático ao final de 45 dias de estresse. Com 48 horas após a reirrigação, os autores verificaram recuperação na turgescência foliar e significativa redução na abertura estomática.

Praticamente, toda matéria orgânica produzida e acumulada numa planta durante seu crescimento tem origem no processo fotossintético de fixação de carbono atmosférico, o que representa ao redor de 95% de toda sua fitomassa seca. Assim, qualquer fator ambiental que comprometa a fotossíntese afetará o crescimento e o acúmulo de fitomassa (Syvertsen e Lloyd, 1994). Avaliando a capacidade fotossintética de cultivares de amendoim rasteiro Erismann et al. (2006) constataram que as diferenças de pressão de vapor entre a folha e o ar causou fechamento estomático parcial, diminuindo a assimilação de CO<sub>2</sub>.

As plantas ao absorverem CO<sub>2</sub>, de maneira inevitável, perdem água para o ambiente. Essa perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, que apresentam



mecanismos para controlar sua abertura, os quais podem ser usados como indicadores da deficiência hídrica (Mc Dermitt, 1990). A manutenção da temperatura igual ou um pouco inferior a do ambiente, evidencia a capacidade de refrigeração das plantas, via transpiração, no intuito de manter a planta protegida das faixas térmicas muito elevadas (Nogueira et al., 1998; Oliveira et al., 2005).

A temperatura da folha tende a acompanhar a do ambiente (Angelocci, 2002). O aumento da temperatura do ar e da folha tende a aumentar a diferença de concentração de vapor folha-ar, de modo que permanecendo constantes os outros fatores que afetam a perda de água, como a condutância difusiva, o aumento da temperatura do ar tende a provocar um acréscimo da transpiração, até o ponto em que a regulação estomática passa a atuar no sentido de não permitir uma perda excessiva de água.

Em plantas de amendoim, Bagnall et al. (1988) sugeriram que em temperaturas subtóxicas (15–20°C), o acúmulo de carboidratos nas folhas é o responsável pela diminuição da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), podendo ser a causa principal da redução de crescimento das plantas, pela inibição da fotossíntese.

A redução da taxa fotossintética em plantas submetidas à deficiência hídrica, quando os fatores estomáticos não estão envolvidos nessa redução, pode ser a redução da atividade fotoquímica. Em algumas espécies o estresse hídrico moderado não provoca alterações na fluorescência inicial (F<sub>0</sub>) e máxima (F<sub>m</sub>) (Stuhlfauth et al., 1988).

A presença dos pigmentos fotossintéticos é fundamental para o processo de fotossíntese vegetal. Após absorção da luz pelos pigmentos, ocorre transferência de energia luminosa que desencadeia os eventos químicos da fotossíntese, como fixação do CO<sub>2</sub> e produção de carboidratos (Hall e Rao, 1980; Sun e Vogelmann, 1998), qualquer fator que influencie ou mesmo danifique a estrutura desses pigmentos podem trazer altos danos no processo fotossintético.

### **2.4.3 Efeito da deficiência hídrica no acúmulo de solutos orgânicos e nas relações hídricas da planta**

A deficiência hídrica, além da perda de turgescência, provoca modificações nas relações hídricas e na composição celular das plantas, levando, em muitos casos, à produção e acumulação de substâncias osmoticamente ativas. Esse processo conhecido como ajustamento osmótico, é um componente de grande importância no processo de tolerância a seca (Carvalho, 2005).

Algumas plantas, sob condições de deficiência hídrica, alteram seu metabolismo acumulando solutos orgânicos como os ácidos orgânicos, os açúcares solúveis, aminoácidos e prolina. Estes solutos podem ser acumulados em quantidades tão grande quanto 5 a 10% do peso de matéria seca do tecido (Naidu et al., 1992). Esse aumento de solutos orgânicos pode atuar no ajustamento osmótico, que se desenvolve lentamente em resposta a desidratação do tecido (Azevedo Neto, 2005).

O ajustamento osmótico é um processo pelo qual o potencial hídrico pode ser diminuído sem que haja decréscimo da turgescência ou do volume celular e resulta do aumento líquido no conteúdo de solutos na célula (Taiz e Zeiger, 2004), tornando possível a manutenção da absorção de água e da pressão de turgescência da célula, o que pode contribuir para a manutenção de processos fisiológicos, tais como: abertura estomática, fotossíntese, alongamento e divisão celular (Serraj e Sinclair, 2002), representando assim um importante mecanismo de aclimação das plantas as condições de baixa disponibilidade hídrica (Taiz e Zeiger, 2004).

A capacidade das plantas de se ajustar osmoticamente para suportar situação de deficiência hídrica é muito variável tanto entre espécies, como entre cultivares de uma mesma espécie. Oosterhuis e Wullscheleger (1988) observaram alta capacidade de ajuste osmótico em sorgo e algodão sob condições de estresse hídrico.

Para avaliar o grau de deficiência hídrica de uma planta, é comum se utilizar variáveis que possam ser medidas em folhas, como o conteúdo relativo de água e o potencial hídrico foliar, sendo este último o mais utilizado em estudos fisiológicos (Angelocci, 2002). O conteúdo relativo de água (CRA) é um dos indicadores das relações hídricas da planta, que corresponde à quantidade de água no tecido, num dado instante, comparando com a máxima quantidade de água que ele poderá reter (Cairo, 1995). O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ), por sua vez, corresponde ao estado de energia da água nas plantas, o qual é mensurado por uma metodologia descrita por Scholander et al. (1965). O potencial hídrico foliar, por sua vez, mede o estado de energia da água, que pode ser estimado como a tensão de água no xilema, ou a pressão necessária para que a água possa ser retirada do mesmo.

O potencial hídrico foliar, em plantas sob efeito da deficiência hídrica, tende a decrescer, seja pela desidratação dos tecidos ou pela hidrólise dos compostos de reserva (Cairo, 1995). Com a diminuição da disponibilidade de água no solo, a planta responde osmoticamente com o aumento dos teores de alguns solutos orgânicos, no sentido de se adaptar ou se ajustar ao ambiente com deficiência hídrica. De acordo com Bray (1997), plantas adaptadas acumulam açúcares, ácidos orgânicos e íons no citosol para diminuir o

potencial osmótico e, conseqüentemente, manter o potencial hídrico e o turgor de suas células próximo do nível ótimo.

Costa et al. (1997) avaliando cultivares de caupi, verificaram que a deficiência hídrica provocou redução expressiva no potencial hídrico foliar das cultivares estudadas, havendo uma redução na fase vegetativa devido a verificação de -0,25 para -1,1 MPa e na fase reprodutiva de -0,25 a -1,21 MPa, para as plantas controle e estressadas, respectivamente. Mendes et al. (2007) avaliando cultivares da mesma espécie submetidas à deficiência hídrica, também verificaram redução no potencial hídrico foliar.

### 3. Referências Bibliográficas

ANDRADE LIMA, D. **Plantas das Caatingas**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 1989. 243p.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, 272p, 2002.

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

AZEVEDO NETO, A.D. de. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em plantas de milho**. 2005. 149 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BAGNALL, D.J.; KING, R.W.; FARQUHAR, G.D. Temperature dependent feedback inhibition of photosynthesis in peanut. **Planta**, v.175, p.348-354, 1988.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; SANTOS, O.S. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 1531-1540, 2000.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Belhassen I (ed) **Drought tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological, and Molecular Biological Analysis**. Kluwer Academic Publ, Dordrecht, p.57-70, 1997.

