

41089

MARIA NEUDES SOUSA DE OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE PLANTAS JOVENS
DE ACEROLA, CARAMBOLA, PITANGA, CUPUAÇU,
GRAVIOLA, PUPUNHA E BIRIBÁ EM FUNÇÃO DA
BAIXA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do curso de Pós-graduação em
Agronomia, área de concentração Fisiologia Vegetal, para
obtenção do grau de "MESTRE".

Orientador

Prof. LUIZ EDSON MOTA DE OLIVEIRA

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1996

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação
da Biblioteca Central da UFLA

OLIVEIRA, Maria Neudes Sousa de.

Comportamento fisiológico de plantas jovens de acerola, carambola, pitanga, cupuaçu, graviola, pupunha e biribá em função da baixa disponibilidade de água no solo / Maria Neudes Sousa de Oliveira. --
Lavras : UFLA, 1996.

67p. : il.

Orientador: Luiz Edson Mota de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - UFLA.
Bibliografia.

1. Fruticultura Tropical - Brasil - Norte - Nordeste. 2. Fisiologia Vegetal. 3. Relação água-solo-planta. 4. Déficit hídrico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

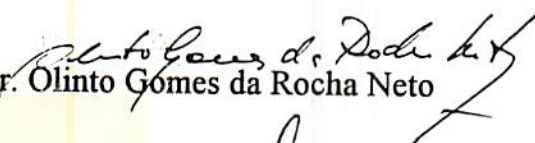
CDD - 634.6

MARIA NEUDES SOUSA DE OLIVEIRA

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE PLANTAS JOVENS DE ACEROLA,
CARAMBOLA, PITANGA, CUPUAÇU, GRAVIOLA, PUPUNHA E BIRIBÁ
EM FUNÇÃO DA BAIXA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das exigências
do curso de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Fisiologia Vegetal, para
obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 07 de março de 1996


Pesq. Dr. Olinto Gomes da Rocha Neto


Pesq. Dr. Cláudio José Reis de Carvalho


Prof. Dr. Luiz Edson Mota de Oliveira
(Orientador)



Aos meus pais Manoel e Florisdalva

Aos meus irmãos Hélio, Cirleudes, Natalice e Cláudio

*Aos meus sobrinhos Kamony e Paulo Cássio, Rodolfo e
Cláudia, Hugo e Daniela*

OFEREÇO

A um poeta

DEDICO



[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.]

[Faint, illegible text.]

[Faint, illegible text.]

[Faint, illegible text.]

AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais Manoel Ávila de Oliveira e Florisdalva Sousa de Oliveira, pelo amor, carinho, dedicação, incentivo e importância dada a cada etapa da minha vida acadêmica.
- Aos meus irmãos Hélio, Cirleudes, Natalice e Cláudio pela união e amizade em todos os tempos.
- A Mário Kiichiro Tanaka, pelo carinho e incentivo nos momentos mais difíceis, por todas alegrias divididas e momentos compartilhados.
- Aos amigos e colegas de curso Sônia Helena, Sandra Pereira e Geraldo Aclécio, pelos momentos de alegria e dificuldades que partilhamos no decorrer do curso.
- À professora Ângela Maria Soares, que apesar de ausente no término deste trabalho, tanto contribuiu com sua orientação, opiniões, ensinamentos e amizade na realização do mesmo.
- Ao amigo e colaborador Cledson Teixeira, pela disposição permanente para o trabalho.
- Aos professores Luiz Edson Mota de Oliveira, José Donizeti Alves, Amauri Alves Alvarenga, Ângela Maria Soares, pelos ensinamentos no meu curso de mestrado.
- Ao apoio do amigo e laboratorista D'artagnan.
- Aos amigos e colaboradores Evaristo, Odorêncio e Joel.

- Ao professor, orientador e "mestre" Luiz Edson Mota de Oliveira, pelo incentivo, "injeções" de ânimo, segurança, ensinamentos e orientação durante o trabalho.
- Ao pesquisador e co-orientador Olinto Gomes da Rocha Neto -EMBRAPA/CPATU-Belém-PA, pelo apoio e sugestões na elaboração deste trabalho.
- Ao pesquisador Carlos Hans Müller - EMBRAPA/CPATU - Belém-PA, pela colaboração prestada nos ensinamentos sobre as espécies estudadas e aquisição de sementes.
- Ao pesquisador Cláudio José Reis de Carvalho-EMBRAPA/CPATU-Belém-PA, pela participação na banca de defesa e sugestões na realização deste trabalho.
- À Universidade Federal de Lavras (UFLA), anteriormente Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), pela oportunidade na realização deste curso.
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.
- Às Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pelo apoio técnico e de infraestrutura, através do convênio CEMIG/UFLA/FAEPE.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Origem e utilização das espécies estudadas.....	03
2.1.1 Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>).....	03
2.1.2 Pupunha (<i>Bactris gasipaes</i>).....	04
2.1.3 Graviola (<i>Annona muricata</i>).....	05
2.1.4 Acerola (<i>Malpighia glabra</i>).....	05
2.1.5 Carambola (<i>Averrhoa carambola</i>).....	06
2.1.6 Biribá (<i>Rollinia mucosa</i>).....	06
2.1.7 Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i>).....	06
2.2 Comportamento fisiológico das plantas sob déficit hídrico.	07
2.2.1 Aspectos metabólicos e distribuição de fotoassimilados.....	07
2.2.2 Comportamento estomático.....	09
2.2.3 Características morfológica e de crescimento.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Obtenção das mudas	16
3.2 Instalação e condução do experimento.....	17
3.3 Características avaliadas	19

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Potencial hídrico foliar de base	22
4.2 Condutância estomática e transpiração.....	24
4.3 Características visuais de estresse hídrico.....	32
4.4 Comprimento foliar.....	35
4.5 Respostas de recuperação ao estresse.....	39
4.6 Produção e distribuição de matéria seca.....	40
4.7 Área foliar, área foliar específica, razão de área foliar e razão de peso foliar.....	46
4.8 Comprimento, volume e densidade de raiz	49
4.9 Altura da planta e diâmetro do caule.....	51
5 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1- Temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa mínima observadas durante o período de imposição do déficit hídrico de cada espécie avaliada.....	18
Figura 2- Potencial hídrico foliar das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha e graviola, avaliado às 6:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas	23
Figura 3- Condutância estomática das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola, e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), avaliadas às 11:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas	26
Figura 4- Condutância estomática das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola, e déficit de pressão de vapor (DPV), avaliados às 11:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas.....	27
Figura 5- Transpiração das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha e graviola, avaliada às 11:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas	28
Figura 6- Comprimento foliar de cupuaçu, biribá, carambola, pupunha, acerola, pitanga e graviola, avaliado durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas	36

Figura 7- Taxa de crescimento relativo foliar (TCR _f) das plantas irrigadas e não irrigadas de cupuaçu, biribá, carambola, pupunha, acerola, pitanga e graviola, avaliada durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas	38
Figura 8A- Produção de matéria seca total das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	41
Figura 8B- Produção de matéria seca da parte aérea das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, pupunha, graviola e carambola	41
Figura 8C- Produção de matéria seca das raízes das plantas irrigadas e não irrigada de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	41
Figura 9A- Distribuição de matéria seca entre folha, caule, raiz de 0-25cm e 25-50cm de profundidade nas plantas irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	43
Figura 9B- Distribuição de matéria seca entre folha, caule, raiz de 0-25cm e 25-50 cm de profundidade nas plantas não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	43
Figura 9C- Razão parte aérea/raiz das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	43
Figura 10A- Área foliar das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	47
Figura 10B- Área foliar específica (AFE) das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	47
Figura 10C- Razão de área foliar (RAF) das plantas irrigada e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	47
Figura 10D- Razão de peso foliar (RPF) das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola	47

- Figura 11A-** Comprimento de raiz das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola50
- Figura 11B-** Volume de raiz das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola50
- Figura 11C-** Densidade de raiz das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola50
- Figura 12A-** Altura das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola52
- Figura 12B-** Diâmetro das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola e carambola52

RESUMO

OLIVEIRA, M.N.S. de. **Comportamento fisiológico de acerola, carambola, pitanga, cupuaçu, graviola, pupunha e biribá em função da disponibilidade de água no solo.** Lavras: UFLA, 1996. 75p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).*

As espécies em geral cultivadas no campo e sem um sistema de irrigação sofrem estresses hídricos periódicos durante as estações secas ou quando da ocorrência de veranicos. Se estes períodos forem prolongados, isto pode constituir num fator decisivo à sobrevivência e estabelecimento de mudas recém-implantadas no campo ou à produção, no caso de plantas adultas.

Com base nisso, foi avaliado o comportamento fisiológico de plantas jovens de algumas espécies frutíferas tropicais e/ou subtropicais: acerola (*Malpighia glabra*), carambola (*Averrhoa carambola*), graviola (*Annona muricata*), pitanga (*Eugenia uniflora*), pupunha (*Bactris gasipaes*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e biribá (*Rollinia mucosa*), em baixa disponibilidade de água no solo.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em vasos (colunas de PVC) e o déficit hídrico induzido através da suspensão da irrigação. Além de observações visuais sobre os efeitos do déficit hídrico nas plantas, foram avaliadas as características biofísicas potencial hídrico foliar, condutância estomática,

* Orientador: Luiz Edson Mota de Oliveira. Membros da banca: Olinto Gomes da Rocha Neto e Cláudio José Reis de Carvalho.

transpiração, temperatura foliar, produção e distribuição de matéria seca, área foliar e área foliar específica, razão de área foliar e razão de peso foliar, altura da planta e diâmetro do caule, comprimento e taxa de crescimento relativo foliares.

O déficit hídrico induziu alterações na maioria das características avaliadas em todas as espécies, sendo que estas comportaram-se diferentemente. Cupuaçu, graviola e pupunha toleraram o déficit hídrico mantendo todas as suas folhas fixas durante todo o período experimental e manifestando sintomas visíveis de estresse apenas a partir da segunda metade do período do experimento. No entanto, a recuperação visual destas espécies após a reirrigação foi mais demorada.

As demais espécies, carambola, acerola, pitanga e biribá preveniram-se contra o déficit através da murcha, amarelecimento e queda total ou parcial de suas folhas, sendo que biribá foi a primeira espécie a manifestar sintomas visíveis de déficit hídrico, em relação às demais espécies avaliadas. Nessas espécies, a recuperação visual ocorreu rapidamente após terem sido reirrigadas. Acerola e pitanga demonstraram menor sensibilidade estomática em relação ao estresse hídrico quando comparadas às demais espécies. Nesse sentido, enquanto graviola apresentou o mais baixo Ψ_f ("pre-dawn") para o fechamento estomático (-3.0 MPa), em cupuaçu a redução na condutância estomática nas plantas não irrigadas ocorreu em Ψ_f de -1.0 MPa.

S U M M A R Y

OLIVEIRA, M.N.S. de. **Physiological behavior of barbados cherry, carambola, soursop, surinam cherry, peach palm, cupuaçu e biribá in terms of the water availability in the soil.**

The species in general grown in the field and without an irrigation system undergo periodic water stresses during dry seasons or when of the occurrence of occasional "veranicos". If those periods were extended, this can consist of an ultimate factor to both the survival and establishment of seedlings newly-implanted in the field or to the production, in the case of adult plants.

Based upon that, the physiological behavior of young plants of a few tropical and/or subtropical fruit bearing trees: *Malpighia glabra* (surinam cherry), *Averrhoa carambola* (carambola), *Annona muricata* (soursop), *Eugenia uniflora* (surinam cherry), *Bactris gasipaes* (peach palm), *Theobroma grandiflorum* (cupuacu), and *Rollinia mucosa* (biriba), under low water availability in the soil was evaluated.

The experiment was conducted in greenhouse, in pots (PVC columns) and took in a greenhouse, in vases (PVC column) and water deficit was brought about through irrigation suspension. Were evaluated biophysical characteristics such as leaf water potential ("pre-dawn"), stomatal conductance, transpiration, leaf temperature, dry matter production and allocation, leaf area and specific leaf area, leaf area ratio and leaf weight ratio, shoot/root ratio, leaf extension, leaf relative growth, plant height and stem diameter, besides of visual observations.

Water deficit brought about alteration in most of the characteristics evaluated in every species, being that these behaved differently. *Theobroma grandiflorum*, *Annona muricata* and *Bactris gasipaes* tolerated water deficit keeping all their leaves fixed throughout the experimental period and expressed visible stress symptoms only from the latter half of the test period. Nevertheless, the visual recuperation of these species after reirrigation was the most long.

The other species, *Averrhoa carambola*, *Malpighia glabra*, *Eugenia uniflora* and *Rollinia mucosa* shielded from deficit through wilting, yellowing and partial or total fall of their leaves, being that *Rollinia mucosa* was the first species to exhibit visible water deficit symptoms relative to the other species investigated. In those species the visual recovery took place quickly after they were reirrigated.

Malpighia glabra e *Eugenia uniflora* showed least stomatal sensibility relative to water stress as compared with the other species. In the sense, whereas *Annona muricata* showed the lowest Ψ_f ("pre-dawn") for the stomatal closing (-3.0 MPa), in *Theobroma grandiflorum* the reduction in the stomatal conductance in non-irrigated plants occurred at Ψ_f of -1.0 MPa.

1 INTRODUÇÃO

O potencial econômico e a demanda nos mercados regionais, nacionais e mundiais para frutos tropicais estão aumentando continuamente face aos crescentes avanços na tecnologia de aproveitamento dos produtos frutícolas.

As regiões norte e nordeste apresentam uma grande diversidade de espécies frutíferas nativas e/ou exóticas de excelentes características comerciais, cuja produção não se limita apenas ao extrativismo, sendo crescente o interesse no investimento de cultivos racionais nestas e em outras regiões do país. Algumas espécies alcançam posição de destaque na fruticultura tropical tanto a nível de exportação como a nível nacional, sendo utilizadas para consumo "In natura" e como matéria-prima para indústria de produtos alimentícios.

Embora apresentem tal diversidade, pode-se dizer que a expansão do cultivo de muitas dessas espécies é limitada devido, em grande parte, à falta de conhecimentos técnicos essenciais desde a obtenção de mudas de qualidade até a conservação de frutos pós-colheita, comprometendo o sucesso dos plantios já existentes e gerando desestímulo para implantação de novos plantios nestas e em outras regiões do país. Além disso, muitas espécies frutíferas da Amazônia estão ameaçadas de degradação genética em virtude do ritmo acelerado de colonização e do desenvolvimento de grandes projetos. Com isso, observa-se a necessidade de estudos básicos sobre estas espécies, para que a conservação e utilização sejam facilitadas.

Apesar da grande divulgação a nível nacional e do potencial econômico apresentado atualmente por algumas dessas espécies, ainda existem poucos estudos com enfoque fisiológico sobre elas. Alguns estudos realizados limitam-se apenas aos aspectos fenológicos, ecológicos, de produtividade e características químicas das sementes e/ou frutos para fins industriais (Falcão, Lleras e Leite 1982; Filho et al. 1985; Venturieri, Martel e Machado 1987; Venturieri e Aguiar 1988; Ferreira 1992).

A ocorrência sazonal de baixa disponibilidade de água no solo é considerada uma das mais importantes condições de estresse do ambiente, capaz de

influir de maneira significativa no crescimento e na sobrevivência das plantas. Em regiões de secas prolongadas ou mesmo quando da ocorrência de veranicos, isso pode constituir um obstáculo decisivo ao estabelecimento de mudas no campo. Diante desse fato, o presente trabalho teve como objetivo apresentar uma contribuição ao estudo do comportamento fisiológico de plantas jovens de algumas espécies frutíferas tropicais e subtropicais quanto a disponibilidade de água no solo e relacioná-lo às possíveis diferenças nas estratégias de tolerância destas espécies em condições de déficit hídrico.

Espera-se com as informações obtidas contribuir para o manejo mais adequado de plantios racionais e econômicos em regiões onde algumas destas espécies são tradicionalmente cultivadas, e para a introdução das mesmas em outras regiões, especialmente na fase de implantação e estabelecimento de mudas no campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, ocorrência e utilização das espécies estudadas

2.1.2 Cupuaçu (*Theobroma gradiflorum*)

Segundo Clement (1982), a Amazônia é o maior repositório mundial de recursos genéticos em espécies frutíferas. Dentre estas, o cupuaçuzeiro, antigamente encontrada apenas em quintais, desponta hoje como umas das mais promissoras fruteiras para exploração comercial na Amazônia, onde já existem algumas plantações comerciais consideráveis (Venturieri, Martel e Machado 1987).

O cupuaçuzeiro é uma árvore frutífera, tipicamente amazônica, pertencente à família Sterculiaceae, encontrado em estado silvestre na parte sul e sudeste da Amazônia oriental a noroeste do estado do Maranhão e, principalmente no Pará. Em cultivo, é encontrado até em São Paulo (Andersen e Andersen 1988), sendo freqüentemente cultivado em todo o estado do Pará e na parte oriental do estado do Amazonas até Manaus, como ainda no norte do estado do Maranhão (Sousa 1994). Atualmente encontra-se disseminado por toda Bacia Amazônica e ocasionalmente encontrado fora do Brasil, quase sempre em instituições de pesquisa como na Colômbia, Venezuela, Equador e Costa Rica (Venturieri e Aguiar 1988).

A planta quando cultivada atinge de 6-10 metros de altura, e de 15-20 metros quando em estado silvestre. O fruto é uma baga com diâmetro e comprimento variando de 10-12 e 12-25 cm, respectivamente, e seu peso varia de 500-2500 gramas.

A polpa do fruto apresenta um sabor ácido com odor ativo e muito agradável e pode ser utilizada ao natural, na preparação de sorvetes, licores, sucos, compotas, néctar enlatado e geléias. Das sementes pode-se obter ainda um chocolate

branco e uma gordura fina semelhante à manteiga do cacau (Calzavara et al. 1984). Na composição química da polpa sobressaem o fósforo e a vitamina C (Andersen e Andersen 1988). A casca seca e triturada pode ser aproveitada como adubo (Silva e Silva 1986).

2.1.2 Pupunha (*Bactris gasipaes*)

Outra alternativa para o desenvolvimento agrícola da região amazônica, a pupunheira, pertencente à família Arecaceae, tem se destacado devido as suas múltiplas possibilidades de utilização; as inflorescências são usadas para alimentação, o fruto cozido e seco para o fabrico de farinha e bebidas fermentadas e o meristema central como palmito (Alves e Flores 1982), e segundo Carpanezi (1987) o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de palmito. Atualmente, o fruto cozido e com sal constitui a principal forma de consumo, sendo muito rico em ácido ascórbico, carboidratos, Ca, Fe, vitamina A e proteínas (Clement e Arckoll 1982).

A pupunheira é uma palmeira cespitosa, chegando a atingir 20 metros de altura e 15-25 cm de diâmetro. Os frutos são drupas de forma, tamanho e cor variáveis. Como prováveis áreas de origem, citam-se certas regiões do Panamá, Equador, Perú e Bolívia.

É de crescimento rápido quando comparada às outras palmeiras, o que leva a um crescente interesse por essa cultura, inclusive nas regiões nordeste e sudeste para a produção de palmito (Ferreira e Santos 1993). Segundo Nogueira et al. 1995, essa palmeira pode fornecer palmito na metade do tempo requerido pelas do gênero *Euterpe*, além de seu palmito possuir um excelente grau de maciez e delicado sabor. O rendimento em "creme" é duas a três vezes superior ao *Euterpe edulis* e quatro a seis vezes ao *E. oleracea* (Bovi, Júnior e Saes 1987).

É cultivada por toda a região amazônica, parte do nordeste brasileiro, alguns estados do sudeste, principalmente Espírito Santo e Rio de Janeiro (Nogueira et al. 1995), em outros países da América do Sul e Central. Na Costa Rica, onde a cultura está se expandindo rapidamente, é encontrada em praticamente todos os climas e solos.

2.1.3 Graviola (*Annona muricata*)

A gravioleira é uma das mais importantes espécies da família Anonaceae, típica de climas tropicais e subtropicais úmidos e muito procurada em diversos países por ser uma fruteira cujos frutos apresentam uma polpa branca e succulenta, de excelente sabor e com potencial para industrialização. É uma árvore de pequeno porte, tronco reto, copa pequena e estreita, com pouca ramificação. O fruto mede de 15-30cm de comprimento por 10-20cm de diâmetro na parte mais larga, pesando até 3 kg.

Segundo Pinto e Genú (1987) é originária da América tropical, mas precisamente a Central e Vales Peruanos, sendo encontrada desde o sul do México até o Brasil. Neste, a área de produção concentra-se nas regiões norte, nordeste e no cerrado (Silva 1991), sendo de grande importância no Pará, Ceará e Pernambuco, onde é muito utilizada para consumo "in natura", na indústria de sucos, sorvetes e geléias (Falcão, Lleras e Leite 1982). Também utilizada no preparo de xaropes anti-escorbútico e diurético (Pinto e Genú 1987). Atualmente no Brasil, a baixa produtividade não atende a demanda, sendo necessária a importação de polpa da América Central (Lêdo 1991).

2.1.4 Acerola (*Malpighia glabra*)

Também conhecida como cereja-das-antilhas, a aceroleira é um arbusto de pequeno porte medindo de 2-3 metros de altura, muito ramificado. Pertence à família Malpighiaceae e tem como origem o norte da América do Sul, Antilhas e América Central. Apresenta frutos do tipo drupa, vermelhos ou escarlate, de polpa macia e sucosa, ácida ou sub-ácida, medindo de 1-3cm de diâmetro e o peso variando de 2-10 gramas (Alves 1991).

Adquiriu importância mundial devido ao alto teor de vitamina C apresentado pelos seus frutos, que são usados na indústria alimentícia e farmacêutica através da extração do ácido ascórbico. A polpa pode ser consumida na forma de néctar, refrescos, sorvetes, cremes, geléias, licores, etc. Além da polpa, os frutos também são exportados "in natura", congelados verdes ou maduros.

É amplamente cultivada em Porto Rico, Cuba, Havaí e na Flórida, encontrando-se em produção também na Venezuela, Colômbia, algumas Ilhas do Caribe, Filipinas e Vietnã (São José e Alves 1995). No Brasil, atualmente existem alguns plantios de pequeno e médio porte instalados e outros em fase de implantação nos estados da BA, PB, PE, PA, PR, RN e SP com finalidade principal de exportação

(Alves 1993). Segundo Araújo e Minami (1994) o Brasil atualmente é o maior produtor e consumidor de acerola do mundo, sendo o consumo seguido pelos mercados japonês e europeu.