BOLONHEZI, D.; GODOY, I.J.; SANTOS, R.C. Manejo Cultural do amendoim. In: SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**, Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p.193-244.

BOOTE, K.J.; STANSELL, J.R.; SCHUBERT, A.M.; STONE, J.F. Irrigation, water use and water relation. In: PATEE, H.E.; YOUNG, C.T. (ed). **Peanut Science and Technology**. Texas: American Press, 1982, p.164-205.

BORGES, W.L.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. Variabilidade genética entre acessos de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1151-1157, 2007.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**. v.2, p.48-54, 1997.

CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: UESB. 1995, 32P.

CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; BACHI, O. O. S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. Imbabello. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, p. 668-670, 1997.

CARVALHO, C.J.R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.907-914, 2005.

CARVALHO, J.A.; PEREIRA, G.M.; ANDRADE, M.J.B.; ROQUE, M.W. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Ciência Agrotécnica**; Lavras, v.24, n.3, p.710-717, Jul./set., 2000.

CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S., MAROCO, J., RODRIGUES, M.L., RICARDO, C.P.P., OSÓRIO, M.L., CARVALHO, I. FARIA, T. PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the Field? Photosynthesis and Growth. **Annals of Botany**, v.89, p.907-916, 2002.

CHAVES, M.M.; OLIVEIRA, M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, October v.8, p. 1-20, 2004.

CONAB. Quarto levantamento de avaliação da safra de 2006/2007, jan/2007, 2007.

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

COSTA, M.M.M.N.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J.L.N.; MELO, F.I.O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido a deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n.1, p.43-50, 1997.

ERIMANN, N.M.; MACHADO, E.C.; GODOY, I.J. Capacidade fotossintética de genótipos de amendoim em ambientes natural e controlado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1099-1108, jul. 2006.

FERNANDES, S. O. **Amendoim: Rompendo A Casca**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola – IEA, 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/>>. Acesso em: 02 jun. 2007.

FERRAZ, E. C. Apontamentos de fisiologia vegetal. Piracicaba: ESALQ, 1977, 200p.

FERREIRA, L.G.R. **Fisiologia Vegetal: Relações hídricas**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1988. 138p.

FREIRE, R.M.M.; FIRMINO, P. de T.; SANTOS, R.C. Importância e utilização do amendoim na dieta alimentar. **Óleos e Grãos**, São Paulo, set/out. 1998.

FREITAS, S.M. de; MARTINS, S.S.; NOMI, A.K.; CAMPOS, A.F. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: SANTOS, R.C. dos. (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p. 16-44.

GREGORY, P.J.; REDDY, M.S. Root growth in an pearl millet/groundnut. **Field Crops Research**, v.5, p.241-252, 1982.

HALL, D.O. & RAO, K.K. **Coleção Temas de Biologia: Fotossíntese**. Editora Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo, 1980. 89p.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Reiew Plant Physiology**, Stanford, v.24, p.519-570, 1973.

HURD, E. A. Growth of roots of seven varieties of spring wheat at high and low moisture levels. **Agronomy Journal**, v.60, p.201-5, 1968.

IEA. Amendoim: perspectivas para a safra 2007/2008. **Análise e Indicadores do Agronegócio**. v.2, n.10, outubro 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MATTOS, E.A. **Trocas gasosas em folhas de três espécies arbóreas do cerradão da Fazenda Canchim, São Carlos (SP): a disponibilidade hídrica durante a estiagem de inverno limita a abertura estomática?**. 1992. 156 fls. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Mc DERMIT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.12, p.1538-48, 1990.

MENDES, R.M.S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agromônica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.

NAIDU, B.P.; PALEG, L.G.; JONES, G.P. Nitrogenous compatible solutes in drought-stressed *Medicago spp*. **Phytochemistry**, v.31, p.1195-1193, 1992.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; TÁVORA, F.J.A.F. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hipogaea* L.). In: SANTOS, R.C. dos (Ed.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p. 16-44.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C. dos. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.4, p.41-45, 2000.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, C.R. DOS, NETO, E.B, SANTOS, V.F. DOS. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p1963-1969, 1998.

NOGUEIRA, R.J.M.C. **Expressões fisiológicas em aceroleiras (*malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas**. 1997. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, J. E.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25,n.1,p.86-95,jan/abr., 2005.

OOSTERHUIS, D.; WULLSCHLEGER, S.D. Drought tolerance and osmotic adjustment of various crops in response to water stress. **Arkansas Farm Research**, p.12, 1988.

PALLAS, J.E.; STANSELL, J.R.; KOSKET, T.J. Effects of drought on Florunner peanuts. **Agronomy Journal**, v.71, p. 853-858, 1979.

PASSIOURA, J.B. Drought and drought tolerance. In BELHASSEN E. ed. **Drought tolerance in higher plants**. Genetical, physiological and molecular biological analysis. P. 1-5. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 1997.

PEREZ, S.C.J.G.A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.287-294, 1998.

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.de L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Ed. Recife: UFRPE, 2005, p.13-31.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropedia, RJ: Edur. 2004. 191p.

ROBELO, H. O. S. **Acondicionamento a la sequia. Crecimiento y eficiencia em el uso de agua em Atriplex repañada Phil**. 1982. 197f. Dissertação (Mestrado) - Facultad de Ciências Básicas y Farmacêuticas, Universidad de Chile, Santiago.

REICHARDT, L. **A água na produção agrícola**. São Paulo: Mc-Graw- Hill do Brasil, 1978. 119p.

SANTOS, R. C. et al. **Recomendações Técnicas para o Cultivo do Amendoim em Pequenas Propriedades Agrícolas do Nordeste Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006a. 7p. (Embrapa. Circular Técnica, 102).

SANTOS, R.C.; FREIRE, R.M.M.; SUASSUNA, T.M.F.; REGO, G.M. BRS Havana: nova cultivar de amendoim de pele clara. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1337-1339, 2006b.

SANTOS, R.C.; GODOY, J.I.; FÁVERO, A.P. Melhoramento do amendoim. In: SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**., Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p.123-192.

SANTOS, R.C.; MOREIRA, J.A.N.; FARIAS, R.H.; DUARTE, J.M. Classificação de genótipos de amendoim baseada nos descritores agromorfológicos e isoenzimáticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.55-59, 2000.

SANTOS, R.C. EMBRAPA releases BRS 151 L7, a large-seeded groundnut cultivar for the Northeast region in Brazil. **International Arachis Newsletter**, v.18, p.11-13, 1998.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v. 148, p. 339-346, 1965.



SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant Cell and Environment**, v.25, p.333-341, 2002.

SOUSA, E.B.M. **Indicadores fisiquímicos para seleção de plantas de algodão herbáceo tolerantes à seca**. 2008. 93f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

STUHLFAUTH, T.; SÜLTEMEYER, D.F.; WEINZ, S.; FOCK, H.P. Fluorescence quenching and gas exchange in a water stressed C3 plant, *Digitalis lanata*. **Plant Physiology**, v.86, p.246-250, 1988.

SUN, J.; NISHIO, J. N.; VOGELMANN, T. C. Green light drives CO<sub>2</sub> fixation deep within leaves. **Plant Cell Physiology**, v.39, p.1020-1026, 1998.

SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (Ed.). **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops**. Boca Raton: CRC, v.2, p.65-99, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. de SANTARÉM, E.R. et al. 3 ed. PORTO Alegre, RS: ARTMED, 2004. 719p.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: Crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, v.22, p.47-60, 1991.