2.1.5 Carambola (*Averrhoa carambola*)

A caramboleira, pertencente à família Oxalidaceae, é uma fruteira tropical proveniente da Ásia, Malásia, cultivada na Índia e extensivamente na China (Narain et al. 1987). Pode ser cultivada em todo o Brasil, exceto nas zonas mais frias (Gomes 1975). É uma árvore de 4-6 metros de altura, podendo alcançar 10 metros. O fruto é uma baga com 7-12 cm de comprimento e 5 gomos. Embora não seja considerada uma fruta comercial, algumas chegam a ser comercializadas "in natura", em sucos, sorvetes, compotas e geléias (Narain et al. 1987; Stamatiu 1991). Enquanto verde, serve para fazer "picles" e compor saladas exóticas, juntamente com suas flores que também são comestíveis (Stamatiu 1991).

2.1.6 Biribá (*Rollinia mucosa*)

O biribazeiro, pertencente à família Annonaceae, é uma árvore de 6-10 metros de altura, tipicamente tropical. Os frutos, cujo peso alcança até 1300 gramas e dimensões de 14cm de altura e 16cm de diâmetro na parte mais larga, apresentam uma polpa branca, abundante e sucosa, de sabor suave e adocicado. É comumente distribuído no estado do Rio de Janeiro (onde é conhecido como fruta-da-condessa), Maranhão, Amazonas, e, segundo Falcão et al. (1981), esta é uma das espécies frutíferas mais cultivadas e difundidas nos pomares de Belém e interior do estado do Pará. Embora normalmente consumido ao natural, sua polpa pode servir como ingrediente para doces e sorvetes. É encontrado em estado silvestre na América do Sul e Central (Andersen e Andersen 1988). Acredita-se que sua origem seja na fronteira da Amazônia brasileira com o Peru (Clement 1992), e daí se espalhou por todo o nordeste brasileiro, alcançou as Antilhas e outras partes do Caribe (Costa e Marques 1992).

2.1.7 Pitanga (*Eugenia uniflora*)

A pitangueira é uma Myrtaceae originária do Brasil, desde a fronteira com as Guianas até o estado de São Paulo, cultivada em alguns estados e encontrada em

praticamente todo o país. É consumida "in natura", e usada no preparo de sucos, sorvetes, geléias, vinhos e licores (Andersen e Andersen 1988).

A planta mede até 9 metros de altura, mas freqüentemente de 1-2 metros. Os frutos com 2-5 cm de diâmetro, caracterizam-se por apresentar de 6-10 gomos longitudinais, proeminentes e redondos, cuja polpa destaca-se nos teores de Ca e P (Leon 1968).

2.2 Comportamento fisiológico das plantas sob condições de déficit hídrico

2.2.1 Aspectos metabólicos e distribuição de fotoassimilados

As plantas em geral possuem diversos mecanismos de adaptação à baixa disponibilidade de água no solo, que Turner (1986) classifica como escape à seca, quando a planta apresenta a capacidade de completar seu ciclo de vida antes do desenvolvimento de déficit hídrico severo no solo; tolerância à seca com baixos potenciais hídricos nos tecidos e tolerância à seca com altos potenciais hídricos nos tecidos.

Segundo Premachandra (1992) o ajustamento osmótico, ou seja, abaixamento do potencial osmótico dos tecidos pelo aumento líquido nos solutos intracelulares, é reconhecido como um dos mais importantes mecanismos adaptativos ao déficit hídrico em muitas espécies. O tipo de soluto acumulado varia entre espécie e mesmo dentro da planta.

Cascardo, Oliveira e Alves (1993) observaram um aumento nos teores de açúcares e aminoácidos em folhas de plantas jovens de seringueira cultivadas em baixa disponibilidade de água no solo. O acúmulo de prolina foi observado em centeio (Riazi, Matsuda e Arslan 1985), café (Rodrigues 1988), milho e girassol (Navari-izzo, Quartarcci e Izzo 1990), feijão (Lopes 1991; Maza 1991), trigo (Karamanos, Drossopoulos e Niavis 1983), batata (Martínez e Moreno 1991), alfafa (Irigoyen, Emerich e Sanchez-Dias 1992) em resposta ao déficit hídrico. Alguns resultados sugerem uma relação entre sensibilidade estomática e acúmulo de prolina em plantas tolerantes à seca (Correa, Ranzani e Ferreira 1987), provavelmente via ácido abscísico que, além de indutor do fechamento estomático, parece induzir o acúmulo de prolina (Aspinal e Paleg 1981) e outros solutos em plantas sob déficit hídrico (Gallardo, Turner e Ludwing 1994).

Para Turner (1986), o ajustamento osmótico além de capacitar as raízes da planta a absorver água do solo em baixos potenciais hídricos, é importante também

para manter a turgescência com menor perda de água pelas folhas, e sobrevivência das regiões de crescimento da planta. Cairo (1992) observou em *Senna multijuga*, que apesar da queda total das folhas completamente expandidas, foi mantida a integridade dos tecidos nas regiões de crescimento, sem qualquer sintoma visível de déficit hídrico, o que foi atribuído ao ajustamento osmótico.

O déficit hídrico reduz a fotossíntese, crescimento, translocação de assimilados e influencia fortemente o particionamento destes entre as partes da planta. Alguns estudos evidenciam um maior favorecimento no particionamento de fotoassimilados para as raízes em detrimento da parte aérea quando as plantas são submetidas ao déficit hídrico (Turner 1986; Smit 1992). As reduções diferenciais nas percentagens de acúmulo de matéria seca das raízes, caules e folhas, direcionando uma maior distribuição de fotoassimilados para as raízes do que para parte aérea depende do estágio de desenvolvimento e da sensibilidade relativa dos diversos órgãos. Uma possível explicação para isto é sugerida por Hsiao (1973), que diz que as raízes podem ser superiores à parte aérea na capacidade de ajustar-se osmoticamente.

Alguns autores atribuem este fato a uma maior sensibilidade da expansão foliar ao déficit hídrico em relação à fotossíntese (Boyer 1970; Chaves 1991), resultando na translocação de fotoassimilados excedentes para o sistema radicular, favorecendo seu maior desenvolvimento. Sharp et al. (1990) atribuíram o crescimento das raízes de milho sob condições de déficit hídrico ao ajustamento osmótico ocorrido no meristema radicular relacionado ao acúmulo de hexoses e sacarose. Com isso, a redução progressiva da quantidade de água no solo possibilita à planta a manter o crescimento das raízes, o que permite a manutenção da absorção de água devido o maior volume de solo explorado.

Para Slatyer (1967), a capacidade das plantas manterem os Ψ_f elevados, mesmo sob deficiência hídrica nas camadas mais superficiais do solo, sugere que estas apresentam um sistema radicular suficientemente profundo capaz de absorver água nas camadas mais inferiores do solo.

Alterações morfológicas e processos fisiológicos como expansão foliar, abertura estomática e outros associados à fotossíntese, são diretamente afetados pela redução no potencial osmótico da folha. Alguns estudos confirmam que o crescimento em expansão é mais sensível ao déficit hídrico que o fechamento estomático e fotossíntese (Boyer 1970; Passioura 1988). Davies et al. (1980) observaram em milho que tanto a expansão foliar quanto o fechamento estomático sofreram redução em

potencial hídrico do solo de 0,2 MPa. Observaram-se, no entanto, que ambos ocorreram sem haver modificação no potencial hídrico foliar.

Turner (1986) já havia especulado a existência de um sinal químico produzido nas raízes e transferido para as folhas permitindo o fechamento estomático antes do abaixamento do potencial hídrico foliar. Zhang e Davies (1989) confirmaram isto sugerindo que a raiz pode atuar como um sensor primário do abaixamento do potencial hídrico do solo transferindo o estímulo para a parte aérea. Saab e Sharp (1989) e Khalil e Grace (1993) mostraram que o transporte do sinal depende do fluxo transpiratório e a produção deste requer uma queda no potencial hídrico da raiz, mas não necessariamente abaixo do potencial hídrico foliar. Embora alguns estudos (Davies e Zang 1991) sugerem que este estímulo é feito pelo ácido abscísico (ABA) produzido no sistema radicular, cuja síntese é regulada pelos níveis de potencial hídrico do solo, para Munns e King (1988) o ABA não é o único inibidor da condutância estomática nesse caso. Para estes autores o efeito inibidor é complexo e pode envolver mensagens produzidas tanto nas raízes quanto nas folhas. Tardieu e Davies (1992) verificaram que a sensibilidade estomática para a concentração de ABA na seiva do xilema variou com a hora do dia em função das mudanças no potencial hídrico foliar geral ou da epiderme, sugerindo que a epiderme pode agir como modulador das respostas dos estômatos para o ABA.

O ABA exerce um papel importante na regulação estomática, seja evitando o acúmulo de potássio nas células-guarda, reduzindo a absorção de água, seja estimulando o efluxo de potássio e cloro, acompanhado pela perda líquida de água (Hetherington e Quatrano 1991).

Munns e King (1988) e Trejo e Davies (1991) observaram que o fechamento estomático ocorreu antes do aumento na concentração de ABA na seiva do xilema. Além disso, a concentração de ABA necessária para o fechamento estomático é menor que os níveis endógenos que normalmente existem na folha (Turner 1986). Entretanto, Beadle et al. (1985a,b) afirmam que o fechamento dos estômatos pode ocorrer preferencialmente como resposta da planta ao déficit de pressão de vapor (DPV), existindo em menor proporção influência da disponibilidade de água no solo.

2.2.2 Comportamento estomático

A significância dos fatores microclimáticos déficit de pressão de vapor (DPV) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) na regulação estomática tem sido confirmada em muitos estudos (Forseth e Ehleringer 1983; Turner, Schultze e Gollan

1985; Balasimha e Rajagopal 1988; Kasturibai, Voleti e Rajagopal 1988; Laffray e Louguet 1990); Dai, Edwards e Ku 1992; Wiebel et al. 1993). A sensibilidade dos estômatos às variações do ambiente é variável entre as espécies e até entre clones da mesma espécie (Rao et al. 1990).

Cairo (1992) e Cascardo, Oliveira e Alves (1993) atribuíram as variações na condutância estomática e transpiração em plantas de *Senna multijuga* e *Hevea brasiliensis*, respectivamente, submetidas ao déficit hídrico, ao DPV e radiação. Whitehead, Okali e Fashehun (1981) trabalhando com *Tectona grandis* e *Gmelina arborea*, duas espécies de floresta tropical, observaram que 80% das variações ocorridas na condutância estomática era função da radiação e DPV, enquanto Chamont, Strainchamps e Thunot (1995) observaram em pepino que 85-95% da resistência estomática era função apenas da radiação. Forseth e Ehleringer (1983) observaram que os máximos valores de condutância em duas espécies desérticas foram determinados pelo potencial hídrico foliar, com DPV exercendo influência adicional.

Por outro lado, Cohen e Cohen (1983) trabalhando com citrus observaram uma baixa relação entre condutância estomática e DPV, radiação e temperatura. Estes mesmos autores afirmam que a variação na condutância estomática desta espécie é influenciada por outros fatores ambientais ou internos. Adicionalmente, Foldats e Rutiks (1975), citados por Perez e Moraes (1991), verificaram que *Byrsonima crassifolia* não apresenta controle estomático mesmo nas horas de maior radiação.

Para alguns autores, a sensibilidade dos estômatos para o DPV é reduzida com o decréscimo no potencial hídrico do solo (Hall e Schulze 1980). Turner, Schultze e Gollan (1985) sugerem que as relações hídricas das raízes ou do solo, mais do que das folhas, controlam as trocas gasosas, mas o DPV tem influência sobre a condutância estomática independente do solo e raiz.

Em *Picea sylvestris*, a relação entre condutância estomática e radiação está relacionada a um efeito fotoquímico da luz azul nas células-guarda dos estômatos (Morison e Jarvis 1983). Observou-se em *Picea sitchensis* que a condutância estomática responde sensivelmente para o DPV através de mudanças no turgor das células-guarda (Sheriff 1981).

A maneira na qual o DPV influencia a condutância estomática não está suficientemente esclarecida. Uma vez que o aumento no DPV aumenta a taxa de transpiração, o potencial hídrico da folha pode decrescer influenciando a condutância estomática. Alternativamente, isto pode envolver gradientes de potencial hídrico da epiderme que é independente do potencial hídrico foliar geral.

Turner, Schultze e Gollan (1984) observaram em algumas espécies lenhosas que a redução nas trocas gasosas com o aumento no DPV era devido ao efeito direto da epiderme e algum efeito da redução do potencial hídrico do mesofilo. Para Laffray e Louguet (1990), a perda de água e turgescência da epiderme determina a abertura estomática independente da transpiração e "status" hídrico do mesofilo. Além disso, uma vez que o potencial osmótico das células-guarda é geralmente menor que o restante da folha (Meinzer et al. 1990), o fechamento estomático pode não estar associado à perda de turgescência da epiderme e/ou mesofilo. Para Ludlow e Muchou (1990), se o estresse hídrico desenvolve-se lentamente, o ajuste osmótico parece ser o principal regulador do mecanismo estomático.

Embora em muitas espécies a condutância estomática responda ao DPV, a resposta da transpiração varia. Enquanto folhas de espécie como *Corylus avellana* reduzem a transpiração apenas em altos níveis de DPV (Schultze e Küppers 1979), folhas de *Malvastrum rotundifolium* apresentam uma relação linear entre as duas variáveis (Schultze e Ehleringer 1984). Em algumas espécies observa-se que o pico da taxa de transpiração não coincide com a máxima demanda evaporativa da atmosfera (Turner, Schultze e Gollan 1984).

O controle estomático da transpiração é determinado pela proporção entre a condutância estomática e condutância da camada limite, sendo maior quando a condutância da camada limite é alta em relação à condutância estomática. Meinzer et al. (1993) afirmam que há uma considerável variação na condutância estomática e da camada limite, e conseqüentemente no controle estomático da transpiração entre as espécies de árvores tropicais. Estes mesmos autores trabalhando com *Anacardium excelsum*, observaram que mesmo este controle sendo maior na estação seca, o impacto do comportamento estomático sobre a transpiração depende da transpiração em si, mais do que de outros fatores como DPV e "status" hídrico da folha (Meinzer e Grantz 1991).

A redução na condutância estomática e transpiração com aumento no DPV, funciona principalmente para regular as perdas de água quando a demanda evaporativa é alta e para maximizar a condutância quando esta é baixa (Mooney et al. 1983). Este comportamento foi observado em *Piper hispidum*, uma espécie de sub-bosque tropical, onde a resposta dos estômatos ao DPV no sentido de reduzir as perdas de água torna-se muito importante (Mooney et al. 1983). Alguns autores citados por Chamont, Strainchamps e Thunot (1995), observaram aumento na produção de algumas espécies cultivadas em casa-de-vegetação, cujos estômatos são sensíveis ao DPV, através do aumento na umidade relativa ambiente.

Diferenças genéticas na resposta estomática e na capacidade do mesófilo para o estresse hídrico têm sido relatadas e podem potencialmente ser usadas para selecionar genótipos tolerantes à seca (Kidambi, Krieg e Rosenow 1990; Meinzer et al. 1990). Estas variações sugerem que seleções são possíveis para aumentar processos fisiológicos que influenciam na eficiência do uso da água. A alta capacidade adaptativa de *Phaseolus acutifolius* à condição de seca está relacionada à maior sensibilidade dos estômatos à redução do potencial hídrico (Castonguay e Markhart 1992). Porto (1986) selecionou cultivares de mandioca para maior eficiência no uso d'água em função da variabilidade destas quanto à condutância foliar.

Quando o estresse hídrico se desenvolve por um período prolongado, as plantas normalmente exibem um decréscimo paralelo na condutância estomática e na fixação de CO₂. Este padrão de resposta leva alguns autores a acreditar que a redução na taxa fotossintética se deve ao fechamento estomático. Embora existam resultados que sugerem o controle estritamente estomático da fotossíntese, outros estudos sugerem que fatores não-estomáticos podem influenciar significativamente a fotossíntese em plantas submetidas ao estresse hídrico (Martin e Ruiz-Torres 1992; Ni e Pallard 1992; Castonguay e Markart 1992; Epron e Dreyer 1993).

Castonguay e Markart (1992) observaram que a variação na taxa fotossintética de sorgo submetido ao estresse hídrico estava relacionada a limitações do mesófilo. Estes mesmos autores observaram em *Phaseolus vulgaris* um efeito do estresse hídrico sobre a capacidade de regeneração da ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase (RuBPCarboxilase). Heitholt, Johnson e Ferris (1991), trabalhando com trigo, atribuíram também à uma alta concentração de 3-fosfoglicerato e baixa concentração da RUBISCO.

Ni e Pallard (1992) trabalhando com quatro espécies submetidas a déficit hídrico moderado e severo observaram que em três delas a limitação não estomática da fotossíntese representava mais de 50%, sugerindo que as mudanças relativas de fatores estomáticos e não estomáticos sob condições irrigadas, não irrigadas ou reirrigadas sobre a fotossíntese dependem da espécie.

A concentração de nitrogênio na folha pode afetar a relação entre condutância estomática e fotossíntese em plantas sob déficit hídrico. Em algodão, o suprimento de nitrogênio afeta o acúmulo e/ou translocação de ABA, e assim altera a resposta estomática para o estresse hídrico (Radin e Hendrix 1988). Heitholt, Johnson e Ferris (1991) verificaram que em plantas de trigo submetidas ao déficit hídrico e com limitado suprimento de N, a contribuição estomática para a fotossíntese foi de apenas 6%. A deficiência de nitrogênio em feijoeiro (Costa et al. 1988) provoca mudanças na

resistência difusiva do CO₂ em virtude de um aumento na resistência do mesofilo e em menor extensão na resistência estomática com reduções na taxa de fotossíntese promovida por mudanças na síntese e atividade da Rubisco.

Recentes evidências sugerem que sob algumas condições de estresse a resposta do fechamento estomático na superfície foliar é desuniforme (Mansfield, Hetherington e Atkinson 1990). Nesse sentido, Downton, Loveys e Grant (1988) afirmam que o fechamento estomático não-uniforme explica a aparente inibição não-estomática da fotossíntese em plantas submetidas ao déficit hídrico. Além disso, o decréscimo na condutância do mesofilo resultante da perda de turgor de suas células, a acidificação do apoplasto, ou mudanças na solubilidade de CO₂ durante a seca podem explicar essa inibição (Loreto et al. 1992).

Para alguns autores, a heterogeneidade no fechamento estomático não ocorre em plantas aclimatadas à seca, mas é aparente apenas quando o estresse é aplicado rapidamente (Wise et al. 1991; Wise, Ortiz-Lopez e Ort 1992), ou apenas ocorre em altos DPV (Dai, Edwards e Ku 1992). Para Gunasekera e Berkowitz (1992), este fenômeno não é uma resposta geral de plantas submetidas a déficits hídricos, e depende do regime de estresse e da espécie.

Alguns autores propõem que o aumento na resistência estomática resultante da depressão progressiva do potencial hídrico é vantajoso para economia hídrica e tolerância à seca. No entanto, isto pode causar decréscimos proporcionais na taxa de transpiração reduzindo a dissipação de calor e conseqüentemente aumentando a temperatura foliar, que tem sido reconhecida como um indicador da disponibilidade de água do solo para a planta. Aumentos da temperatura foliar têm sido relacionados com a diminuição da turgescência e potencial hídrico da folha e conteúdo de água no solo. Freire (1990) observou uma diferença de 4°C na temperatura foliar de plantas irrigadas e não irrigadas de feijão. Oliva e Lobos (1993) observaram que um gradiente de $3 \pm 0,5$ °C entre temperatura foliar do feijoeiro cv. Carioca e do ar indica a necessidade de irrigação durante o período de pré-floração desta cultivar.

2.2.3 Característica morfológicas e de crescimento

O primeiro efeito da falta de água no solo é o decréscimo no alongamento celular em função da redução na turgescência celular (Boyer 1970; Hsiao 1973). Cascardo (1991) observou uma redução na taxa de crescimento em folhas de seringueira sob déficit hídrico embora os teores de água nos tecidos se mantivessem altos, logo a turgescência celular não poderia sozinha explicar a redução no

crescimento. Kuang, Turner e Henson (1990) observaram em trigo e tremoço que a expansão foliar estava mais relacionada com Ψ_{solo} do que com a turgescência celular. Saab e Sharp (1989) observaram em milho que a inibição do crescimento foliar era função de um sinal químico produzido nas raízes, possivelmente ácido abscísico (Kuang, Turner e Henson 1990).

Nomani e Boyer (1990) atribuíram a inibição do crescimento de plantas sob déficit hídrico a um colapso no gradiente de potencial hídrico entre o xilema e o tecido que está crescendo. Schultz e Matthews (1993) observaram que mudanças na taxa de crescimento continuavam a ocorrer mesmo depois do restabelecimento do gradiente. Para estes autores, a sensibilidade do crescimento em expansão para rápidas variações no Ψ_f sugere que o efeito inicial é mediado pelo potencial de pressão (turgescência), e é atribuído ao aumento na rigidez da parede celular, devido, talvez, a alterações na sua estrutura ou declínio na sua acidificação.

Se a taxa de crescimento varia quando o turgor é mantido ou vice-versa, alterações nas propriedades físicas e/ou síntese da parede celular pode influenciar o crescimento de plantas sob déficit hídrico (Sweet et al. 1990).

O diâmetro do caule parece ser um indicador fisiológico sensível ao estresse hídrico. Segundo Garnier e Berger (1986) este depende de fatores ambientais que afetam a transpiração, evapotranspiração e teor de água no solo, e não ambientais, como desenvolvimento da área foliar. Assume-se que a redução do diâmetro do caule em plantas submetidas ao déficit hídrico é consequência do desenvolvimento de um gradiente de potencial hídrico entre o floema e xilema, produzindo um fluxo de água.

Características visuais como murcha, enrolamento, secamento, mudanças na tonalidade e queda de folhas diminuem os efeitos da radiação incidente reduzindo a perda de água, evitando aumento na temperatura da parte aérea. Cairo (1992) observou que a queda de folhas mais velhas de *Senna multijuga* sob déficit hídrico pode ser uma estratégia dessa espécie contra a perda de água, por reduzir a superfície de transpiração através do decréscimo na área foliar exposta.

O declínio gradual na área foliar com a redução da disponibilidade de água no solo como consequência da queda de folhas em plantas submetidas a déficits hídricos, representa uma adaptação pela qual um balanço hídrico mais favorável pode ser mantido nas folhas remanescentes. Segundo Tardieu e Davies (1991) a queda de folhas pode ser devido a um aumento nos teores de ácido abscísico que ocorre em condições de déficit hídrico, o que em primeira instância leva a um fechamento estomático e numa etapa subsequente, à abscisão foliar.

A quantidade de cera cuticular e presença de pêlos na superfície da folha são importantes parâmetros associados com tolerância à seca e ao calor e são consideradas características adaptativas em algumas espécies por aumentar a reflectância da radiação. Acúmulo de cera cuticular resultando em alta reflectância da radiação parece ser uma característica adaptativa em alguns clones de seringueira (Rao et al. 1988). O desenvolvimento de pêlos é um mecanismo adaptativo que além de aumentar a reflectância da radiação, diminui a condutância da camada limite (Turner e Begg 1981).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi constituído de um experimento realizado com plantas jovens (fase de mudas) de sete espécies de fruteiras tropicais e subtropicais, buscando-se avaliar o comportamento das mesmas frente à baixa disponibilidade de água no solo, obtida pela suspensão da irrigação. Deve-se ressaltar que o trabalho com mudas cobre apenas uma etapa da fase vegetativa importante na vida da planta, podendo não representar o comportamento da espécie quando na fase adulta. No entanto, pode constituir num obstáculo decisivo no estabelecimento de mudas no campo.

Utilizou-se mudas de carambola, acerola, pitanga, cupuaçu, biribá, graviola e pupunha.

O critério de seleção das espécies estudadas foi baseado tanto na importância e potencial para exploração econômica como na disponibilidade de sementes de cada espécie na época de obtenção das mudas.

3.1 Obtenção das mudas

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes oriundas do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA/CPATU - Belém-PA). As sementes, após tratadas, foram colocadas para germinar em canteiros de areia e em condições de campo. Após atingirem entre 5 e 10cm de altura, as mudas foram repicadas para sacos de polietileno contendo 3 Kg do seguinte substrato: 70% de subsolo, 30% de esterco e 0,5% de superfosfato simples. Ao subsolo sêco e peneirado adicionou-se 1,5g/kg de calcário dolomítico, 60 dias antes do transplantio. No caso da pupunha, foram utilizadas mudas de 5-10 cm de comprimento, produzidas no CPATU.

As mudas foram mantidas em condições de viveiro (sombrite 50%) até a instalação do experimento, com todos tratos culturais necessários.

3.2 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras -UFLA, Lavras-MG.

Os dados de temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa mínima referentes ao período experimental de cada espécie, obtidas do registro contínuo de um termohigrógrafo (tipo **Wilh Lambrecht**) encontram-se na figura 1.

As mudas foram transplantadas dos sacos de polietileno para colunas de PVC de 200mm de diâmetro, com dois anéis superpostos, de 25cm de altura cada, contendo 20 Kg do mesmo subsolo citado anteriormente. Como adubação utilizou-se: 100 mg de nitrogênio (sulfato de amônio), 200 mg de fósforo (superfosfato simples), 50 mg de potássio (cloreto de potássio), 30 mg de magnésio (sulfato de magnésio), 1,5 mg de cobre (sulfato de cobre), 0,5 mg de boro (bórax), 0,1 mg de molibidênio (molibdato de amônio) e 5 mg de zinco (sulfato de zinco) por kg do subsolo, segundo recomendações técnicas.

Antes do transplântio, as mudas foram selecionadas visualmente quanto à uniformidade em altura e plantadas mantendo-se o torrão do saco plástico onde foram previamente cultivadas. Após o transplântio, durante o período que antecedeu a imposição dos regimes hídricos, todas as plantas foram irrigadas diariamente durante um período necessário para o seu completo estabelecimento, buscando-se manter o solo próximo à capacidade de campo. Admitia-se, nesse caso, que isto era conseguido quando do aparecimento de água nos pratos colocados sob a coluna de PVC. Após este período foi feita uma adubação de cobertura com nitrato de cálcio (100mg N/Kg de solo) e cloreto de potássio (50mg K₂O/Kg de solo). A imposição dos regimes hídricos para todas as espécies ocorreu quatro dias após a adubação de cobertura, quando as plantas de carambola, acerola e pitanga; cupuaçu; biribá e graviola; pupunha; encontravam-se, respectivamente, com 10, 11, 12 e 15 meses de idade.

Os tratamentos foram constituídos de um grupo de plantas irrigado normalmente até a capacidade de campo (controle) e de outro grupo com a irrigação suspensa.

O experimento foi encerrado aos 18, 19, 32, 36, 55, 61, e 65 dias após suspensão da irrigação, respectivamente, para acerola, carambola, pitanga, biribá, pupunha, cupuaçu e graviola, quando as mesmas apresentavam-se com características visuais de déficit hídrico. Nessa ocasião, um grupo de plantas não irrigadas de cada

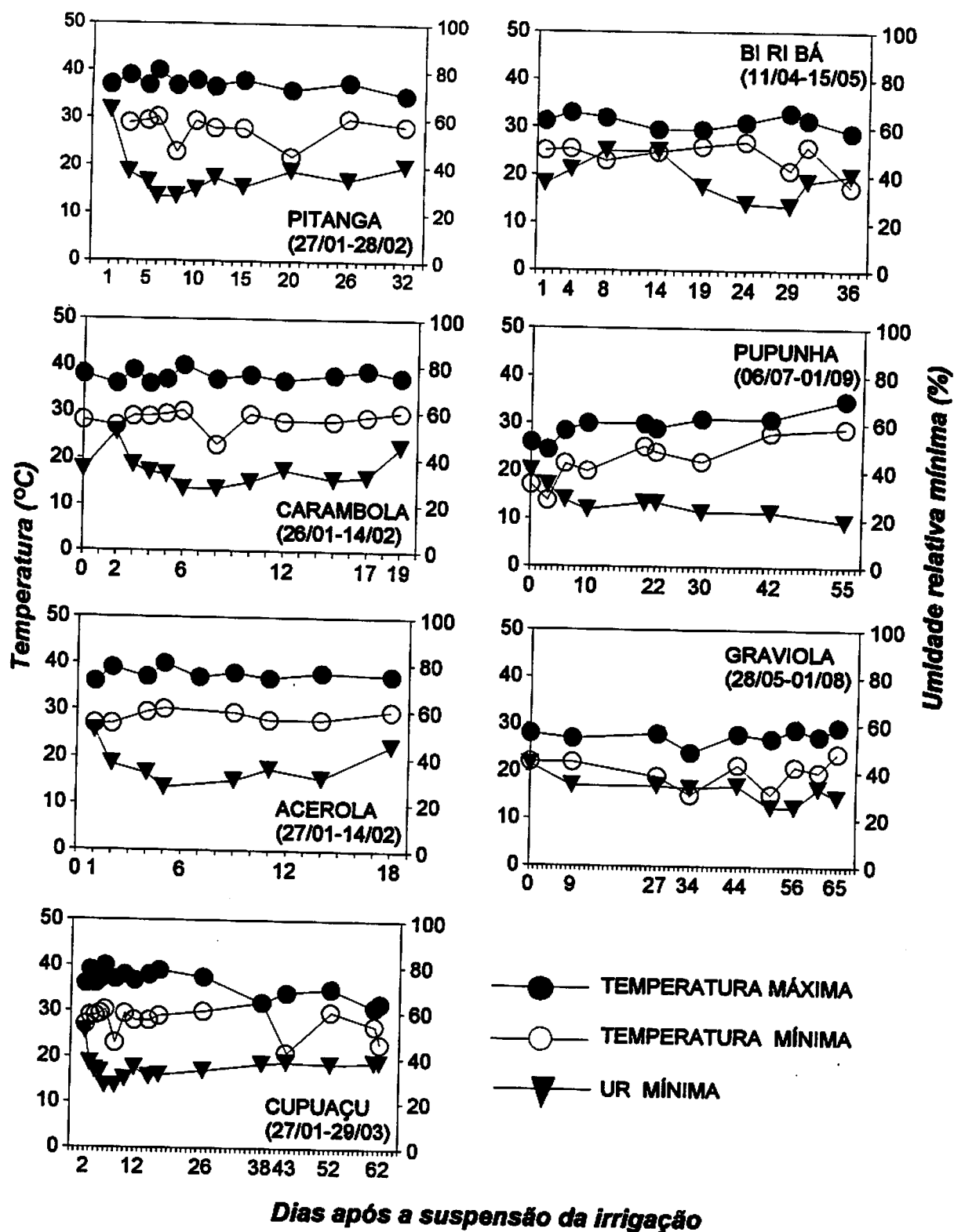


Figura 1. Temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa (UR) mínima observadas durante o período de imposição dos regimes hídricos de cada espécie avaliada.

espécie foi reirrigado e se observou visualmente a capacidade de recuperação das mesmas.

Em função do ataque de ácaro em acerola, pitanga e graviola durante o período de avaliações, foram realizadas pulverizações com acaricida Abamectin (Vertimec) seguindo-se as recomendações técnicas para a utilização do produto.

O experimento foi conduzido num delineamento em blocos casualizados, com dois tratamentos (irrigado e não irrigado), cinco repetições (no tratamento irrigado) e dez repetições (no tratamento não irrigado), sendo que cada unidade experimental constituiu-se de um vaso (coluna de PVC) contendo uma (cupuaçu e carambola) ou duas plantas (acerola, pitanga, biribá, graviola e pupunha).

A seguir são listados o início, final e duração do período experimental para cada espécie.

<u>ESPÉCIES</u>	<u>INÍCIO</u>	<u>FINAL</u>	<u>DURAÇÃO (DIAS)</u>
CARAMBOLA	26/01/94	14/02/94	19
ACEROLA	27/01/94	14/02/91	18
PITANGA	27/01/94	28/02/94	32
CUPUAÇU	27/01/94	29/03/94	61
BIRIBÁ	11/04/94	17/05/94	36
GRAVIOLA	28/05/94	01/08/94	65
PUPUNHA	06/07/94	01/09/94	55

3.3 Características avaliadas

Além de características visuais de déficit hídrico sobre as plantas, durante o período de condução dos experimentos foram avaliados os seguintes parâmetros: potencial hídrico foliar (Ψ_f) às 6:00 horas, expansão e lançamentos foliares, condutância estomática, transpiração, temperatura foliar e do ar, radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e umidade relativa do ar.

O Ψ_f foi avaliado às 6:00 horas pelo método da bomba de pressão (Scholander et al. 1965), logo após coleta das folhas. Para isso, utilizou-se folhas completamente expandidas, que ao serem destacadas da planta foram envoltas em papel alumínio e acondicionadas num isopor contendo gelo para evitar perda de água.

O Ψ_f das plantas irrigadas e não irrigadas das 7 espécies estudadas foi avaliado nos seguintes dias após a suspensão da irrigação: 8, 12 e 19 (carambola);

6, 11, 16 e 23 (biribá); 11, 13 e 18 (acerola); 11, 17, 23, e 30 (pitanga); 12, 16, 27, 35 e 44 (graviola); 17, 26 e 61 (cupuaçu); 37, 44 e 55 (pupunha), em função da disponibilidade de folhas.

As avaliações de condutância estomática, transpiração, RFA, temperatura foliar e do ar e a umidade relativa do ar foram realizadas com um porômetro (**STEADY STATE POROMETER, LICOR-1600M**), entre 11:00 e 12:00 horas, utilizando-se sempre as mesmas folhas, totalmente expandidas, obedecendo a mesma orientação em relação à radiação solar incidente. nos seguintes dias após a suspensão da irrigação: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 15 e 17 (carambola); 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 14 e 18 (acerola); 1, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20 e 26 (pitanga); 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 17, 23, 43 (cupuaçu); 4, 5, 11 e 16 (biribá); 9, 27, 34, 42 e 54 (graviola); 10, 22 e 42 (pupunha).

A expansão foliar foi avaliada medindo-se o comprimento das folhas (C) em intervalos de tempo (t) regulares dentro da espécie e variados entre as espécies. De posse desses resultados, determinou-se a Taxa de Crescimento Relativo Foliar (TCR_f) através da seguinte expressão:

$$TCR_f = [(ln C_2 - ln C_1) / (t_2 - t_1)],$$

onde, C_1 representa o comprimento (cm) no tempo t_1 , e C_2 representa o comprimento (cm) no tempo t_2 , de acordo com Oliveira (1985).

O número de lançamentos foliares foi registrado nos mesmos dias em que foram realizadas as avaliações de expansão foliar, contando-se o número de folhas lançadas após a folha usada nestas avaliações.

No final do experimento, as plantas foram coletadas, sendo feitas medidas de altura e diâmetro do caule e separadas em parte aérea (folhas e caule) e raízes nos dois segmentos da coluna de PVC (0-25 e 25-50cm), para avaliar a produção e distribuição de matéria seca. Após lavadas e escorridas, determinou-se o volume e comprimento das raízes (considerou-se o comprimento da raiz principal). Para determinação do volume, utilizou-se uma proveta com volume conhecido de água. O volume das raízes correspondia ao volume de água deslocado na proveta após completa imersão das mesmas. Em seguida, todo material vegetal foi levado à estufa a 70°C até adquirir peso constante ($\pm 72h$), após isso pesado para obtenção da matéria seca (MS).

De posse do material seco, determinou-se a área foliar em função da área foliar específica ($AFE = AF/MS$ foliar), razão parte aérea/raiz, razão de área foliar ($RAF = AF/MS$ total), razão de peso foliar ($RPF = MS$ foliar/ MS total) e volume e densidade de raiz (MS do sistema radicular/volume do sistema radicular). Todos

parâmetros fisiológicos de crescimento foram calculados de acordo com as fórmulas citadas por Benincasa (1988).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Potencial hídrico foliar (Ψ_f)

A figura 2 mostra os valores de Ψ_f das plantas irrigadas e não irrigadas de todas as espécies avaliadas.

Considerando-se os Ψ_f das espécies cujos experimentos iniciaram-se na mesma época (pitanga, acerola, carambola e cupuaçu), observa-se que o tempo necessário para que estes fossem diferentes entre plantas irrigadas e não irrigadas não foi o mesmo entre as espécies (Figura 2).

Após 17, 18 e 19 dias da suspensão da irrigação, os Ψ_f foram diferentes estatisticamente entre plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, acerola e carambola, respectivamente. Nas plantas de cupuaçu, estes valores não foram diferentes estatisticamente até os 26 dias após suspensão da irrigação, sendo as diferenças entre os tratamentos detectadas aos 61 dias, embora não tenham sido feitas avaliações entre estes dias. Por outro lado, nas plantas de biribá, os valores de Ψ_f mostraram-se estatisticamente diferentes entre os tratamentos aos 11 dias após última irrigação.

Os menores valores de Ψ_f apresentados pelas plantas não irrigadas de carambola aos 19 dias após suspensão da irrigação (final do período experimental desta espécie) em relação as de cupuaçu, aos 26 dias, podem ser atribuídos aos maiores valores de transpiração das plantas desta espécie, como pode ser confirmado com os dados de transpiração obtidos, considerando que ambas foram avaliadas num período de mesma demanda evaporativa da atmosfera (Figura 1). Rao et al. (1990), estudando a influência de fatores ambientais nas relações hídricas de dois clones de seringueira, observaram que a manutenção de um maior "status" hídrico no clone RRII 105 estava relacionada as suas menores taxas de transpiração.

Nas plantas de pupunha e graviola as diferenças entre os tratamentos só ocorreram aos 44 dias após suspensão da irrigação. O maior tempo decorrido nestas espécies para que os Ψ_f se mostrassem estatisticamente diferentes pode ser atribuído

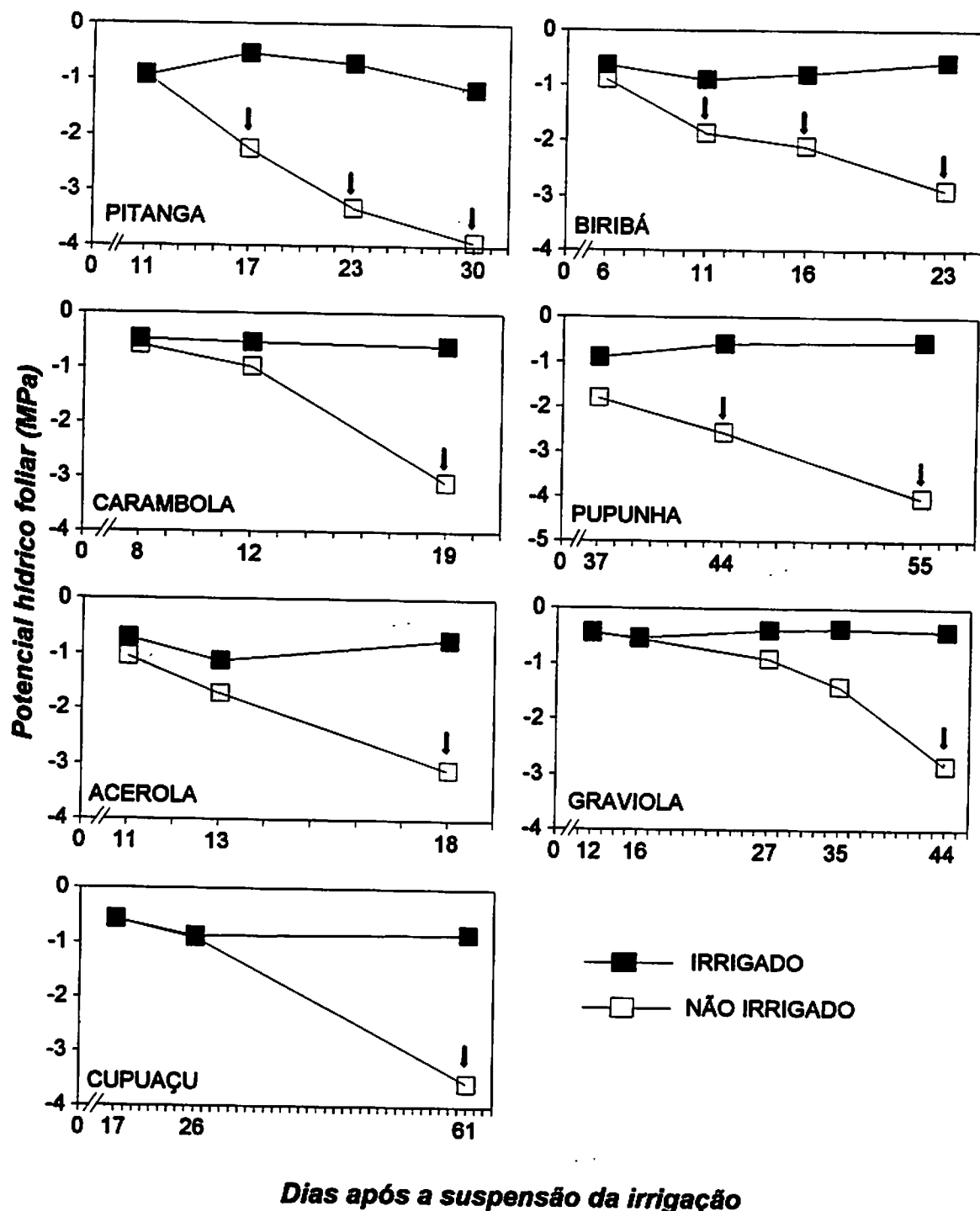


Figura 2. Potencial hídrico foliar das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha e graviola, avaliado às 6:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas. As setas indicam os dias em que os tratamentos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

também às condições microclimáticas do experimento, uma vez que para estas espécies as avaliações foram realizadas num período de menor demanda evaporativa da atmosfera, permitindo um esgotamento mais lento da água por evapotranspiração (Figura 4). Por este motivo, é possível que estas condições mais favoráveis tenham proporcionado a estas espécies manterem seus Ψ_f mais elevados por um período maior durante o experimento. Além disso, no caso da graviola, suas folhas, além de espessas, possuem um aspecto brilhante sugerindo um maior acúmulo de cêra cuticular, que é uma característica adaptativa em algumas espécies por aumentar a reflectância da radiação.

A maior queda no Ψ_f foi observada nas plantas não irrigadas de pupunha, embora estas plantas não tenham apresentado nenhum sinal de murcha durante o período avaliado. No caso das plantas não irrigadas de graviola, esse sintoma foi manifestado apenas no final do período experimental, seguido de um bronzeamento e secamento rápidos das folhas em algumas plantas, sem, no entanto, estas caírem.

4.2 Condutância estomática e transpiração

A diferença de comportamento entre as espécies foi aparente nos valores de condutância estomática e transpiração (Figura 3 e 5); os maiores valores de condutância estomática observados às 11:00 horas ficaram na faixa de 80-100 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ nas plantas de biribá e graviola, sendo as condições de RFA e DPV na faixa de 300-500 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e 1.5-2.0 kPa, respectivamente. Os menores valores, abaixo de 20 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, foram observados nas plantas de pitanga, com valores de DPV e RFA, respectivamente, na faixa de 400-1000 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e 1.5-7.0 Kpa (Figuras 3 e 4).

Alguns estudos com trocas gasosas de plantas jovens de espécies tropicais cultivadas em vaso já foram realizados. Cairo (1992), trabalhando com *Senna multijuga* e *Hymenaea courbaril*, observou que os maiores valores de condutância estomática estiveram numa faixa de 200-400 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, com DPV e RFA na faixa de 1.5-2.0 KPa e 200-400 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, respectivamente. Schaffer e Gaye (1989), observaram em *Mangifera indica* valores de condutância estomática de 100 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, em 2200 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, enquanto Wiebel et al. (1993), trabalhando com *Garcinia mangostana*, observaram valores na faixa de 150-200 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, para DPV de 2 Kpa, chegando a 50 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em DPV de 5 Kpa. Mooney et al. (1983), em *Piper hispidum*, observaram valores de 100 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, quando a umidade

relativa do ar era de 95%, caindo para valores abaixo de $20 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ quando esta era de 65%, independente da intensidade luminosa.

Embora valores de condutância estomática inferiores a $100 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ já tenham sido observados em espécies arbóreas tropicais (Cairo 1992), alguns estudos mostram valores acima de $600 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Turner, Schultze e Gollan 1984; Turner, Schultze e Gollan 1985). Os maiores valores de condutância estomática já observados foram em *Tectonia grandis* e *Gmelina arborea* e estiveram em torno de $1500 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Whitehead, Okali e Fashehun 1981).