TURNER, N.C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: MUSSELL, H.; STAPLES, R.C. (eds.). **Stress Physiology in Crop Plants**, New York: Willey-Interscience, 1979.

VALLS, J.F.M. Recursos genéticos do gênero *Arachis*. In: SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**, Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p.45-69.

VEIGA, R.F. de A. et al. Caracterização morfológica de acessos de germoplasma de quatro espécies brasileiras de Amendoim-silvestre. **Bragantia, Campinas**, v.60, p.167-176, 2001.

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

## **CAPÍTULO 1**

---

### **SOLUTOS ORGÂNICOS, RELAÇÕES HÍDRICAS E CRESCIMENTO DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.) SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA\***

---

---

\*Manuscrito a ser enviado à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB.

**Solutos orgânicos, relações hídricas e crescimento de duas cultivares de amendoim  
(*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica <sup>(1)</sup>**

Erika Socorro Alves Graciano <sup>(2)</sup>; Roseane Cavalcanti dos Santos <sup>(3)</sup> e Rejane Jurema Mansur  
Custódio Nogueira <sup>(4)</sup>.

<sup>(1)</sup>Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor; <sup>(2)</sup>Mestranda em Botânica – Programa de Pós-Graduação em Botânica/UFRPE. Rua Manuel de Medeiros, s/n, CEP 52.171-900 – Dois Irmãos, Recife – PE (erikagraciano@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup>Pesquisadora, Doutora – Embrapa Algodão. Rua Oswaldo Cruz, 1143, CEP 58.107-720 – Centenário, Campina Grande – PB (caval@cnpa.embrapa.br); <sup>(4)</sup>Professora Doutora Associada do Departamento de Biologia/UFRPE. Rua Manuel de Medeiros, s/n, CEP 52.171-900 – Dois Irmãos, Recife – PE (rjmansur@terra.com.br).

Resumo – O acúmulo de solutos orgânicos osmoticamente ativos, as relações hídricas e o crescimento de duas cultivares de amendoim submetidas à deficiência hídrica foram avaliados por um período de 43 dias, em casa de vegetação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x3, representados por duas cultivares (BR1 e BRS Havana) e três tratamentos hídricos (rega diária, rega a cada cinco dias e suspensão de rega). As medidas de altura da planta, diâmetro da haste e número de folhas foram realizadas semanalmente. No final do experimento foram determinados os teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos, prolina, o potencial hídrico foliar, o conteúdo relativo de água foliar; a área foliar; a matéria seca, a alocação de biomassa e a relação raiz/parte aérea. A cv. BR1 quando submetidas à suspensão de rega apresentou altos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina; potencial hídrico foliar

mais negativo e menores reduções nas variáveis de crescimento do que a cultivar Havana. A cv. BR1 é mais adaptada às condições de deficiência hídrica, por apresentar mecanismos fisiológicos capazes de acumular mais solutos orgânicos osmoticamente ativos; reduzir seu potencial hídrico a valores mais negativo e por sofrer menores alterações no crescimento.

Temas para indexação: *Arachis hypogaea* L., Potencial hídrico, Prolina, Resistência a seca.

**Organic solutes, water relations and growth of two peanut cultivars (*Arachis hypogaea* L.) submitted to water deficit**

Abstract – Organic solutes osmotically actives, water relations and growth of two peanuts cultivars submitted to water deficit were evaluated for a period of 43 days in green house conditions. A randomized design was used in a factorial 2 (cultivars BR1 and BRS Havana) X 3 (water treatments: daily watering; 5-days intervals of watering and withholding of water). Plant height, stem diameter and number of leaves were measured weekly. At the end of the experimental period, soluble carbohydrates, protein, amino acids and proline contents, leaf water potential, relative water content of leaves, leaf area, dry matter, biomass allocation and root to shoot ratio were determined. The cultivar BR1 showed higher soluble carbohydrates, protein, free amino acids and proline contents when submitted to withholding water, leaf water potential was more negative and growth was less affected by drought than cultivar Havana. The cultivar BR1 is more adapted to water deficit conditions by showing physiological mechanisms capable to accumulate more organic solutes osmotically actives, reducing its leaf water potential to more negative values, and for showing less growth alterations.

Index terms: *Arachis hypogaea* L., Water potential, Prolina, Drought resistance.

### **Introdução**

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma oleaginosa nativa da América do Sul e cultivada mundialmente em países desenvolvidos e em desenvolvimento. A natureza adaptativa do amendoim é bem conhecida devido à larga plasticidade genética de suas subespécies, podendo ser cultivada em várias condições de clima e solo (Santos et al, 2005). Apesar da versatilidade adaptativa, contudo, a maior resposta produtiva depende da cultivar, das condições de temperatura e umidade adequadas na fase reprodutiva e, sobretudo, da disponibilidade hídrica nas fases de maior demanda da planta, que são a formação e enchimento das vagens (Bolonhezi et al., 2005; Nogueira et al, 2005).

Na região Nordeste do Brasil o amendoim tem sido recomendado como uma excelente alternativa agrícola devido ao fácil manejo, tolerância às condições climáticas adversas e mercado atraente (Santos et al. 2005). Essa região, contudo, é caracterizada por apresentar um regime pluviométrico anual bastante irregular, com elevadas temperaturas e períodos de deficiência hídrica no solo durante boa parte do ano (Silva et al., 2003), sendo esse último o principal fator responsável pela produtividade.

A resposta da planta à deficiência hídrica é variável entre as culturas e até mesmo entre genótipos, que, conforme a intensidade e magnitude podem causar limitação severa na produção. É difícil estabelecer as características fisiológicas desejáveis para a adaptação do vegetal à seca, que podem ser bastante distintas entre as espécies, nos diferentes ambientes de estudo, e para os diferentes estádios de desenvolvimento do vegetal. As respostas podem ser caracterizadas por alterações na relação da célula com a água, na composição das células, nos processos fisiológicos, além das mudanças morfológicas e fisiológicas da planta.

A primeira resposta das plantas a essa deficiência é a diminuição de turgescência, e juntamente a esse evento, a diminuição do processo de crescimento (Larcher, 2006), o qual é um mecanismo de adaptação de plantas que sobrevivem sob condições de seca. A habilidade das plantas em manter o *status* hídrico, acumulando solutos orgânicos para se ajustar osmoticamente, também pode ser uma estratégia adaptativa a condições de baixo potencial hídrico no ambiente radicular. Juntamente a esse acúmulo, a utilização de indicadores da condição hídrica das plantas, como o potencial da água foliar, pode ser uma ferramenta importante no monitoramento da disponibilidade de água no solo e da necessidade de irrigação (Bergonci et al., 2000), para favorecer o desenvolvimento da planta.

Mudanças na concentração de solutos orgânicos, no tecido foliar e na raiz, tais como carboidratos solúveis totais, aminoácidos, proteínas solúveis e prolina, podem promover a manutenção da turgescência e no volume celular apesar do baixo potencial hídrico, preservando assim processos metabólicos e contribuir para o crescimento em condições de deficiência hídrica.

O conhecimento das expressões fisiológicas de cultivares indicadas para a região Nordeste é de grande contribuição para planejar o manejo adequado e assegurar mais resposta na produção. No presente trabalho objetivou avaliar o acúmulo de solutos orgânicos osmoticamente ativos, as relações hídricas e o crescimento de duas cultivares de amendoim desenvolvidas pela Embrapa, submetidas à deficiência hídrica.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife-PE, Brasil. As cultivares selecionadas para o estudo foram

BR1 e BRS Havana, ambas de porte ereto e da subespécie fastigiata, recomendadas para a região Nordeste.