Não houve diferenças estatísticas na condutância estomática (Figura 3) e transpiração (Figura 5) entre plantas irrigadas e não irrigadas de acerola e pitanga durante o período experimental, embora os Ψ_f nestas espécies tenham alcançado valores inferiores a $-2,5 \text{ MPa}$ (Figura 2).

Considerando que os estômatos podem responder a déficits hídricos no solo antes que sejam detectadas reduções nos Ψ_f (Blackman e Davies 1985), não se pode admitir um insuficiente déficit hídrico no solo como provável causa da ausência de diferenças. Além disso, o solo em todo o perfil, em todas as espécies, estava visivelmente seco na ocasião do encerramento dos experimentos.

Os baixos e relativamente constantes valores de condutância estomática apresentados pelas plantas de pitanga e acerola explicam a ausência de diferenças observadas nesta característica entre os tratamentos durante o período de avaliação. Além disso, pode-se verificar que os estômatos destas espécies não responderam às condições de radiação e DPV (Figuras 3 e 4), mostrando que a variação na condutância estomática das mesmas pode ser influenciada por outros fatores ambientais e/ou internos, como foi sugerido para citrus por Cohen e Cohen (1983), embora, nas plantas de acerola, aos 7 e 14 dias após a suspensão da irrigação, houve uma tendência de queda nesta característica com o aumento do DPV. Comportamento semelhante foi observado também em *Rapanea guianensis* e *Copaifera langsdorffii* que mantiveram valores constantes e baixos de condutância estomática em potenciais hídricos foliares na faixa de 0 a $-3,0 \text{ MPa}$ (Perez e Moraes 1991). Meinzer, Seyrou e Goldstein (1983) observaram em *Byrsonima crassifolia* e *Curatela americana*, duas espécies de savanas, que o comportamento estomático foi o mesmo independente das estações do ano e da disponibilidade de água no solo em que havia grandes variações no Ψ_f .

Os maiores valores de transpiração das plantas de acerola quando comparados aos das plantas de pitanga (Figura 5) podem explicar os menores valores de Ψ_f na primeira espécie aos 18 dias após a suspensão da irrigação (Figura 2). Um

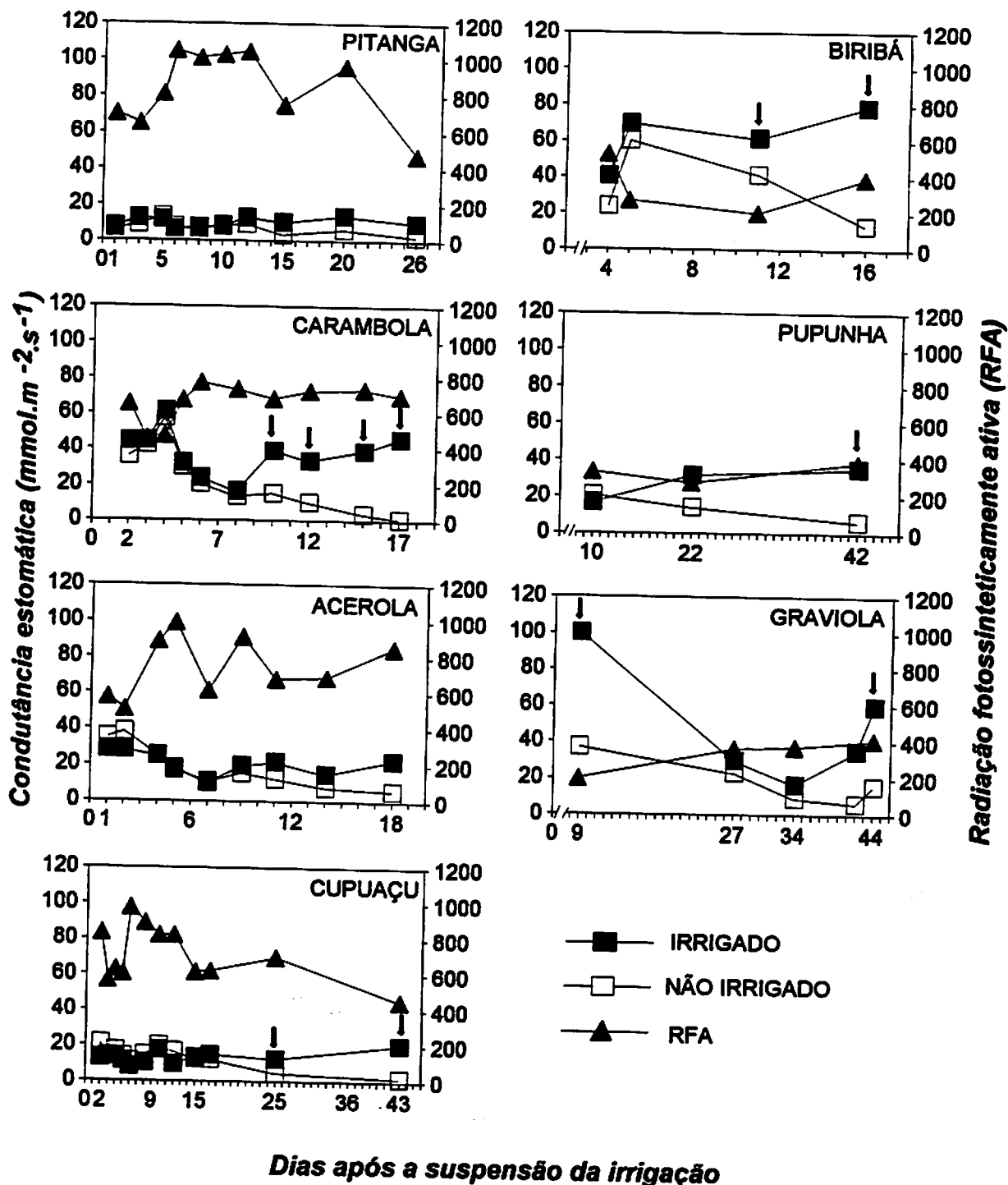


Figura 3. Condutância estomática das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola, e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), avaliadas às 11:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas. As setas indicam os dias em que os tratamentos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

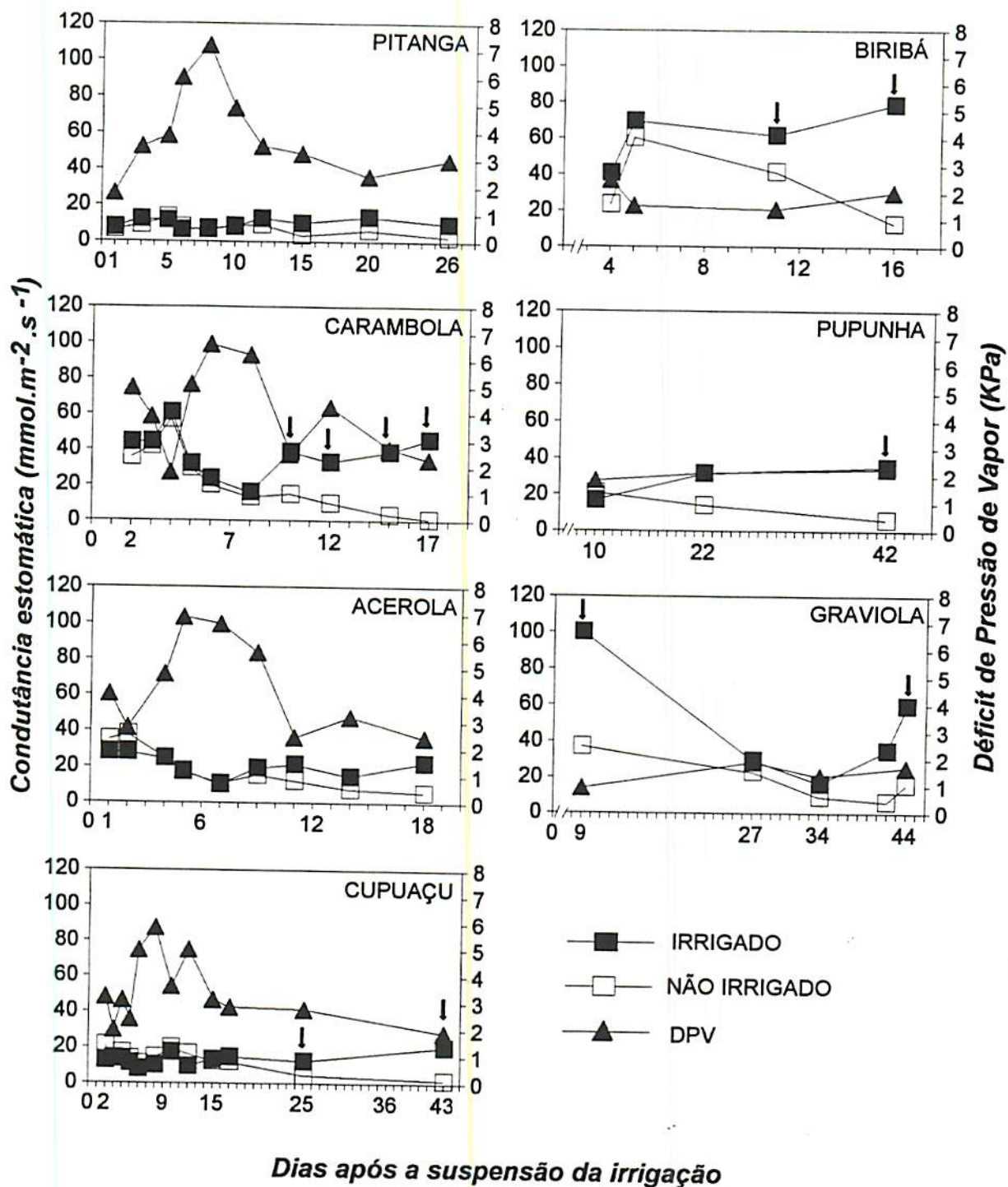


Figura 4. Condutância estomática das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha, graviola, e déficit de pressão de vapor (DPV), avaliados às 11:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas. As setas indicam os dias em que os tratamentos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

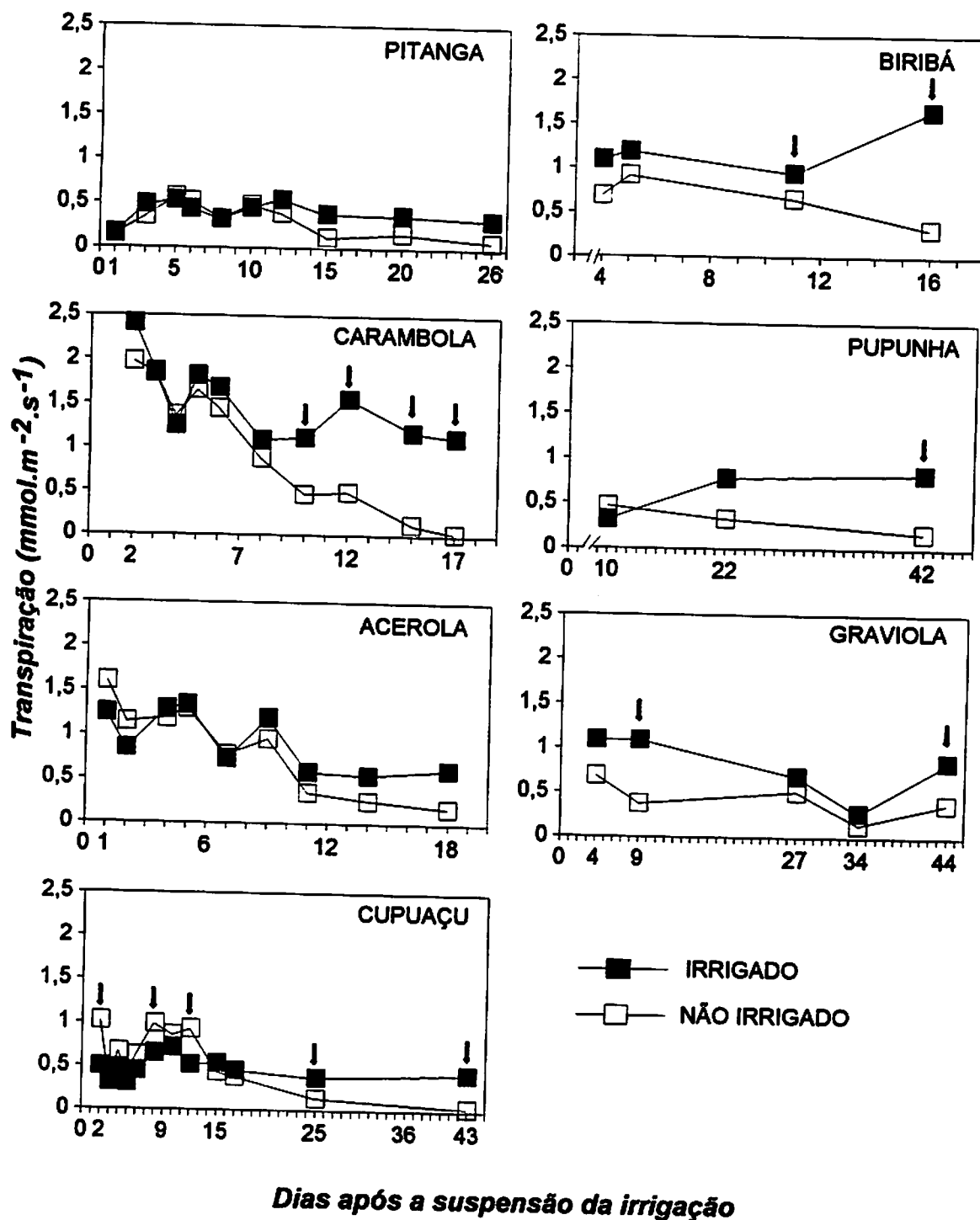


Figura 5. Transpiração das plantas irrigadas e não irrigadas de pitanga, carambola, acerola, cupuaçu, biribá, pupunha e graviola avaliada às 11:00 horas durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 10 plantas. As setas indicam os dias em que os tratamentos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

fato que pode ter contribuído para isto são as características morfológicas das plantas de pitanga, cujas folhas são verdes-brilhantes, de superfície lisa supondo uma maior deposição de cêra cuticular, contribuindo para uma maior reflectância da radiação. Rocha Neto, Cano e Tiebaut (1983) observaram em plântulas de seringueira sob déficit hídrico que as taxas de transpiração relativa baixas estavam relacionadas com a espessa camada cuticular de suas folhas e fechamento estomático prematuro.

A condutância estomática e a transpiração apresentaram diferenças estatísticas entre plantas irrigadas e não irrigadas de carambola, biribá, cupuaçu, pupunha e graviola aos 10, 16, 26, 42, e 44 dias após suspensão da irrigação, respectivamente (Figuras 3 e 5). Observa-se, no entanto, como citado anteriormente, que no caso das plantas de pupunha, em função da pouca disponibilidade de folhas, houve um grande intervalo entre a segunda e terceira avaliações, não sendo possível detectar o provável dia, após o 22º, em que ocorreu diferença na condutância estomática entre os tratamentos nesta espécie.

O mais baixo potencial hídrico nas plantas não irrigadas de graviola para o fechamento estomático, -3.0 MPa, quando comparado ao das outras espécies, pode estar relacionado com suas características vegetativas e/ou uma provável redução no potencial osmótico consequente de um ajustamento osmótico. A capacidade de uma planta em manter a turgescência foliar quando diminui o Ψ_f é uma importante adaptação ao déficit hídrico. A abertura estomática e outros processos associados à fotossíntese são diretamente afetados pelo potencial de turgescência da folha. Para Ludlow e Muchou (1990), o ajuste osmótico permite que os estômatos permaneçam parcialmente abertos a Ψ_f progressivamente menores, o que pode manter a produção de matéria seca por um período maior. Embora isto não resulte necessariamente em efeito positivo sobre a produção durante a seca, é certo que reduz a taxa de senescência foliar, tanto por prevenir como por tolerar a desidratação (Hsiao 1973), como foi observado em graviola.

Nas plantas de cupuaçu, a redução na condutância foliar no tratamento não irrigado ocorreu em Ψ_f de -1.0 MPa. Segundo Ludlow (1980) plantas que exibem ajustamento estomático não sobrevivem sem alguma tolerância à desidratação e que esta está geralmente associada com baixas taxas de crescimento e desenvolvimento, considerando que um fechamento estomático prematuro provoca um bloqueio total ou parcial não só à perda de água, mas também à entrada de CO₂. A tolerância das espécies a um possível déficit hídrico no solo pode ser atribuída a um comportamento estomático capaz de regular as perdas de água por transpiração ou a um aprofundamento no sistema radicular.

Por outro lado, pode-se observar na figura 4 que os estômatos desta espécie são sensíveis a aumentos no DPV, o que pode justificar a redução na condutância foliar em altos Ψ_f , pois, segundo El-Sharkawy (1990), esse mecanismo é atribuído a uma desidratação localizada do aparato estomático através da evaporação peristomatal, acoplada a alta resistência para o movimento da água na fase líquida entre mesofilo e epiderme.

Nesta espécie, o controle estomático pode ser altamente funcional nas condições de plantio quando é cultivado em sub-bosque, uma vez que, segundo Mooney et al (1983), a redução na condutância estomática e transpiração com aumento no DPV, funciona principalmente para regular as perdas de água quando a demanda evaporativa é alta e para maximizar a condutância quando esta é baixa. Este comportamento foi observado em *Piper hispidum*, uma espécie de sub-bosque tropical, onde a resposta dos estômatos ao DPV no sentido de reduzir as perdas de água torna-se muito importante (Mooney et al. 1983). Em *Theobroma cacao*, uma espécie também cultivada em sub-bosque, a redução na condutância estomática em DPV 3.5-4.0 MPa foi de 92% (Valle, Silva e Miranda 1987).

Considerando o fato de que fortes reações estomáticas para o DPV diminui a fotossíntese devido reduções na condutância estomática, apropriados manejos no cultivo das espécies devem ser considerados a fim de maximizar a produtividade e eficiência no uso da água.

Do ponto de vista agrônômico isto tem consequências importantes, uma vez que o aumento da umidade relativa ambiente, seja em cultivos de espécies sensíveis em sistemas agroflorestais, seja adotando outras técnicas que reduzam o DPV, pode aumentar a taxa de absorção de CO_2 e acúmulo de matéria seca. Alguns autores citados por Chamont, Strainchamps e Thunot (1995) observaram aumento na produção de algumas espécies cultivadas em casa-de-vegetação, cujos estômatos são sensíveis ao DPV, através do aumento na umidade relativa ambiente.

A forte reação dos estômatos para reduções no DPV é desvantajoso em condições não limitantes de água no solo ou rápidos períodos de armazenagem de água. Sob condições de estresse atmosférico prolongado e com baixa disponibilidade de água no solo, espécies e/ou cultivares mais sensíveis podem entrar em vantagem em termos de habilidade de sobrevivência e de maximizar eficiência no uso da água (Hernandez, Cock e El-Sharkawy 1989).

Assim como nas plantas de cupuaçu, os valores de condutância estomática entre plantas irrigadas e não irrigadas de carambola mostraram-se diferentes estatisticamente e praticamente iguais entre as duas espécies quando seus

Ψ_f ainda eram iguais entre os tratamentos, mostrando que os estômatos podem responder diretamente a um déficit hídrico no solo antes que o mesmo seja detectado nas folhas, como sugerem Blackman e Davies (1985). Existem indicações de que o estímulo é feito pelo ácido absísico produzido nas raízes e estas atuam como um sensor primário do déficit hídrico no solo (Zang e Davies 1989). Contudo, nas plantas de carambola esse fato foi observado aos 10, enquanto nas de cupuaçu aos 26 dias após a suspensão da irrigação, mostrando que as plantas de carambola apresentam uma maior sensibilidade estomática ao déficit hídrico, o que pode ser considerada uma estratégia preventiva à perda de água.

As variações ocorridas na condutância estomática nas plantas irrigadas de cupuaçu e carambola durante o período experimental são atribuídas a mudanças ocorridas na demanda evaporativa da atmosfera (Figura 4), enquanto que nas demais espécies a condutância estomática das plantas irrigadas foi indiferente, mantendo-se valores constantes e baixos (nas plantas de pitanga, acerola e pupunha) ou variáveis (nas plantas de biribá e graviola), independente dos valores de DPV e RFA (Figura 3 e 4). O comportamento dos estômatos da maioria das espécies estudadas neste trabalho, mostrou não haver fortes interações destes com os fatores ambientais, RFA e/ou DPV.

A relação entre fatores microclimáticos como DPV, radiação e temperatura e condutância estomática e transpiração tem sido estudada por alguns pesquisadores (Whitehead, Okali e Fashehun 1981; Winkel e Rambal 1990; Dai, Edwards e Ku 1992; Wiebel et al. 1993), sendo a sensibilidade dos estômatos às variações do ambiente variável entre as espécies e até entre clones da mesma espécie (Rao et al. 1990).

Segundo Medri e Lleras (1979), essa variação no comportamento estomático em resposta a fatores microclimáticos pode ser ocasionada por aspectos morfológicos, tais como densidade e tamanho dos estômatos e espessura cuticular. Lleras (1979) observou uma redução no número de estômatos por área em algumas espécies em condições de seca, o que, segundo o autor, permite uma troca gasosa eficiente nos períodos em que a umidade relativa é alta e reduz as perdas quando a condição hídrica é desfavorável. Quanto a estes aspectos, torna-se necessário conhecer a anatomia foliar destas espécies quanto à densidade e tamanho dos estômatos, espessura cuticular, etc, para que se possa inferir algumas especulações nesse sentido, uma vez que neste trabalho não foram realizadas essas avaliações.

Nas plantas de biribá, a condutância estomática das não irrigadas foi igual à das irrigadas mesmo após detectada diferença no Ψ_f . Pode-se inferir, portanto,

que o fechamento dos estômatos se deu principalmente em resposta à queda no Ψ_f . Comportamento semelhante foi observado em jatobá por Cairo (1992). Considerando o fato que no curso de uma evolução diurna, os estômatos podem responder preferencialmente ao gradiente de potencial hídrico entre as folhas e a atmosfera (DPV), sendo influenciados em menor proporção pela disponibilidade de água no solo (Sutcliffe 1980), essa ausência de diferença na condutância estomática entre os tratamentos pode ter ocorrido em função dos baixos valores de DPV no período e/ou horário avaliados. Por outro lado, este comportamento pode está ligado a um ajuste osmótico, levando a uma redução no potencial hídrico foliar, em função da redução no potencial osmótico.