Sementes das cultivares foram germinadas em bandejas de polietileno contendo um substrato composto por uma mistura de solo, pó de côco e esterco animal, na proporção de 1:1:1 (v/v). Após a germinação e a emissão do primeiro par de folhas definitivas, as plântulas foram transferidas para vasos de polietileno, contendo 9 Kg do mesmo substrato utilizada na semeadura, onde foram mantidas por cinco dias na capacidade de pote para aclimação. A parcela foi constituída por um vaso contendo uma única planta; após o período de aclimação procedeu-se a diferenciação dos tratamentos quando as plantas estavam com dez dias de germinadas.

Os tratamentos hídricos utilizados foram: rega diária (substrato na capacidade de pote), rega a cada cinco dias e suspensão de rega por um período de 43 dias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 3 (Cultivares x Tratamentos hídricos) e seis repetições.

A capacidade de pote (CP) para manter os tratamentos hídricos foi determinada mediante o método gravimétrico, descrito por Souza et al. (2000). O nível de água no solo foi monitorado a partir da pesagem diária dos vasos procedendo-se a complementação da água perdida por evapotranspiração, de modo a manter a umidade do solo no nível considerado. Para minimizar a perda de água do solo por evaporação manteve-se na superfície dos vasos uma cobertura de lona plástica branca. Em cada rega, a correção da umidade do solo foi feita com base na diferença entre o peso atual dos vasos e o peso fixado para o tratamento. Assumindo-se que a água da torneira apresentou relação peso/volume de 1:1, a reposição de água foi realizada de modo a completar a água perdida em termos de volume (mL).

As análises de crescimento foram realizadas durante todo o período experimental. As medidas de altura, diâmetro da haste e número de folha foram mensurados a cada sete



dias. A altura foi medida com auxílio de uma trena a partir da base da haste principal até a última gema do meristema apical. Para o diâmetro da haste utilizou-se um paquímetro digital de marca Calipers, com precisão de 0.002 mm.

No final do experimento foram avaliadas as relações hídricas das plantas mensurando o potencial hídrico foliar e determinando o conteúdo relativo de água foliar. O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) foi determinado utilizando folhas maduras e completamente expandidas, localizadas no terço superior da planta, em dois horários, às 4 (“pré-dawn”) e às 12 horas, com auxílio da câmara de pressão de Scholander, segundo a metodologia descrita por Scholander et al. (1965). O conteúdo relativo de água foliar (CRA) foi realizado às 12 horas com base nos pesos da matéria fresca (MF), da matéria túrgida (MT) e da matéria seca (MS), segundo método descrito por Weatherley (1950), utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{CRA} = \frac{MF - MS}{MT - MS} \times 100.$$

Os solutos orgânicos osmoticamente ativos foram determinados a partir de 1 grama de tecido coletado do limbo foliar e da raiz. As folhas e as raízes foram maceradas em Tampão Fosfato de potássio 0,1M, pH 7,0 contendo EDTA a 0,1 mM. A seguir, as amostras foram centrifugadas em centrífuga refrigerada (Minispin, Eppendorf), a 3000 x g por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado para as análises. Os carboidratos solúveis totais foram determinados a 490 nm, pelo método de fenol-ácido sulfúrico (Dubois et al., 1956) utilizando-se D-(+)-glucose como padrão. A determinação de proteínas solúveis foi realizada a 595 nm, pelo método de Bradford (1976), utilizando-se albumina sérica bovina como padrão. Os aminoácidos livres totais foram analisados a 570 nm, pelo método de ninhidrina (Yemm e Cocking, 1955), utilizando-se glicina como padrão. A concentração de prolina livre foi determinada a 520 nm, pelo método da ninhidrina e ácido fosfórico (Bates, 1973), utilizando a prolina como padrão.

A área foliar também foi determinada de acordo com Mielke et al. (1995). Para análise da matéria seca, foram coletadas as folhas (MSF), hastes (MSH), raízes (MSR) e planta (MST) de cada tratamento, sendo secadas a 65 °C em estufa de circulação forçada. Com esses dados calculou-se a alocação de biomassa para as folhas (ABF), hastes (ABH), raízes (ABR) e a relação raiz/parte aérea (R/Pa), segundo Benincasa (2003).

Durante o período experimental, as amplitudes de temperatura e da umidade relativa do ar, variaram de 24,3°C a 31°C e de 50,2% a 75%, respectivamente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade, utilizando o software ESTAT. O número de folhas foi transformado em  $\sqrt{x + 0,5}$ , segundo Zar (1999).

## **Resultados e Discussão**

Os solutos orgânicos avaliados nas folhas e raízes das duas cultivares de amendoim foram influenciados com a deficiência hídrica (Figura 1). A cv. BR1 quando submetida ao tratamento suspensão de rega (SR) apresentou acréscimo significativo nos teores de carboidratos solúveis (193,8% nas folhas e 230,5% nas raízes), de proteínas solúveis (173% nas folhas e 115% nas raízes) e aminoácidos livres (217,2% nas folhas e 113% nas raízes), em relação ao controle (RD), a qual diferiu significativamente da cv. BRS Havana. Os teores de prolina (Tabela 1) nas folhas aumentaram significativamente na cv. BR1 de 36 e 85 vezes nos tratamentos R5D e SR, respectivamente, e de 91 vezes no tratamento SR para a cv. BRS Havana. Nas raízes o aumento foi de 30,3 vezes para a cv. BR1 e de 5 vezes para a cv. BRS Havana no tratamento SR em relação ao controle. A cv. BR1 acumulou mais prolina nas folhas com 17,7 vezes mais no tratamento R5D, e nas raízes com 5,4 vezes mais no tratamento SR, em relação à cv. BRS Havana.

O aumento dos teores de carboidratos solúveis totais nas cultivares de amendoim pode estar relacionado à finalidade de manter o nível de hidratação das folhas e induzir um ajustamento osmótico na planta, visando o equilíbrio das células (Kerbaudy, 2004). O acúmulo acentuado de aminoácidos livres, sobretudo sob deficiência hídrica mais severa, ocorre pela paralisação do crescimento e da síntese de proteínas, associado a hidrólise destas (Hanson e Hitz, 1982). O acúmulo de prolina tem sido citado na literatura como resposta diferencial associada à tolerância à seca para as cultivares de amendoim (Nogueira et al., 1998).

As relações hídricas das cultivares de amendoim foram significativamente influenciadas pela deficiência hídrica, reduzindo o potencial hídrico foliar e o conteúdo relativo de água foliar nas plantas submetidas sob supressão de rega (Tabela 2). O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) reduziu nos horários avaliados, chegando a valores de -1,21 e -0,21 MPa às 4 horas e de -4,0 e -3,25 MPa às 12 horas para as cvs. BR1 e BRS Havana, respectivamente, no tratamento hídrico SR. A cv. BR1, no tratamento hídrico SR, apresentou o  $\Psi_f$  mais negativo, com valores de 5,8 e 1,23 vezes menor, em relação a cv. BRS Havana nos horários de 4 e 12 horas, respectivamente. O conteúdo relativo de água foliar (CRA) da cv. BR1 apresentou maior redução de 19,6% no tratamento hídrico R5D, comparada ao controle (RD). O potencial hídrico foliar, em plantas sob deficiência hídrica, tende a decrescer, seja pela desidratação dos tecidos ou pela hidrólise dos compostos de reserva. O  $\Psi_f$  em plantas de amendoim com suprimento hídrico normal situa-se entre -1,2 a -1,3 MPa, quando estressadas, esses valores decrescem, situando-se entre -3,0 e -4,5 MPa (Nogueira et al., 1998). Távora e Melo (1991), avaliando o potencial hídrico foliar após um ciclo de 10 dias de suspensão de rega, registraram valores de -0,74 MPa em quatro cultivares de amendoim no tratamento controle e de -1,4 MPa nas plantas sob seca. A perda de turgescência celular parece ser o primeiro acontecimento que desencadeia uma sequência de eventos adaptativos complexos, que resulta no acúmulo de prolina sob deficiência hídrica, para diminuir o potencial osmótico

no tecido (Oliveira et al., 2006). Embora alguns trabalhos evidenciem a importância no acúmulo de prolina para a tolerância à deficiência hídrica (Nogueira et al. 1998), é incerta a sua significância, tendo em vista que outros estresses abióticos também promovem aumento na concentração de prolina (Mumtaz et al, 1995). No entanto, neste trabalho pode-se constatar que o aumento dos teores de carboidratos solúveis, proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina contribuíram para a redução do potencial hídrico foliar, mantendo a turgescência foliar das cultivares.

A deficiência hídrica, aplicada nas duas cultivares de amendoim, influenciou o desenvolvimento das plantas, promovendo redução significativa no crescimento. Na Tabela 3, a redução do crescimento pode ser observada a partir do 15º dia após diferenciação dos tratamentos hídricos, acentuando-se ao longo de todo o período experimental, chegando ao final com uma alta redução de 85,3% da altura da planta e 43,4% do diâmetro da haste no tratamento SR, em relação ao controle. A cv. BRS Havana apresentou maior redução da altura da planta e diâmetro da haste com valores de 52% e 9%, respectivamente, no tratamento SR, quando comparada à cv. BR1; no final do experimento essa redução foi de 59,7% e 3,2%, respectivamente. O número de folhas foi reduzido já no 8º dia após submissão à deficiência hídrica, prolongando-se ao longo do período experimental, chegando ao final com altas taxas de redução, sendo a cv. BR1 a que apresentou os menores valores de redução com 23,9% e 53,5% para os tratamentos hídricos R5D e SR, respectivamente, quando comparada com a cv. BRS Havana, cujos valores de redução foram 32,4 e 68,8%.

Analisando os resultados, percebe-se a injúria provocada pela deficiência hídrica no desenvolvimento das plantas. Outros autores também têm reportado sobre os efeitos do déficit hídrico no crescimento e expressões fisiológicas do amendoim. Correia e Nogueira (2004), submeteram a cv. 55437 a 35 dias de déficit hídrico e verificaram que após 35 dias de tratamento as plantas submetidas à suspensão total de rega reduziram a altura, número de

folhas e área foliar, sem, contudo paralisar seu crescimento. Embora o amendoim demonstre ser uma cultura adaptada a ambientes secos (Nogueira e Távora, 2005), a disponibilidade de água para seu pleno desenvolvimento é de extrema importância, uma vez que sua deficiência refletirá diretamente no potencial produtivo da mesma.

Na Tabela 3, observa-se de forma generalizada os efeitos da deficiência hídrica na área foliar e na produção de matéria seca dos vários órgãos da planta das cultivares BR 1 e BRS Havana, cujo comportamento foi semelhante neste aspecto. A área foliar nos tratamentos hídricos foi reduzida em torno de 86,6 e 97,3% nos tratamentos R5D e SR, respectivamente, em relação ao controle. Embora a cv. BR1 tenha produzido área foliar menor, a taxa de redução foi inferior a cv. BRS Havana, que apresentou redução de 9% e 2,2% para os tratamentos R5D e SR, respectivamente. No tratamento mais severo (SR) verificou-se maiores reduções, sendo de 94,8%, 95,2%, 68,9% e 92,7% na produção de matéria seca da folha, haste, raiz e total, respectivamente, diferindo significativamente dos demais tratamentos hídricos, exceto para MSR. Maiores reduções foram verificadas para os valores das matérias secas da folha e da haste indicando a sensibilidade desses órgãos à deficiência hídrica.

Blum (1997) considera a área foliar e o acúmulo de matéria seca na parte aérea como variáveis mais sensíveis ao estresse hídrico. Alvarez et al. (2005) avaliaram o crescimento de duas cultivares de amendoim em duas épocas de cultivo, outono e verão, constataram decréscimo na razão de área foliar à medida que a planta se desenvolveu. A redução da interface entre a superfície da planta e o ar atmosférico diminui a transpiração foliar, porém essa redução prejudica a assimilação de CO<sub>2</sub>, influenciando negativamente na fotossíntese e conseqüentemente na produção. Por outro lado, com a área foliar reduzida e diminuição da transpiração, a água limitada no solo é conservada por um tempo mais longo (Taiz e Zeiger, 2004).

Na literatura, há frequentes referências sobre a redução da área foliar de plantas estressadas como um mecanismo adaptativo de defesa à dessecação (Correia e Nogueira, 2004). No entanto, plantas submetidas a déficit hídrico, mas não nativas de ambientes secos, exibem redução na área foliar como consequência na baixa disponibilidade hídrica que afeta a divisão e a expansão celular (Taiz e Zeiger, 2004). Neste trabalho, pode-se constatar redução da área foliar como resposta à deficiência hídrica, pois a potencialidade de produção de matéria seca dos respectivos órgãos folha, haste e raiz das cultivares BR1 e BRS Havana decresceu, tendo sido mais intensa no tratamento SR.

A alocação de biomassa das folhas (ABF), hastes (ABH) e raízes (ABR) e a relação Raiz/Parte aérea apresentaram efeito significativo entre os tratamentos hídricos. As cultivares de amendoim, apresentaram comportamento distintos nesses parâmetros avaliados, exceto para a alocação de biomassa do caule e para relação Raiz/Parte aérea (Figuras 2 e 3). A ABF e a ABH decresceram com a imposição da deficiência hídrica, sendo mais expressivas no tratamento SR com redução de 23,96%, da ABF e 16,4% da ABH, em relação ao controle. A exceção foi para a cv. BR1 que teve acréscimo na ABF de 7,04% no tratamento R5D. No entanto, para ABR houve acréscimo nos tratamentos hídricos, sendo maior no SR, com cerca de 4 vezes mais o seu valor em relação ao controle. Esse acréscimo também pode ser observado na relação raiz/parte aérea, com aumento de 5,5 vezes o seu valor (Figura 3). A cv. BR1 alocou mais biomassa nas folhas, enquanto que a BRS Havana alocou mais nas raízes. Resultados inversos a esses foram encontrados por Távora e Melo (1991), em cultivares de amendoim submetidas a déficit hídrico, que não encontraram diferenças para esses parâmetros. Entretanto, Araújo e Ferreira (1997), trabalhando com amendoim submetido a déficit hídrico em estágios de desenvolvimento diferentes, verificaram expressiva redução na matéria seca da parte aérea em todos os tratamentos. Pinto (2006), analisando respostas morfológicas e fisiológicas de três espécies oleaginosas a ciclos de deficiência hídrica,

observou resultados semelhantes no aumento da relação matéria seca raiz/parte aérea para amendoim e gergelim.