Considerando-se as espécies avaliadas na primeira fase (Figura 1), que coincidiu com valores de maior demanda evaporativa da atmosfera (janeiro a abril) observa-se que a duração do período experimental dessas espécies (pitangueira, aceroleira, cupuaçuzeiro e caramboleira), foi inversamente proporcional às taxas de transpiração das mesmas. Além disso, a duração do período foi menor em relação às espécies avaliadas na segunda fase (pupunheira, biribazeiro e gravioleira), de menor demanda da atmosfera (meados de abril a agosto), exceto para o cupuaçuzeiro, possivelmente pelas suas baixas taxas transpiratórias e/ou desenvolvimento do sistema radicular.

4.3 Características visuais de estresse hídrico

Os sintomas de murcha severa manifestaram-se claramente nas plantas não irrigadas de carambola, acerola, biribá e pitanga a partir do 10º, 12º, 13º e 16º dia após suspensão da irrigação, respectivamente. Nas plantas não irrigadas de carambola esses sintomas foram caracterizados por um enrolamento e amarelecimento gradativos dos folíolos iniciando-se nas folhas mais velhas, com posterior queda. Algumas plantas não irrigadas desta espécie mantiveram suas folhas no final do período de estresse. No caso das plantas estressadas de biribá, suas folhas apresentavam murcha e queda concomitantes, algumas com uma tonalidade bronzeada, enquanto outras caíam ainda verdes. Nesta espécie, apesar da queda total das suas folhas completamente expandidas, as regiões de crescimento na maioria das plantas, embora murchas, apresentavam-se ainda verdes no final do experimento, o que facilitou a rápida recuperação das plantas desta espécie após a reirrigação.

As plantas não irrigadas de pitanga apresentaram queda parcial das folhas mais velhas, enquanto o mesmo tratamento nas plantas de acerola provocou

queda parcial de folhas novas e velhas. No caso das plantas de pitanga, suas folhas, no tratamento não irrigado, caíam ainda verdes e, assim como nas plantas de graviola, estas apresentam um aspecto brilhante, possivelmente em função do acúmulo de cêra cuticular, o que pode contribuir para as baixas taxas transpiratórias desta espécie em função da maior reflectância da radiação incidente nas folhas. Ainda nesse caso, algumas plantas no final do experimento apresentavam-se com todas suas folhas completamente secas, embora fixas nas plantas.

A murcha e o enrolamento são causados pela perda de turgor das células da epiderme. Embora tal resposta, e conseqüente queda das folhas, reduzam a taxa de transpiração da planta por decrescer a área foliar exposta, a manutenção do turgor permite ao tecido manter suas atividades fisiológicas por um período mais longo em ambientes cuja disponibilidade de água apresenta-se como fator limitante para o crescimento (Karamanos, Drossopoulos e Niavis 1983). A queda de folhas pode ser devido também a um aumento nos teores de ácido abscísico, que em condições de déficit hídrico (Tardieu e Davies 1991), em primeira instância provoca o fechamento estomático e numa etapa subsequente, a abscisão foliar.

As plantas não irrigadas de graviola e cupuaçu, durante o período inicial após a suspensão da irrigação, não manifestaram quaisquer sintomas visíveis de estresse. À medida que o déficit hídrico progrediu, os sintomas foram se manifestando, lenta e uniformemente, com amarelecimento das folhas mais velhas, que apresentavam-se posteriormente com tonalidade marrom e quebradiças, embora mantiveram-se na planta. Em ambas espécies, algumas plantas do tratamento não irrigado apresentavam-se totalmente secas no final do experimento, enquanto outras mantinham apenas suas folhas totalmente expandidas ainda verdes. Nesse caso, enquanto essas plantas de graviola apresentavam valores de Ψ_f entre -1.0 e -1.1 MPa, nas plantas do mesmo tratamento de cupuaçu esses valores não foram inferiores a -2.2 MPa. Ainda em graviola, algumas plantas em ambos os tratamentos mostraram algumas folhas bronzeadas em função da baixa temperatura ambiente no período em que esta foi avaliada, embora, nesse caso, estas não se apresentavam secas e quebradiças.

Nas plantas não irrigadas de pupunha observou-se uma paralização nos lançamentos foliares após imposição do déficit hídrico e um amarelecimento nas folhas mais velhas, sem uma posterior queda, o mesmo ocorrendo em graviola, embora os lançamentos foliares desta segunda espécie não tenham diferido da testemunha irrigada durante o período avaliado. Cabe ressaltar que para esta espécie as avaliações dos lançamentos e expansão foliares foram paralizadas antes de se

detectar diferenças entre os tratamentos em função de um ataque de pulgão nas folhas mais novas.

Através da manifestação dos sintomas visuais em suas folhas, verificou-se que as espécies estudadas possuem diferentes estratégias de sobrevivência quando submetidas à condição de deficiência hídrica no solo. O processo de senescência acelerada manifestado nas plantas não irrigadas de pitanga, acerola, biribá e carambola pode ser uma estratégia contra a perda de água mais intensa nestas espécies, seja por evitar uma elevação da temperatura foliar em função da redução da radiação incidente, seja por reduzir a superfície de transpiração em função da redução na área foliar, conforme sugerido por Ludlow e Muchou (1990), principalmente considerando o fato de que as plantas de biribá e carambola apresentam folhas grandes e altas taxas transpiratórias (Figura 5).

Sob este aspecto, ao considerarmos o comportamento das demais espécies (pupunheira, gravioleira e cupuaçuzeiro), observou-se que estas revelaram uma estratégia de sobrevivência diferente daquelas já discutidas, ou seja, toleram as condições de deficiência hídrica mantendo as folhas nas plantas, mesmo com baixos valores de Ψ_f .

Quando se observa os valores de potencial hídrico foliar, torna-se importante verificar o decréscimo no teor relativo de água por unidade de potencial hídrico decrescido, sendo a planta considerada mais tolerante à dessecação quanto menor o decréscimo no teor relativo de água por unidade de potencial hídrico apresentado pela espécie. Embora não tenham sido realizadas avaliações do teor relativo de água foliar nestas espécies, os resultados observados podem ser comparados com os obtidos por Cairo (1992), que observou em plantas de jatobá submetidas a déficit hídrico, um comportamento similar ao das três espécies acima citadas e atribuiu a manutenção da turgescência celular nos tecidos foliares desta espécie a um possível ajustamento osmótico ou diminuição das perdas d'água por transpiração, mediante a redução da condutância estomática. O ajuste osmótico permite ao vegetal manter a turgescência mesmo com baixos valores de Ψ_f , aumentando sua resistência à seca. Para algarobeira este é um fator crítico para sobrevivência, durante o período de seca (Perez 1995).

As prováveis diferenças na capacidade de aprofundamento do sistema radicular, associadas às características morfológicas e fisiológicas da parte aérea, podem explicar o fato de que aos 65 dias após suspensão da irrigação, algumas plantas não irrigadas de graviola apresentavam valores de Ψ_f -1,0 MPa. Cairo (1992) verificou que plantas de *Miconia cinnamomifolia* com sete meses de idade e

crescidas no campo, suportara 63 dias sem irrigação sem alterar o seu estado hídrico em relação às irrigadas. Embora não tenham sido feitas avaliações no sistema radicular desta espécie, este comportamento foi atribuído provavelmente à melhor capacidade das raízes da mesma na absorção de água localizada nas camadas mais inferiores do solo.

4.4 Comprimento foliar

A figura 6 mostra o crescimento foliar das plantas irrigadas e não irrigadas das sete espécies estudadas. As alterações verificadas no estado hídrico das plantas não irrigadas durante o período de indução do déficit hídrico foram acompanhadas por uma acentuada redução nessa característica.

Observa-se que para algumas espécies (pitangueira, cupuaçuzeiro e gravioleira), as primeiras avaliações do comprimento foliar foram realizadas alguns dias (10, 11 e 15, respectivamente) após a suspensão da irrigação das mesmas, uma vez que as folhas avaliadas antes deste período não apresentaram diferenças nessa característica entre plantas irrigadas e não irrigadas, sendo, por isso suprimidas dos gráficos. Isso mostra uma menor resposta da expansão foliar dessas espécies aos efeitos do déficit hídrico.

Não houve diferenças estatísticas no crescimento foliar entre plantas irrigadas e não irrigadas de acerola durante o período avaliado. O crescimento foliar das plantas não irrigadas foi paralizado aos 12 dias após suspensão da irrigação para caramboleira; 17 para biribazeiro, 18 para pitangueira; 35 para pupunheira. Nas plantas de cupuaçu, embora no início do desenvolvimento da folha o crescimento tenha sido menor no tratamento não irrigado, o crescimento das folhas de ambos tratamentos paralizou numa mesma época. Nessa ocasião, os Ψ_f eram, aproximadamente, -2,2 MPa para as plantas não irrigadas de pitanga e biribá, -1.0 MPa para as de cupuaçu e carambola, -1,8 MPa para as de pupunha e as folhas avaliadas apresentavam 50, 27, 58 e 30%, respectivamente, do comprimento total, em relação às plantas irrigadas. No caso da pupunheira e gravioleira, o experimento foi encerrado antes do completo desenvolvimento das folhas que estavam sendo avaliadas, justificando, portanto, a tendência de crescimento na curva do tratamento irrigado, no caso da primeira espécie, e em ambos tratamentos, no caso da segunda.

Nas plantas não irrigadas de cupuaçu e carambola, a redução no comprimento foliar (Figura 6) e na condutância estomática, ocorreu em altos Ψ_f . Esse

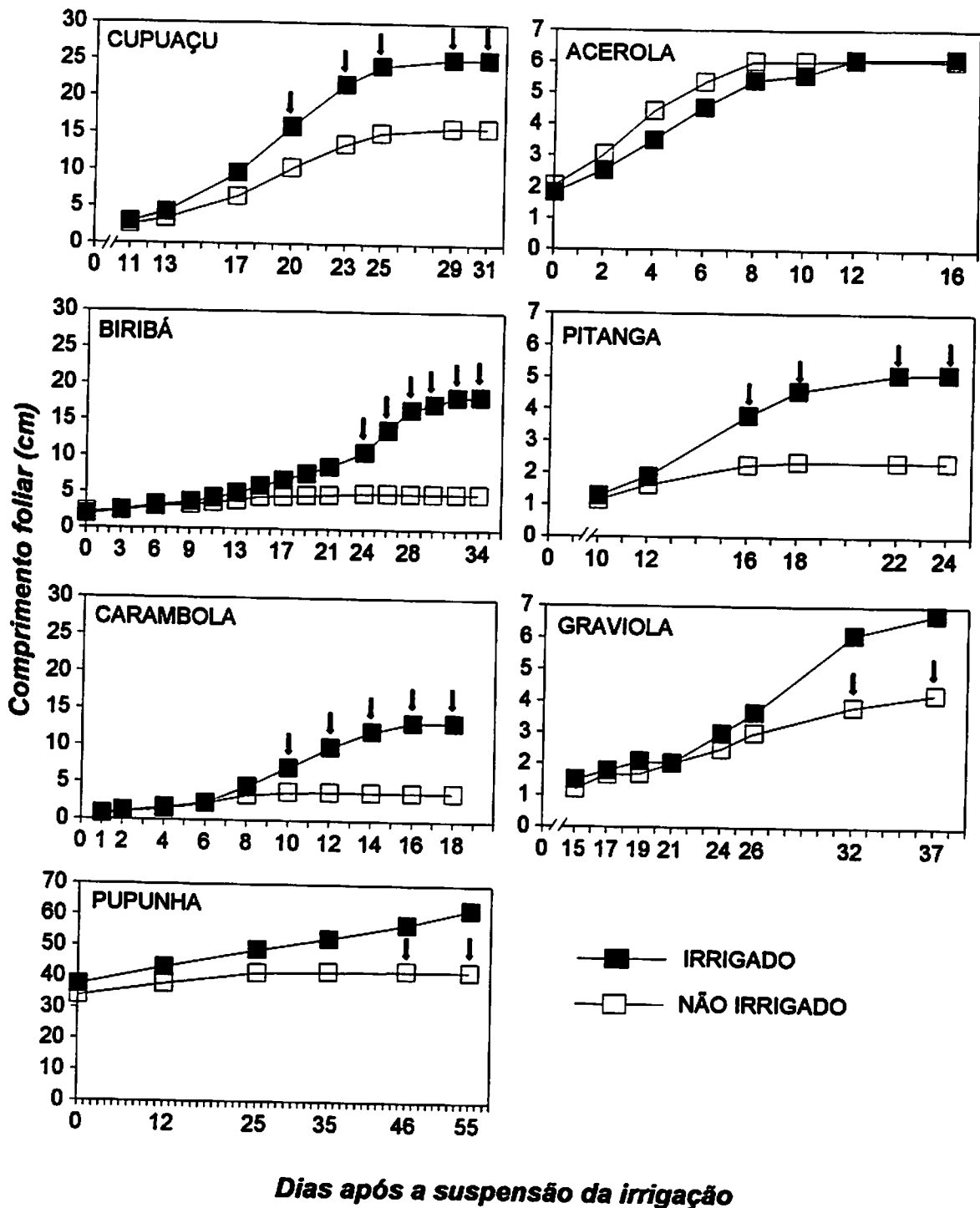


Figura 6. Comprimento foliar das plantas irrigadas e não irrigadas de cupuaçu, biribá, carambola, pupunha, acerola, pitanga e graviola, avaliado durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas. As setas indicam os dias em que os tratamentos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

comportamento, segundo Kuang et al. (1990), pode agir no sentido de conservar água no início do estresse antes que a limitação de área foliar seja pronunciada.

Embora estas espécies tenham apresentado praticamente os mesmos valores de Ψ_f para reduções nessas características no tratamento não irrigado, enquanto no cupuaçuzeiro suas folhas mantiveram-se fixas na planta durante o período de estresse, na caramboleira a maioria das plantas apresentava-se completamente sem folhas no final do experimento. Quando comparadas suas taxas de transpiração, observa-se que estas são bem mais elevadas na caramboleira, o que pode ter contribuído para a perda de turgescência foliar, como sugerido por Blum e Sullivan (1986), e consequente queda de folhas. As folhas das plantas de cupuaçu apresentam-se cobertas de pêlos ferruginosos, o que pode ter contribuído para reduzir a taxa transpiratória desta espécie, pois segundo Turner e Begg (1981) o desenvolvimento de pêlos é um mecanismo adaptativo que além de aumentar a reflectância da radiação, diminui a condutância da camada limite.

As folhas de pupunha e graviola não alcançaram completa expansão durante o período avaliado. No primeiro caso, devido ao lento desenvolvimento vegetativo apresentado pela espécie, como pode ser observado pela sua mais baixa e constante taxa de crescimento (Figura 6). No caso das folhas de graviola, cabe lembrar que aos 37 dias após suspensão da irrigação, as plantas de ambos tratamentos foram irrigadas, reiniciando a suspensão 10 dias após. Na ocasião da irrigação os Ψ_f não apresentavam diferenças entre os tratamentos. Após reinício de imposição do déficit hídrico, as plantas não irrigadas apresentavam taxas de crescimento superiores às plantas irrigadas (dados não apresentados).

Ao contrário das demais espécies, a expansão foliar nas plantas não irrigadas de graviola não paralizou até o 37º dia após a suspensão da irrigação, época na qual foram paralizadas as avaliações. Esse fato sugere a ocorrência de um possível ajustamento osmótico nesta espécie, mantendo os processos metabólicos de crescimento por mais tempo, conforme observado por Raja e Bishnoi (1990) em *Brassica campestris*.

Embora restrições nas taxas de crescimento foliar tenham sido detectadas em todas as espécies, estas foram mais acentuadas nas plantas não irrigadas de carambola, cuja paralização se deu aos 12 dias após a suspensão da irrigação (Figura 6).

As taxas de crescimento relativo (TCR) foliares (Figura 7) variaram muito entre os intervalos avaliados, na maioria das espécies. Isso, provavelmente em função do próprio padrão de expansão foliar característico dessas espécies, que foi o mesmo

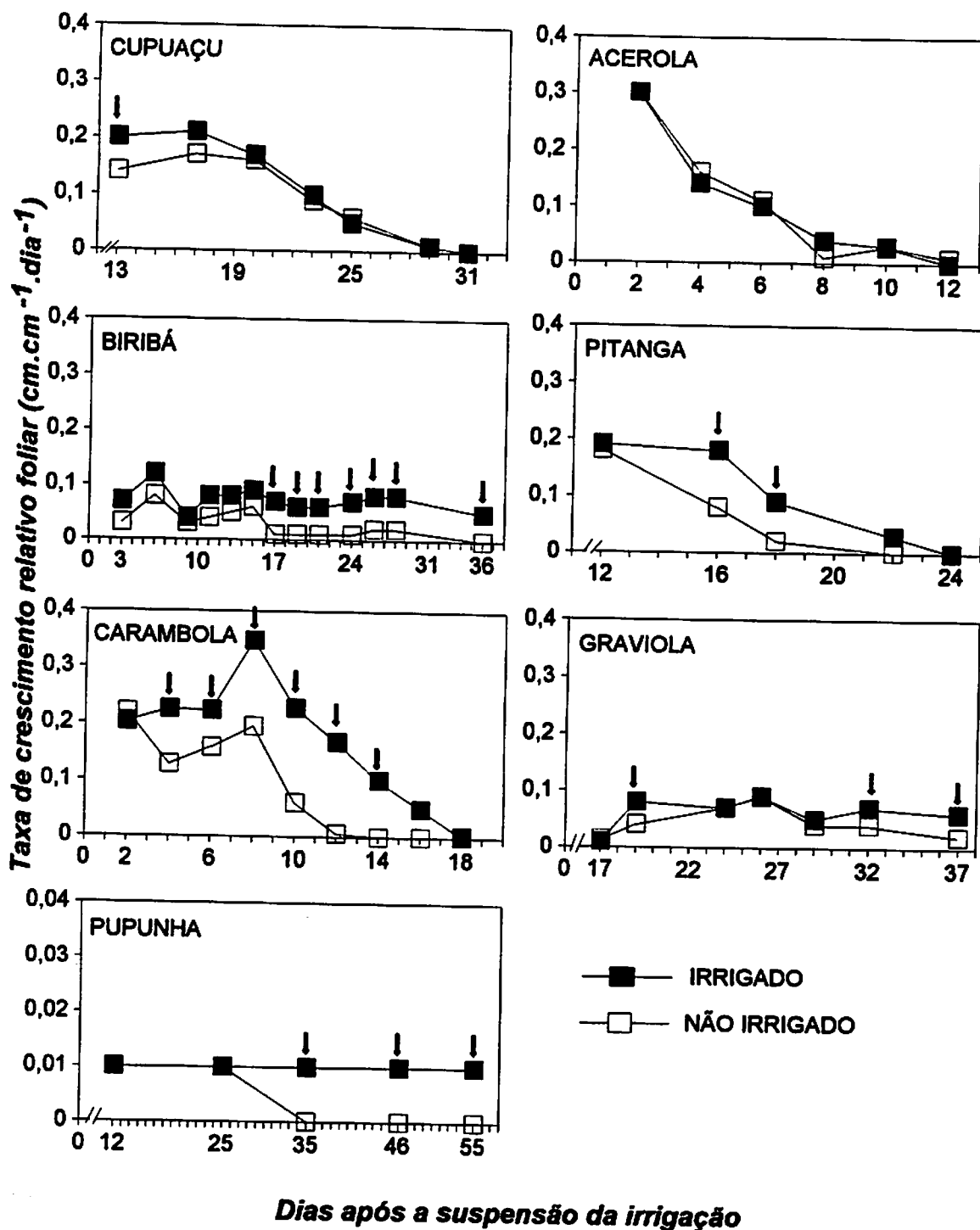


Figura 7. Taxa de crescimento relativo foliar das plantas irrigadas e não irrigadas de cupuaçu, biribá, carambola, pupunha, acerola, pitanga e graviola, avaliada durante o período de imposição dos regimes hídricos. Média de 5 plantas. As setas indicam os dias em que os tratamentos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

para as plantas irrigadas e não irrigadas. Além disso, a TCR é dependente de dois outros parâmetros de crescimento, razão de área foliar (RAF) e taxa assimilatória líquida (TAL), e apenas RAF foi avaliada, mas somente no final do experimento.

Comparando-se as TCR_f (Figura 7), verifica-se que para as plantas de pitanga, acerola e cupuaçu, essas taxas foram máximas no início do desenvolvimento das folhas e diminuíram posteriormente, enquanto que as plantas de biribá e carambola apresentaram picos quando suas folhas apresentavam 18 e 50%, respectivamente, do seu completo desenvolvimento. As maiores taxas de crescimento foliares foram observadas nas plantas de carambola, enquanto as menores nas de pupunha.

4.5 Resposta de recuperação ao estresse

Um outro aspecto abordado neste estudo foi as respostas das plantas à recuperação ao estresse. As observações visuais mostraram que após reirrigadas as plantas de pitanga, acerola, carambola e biribá recuperaram-se mais rapidamente em relação às demais espécies. Nestas plantas de pitanga e acerola as folhas remanescentes e murchas apresentaram-se com aspecto normal após 2 e 4 dias, respectivamente, após reirrigadas. Os novos lançamentos iniciaram-se aos 6 e 7 dias, respectivamente, para estas espécies. Nesta época não se observou qualquer diferença visual entre as plantas controle e aquelas previamente estressadas destas espécies.

As plantas não irrigadas de carambola, cujas folhas se destacaram e cujos ápices secaram, apresentaram-se com brotações laterais uma semana após reirrigadas, estas iniciando-se no terço superior do caule. Por outro lado, as plantas cujos ápices não secaram ou cujas folhas não caíram, apresentaram novas brotações 10 dias após reirrigadas, estas iniciando-se na parte inferior do caule. Nesta época, os ápices secos apresentavam-se aparentemente recuperados (com novas brotações).

Para as plantas não irrigadas de biribá, as regiões de crescimento, que no final do período de estresse permaneciam na maioria das plantas verdes, apresentaram aspecto normal 48 horas após reirrigação.

No caso das plantas de cupuaçu e graviola, só recuperaram após reirrigadas as que mantinham suas folhas ainda verdes no final do período de imposição do déficit hídrico. Tal recuperação, foi baseada nas observações visuais da hidratação normal das folhas, uma vez que não foi possível observações do surgimento de novos lançamentos, em função de uma estabilização do crescimento das plantas de

ambos tratamentos, para o caso das de graviola, e pelo período de tempo prolongado para que isto ocorresse, no caso das de cupuaçu.

A demora no surgimento de lançamentos foliares nas plantas não irrigadas de pupunha impediu a observação de qualquer sintoma visual de recuperação do estresse nesta espécie.