A relação raiz/parte aérea é uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento no sistema radicular pode afetar o desenvolvimento da parte aérea e vice-versa (Goss, 1973). Essa relação expressa um balanço funcional entre a fotossíntese e a absorção de água pelas raízes, que em condições ditas normais, apresenta certo equilíbrio (Taiz e Zeiger, 2004). Em plantas submetidas à deficiência hídrica, geralmente a relação raiz/parte aérea cresce. Boyer (1970) afirma que as reduções do crescimento foliar acontecem antes de reduzir a taxa fotossintética da planta, o que resulta em excesso de assimilados fotossintéticos para a raiz. Segundo Correia e Nogueira (2004), a alocação de biomassa nos determinados órgãos da planta revela estratégias diferenciadas à medida que o estresse for intensificado. Contudo, pode-se constatar que a parte aérea das cultivares é mais afetada com a deficiência hídrica, pois a alocação de biomassa na folha e haste decresceu, tendo sido mais intensa no tratamento hídrico SR.

### **Conclusões**

A cv. BR1 é mais adaptada às condições de deficiência hídrica, por apresentar mecanismos fisiológicos capazes de acumular mais solutos orgânicos osmoticamente ativos, de reduzir seu potencial hídrico a valores mais negativo e por sofre menores alterações no crescimento.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida.

## Referências

- ALVAREZ, R.C.F.; RODRIGUES, J.D.; MARUBAYASHI, O.M.; ALVAREZ, A.C.C.; CRUSCIOL, C.A.C. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) **Acta Science Agronomy**, v. 27, p.611-616, 2005.
- ARAÚJO, W.F.; FERREIRA, L.G.R. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estágios do amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.481-484, 1997.
- BATES, L.S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 42p.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; SANTOS, O.S. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1531-1540, 2000.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Belhassen I (ed) **Drought tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological, and Molecular Biological Analysis**. Kluwer Academic Publ, Dordrecht, 1997, p.57-70.
- BOLONHEZI, D.; GODOY, I.J.; SANTOS, R.C. Manejo Cultural do amendoim. In: SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Campina Grande-PB: Embrapa Algodão, 2005, p.193-244.
- BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, v.46, p.233-235, 1970.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.



- CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, 2004.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K. REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.
- GOSS, J.A. **Physiology of plants and their cells**. New York: Pergamon, 1973, p.457.
- HANSON, A.D.; HITZ, W.D. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. **Annual Review of Plant Physiology**, V.33, p.163-203, 1982.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Guanabara Koogan SA . Rio de Janeiro, 2004, 452 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.
- MIELKE, M.S.; HOFFMANN, A.; ENDRES, L.; FACHINELLO, J.C. Comparação de métodos de laboratório e de campo para a estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 52, p.82-88, 1995.
- MUMTAZ, S.; NAQVI, S.S.M.; SHERREN, A.; KHAN, M.A. Proline accumulation in wheat seedlings subjected to various stresses. **Acta Physiologica Plantarum**, v.17, p.17-20, 1995.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, C.R.; NETO, E.B.; SANTOS, V.F. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1963-1969, 1998.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; TÁVORA, F.J.A.F. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R.C. dos *et al.* (Eds.) **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p. 16-44.
- OLIVEIRA, A.A.O.; BARRETO, L.P.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, M.V.F.; COSTA, J.C.A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.14, p.31-35, 2006.

PINTO, C.M. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclo de deficiência hídrica**. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE.

SANTOS, R.C.; GODOY, J.I.; FÁVERO, A.P. Melhoramento do amendoim. In: SANTOS, R.C. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**, Ed. Campina Grande-PB: EMBRAPA, 2005, p.123-192.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, V.148, p.339-346, 1965.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D.; SANTOS, V.F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica**, v.17, p.231-246, 2003.

SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de método de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p. 338-342. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. de SANTARÉM, E.R. et al. 3 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004. 719p.

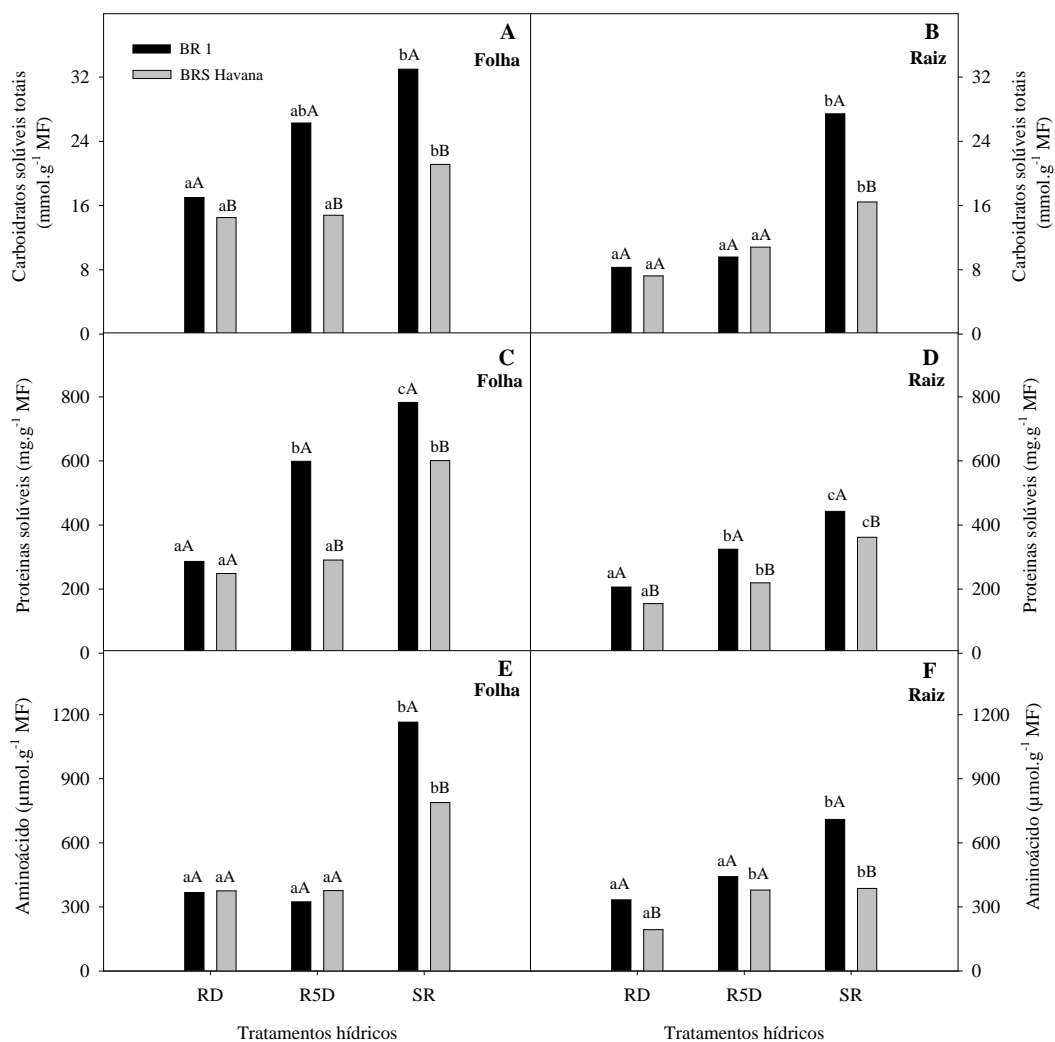
TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: Crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, v.22, p.47-60, 1991.

WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficit in leaves. **New Phytologist**, v.99, p.81-98, 1950.

YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v.80, p.209-213, 1955.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analyses**. 4<sup>a</sup> ed. 1999. 663p.