No geral, as espécies cujos sintomas de estresse hídrico manifestaram-se mais rapidamente após imposição do déficit, recuperaram-se em menos tempo após reirrigadas. Pode-se dizer que estas adotaram uma estratégia de eliminar todos os possíveis mecanismos de perda de água antes que o estresse fosse acentuado, armazenando água no caule, o que pode ter contribuído para a recuperação mais rápida.

Embora o período de recuperação de plantas sob déficit hídrico varie com a espécie, intensidade do estresse, estágio de desenvolvimento, e de as avaliações de recuperação ao estresse neste estudo terem sido apenas visuais, em alguns estudos citados por Perez (1995) verificou-se que espécies cujos Ψ_f atingiram valores iguais ou inferiores aos do presente trabalho, retornaram aos valores controle em menos de 24 horas após reirrigadas.

4.6 Produção e distribuição de matéria seca

O estresse hídrico resultou na redução de matéria seca total nas plantas não irrigadas de pitanga, cupuaçu, biribá e pupunha, sendo que a maior redução ocorreu em biribá, 55% em relação as plantas irrigada (Figura 8A). O menor acúmulo de matéria seca nestas espécies sob déficit hídrico está associado a reduções proporcionalmente maior na matéria seca da parte aérea em relação às raízes, sendo o biribazeiro a espécie que apresentou as maiores reduções em ambos os casos (50% e 34%, respectivamente, para parte aérea e raiz) (Figuras 8B e 8C). No caso da aceroleira, observou-se um aumento na matéria seca total das plantas não irrigadas, em função do aumento da matéria seca do sistema radicular.

Uma redução na condutância estomática, associada a uma redução na área foliar resultante da supressão na expansão foliar e redução de lançamentos decorrentes do estresse hídrico, reduzindo a superfície fotossintética, pode diminuir a quantidade de carboidratos disponíveis para a manutenção do crescimento celular da planta como um todo, resultando, dessa forma, num baixo acúmulo de matéria seca (Begg e Turner 1976). Além disso, a senescência e abscisão precoces contribuem para a redução dessa característica.

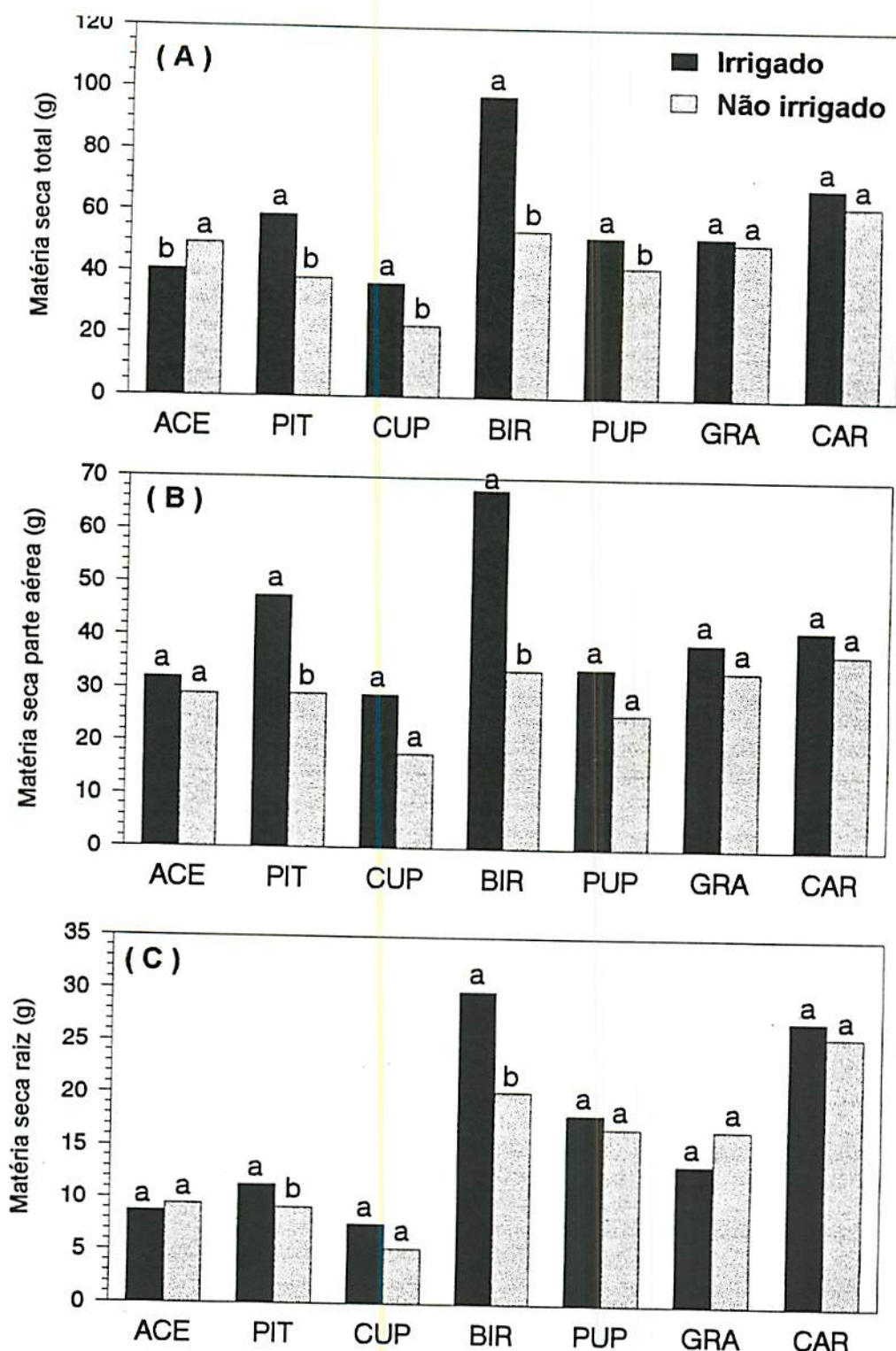


Figura 8. Produção de matéria seca total (A), da parte aérea (B) e da raiz (C) das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola (ACE), pitanga (PIT), cupuaçu (CUP), biribá (BIR), pupunha (PUP), graviola (GRA) e carambola (CAR). Média de 5 plantas. Dentro de cada espécie médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a menor redução no acúmulo de matéria seca no sistema radicular em relação à parte aérea, como observada em outras espécies (Sharp 1990; Dias-Filho 1995), o déficit hídrico pode ter induzido um provável ajustamento osmótico, resultando em um constante crescimento das raízes, o qual pode constituir um mecanismo de tolerância (Hsiao 1973). Para este autor, as raízes podem ser superiores à parte aérea na habilidade de ajustar-se osmoticamente. Além disso, a maior sensibilidade da expansão foliar ao déficit hídrico em relação à fotossíntese, pode resultar na translocação de fotoassimilados excedentes para o sistema radicular, favorecendo seu maior desenvolvimento. No entanto, ao considerarmos o período em que estas reduções de matéria seca ocorreram, principalmente em nas plantas de pitanga e biribá, 32 e 36 dias, respectivamente, pode-se afirmar que o déficit hídrico teve um grande efeito no desenvolvimento das plantas neste período de intenso crescimento.

Cascardo (1991), trabalhando com plantas de seringueira com 8 meses de idade submetidas a déficit hídrico por 36 dias, observou reduções de 26, 18 e 24%, respectivamente, na matéria seca da parte aérea, raiz e total, enquanto Conceição, Oliva e Lopes (1986), trabalhando com plântulas de clones da mesma espécie, observaram que déficits hídricos cíclicos provocaram reduções na matéria seca que variaram de 28-37% em relação às plantas mantidas irrigadas.

O padrão de distribuição de matéria seca entre as partes das plantas em condições irrigadas não variou muito na maioria das espécies, obedecendo a seguinte ordem decrescente: folha, caule, raiz a 25 cm de profundidade e raiz a 50 cm de profundidade (Figura 9A). Nas plantas de acerola e graviola as maiores produções de matéria seca ocorreram no caule. Dentre as espécies estudadas, a pitangueira, a aceroleira e o cupuaçuzeiro apresentaram, em relação as demais espécies, proporcionalmente maiores alocações de fotoassimilados para a parte aérea, refletindo em maiores valores de razão parte aérea/raiz (Figura 9C).

A distribuição de matéria seca entre as partes da planta foi afetada diferentemente entre as espécies quando estas foram submetidas ao déficit hídrico. Como pode ser observado na Figura 9B, enquanto as plantas não irrigadas de pitanga, cupuaçu, biribá e pupunha obedecem o mesmo padrão de distribuição do tratamento irrigado, produzindo mais folhas e menos caule e raízes, as plantas não irrigadas de acerola e graviola produziram mais raízes que as plantas irrigadas em detrimento da parte aérea; caule, no caso das plantas de acerola, e folha, no caso das plantas de graviola. Segundo Turner e Begg (1981), a influência do déficit hídrico na distribuição

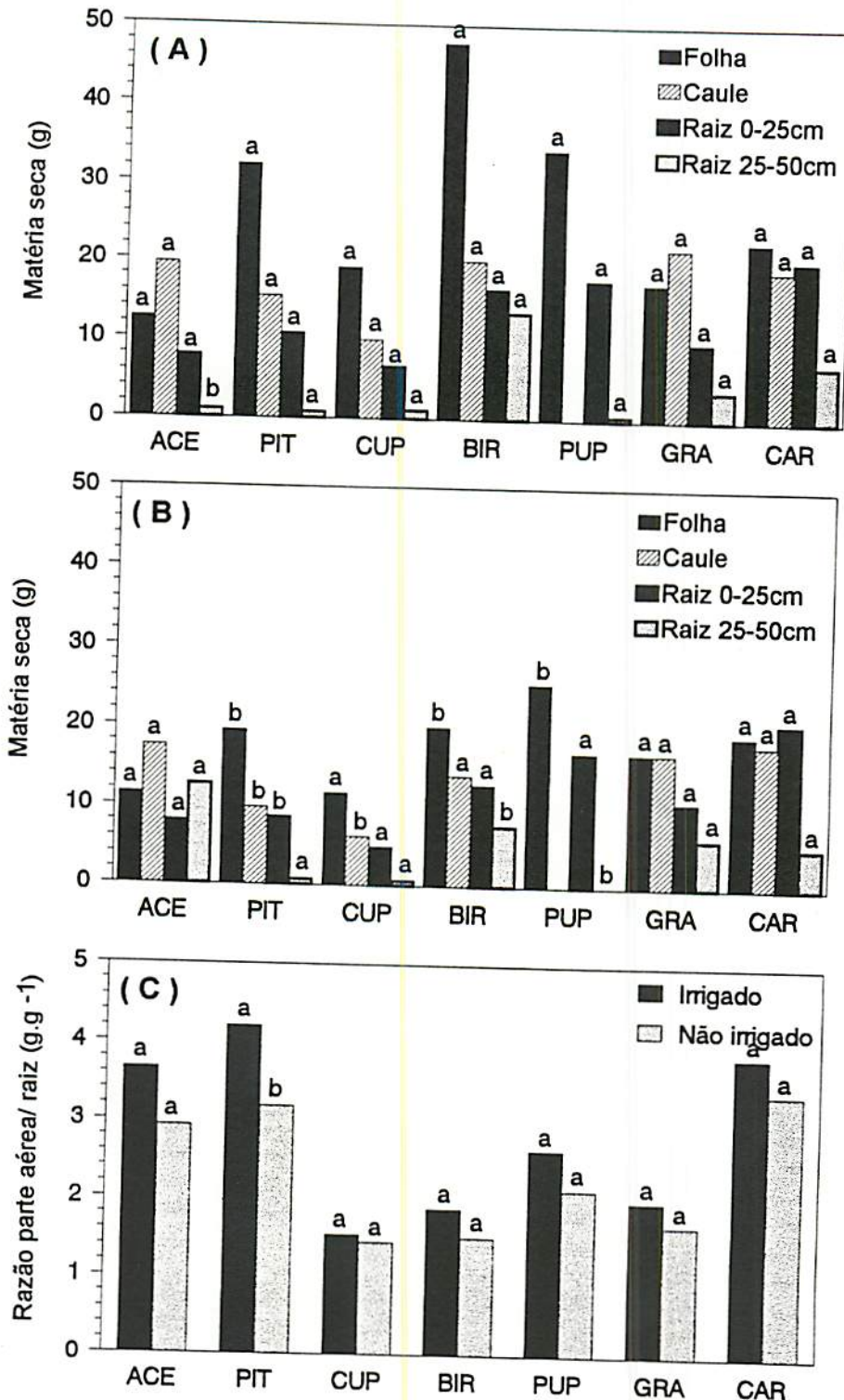


Figura 9. Distribuição de matéria seca entre folha, caule, raiz de 0-25 e 25-50cm de profundidade das plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B) e razão parte aérea/raiz (C) de acerola (ACE), pitanga (PIT), cupuaçu (CUP), biribá (BIR), pupunha (PUP), graviola (GRA) e carambola (CAR). Média de 5 plantas. Dentro de cada parte da planta e variando o tratamento, médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

de assimilados depende do estágio de desenvolvimento e da sensibilidade relativa dos diversos órgãos.

O declínio na matéria seca das raízes de plantas não irrigadas sugere um limitado suprimento de assimilados das folhas devido uma menor retranslocação, ou uma parada no funcionamento das raízes, cessando o crescimento das mesmas (Carvalho e Skhank 1989; Deng, Joly e Hahn 1990).

O aumento na produção de raízes a 50 cm de profundidade do solo no tratamento não irrigado foi aproximadamente duas e seis vezes para as plantas de graviola e acerola, respectivamente. Estas diferenças podem favorecer estas espécies sob condições de déficit hídrico devido a natureza dessas estruturas, que capacitam uma maior absorção de água em função do maior volume de solo explorado. Para Fischer e Turner (1978) parte da biomassa alocada para as raízes em condições de estresse hídrico pode representar mais uma reserva de carbono para utilização pós-estresse do que tecido funcional para absorção.

Esta característica pode explicar o fato conhecido de que a gravioleira apresenta resistência a déficits hídricos (Ledo 1991), e o já citado resultado de algumas plantas não irrigadas desta espécie apresentarem Ψ_f de -1.0 MPa aos 65 dias após suspensão da irrigação. Nas plantas de acerola no mesmo tratamento, este comportamento, somado aos baixos valores de condutância estomática inerentes à espécie, podem explicar a inexistência de diferenças estatísticas na condutância estomática entre plantas irrigadas e não irrigadas durante o período experimental. Baldwin e Barneu (1986) atribuíram o retardamento nas reduções do Ψ_f em *Pinus ponderosa* e *P. contorta* à menor razão p.a/raiz destas espécies sob déficit hídrico.

A ocorrência de déficits hídricos provoca reduções diferenciais nas percentagens de acúmulo de matéria seca das raízes, caules e folhas, direcionando uma maior distribuição de assimilados para as raízes do que para a parte aérea, e como consequência, um aumento na proporção raiz/parte aérea (Khalil e Grace 1993). Um maior particionamento de fitomassa para as raízes em detrimento da parte aérea em plantas submetidas a déficits hídricos tem sido bem documentado (Turner 1986; Ludlow e Muchou 1990; Smit 1992; Arnott et al. 1993). A Figura 9C mostra a relação parte aérea/raiz de plantas irrigadas e não irrigadas das espécies estudadas. Observou-se que as plantas de acerola, pitanga e cupuaçu estão na faixa dos maiores valores, enquanto as demais espécies, principalmente a caramboleira, apresentam as menores razões parte aérea/raiz.

As maiores reduções da razão parte aérea/raiz no tratamento não irrigado ocorreram nas plantas de pitanga, acerola, pupunha e graviola, entre 20-24%, embora estatisticamente significativa apenas nas de pitanga.

O limitado volume de solo explorado, somado às restrições do crescimento radicular de plantas cultivadas em vasos, podem contribuir decisivamente para impedir alterações marcantes na razão parte aérea/raiz (Reis e Hall 1987). Além disso, é possível que as baixas taxas de crescimento de algumas destas espécies na fase inicial de desenvolvimento, podem, em parte, limitar a capacidade das mesmas ajustarem-se ao déficit hídrico através da troca de alocação de fotoassimilados para as raízes (Dias-Filho 1995). Segundo Evans e Etherington (1991), espécies que crescem mais rápido possuem maior plasticidade na morfologia das raízes.

Uma vez que não houve um correspondente aumento absoluto na produção de raízes nas plantas não irrigadas de cupuaçu, biribá, pitanga e pupunha, esta redução na relação p.a/raiz foi basicamente devido a uma redução na área foliar destas espécies, o que pode ser observado na figura 10A. Nas plantas de acerola e graviola, além da redução na área foliar, este comportamento pode ser atribuído ao aumento na produção de raízes observado quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico.

A tendência geral de redução da relação p.a/raiz nas plantas não irrigadas de todas as espécies, pode ser explicada em função da redução proporcionalmente maior da parte aérea em relação às raízes quando estas plantas foram submetidas a déficit hídrico. De fato, um déficit hídrico mais severo desenvolve e persiste por mais tempo na parte aérea transpirante que nas raízes, e como consequência afeta a alocação de carboidratos mais para o crescimento da parte aérea do que para o crescimento das raízes (Carvalho e Schank 1989). Além disso, é provável que a redução na síntese de citocinina nas raízes seja um importante fator na redução do crescimento de plantas sob déficit hídrico podendo inclusive contribuir para acelerar a senescência foliar.

Tem sido proposto que o ácido abscísico está envolvido nas respostas de crescimento diferencial entre parte aérea e raiz de plantas submetidas a déficits hídricos. Sharp et al. (1994) observaram a necessidade do acúmulo desse ácido para a manutenção do crescimento das raízes primárias de milho em baixos potenciais hídricos. Evidências recentes (Sharp 1996) mostram que o ABA exerce importante papel na inibição do crescimento da parte aérea e manutenção do crescimento das raízes em baixos potenciais hídricos do solo. Além de envolver ação do etileno, o acúmulo de ABA nas raízes em baixos potenciais hídricos está relacionado com

aumento na concentração de prolina e atividade de enzimas que contribuem para o afrouxamento da parede celular, contribuindo para manutenção do crescimento.

4.7 Área foliar, área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF)

Pelos resultados apresentados na figura 10A, observa-se que os valores de área foliar praticamente não variaram entre as plantas de graviola, carambola, acerola e cupuaçu, embora as plantas de carambola e cupuaçu apresentem folhas maiores; em grande número, no caso das de carambola, e poucas folhas, no caso das de cupuaçu. Em relação a estas espécies, as plantas de pitanga apresentaram valores de área foliar cerca de duas vezes maior, com muitas folhas pequenas e as de pupunha duas vezes menor, com poucas folhas grandes. As plantas de biribá apresentaram, destacadamente, a maior área foliar, sendo suas folhas numerosas e grandes.

As reduções de área foliar ocorridas nas plantas não irrigadas de pitanga, biribá e pupunha, quando comparadas as plantas irrigadas (Figura 10A), podem explicar as reduções ocorridas na matéria seca total destas espécies quando submetidas a déficit hídrico (Figura 8A). A redução na matéria seca total das plantas não irrigadas de cupuaçu ocorreu em função não só da redução na área foliar desta espécie, mas de outras partes da planta como um todo.

As diferenças no ajustamento de área foliar e condutância estomática entre as espécies mostram suas habilidades para responder a déficits hídricos em função da forma e tamanho da superfície transpirante. Palta (1984) afirma que espécies com maiores áreas foliares podem modificar mais rapidamente seu comportamento estomático e/ou sua superfície transpirante, no sentido de minimizar as perdas de água por transpiração. Enquanto esse comportamento ocorreu nas plantas não irrigadas de biribá através da redução na área foliar, nas de cupuaçu isso foi observado através do ajustamento estomático (Figura 3). Este mesmo autor observou em mandioca, que cultivares mais vigorosas reduzem suas taxas de fotossíntese para zero quando os teores de água no solo era 65%, enquanto que nas menos vigorosas isso só ocorria quando os teores eram inferiores a 75%.

A área foliar específica (AFE) praticamente não variou entre a maioria das espécies e não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, mostrando que a espessura foliar da maioria das espécies, além de ser praticamente a mesma, não foi afetada pela imposição do déficit hídrico (Figura 10B). Exceção se faz para as plantas

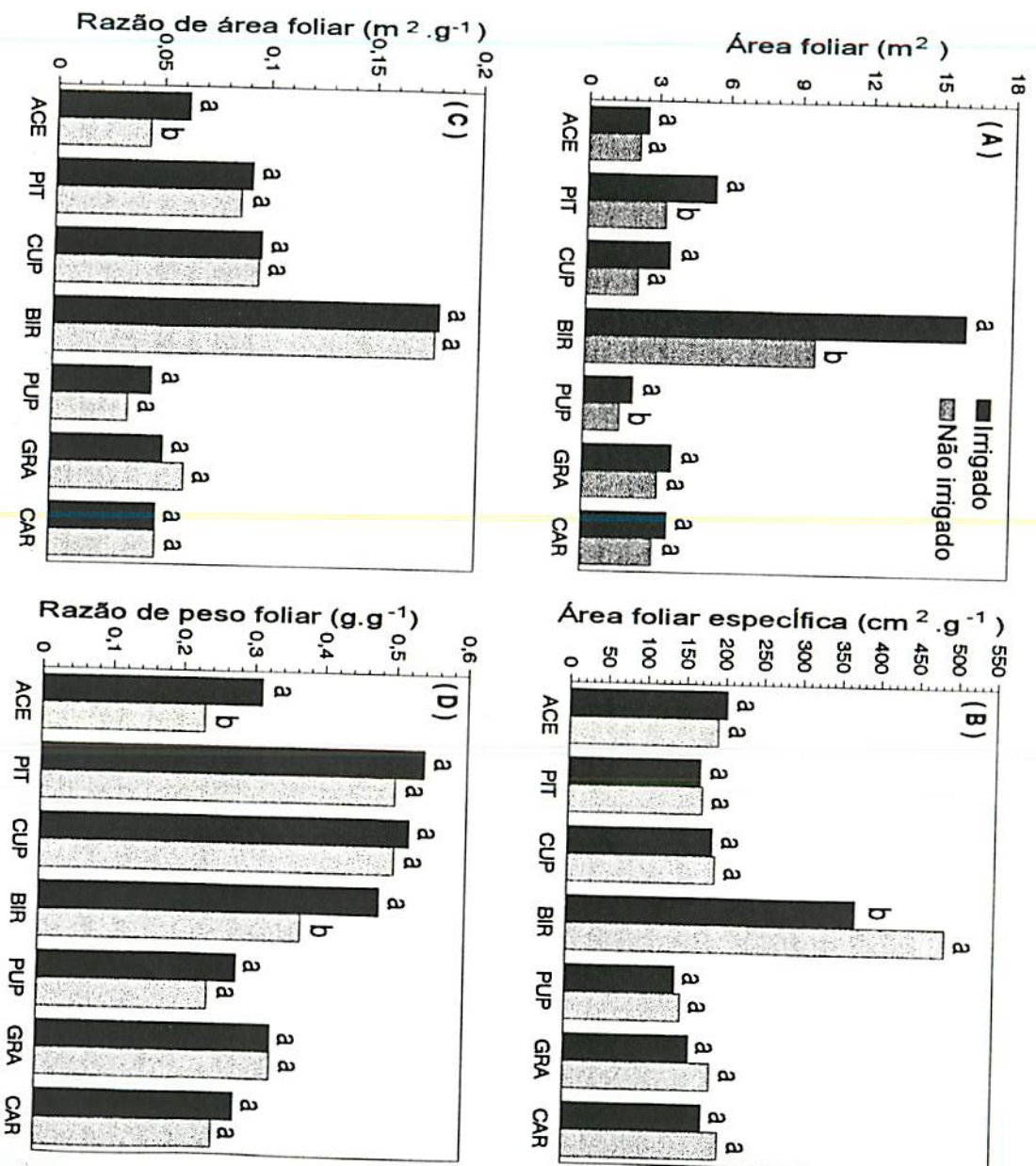


Figura 10. Área foliar (A), área foliar específica (B), razão de área foliar (C) e razão de peso foliar (D) das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola (ACE), pitanga (PIT), cupuaçu (CUP), biribá (BIR), pupunha (PUP), graviola (GRA) e carambola (CAR). Média de 5 plantas. Dentro de cada espécie, médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

de biribá, que apresentaram uma elevada AFE e esta diferiu entre os tratamentos, sendo maior no tratamento não irrigado. Esta espécie apresenta folhas de menor espessura quando comparada às demais, e esta característica foi reduzida com o déficit hídrico. Para algumas espécies, a produção de folhas mais espessas e menores parece ser um caráter adaptativo a ambientes mais secos.

Segundo Fischer e Turner (1978) a redução na AFE está associada com menores taxas de transpiração e maior resistência à seca. Resultados semelhantes foram observados em algumas espécies em condições de seca por Driessche (1991), e em *Pinus silvestris* nas mesmas condições (Sands e Rutter, citados por Driessche 1991).

Para alguns autores (Medri e Lleras 1979; Rascio et al. 1990), a redução na AFE em plantas sob déficit hídrico resulta de um maior investimento da planta em tecidos não fotossintéticos como fibras, vasos, parede celular, etc. Rascio et al. (1990) observou aumentos dos constituintes fibrosos, principalmente hemicelulose, em folhas de trigo sob déficit hídrico. Segundo estes autores, o acúmulo de material de parede pode afetar a quantidade de água apoplástica que pode agir como uma barreira contra a perda de água pela folha. Esta estratégia parece favorecer não apenas a sobrevivência, mas a habilidade fotossintética em baixos potenciais hídricos. Contudo, ela está também associada com baixas taxas de fotossíntese máxima.

A razão de área foliar (RAF) foi maior nas plantas de biribá (Figura 10C), e não variou entre os tratamentos, mostrando que esta espécie, em relação às demais, direciona uma maior parcela de assimilados para produção de folhas do que para outras partes da planta, conforme mostram as figuras 9A. Em plantas sob déficit hídrico, isso se reflete em maior superfície transpirante levando a uma maior perda de água por transpiração. Essa característica, em adição as altas taxas transpiratórias e reduzido volume de raízes apresentado em condições de deficiência hídrica, como será visto mais adiante, pode ter levado esta espécie a apresentar sintomas visuais de estresse, como murcha e queda de folhas, mais rapidamente em relação às demais espécies estudadas, após imposição do déficit.

A RAF foi estatisticamente diferente entre os tratamentos, sendo menor nas plantas não irrigadas de acerola (Figura 10C). Esse decréscimo deveu-se, provavelmente, ao aumento na matéria seca de sistema radicular, contribuindo para o aumento na matéria seca total, uma vez que não foi observada diferença na área foliar dessa espécie quando submetida ao estresse. Reduções na RAF foram observadas em seringueira por Conceição, Oliva e Lopes (1986), embora, nesse caso, deveram-se principalmente a reduções na área foliar das plântulas sob déficit hídrico. Carvalho e

Schank (1989) observaram em *Stylosanthes* spp. que a RAF não mostrou diferenças entre tratamentos com e sem estresse hídrico, como foi observado na maioria das espécies avaliadas neste trabalho.

Considerando-se a figura 10D, observa-se que nas plantas não irrigadas de biribá, a redução na razão de peso foliar (RPF), em função da redução proporcionalmente maior na matéria seca foliar em relação à total (Figuras 8A e 8B), foi compensada pelo aumento na área foliar específica (redução na espessura foliar), não alterando, com isso, a RAF nas plantas não irrigadas desta espécie. No mesmo tratamento, nas plantas de acerola a redução na RAF foi devido, principalmente, à redução na RPF (Figura 10D) em função da maior alocação de matéria seca para as raízes, nas plantas submetidas ao déficit hídrico.

Ainda na figura 10D, observa-se uma tendência de redução na RPF nas plantas não irrigadas das demais espécies, exceto nas de graviola. Nesta espécie, como já foi observado, a redução na matéria seca da parte aérea nas plantas não irrigadas foi compensada pelo aumento no sistema radicular e o aumento na RAF foi função apenas do aumento na AFE.

4.8 Comprimento, volume e densidade de raiz

O sistema radicular das plantas irrigadas e não irrigadas das espécies, foi avaliado, observando-se, além do peso da matéria seca, o comprimento, volume e densidade das raízes. Verificou-se que não houve diferenças estatísticas no comprimento radicular entre plantas nos dois tratamentos na maioria das espécies (Figura 11A). Nas plantas de biribá e graviola, as raízes, em ambos tratamentos enovelaram-se no fundo dos vasos. Isso mostra que a restrição no crescimento radicular imposta pelo cultivo em vaso (20cmx50cm), além do limitado volume de solo, pode ter contribuído para a inexistência de diferenças marcantes na razão parte aérea/raiz nestas espécies. Além disso, as plantas de cupuaçu e carambola, e algumas plantas de pitanga, cujas raízes ultrapassaram os 50 cm (como mostrado na figura 11A), apresentavam -se com as mesmas dobradas no fundo dos vasos.

Nas plantas não irrigadas de pupunha, as raízes da maioria não ultrapassaram o primeiro segmento da coluna de PVC (0-25 cm). Observou-se nesta espécie, que apesar do menor comprimento radicular nas plantas não irrigadas, o volume não variou entre os tratamentos (Figura 11B) e a densidade foi maior no tratamento não irrigado (Figura 11C), justificando a mesma matéria seca nos tratamentos, e mostrando que houve uma maior produção de raízes laterais. Ferreira,

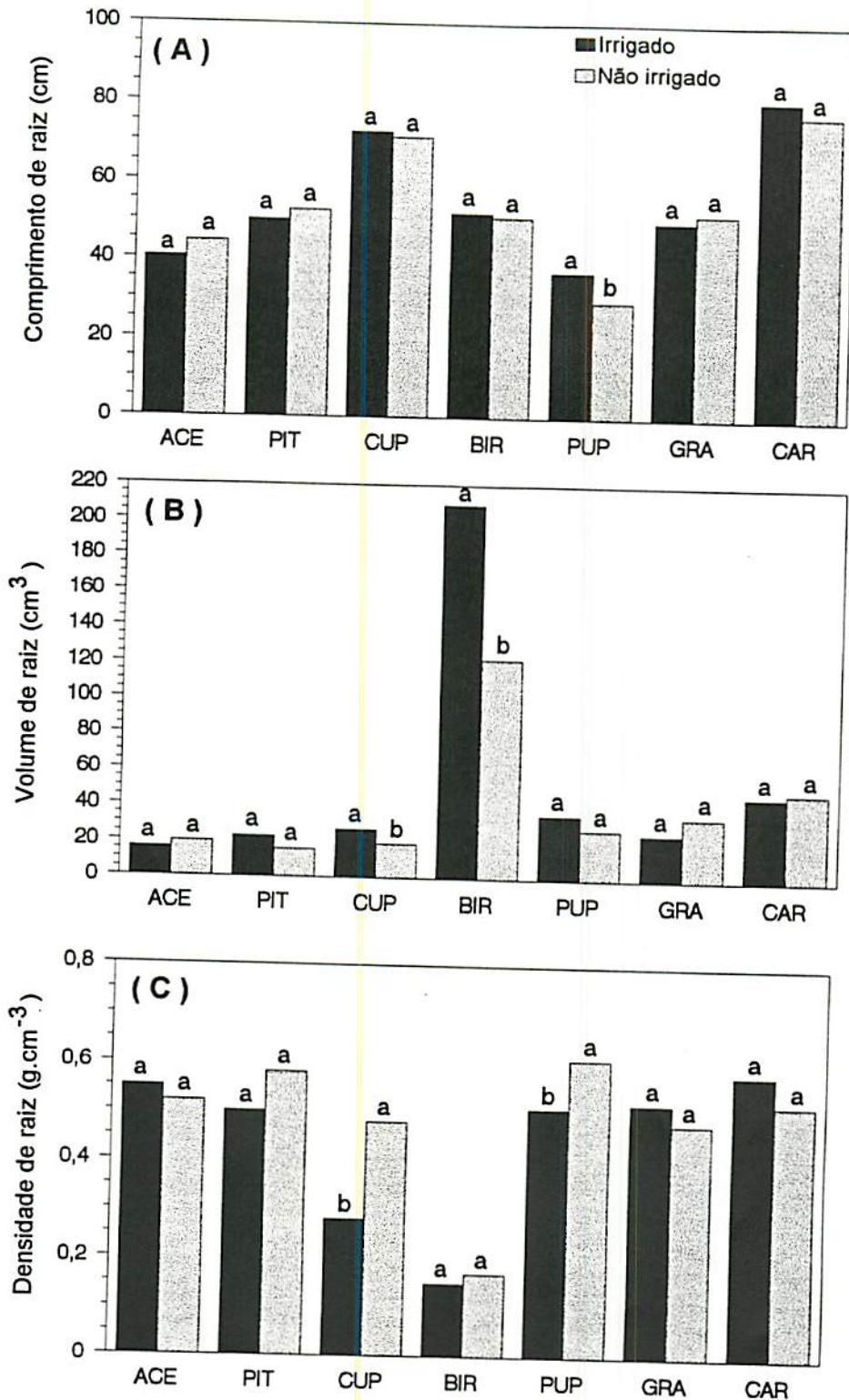


Figura 11. Comprimento de raiz (A), volume de raiz (B) e densidade de raiz (C) das plantas irrigadas e não irrigadas de acerola (ACE), pitanga (PIT), cupuaçu (CUP), biribá (BIR), pupunha (PUP), graviola (GRA) e carambola (CAR). Média de 5 plantas. Dentro de cada espécie, médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Clement e Ranzani (1980), estudando o sistema radicular de pupunheiras adultas, verificaram que 58% do total da massa radicular se localiza nos primeiros 20cm do solo, e 53% dentro da projeção da copa.

No final do experimento, as plantas de biribá apresentavam-se com uma grande quantidade de raízes mortas, principalmente no tratamento não irrigado. Para Hallgren, Tauer e Lock (1991), um alto "turnover" de raízes pode ser vantajoso em árvores, principalmente em condições de deficiência hídrica. A perda de raízes na zona de baixa umidade e nutrientes reduz o custo de respiração das raízes remanescentes que não são funcionais na absorção, uma vez que a absorção de água e nutrientes depende do constante crescimento do ápice das raízes.

Quando comparados o volume e densidade de raízes, verificou-se que houve diferenças estatísticas nessas características entre plantas irrigadas e não irrigadas de algumas espécies (Figura 11B e 11C). Enquanto o volume de raízes apresentou-se menor nas plantas de pitanga, cupuaçu e biribá no tratamento não irrigado, a densidade foi menor nas plantas de cupuaçu e pupunha do mesmo tratamento.

As plantas de biribá apresentaram o maior volume de raízes e este foi menor nas plantas não irrigadas possivelmente em função da maior quantidade de raízes mortas observadas neste tratamento no final do experimento, como já foi citado. Nas plantas de pitanga e cupuaçu o menor volume de raízes no tratamento não irrigado indica uma menor produção de raízes laterais nestas espécies quando sob déficit hídrico. Para alguns autores, a o declínio na condutância hidráulica em função da redução nas raízes secundárias, reduz drasticamente a perda de água.

4.9 Altura de planta e diâmetro do caule

O estresse hídrico resultou numa redução na altura das plantas de acerola, apesar das tendências geral de redução na maioria das espécies (Figura 12A). Isso reflete o efeito geral do déficit hídrico no crescimento de plantas, o qual é dependente da divisão, alongamento e diferenciação celular.

Esta resposta de indiferença da maioria das espécies na altura das plantas à suspensão da irrigação pode ser devido ao curto período de avaliação, insuficiente para afetar o crescimento em altura das mesmas.

Quanto ao diâmetro do caule, as diferenças foram maiores do que em altura. Observa-se na figura 12B que este foi reduzido nas plantas não irrigadas de pitanga, acerola e cupuaçu. Cascardo (1991) atribuiu a redução no diâmetro do caule

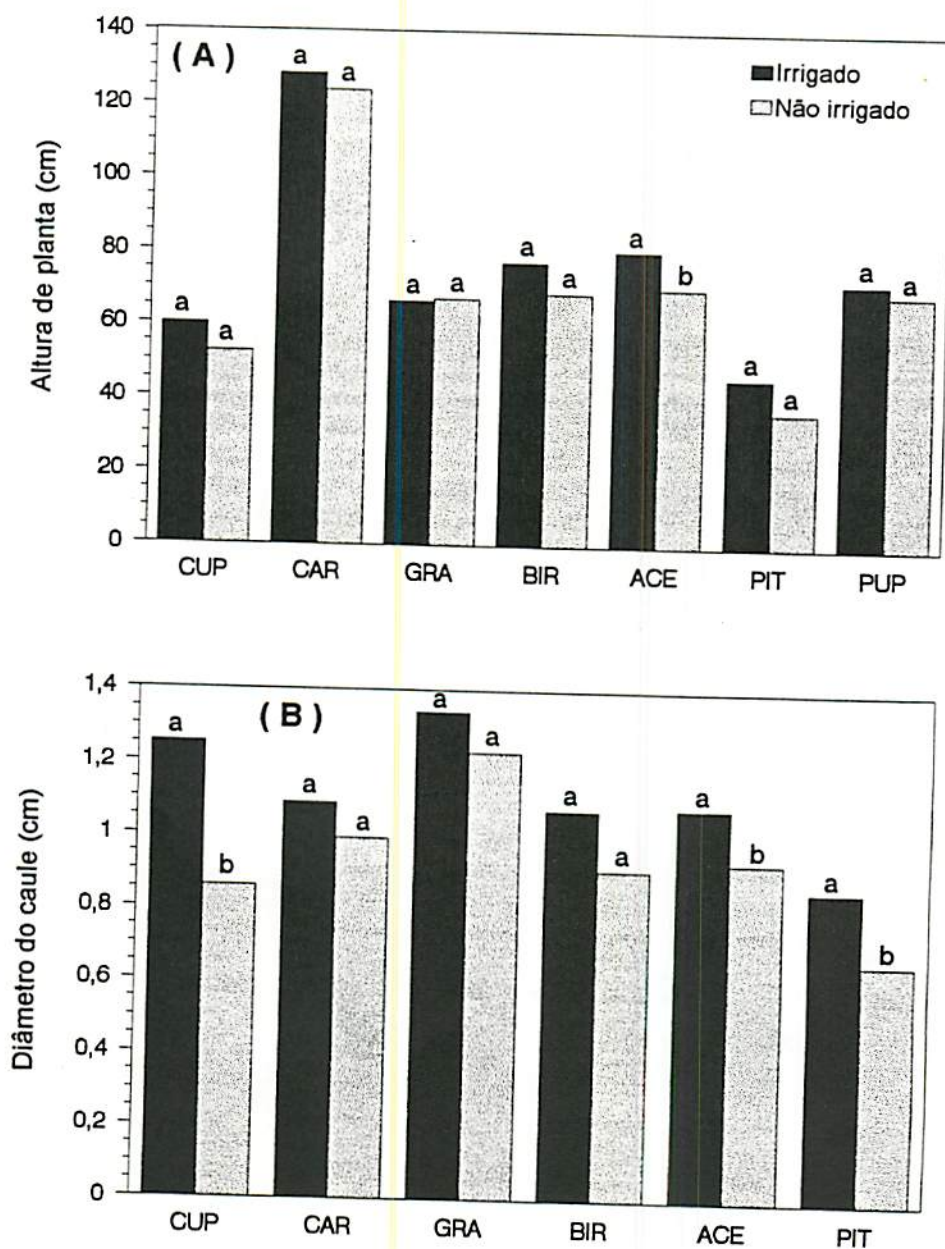


Figura 12. Altura de planta (A) e diâmetro do caule (B) das plantas irrigadas e não irrigadas de cupuaçu (CUP), carambola (CAR), graviola (GRA), biribá (BIR), acerola (ACE), pitanga (PIT) e pupunha (PUP). Média de 5 plantas. Dentro de cada espécie, médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

O período experimental no qual a irrigação foi suspensa foi suficiente para que as plantas não irrigadas de todas as espécies mostrassem sintomas visíveis de déficit hídrico.

As observações visuais de sintomas de déficit hídrico sobre as plantas mostraram que as plantas de cupuaçu e de graviola foram as mais tolerantes ao estresse, enquanto as de biribá mostraram-se as mais sensíveis, manifestando os primeiros sintomas de murcha e senescência precoces, ao contrário das primeiras, que mantiveram suas folhas fixas durante todo o período experimental, mesmo com baixos Ψ_f .

O cupuaçuzeiro destacou-se em relação às demais espécies no que diz respeito à redução do Ψ_f , uma vez que as diferenças entre plantas irrigadas e não irrigadas só foram significativas após 26 dias de suspensão da irrigação. Assim como na caramboleira, os estômatos desta espécie mostraram-se sensíveis ao DPV, sugerindo que um apropriado manejo com as espécies sensíveis cultivadas em sistemas agroflorestais deve ser considerado. Apesar de incipiente, os resultados obtidos neste estudo sobre o cupuaçuzeiro mostram-no como uma espécie promissora no que se refere à possibilidade de introdução da mesma em regiões distintas às de sua origem e/ou às normalmente cultivada.

As plantas não irrigadas de acerola e pitanga demonstraram menor sensibilidade estomática em relação ao estresse hídrico quando comparadas às demais espécies, considerando que não houve diferenças significativas na condutância estomática entre os tratamentos. Nesse sentido, enquanto as de graviola apresentou o mais baixo Ψ_f para o fechamento estomático (-3.0 MPa), em cupuaçu a redução na condutância estomática nas plantas não irrigadas ocorreu em Ψ_f de -1.0 MPa.

Carambola e biribá mostraram-se como plantas gastadoras de água por apresentarem grande superfície transpirante somadas as suas altas taxas

transpiratórias. Por outro lado, o rápido crescimento apresentado por estas espécies sugere que estas são grandes incorporadoras de CO_2 .

A produção de matéria seca total nas plantas não irrigadas foi reduzida em biribá, pupunha, cupuaçu e pitanga, enquanto as plantas de graviola e acerola neste mesmo tratamento produziram, respectivamente, 2 e 5 vezes mais raízes de 25-50cm de profundidade em relação às plantas do tratamento irrigado.

O processo de senescência acelerada manifestado nas plantas não irrigadas de acerola, pitanga, carambola e biribá pode ser uma estratégia contra a perda de água mais intensa nessas espécies, seja por reduzir a radiação incidente através da redução na área foliar, seja por reduzir a superfície transpirante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU SÁ, T.D. de. **Avaliação ecofisiológica de seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) submetidas a diferentes intensidades de sangria, em ambientes contrastantes no estado de São Paulo.** Campinas:UNICAMP, 1991. 133p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- ALVES, G.P. **As principais frutícolas da Amazônia, seus potenciais vitamínicos, protéicos, sais minerais e valor econômico.** Piracicaba:ESALQ, 1991. 75p. (apostila).
- ALVES, M.L.B.; FLORES, W.B.C. Testes preliminares para o controle da podridão negra da pupunha (*Bactris gasipaes*). **Acta Amazônica**, Manaus, v.12, n.3, p.499-502, set. 1982.
- ALVES, R.E. **Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.)- fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada.** Lavras: ESAL, 1993. 98p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- ALVES, R.E. Cultura da acerola. In: DONADIO, L. C.; MARTINS, A. B. G.; VALENTE, J. P. **Fruticultura Tropical.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.15-37p.
- ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras.** 2. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 203p.
- ARAÚJO, P.S.R. de; MINAMI, K. **Acerola.** Campinas: Fundação Cargil, 1994. 81p.
- ARNOTT, J.T.; GROSSNICKLE, S. C.; PUTTONEN, P.; MITHCHELL, P. P.; FOLCK, R. S. Influence of culture on growth, cold hadness, and drought resistance of yellow cypress. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v.23, n. 12, p.2537-47, Dec. 1993.
- ASPINALL, D.; PALEG, L.G. Proline accumulation: physiological aspects. In: PALEG, L. G.; ASPINALL, D., EDS. **The physiology and biochemistry of drought resistance in plants.** Sidney: Academic Press, 1981. p.215-28. BALASIMHA, D.; RAJAGOPAL, V. Stomatal responses of cocoa to changes in climatic fatores. **Indian Journal Agricultural Science**, London, v.58, p.213-16. 1988.