## Anexo



**Figura 1.** Teores de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e aminoácido livres em folhas e raízes das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos (rega diária – RD, rega a cada 5 dias – R5D e suspensão de rega – SR). Médias seguidas de letras iguais, entre tratamento hídrico (minúsculas) e entre cultivares dentro de cada tratamento hídrico (maiúsculas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

**Tabela 1.** Teores de prolina livre em folhas e raízes de duas cultivares de amendoim sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.

Cultivar	Tratamento*	Prolina ( $\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)	
		Folhas	Raízes
BR1	RD	1,37 cA	17,35 bA
	R5D	49,34 bA	20,95 bA
	SR	116,55 aA	526,19 aA
BRS Havana	RD	0,59 bA	19,24 bA
	R5D	3,13 bB	32,49 bA
	SR	53,59 aA	97,45 aB

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, minúscula entre tratamento hídrico em cada cultivar e maiúscula entre cultivares dentro de cada tratamento hídrico não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

\*Tratamentos hídricos: rega diária (RD), rega a cada 5 dias (R5D) e suspensão de rega (SR).

**Tabela 2.** Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) e conteúdo relativo de água foliar (CRA) duas cultivares de amendoim sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação.

Cultivar	Tratamento*	$\Psi_f$ (MPa)		CRA (%)
		4 horas	12 horas	12 horas
BR1	RD	-0,26 aA	-0,35 aA	83,79 aA
	R5D	-0,20 aA	-0,38aA	67,45 bB
	SR	-1,21 bA	-4,0 bA	77,51 aA
BRS Havana	RD	-0,13 aB	-0,34 aA	90,04 aA
	R5D	-0,16 aA	-0,46 aA	83,2 abA
	SR	-0,21 aB	-3,25 bB	75,3 bA

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, minúscula entre tratamento hídrico em cada cultivar e maiúscula entre cultivares dentro de cada tratamento hídrico, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

\*Tratamentos hídricos: rega diária (RD), rega a cada 5 dias (R5D) e suspensão de rega (SR).

**Tabela 3.** Altura da planta, diâmetro da haste e número de folha das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação<sup>1</sup>.

Cultivar	Tratamento Hídrico*	Números de dias após diferenciação dos tratamentos						
		1	8	15	22	29	36	43
<b>Altura da planta (cm)</b>								
BR 1	RD	1,00 aA	3,55 aA	5,88 bA	11,58 aA	20,73 aA	27,28 aA	29,47 aA
	R5D	1,18 aA	3,87 aA	8,42 aA	11,17 aA	11,90 bA	14,45 bA	14,50 bA
	SR	1,02 aA	3,3 aA	3,70 bA	4,08 bA	4,02 cA	6,45 cA	6,58 cA
BRS	RD	0,97 aA	2,02 aA	4,47 aA	9,95 aA	20,17 aA	31,07 aA	33,55 aA
Havana	R5D	0,95 aA	1,48 aA	2,08 bB	2,67 bB	3,03 bB	4,43 bB	5,20 bB
	SR	0,92 aA	1,27 aA	1,77 bB	1,93 bA	2,05 bA	2,17 bA	2,65 bA
<b>Diâmetro da haste (mm)</b>								
BR 1	RD	2,53 aA	3,05 aA	3,47 aA	3,99 aA	5,13 aA	5,42 aA	5,77 aA
	R5D	2,61 aA	3,00 aA	3,5 abA	3,82 aA	4,42 bA	4,79 bA	5,11 aA
	SR	2,49 aA	2,90 aA	3,22 bA	3,3 bA	3,47 cA	3,43 cA	3,38 bA
BRS	RD	2,7 aA	2,95 aA	3,27 aB	4,04 aA	4,93 aB	5,82 aA	6,03 aA
Havana	R5D	2,5 aA	2,78 aA	2,9 abB	3,27 bB	3,77 bB	4,03 bA	4,08 bB
	SR	2,48 aA	2,69 aA	2,93 bB	3,07 bA	3,21 cB	3,21 cA	3,27 cA
<b>Número de folha**</b>								
BR 1	RD	1,77 aA	3,4 abA	4,55 aA	5,98 aA	6,62 aA	8,28 aA	8,62 aA
	R5D	1,87 aA	3,55 aA	4,42 aA	5,99 aA	5,89 bA	6,51 bA	6,56 bA
	SR	1,82 aA	2,9 bA	3,19 bA	3,74 bA	3,15 cA	3,82 cA	4,01 cA
BRS	RD	1,82 aA	2,99 aA	4,25 aA	5,52 aA	6,55 aA	8,53 aA	8,89 aB
Havana	R5D	1,87 aA	2,64 aB	3,28 bB	4,18 bB	4,93 bB	5,77 bA	6,01 bB
	SR	1,87 aA	2,79 aA	2,98 bA	3,51 bA	3,43 cA	3,61 cA	2,77 cB

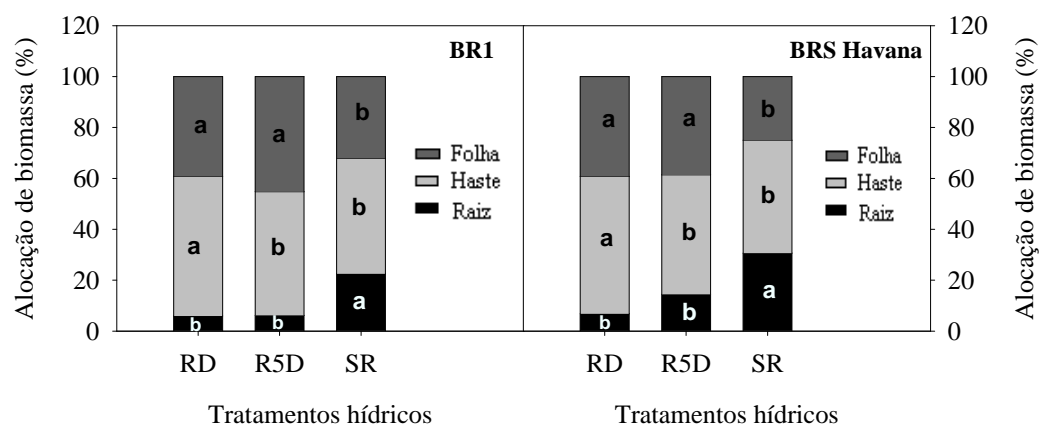
<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre tratamento hídrico e maiúscula entre cultivares dentro de cada tratamento hídrico, não diferem estatisticamente entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \* Tratamentos hídrico: rega diária (RD), rega a cada 5 dias (R5D) e suspensão de rega (SR). \*\*Dados transformado em  $\sqrt{x + 0,5}$ .

**Tabela 4.** Área foliar (AF) e matéria seca da folha (MSF), haste (MSH), raiz (MSR) e total (MST) das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação<sup>1</sup>.

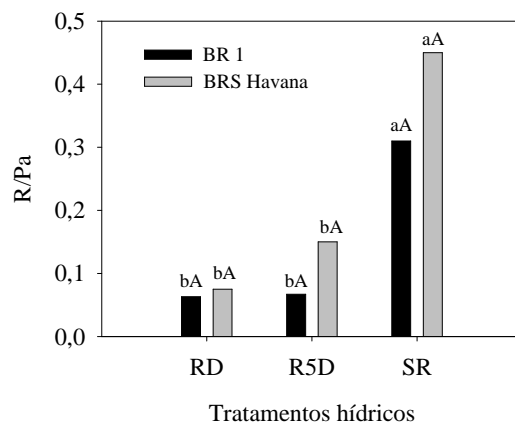
Cultivar	Tratamento Hídrico*	AF (cm <sup>2</sup> )	MSF MSH MSR MST (g.planta <sup>-1</sup> )			
			BR 1	RD	2619,6 aA	6,23 aA
	R5D	520,6 bA	2,58 bA	2,82 bA	0,44 bA	5,84 bA
	SR	112,5 bA	0,38 cA	0,44 cA	0,31 bA	1,27 cA
BRS Havana	RD	6799,7 aB	6,49 aA	9,04 aA	1,05 aA	16,90 aA
	R5D	740,8 bA	1,38 bA	1,49 bA	0,36 bA	3,24 bA
	SR	142,2 bA	0,27 cA	0,49 cA	0,31 bA	1,12 cA

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra nas colunas, minúscula entre tratamento hídrico e maiúscula entre cultivares dentro de cada tratamento hídrico, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \*

Tratamentos hídrico: rega diária (RD), rega a cada 5 dias (R5D) e suspensão de rega (SR).



**Figura 2.** Alocação de biomassa da folha, haste e raiz das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos (rega diária-RD, rega a cada 5 dias-R5D e suspensão de rega-SR) em casa de vegetação. Médias seguidas de letra iguais entre os tratamentos hídricos, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



**Figura 3.** Relação raiz/parte aérea (R/Pa) das cvs. BR1 e BRS Havana sob diferentes tratamentos hídricos (rega diária-RD, rega a cada 5 dias-R5D e suspensão de rega-SR) em casa de vegetação. Médias seguidas de letra iguais, entre tratamentos hídricos (minúsculas) e entre cultivares dentro de tratamento hídrico (maiúsculas), não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

## **ANEXOS**

---



## **1. INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB:**

**Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico para publicação.** Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassar a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

### **Os trabalhos devem ser encaminhados por via eletrônica para: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br)**

A mensagem que encaminha o trabalho para publicação deve conter:

- \* Título do trabalho.
- \* Nome completo do(s) autor(es).
- \* Formação acadêmica e grau acadêmico do(s) autor(es).
- \* Endereço institucional completo e endereço eletrônico do(s) autor(es).
- \* Indicação do autor correspondente.
- \* Acima de quatro autores, informar a contribuição de cada um no trabalho.
- \* Destaque sobre o aspecto inédito do trabalho.
- \* Indicação da área técnica do trabalho.

\* Declaração da não-submissão do trabalho à publicação em outro periódico.

Cada autor deve enviar uma mensagem eletrônica, expressando sua concordância com a submissão do trabalho.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

## **APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO**

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

### **Título**

\* Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

\* Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.

\* Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

\* Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

\* As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura. \* Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

### **Nomes dos autores**

\* Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.

\* O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à respectiva chamada de endereço do autor.

### **Endereço dos autores**

\* São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

\* Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

\* Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

### **Resumo**

\* O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.

\* Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.

\* Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos empregados na pesquisa, os resultados e a conclusão.

\* O objetivo deve estar separado da descrição de material e métodos.

\* Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.

\* O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

### **Termos para indexação**

\* A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

\* Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

- \* Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- \* Não devem conter palavras que compõem o título.
- \* Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

### **Introdução**

- \* A palavra Introdução deve ser centralizada na página e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- \* Deve ocupar, no máximo, duas páginas.
- \* Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- \* O último parágrafo deve expressar o objetivo, de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

### **Material e Métodos**

- \* A expressão Material e Métodos deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- \* Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- \* Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- \* Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- \* Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- \* Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- \* Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- \* Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- \* Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.
- \* Pode conter tabelas e figuras.

### **Resultados e Discussão**

- \* A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Resultados e Discussão devem ser grafados com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Deve ocupar quatro páginas, no máximo.
- \* Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- \* As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- \* Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos frente aos apresentados por outros autores.
- \* Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- \* Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- \* As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- \* Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- \* As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

### **Conclusões**

- \* O termo Conclusões deve ser centralizado na página e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo, e elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- \* Não podem consistir no resumo dos resultados.
- \* Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- \* Devem ser numeradas e no máximo cinco.

### **Agradecimentos**

- \* A palavra Agradecimentos deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- \* Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- \* Devem conter o motivo do agradecimento.

### **Referências**

- \* A palavra Referências deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

- \* Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- \* Devem ser normalizadas de acordo com as normas vigentes da ABNT.
- \* Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- \* Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- \* Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- \* Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- \* Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- \* Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

*Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)*

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

*Artigos de periódicos*

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

*Capítulos de livros*

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BASTISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

*Livros*

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

*Teses e dissertações* HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

*Fontes eletrônicas*

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste.

Documentos, 66). Disponível em:  
<<http://www.cpaio.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>.  
Acesso em: 18 abr. 2006.

### **Citações**

\* Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

\* A autocitação deve ser evitada.

#### *Redação das citações dentro de parênteses*

\* Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

\* Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

\* Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

\* Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

\* Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

\* Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

\* Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

#### *Redação das citações fora de parênteses*

\* Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

### **Fórmulas, expressões e equações matemáticas**

\* Fórmulas, expressões, símbolos ou equações matemáticas, escritas no editor de equações do programa Word, devem ser enviadas também em arquivos separados, no programa Corel Draw, gravadas com extensão CDR.

\* No texto, devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

\* Não devem apresentar letras em itálico ou negrito.

## **Tabelas**

\* As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após referências.

\* Devem ser auto-explicativas.

\* Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

\* Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

\* O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

\* No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

\* Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

\* Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo; a coluna indicadora é alinhada esquerda.

\* Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

\* Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em notade-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

\* Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usálos ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares.

\* Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

\* As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

### *Notas de rodapé das tabelas*

\* Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

\* Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre



parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

\* Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

## **Figuras**

\* São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

\* Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

\* O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

\* Devem ser auto-explicativas.

\* A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

\* Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

\* Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

\* O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

\* As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

\* Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

\* Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

\* As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

\* Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

\* Devem ser gravadas no programa Word ou Excel, para possibilitar a edição em possíveis correções.

\* Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

- \* No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- \* Não usar negrito nas figuras.
- \* As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- \* Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

### **NOTAS CIENTÍFICAS**

\* Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

### **APRESENTAÇÃO DE NOTAS CIENTÍFICAS**

\* A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- \* Resumo com 100 palavras, no máximo.
- \* Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.
- \* deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

### **NOVAS CULTIVARES**

\* Novas Cultivares são breves comunicações de cultivares que, depois de testadas e avaliadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram superiores às já utilizadas e serão incluídas na recomendação oficial.

### **APRESENTAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES**

Deve conter: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, título em inglês, Abstract, Introdução, Características da Cultivar, Referências, tabelas e figuras. As normas de apresentação de Novas Cultivares são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- \* Resumo com 100 palavras, no máximo.
- \* Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

- \* deve apresentar, no máximo, 15 referências e quatro ilustrações (tabelas e figuras).
- \* A introdução deve apresentar breve histórico do melhoramento da cultura, indicando as instituições envolvidas e as técnicas de cultivo desenvolvidas para superar determinado problema.
- \* A expressão Características da Cultivar deve ser digitada em negrito, no centro da página.
- \* Características da Cultivar deve conter os seguintes dados: características da planta, reação a doenças, produtividade de vagens e sementes, rendimento de grãos, classificação comercial, qualidade nutricional e qualidade industrial, sempre comparado com as cultivares testemunhas.

### **OUTRAS INFORMAÇÕES**

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.
- Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61) 3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: pab@sct.embrapa.br ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília, DF.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.