- BALDWIN, V.C.; BARNEY, C.W. Leaf water potential in planted ponderosa and lodgepole pines. **Forest Science**, Washington, v.22, n.3, p.344-50, 1976.
- BEADLE, C.L.; JARVIS, P.G.; TALBOT, H.; NEILSON, R.E. Stomatal conductance and photosynthesis in a mature scots pine forest. I- Diurnal, seasonal and spatial variation in shoots. **Journal Applied of Ecology**, Oxford, v.22, n.2, p.557-71, Aug. 1985(a).
- BEADLE, C.L.; JARVIS, P.G.; TALBOT, H.; NEILSON, R.E. Stomatal conductance and photosynthesis in a mature scots pine forest. II- Dependence on environmental variables of single shoots. **Journal Applied of Ecology**, Oxford, v.22, n.2, p.573-86, Aug. 1985(b).
- BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, New York, v.28, p.161-217, 1976.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNESP, 1988. 42p.
- BLACKMAN, P.G.; DAVIES, W.J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. **Journal Experimental of Botany**, London, v.36, n.162, p.39-48, Jan. 1985.
- BLUM, A.; SULLIVAN, C.Y. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. **Annals of Botany**, New York, n.57, n.6, p.835-46, June, 1986.
- BOVI, M.L.A.; JUNIOR, G.G.; SAES, L.A. Pesquisas com o gênero *Euterpe* e *Bactris* no IAC. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1, Curitiba, 1987. **Anais...** Curitiba, EMBRAPA/CNPF, 1988. 259-261p.
- BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, Maryland, v.46, n.2, p.233-35, Mar. 1970.
- CAIRO, P.A.R. **Aspectos biofísicos e metabólicos de plantas jovens de espécies florestais associados à disponibilidade de água no solo**. Lavras: ESAL, 1992. 123p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- CALZAVARA, B.B.G.; MÜLLER, C.H.; KAHWAGE, O. DE N. **Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro: cultivo beneficiamento e utilização do fruto**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1984. 101p (Documentos, 32).
- CARPANEZZII, A.A. Apresentação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1, Curitiba, 1987. **Anais...** Curitiba, EMBRAPA/CNPF, 1988. 259p.

- CARVALHO, L.J.C.B.; SCHANK, S. Effect of water stress on the growth of *Stylosanthes hemata* (L.) Taub. cv. Verano and *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. cv. Schofield. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.66, n.2, p.105-109, Apr. 1989. ⊖
- CASCARDO, J.C.M. Comportamento biofísico, nutricional e metabólico de plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) em função da aplicação de gesso e da disponibilidade de água no solo. Lavras: ESAL, 1991. 135p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- CASCARDO, J.C.M.; OLIVEIRA, L.E.M. de; ALVES, J.D. Açúcares e compostos nitrogenados orgânicos na seringueira cultivada em solo com diferentes doses de gesso agrícola sob dois regimes hídricos. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, v.5, n.1, p.35-40, jun. 1993.
- CASTONGUARY, Y.; MARKHART, A.H. Leaf gas exchange in water-stressed common bean and tepary bean. *Crop Science*, Madison, v.32, n.4, p.981-986, July/Aug. 1992. ⊖
- CHAMONT, S.; STRAINCHAMPS, D.; THUNOT, S. Short- and long-term stomatal responses to fluctuations in environment in southern european greenhouses. *Annals of Botany*, New York, v.75, n.1, p.39-47, Jan. 1995.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal Experimental of Botany*, London, v.42, n.234, p.1-16, Jan. 1991. ⊖
- CLEMENT, C.R. Frutas da Amazônia, INPA, *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.14, n.83, p.28-37, ago. 1992.
- CLEMENT, C.R.; ARKCOLL, D.B. A política florestal e o futuro promissor da fruticultura na Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.4, p.677-95, dez. 1982.
- CLEMENT, C.R; ARCKOLL, B.D. Recursos genéticos de espécies frutíferas nativas na Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.4, p.677-95, dez. 1982.
- COHEN, S.; COHEN, Y. Field studies of leaf conductance response to environmental variables in citrus. *Journal Applied of Ecology*, Oxford, v.20, n. 2, p.561-70, Aug. 1983.
- CONCEIÇÃO, H.E.O.da; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F. Resistência à seca em seringueira. II- Crescimento e partição de assimilados em clones submetidos a déficit hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, p.141-153, fev. 1986.
- CORRÊA, A.F.F.; RANZANI, G.; FERREIRA, L.G R. Relações entre o déficit hídrico e alguns processos fisiológicos e bioquímicos em quatro clones de seringueira. *Acta Amazônica*, Manaus, v.16/17, p.3-12, 1986/1987. ⊕

- *COSTA, J.P.C.; MARQUES, M.E.T. **Biribazeiro**. Belém:EMBRAPA/CPATU, 1992. n.p. (Recomendações básicas, 23).
- COSTA, R.C.L.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, N.F. Efeito da água e do nitrogênio sobre a fotossíntese, respiração e resistência estomática em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.12, p.1371-1379, dez. 1988.
- DAI, Z.; EDWARDS, G.E.; KU, M.S.B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (castor bean) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, Maryland, v.99, n.4, p.1426-34, Aug. 1992.
- DAVIES, W.J. et al. A role for abscisic acid in drought endurance and drought avoidance. **Australian Journal Plant Physiology**, Victoria, v.13, p.105-25, 1980.
- DAVIES, W.J.; ZANG, J. Root signal and the regulation of grow and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.55-76. 1991.
- DENG, X; JOLY, R.J.; HAHN, D.T. The influence of plant water deficit on photosynthesis and translocation of ¹⁴C-labeled assimilates in cacao seedlings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.78, n.4, p.623-27, Apr. 1990.
- DIAS-FILHO, M.B. Root and shoot growth in response to soil drying in four Amazonian weedy species. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.7, n.1, p.53-9, jun. 1995.
- DOWNTON, W.J.S.; LOVEYS, B.R.; GRANT, W.J.R. Non-uniform stomatal closure induced by water stress causes putative non-stomatal inhibition of photosynthesis. **New Phytologist**, London, v.110, n.4, p.503-9, Dec.1988.
- DRIESSCHE, R.V.D. Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. II- Stomatal conductance, specific leaf area, and root growth capacity. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v.21, p.566-72, 1991.
- EL-SHARKAWY, M.A. Effect of humidity and wind on leaf conductance of field grown cassava. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.2, n.2, p.17-22, jul. 1990.
- EPRON, D.; DREYER, E. Photosynthesis of oak leaves under water stress: maintenance of high photochemical efficiency of photosystem II and occurrence of non-uniform CO₂ assimilation. **Tree Physiology**, Victoria, v.13, n.2, p.107-17, Sept.1993.
- EVANS, C.E.; ETHERINGTON, J.R. The effect of soil water potential on seedling growth of some British plants. **New Phytologist**, London, v.118, n.4, p.571-580, Aug. 1991.

- FALCÃO, M.A.; LLERAS, E.; KER, W.E.; CARREIRA, L.M.M. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill.). *Acta Amazônica*, Manaus, v.11, n.2, p.297-306, jun. 1981.
- FALCÃO, M.A.; LLERAS, E.; LEITE, A.M.C. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade da graviola (*Annona muricata* L.) na região de Manaus. *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.1, p.27-32, mar. 1982.
- FERREIRA, S.A.N. Observação da germinação de sementes de araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D.C.). *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.3, p.503-7, set. 1992.
- ⇐ FERREIRA, S.A.N.; CLEMENT, C.R.; RANZANI, G. Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K. - *Guilielma gasipaes* (H.B.K.) Bailey.) *Acta Amazônica*, Manaus, v.10, n.2, p.245-249, jun. 1980.
- FERREIRA, S.A.N.; SANTOS, L.A. Efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Acta Amazônica*, Manaus, v.23, n.1, p.3-8, mar. 1993.
- FERREIRA FILHO, W.C.; FLORES, W.B.C.; CLEMENT, C.R.; BENSON, W. W. A influência de dois tipos de consórcio de fruteiras na incidência de broca do tronco (*Cratosomus* sp) na graviola (*Annona muricata* L.). *Acta Amazônica*, Manaus, v.15, n.1/2, p.3-12, mar./jun. 1985.
- FISCHER, R.A.; TURNER, N.C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.29, p.277-317, 1978.
- FORSETH, I.N.; EHLERINGER, J.R. Ecofisiology of two solar tracking desert winter annuals. III- Gas exchange response to light, CO₂, and VPD in relation to long-term drought. *Oecologia*, Berlim, n.57, p.344-351, 1983.
- FREIRE, A.L.O. Efeitos do déficit hídrico sobre aspectos biofísicos e bioquímicos no desenvolvimento do feijão vagem (*Phaseolus vulgaris*, L.). Lavras: ESAL, 1990. 86p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- GALLARDO, M.; TURNER, N.C.; LUDWING, C. Water relations, gas exchange and abscisic acid content of *Lupinus consentinii* leaves in response to drying different proportions of the root system. *Journal Experimental of Botany*, London, v.45, n.276, p.909-918, July, 1994.
- GARNIER, E.; BERGER, A. Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing en the field. *Journal Applied Ecology*, Oxford, v.23, n.1, p.193-209, Apr. 1986.
- GOMES, R.P. *Fruticultura brasileira*. São Paulo: Nobel, 1975. 448p.

- GUNASEKERA, D.; BERKOWITZ, G.A. Heterogenous stomatal closure to leaf water deficit is not a universal phenomenon. **Plant Physiology**, Maryland, v.98, n.2, p.660-665, Feb. 1992.
- HALL, A.E.; SCHULTZE, E.D. Stomatal response to environment and a possible interrelation between stomatal effects on transpiration and CO₂ assimilation. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.3, n.4, p.467-474, Apr. 1980.
- HALLGREN, S.W.; TAUER, C.G.; LOCK, J.E. Fine root carbohydrate dynamics of loblolly pine seedlings grown under contrasting levels of soil moisture. **Forest Science**, Washington, v.37, n.3, p.766-780, Aug. 1991.
- HEITHOLT, J.J.; JOHNSON, R.C.; FERRIS, D.M. Stomatal limitation to carbon dioxide assimilation in nitrogen- and drought-stressed wheat. **Crop Scienc**, Madison, v.31, n.1, p.135-8, Jan./Feb. 1991.
- HERNANDEZ, A.D.P.; COCK, J.H.; EL-SHARKAWY, N.A. The response of leaf exchange and stomatal conductance to air humidity in shade-grown coffee, tea, and cocoa plants as compared with sunflower. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.1, n.2, p.155-161, jan. 1989.
- HETHERINGTON, A.M.; QUATRANO, R.S. Mechanisms of action of abscisic acid at the cellular level. **New Phytologist**, London, v.119, n.1, p.9-32, Sept. 1991.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.24, p.519-70, 1973.
- IRIGOYEN, J.J.; EMERICH, D.W.; SÁNCHEZ-DÍAS, M. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.84, n.1, p.55-60, Jan. 1992.
- KARAMANOS, A.J.; DROSSOPOULOS, J.B.; NIAVIS, C.A. Free proline accumulation during development of two wheat cultivars with water stress. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v.100, n.2, p.429-39, Apr. 1983.
- KASTURIBAI, K.V.; VOLETI, S.R.; RAJAGOPAL, V. Water relations of coconut palms as influenced by environmental variables. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.43, n.2, p.193-99, July, 1988.
- KHALIL, A.A.M. Acclimation to drought in *Acer pseudoplatanus* L. (sycamore) seedlings. **Journal Experimental of Botany**, London, v.43, n.257, p.1591-1602, Dec. 1992.
- KHALIL, A.A.M.; GRACE, J. Does xylem sap ABA control the stomatal behaviour of water-stressed sycamore (*Acser pseudoplatanus*) seedlingd? **Journal Experimental of Botany**, London, v.44, n.264, p.1127-1134, July, 1993.

- KIDAMBI, S.P.; KRIEG, D.R.; ROSENOW, D.T. Genetic variation for gas exchange rates in grain sorghum. **Plant Physiology**, Maryland, v.92, n.4, p.1211-1214, Apr. 1990.
- KUANG, J.; TURNER, N.C.; HENSON, I.E. Influence of xylem water potential on leaf elongation and osmotic adjustment of wheat and lupin. **Journal Experimental of Botany**, London, v.41, n.223, p.217-221, Feb. 1990.
- LAFFRAY, D.; LOUGUET, P. Stomatal responses and drought resistance. **Bulletin de la Societe Botanique de France**. Paris, v.137, n.1, p.47-60, 1990.
- LEDO, A. da S. **Respostas de três gravioleiras (*Annona muricata* L.) a dois métodos de enxertia**. Viçosa: UFV, 1991. 52p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- LEON, J. **Fundamentos botanicos de los cultivos tropicales**. Costa Rica :Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la O.E.A. 1968. 487p.
- LLERAS, E. Differences in stomatal number per unit area within the same species under different micro-environmental conditions: a working hypothesis. **Acta Amazônica**, Manaus, v.9, n.4, p.173-177, dez. 1979.
- LOPES, N.F. et al. Atividade da redutase do nitrato e acúmulo de prolina livre em discos foliares de *Phaseolus vulgaris* L. em função dos níveis de H₂O e dose de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 3, Viçosa, 1991. **Resumos...** Fortaleza:UFC, 1991. p.67. (+)
- LORETO, E.; HARLEY, P.C.; Di MARCO, G.; SHARKEY, T.D. Estimation of conductance to CO₂ flux by three different methods. **Plant Physiology**, Maryland, v.98, n.4, p.1437-1443, Apr. 1992.
- LUDLOW, M.M. Adaptative significance of stomatal response to water stress. In: TURNER, N.C.; KRAMER, P.J. **Adaptation of plant to water and high temperature stress**. New York: Wiley-Interscience, 1980. p. 123-138.
- LUDLOW, M.M.; MUCHOU, R.C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, New York, v.43, p.107-53, 1990.
- MANSFIELD, T.A.; HETHERINGTON, A.M.; ATKINSON, C.J. Some current aspects of stomatal physiology. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.41, p.55-75, 1990.
- MARTIN, B.; RUIZ-TORRES, N.A. Effects of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations, and on water use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Physiology**, Maryland, v.100, n.2, p.733-739, Oct. 1992. +

- MARTINEZ, C.A.; MORENO, U. Expresiones fisiológicas de resistencia a la sequia an dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) submetidos a estres hidrico em condiciones de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 3, Viçosa, 1991. Resumos... Viçosa:UFV, 1991. p.
- MAZA, E.E.A. **Atividade da redutase do nitrato e acúmulo de prolina livre em *Phaseolus vulgaris* L. em função de níveis de água e doses de nitrogênio.** Viçosa: UFV, dez. 1991. 69p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- MEDRI, M.E.; LLERAS, E. Ecofisiologia de plantas da Amazônia. 2- Anatomia foliar e ecofisiologia de *Bertholletia excelsa* Humb. & Benpl (castanha-do-pará) - Lecythidaceae. *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.1, p.15-23, mar. 1979.
- MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G.; HOLBROOK, N.M.; JACKSON, P.; CAVELIER, J. Stomatal and environment control of transpiration in a lowland tropical forest tree. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v.16, n.4, p.429-436, May. 1993.
- MEINZER, F.C.; GRANTZ, D.A. Coordination of stomatal, hydraulic, and canopy boundary layer properties: Do stomata balance conductances by measuring transpiration? *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.83, n.2, p.324-329, Oct. 1991.
- MEINZER, F.C.; GRANTZ, D.A.; GOLDSTEIN, G.; SALLENDRA, N.Z. Leaf water relations and maintenance of gas exchange in coffee cultivars grown in drying soil. *Plant Physiology*, Maryland, v.94, n.4, p.1781-1787, Dec. 1990.
- MEINZER, F.C.; SEYROUR, V.; GOLDSTEIN, G. Water balance in developing leaves of four tropical savana woody species. *Ecology*, Durham, v.60, p.237-43, 1983.
- MOONEY, H.A.; FIELD, C.; VASQUEZ YANES, C.; CHU, C. Environment controls on stomatal conductance in a shrub of the humid tropics. *Proceedings Natl. Academic Science*, USA, v.80, p.1295-1297, Mar. 1983.
- MORISON, J.J.L.; JARVIS, P.G. Direct and indirect effects of light on stomata. I- In scots pine e sitka spruce. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v.6, n.1, p.95-101, Jan. 1983.
- MUNNS, R.; KING, R. W. Abscisic acid is not the only stomatal inhibition in the transpiration stream of wheat plants. *Plant Physiology*, Maryland, v.88, n.3, p.703-8, Nov. 1988.
- VARAIN, N.; BORA, P.S.; HOLSCHUH, H.J.; VASCONCELOS, M.S.; SANTOS, C.M.C. Caracterização física dos frutos da caramboleira oriundos do trópico semi-árido da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, Campinas, 1987. *Anais...Campinas:SBF*, 1988. p.205-209.

- NAVARI-IZZO, F.; QUARTARCCI, M.F.; IZZO, R. Water-stress induced changes in protein and free aminoacids in field-grown maize and sunflower. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.28, p.531-37, 1990.
- NI, B.; PALLARDY, S.G. Stomatal and nonstomatal limitations to net photosynthesis in seedlings of wood angiosperms. **Plant Physiology**, Maryland, v.99, n.1, p.1502-8, Mar. 1992.
- NOGUEIRA, O.L. et al. **A cultura da pupunha**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 50 p. (Coleção Plantar).
- NOMANI, H.; BOYER, J.S. Primary events regulating stem growth at low water potentialis. **Plant Physiology**, Maryland, v.94, n.3, p.1601-1609, Dec. 1990.
- NOMANI, H.; BOYER, J.S. Wall extensibility and cell hydraulic conductivity decrease in enlarging stem tissues al low water potentials. **Plant Physiology**, Maryland, v.93, n.4, p1610-1619, Aug. 1990.
- OLIVA, N.A.; LOBOS, F.A. Parâmetros fisiológicos na programação da irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por termometria infravermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FIOLOGIA VEGETAL, 4, Fortaleza, 1993. Anais...Fortaleza:UFC, 1993. p. (7)
- OLIVEIRA, L.E.M. **Comportamneto fisiológico de plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) sob condições de deficiência hídrica: alterações da assimilação do nitrato e mobilização de açúcares**. Campinas, UNICAMP, 1985. 126p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- PALTA, J.A. Influence of water deficits on gas-exchange and the leaf area development of cassava cultivars. **Journal Experimental of Botany**, London, v.35, n.159, p.1441-1449, Oct. 1984.
- PASSIOURA, J.B. Roots signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.15, p.687-963, 1988.
- PEREZ, S.C.J.G.A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora*, SW. D.C.) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.595-604, maio, 1995.
- PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos extratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3, n.1, p.27-37, jan. 1991.
- PINTO, A.C. DE Q.; GENU, P.J. DE C. Contribuição ao estudo técnico-científico da graviola (*Annona muricata* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Florianópolis, 1984. Anais... Florianópolis:SBF/EMPASC, 1987. V.2. p.529-46.

PORTO, M.C.M. Parâmetros fisiológicos para seleção de genótipos tolerantes ao déficit hídrico. In: SIMPÓSIO SOBRE A CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Brasília, 1984. Anais... Brasília: EMBRAPA-DT, 1986. 361-366p.

PREMACHANDRA, G.S. Osmotic adjustment and stomatal response to water deficits in maize. *Journal Experimental Botany*, London, v.43, n.256, p.1451-56, Nov. 1992.

RADIN, J.W.; HENDRIX, D.L. The apoplastic pool of acid abscisic in cotton leaves in relation to stomatal closure. *Planta*, New York, v.174, p.180-186, 1988.

RAJA, V.; BISHNOI, K.C. Evapotranspiration, water use efficiency, moisture extraction pattern and plant water relations of grape (*Brassica campestris*) genotypes in relations to root development under varying irrigation schedules. *Experimental Agriculture*, Cambridge, v.26, p.227-33, 1990.

RAO, G.G.; DEVAKUMAR, A.S.; RAJAGOPAL, R.; ANNAMMA, Y.; VIJAYAKUMAR, K.R.; SETHURAJ, M.R. Clonal variation in leaf epicuticular waxes and reflectances: possible role in drought tolerance in *Hevea*. *Indian Journal Natural Rubber Research*, Kottayam, v.1, n.2, p.84-87, 1988.

RAO, G.G.; RAO, P.S.; RAJAGOPAL, R.; DEVAKUMA, A.S.; VIJAYAKUMAR, K.R.; SETHURAJ, M.R. Influence of soil, plant and meteorological factors on water relations and yield in *Hevea brasiliensis*. *International Journal Biometeorology*, Berwyn, v.34, p.173-80, 1990.

RASCIO, A.; CEDOLA, M.C.; TOPONI, M.; FLAGELLA, Z.; WITTMER, G. Leaf morphology and water status changes in *Triticum durum* under water stress. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.78, n.3, p.462-467, Mar. 1990.

REIS, G.G.; HALL, A.E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. *Revista Arvore*, Viçosa, v.11, n.1, p.43-55, jan./jun. 1987.

RIAZI, A.; MATSUDA, K.; ARSLAN, A. Water-stress induced changes in concentrations of proline and other solutes in growing regions of young barley leaves. *Journal of Experimental Botany*, London, v.36, n.172, p.1716-1725, Nov. 1985.

ROCHA NETO, O.G.; CANO, M.A.O.; TIEBAUT, J.T. Eficiência no uso da água em plantas de seringueira submetidas a déficit hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.4, p.363-369, abr. 1983.

RODRIGUES, O. Efeito da deficiência hídrica na fotossíntese, na resistência estomática, na atividade da redutase do nitrato e no acúmulo de prolina livre em *Coffea arabica* L. Viçosa:UFV, 1988. 52p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).

- SAAB, N.J.; SHARP, R.E. Non-hydraulic signals from maize roots in drying soil: inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance. *Planta*, London, v.179, n.3, p.466-74, Nov. 1989.
- SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. *Acerola no Brasil - produção e mercado*. Vitória da Conquista, DFZ/UESB, 1995. 160p.
- SCHAFFE, B.; GAYE, G.O. Gas exchange, chlorophyll and nitrogen content of mango leaves as influenced by light environment. *Hortscience*, Virginia, v.24, n.3, p.507-509, June, 1989.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, Washington, v.148, n.3, p.339-346, Apr. 1965.
- SCHULTZ, H.R.; MATTHEWS, M.A. Growth, osmotic adjustment and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. *Crop Science*, Madison, v.33, n.2, p.287-293, Mar./Apr. 1993.
- SCHULTZE, E.D.; EHLERINGER, J.R. The effect of nitrogen supply on growth and water use efficiency of xilem-tapping misthetoos. *Planta*, London, v.162, n.3, p.268-275, Mar. 1984.
- SCHULTZE, E.D.; KÜPPERS, M. Short-term and long-term effects of plant water deficits on stomatal response to humidity in *Coryllus avellana* L. *Planta*, London, v.146, p.319-326, 1979.
- SHARP, R.E. Regulation of plant growth responses to low soil water potentials. *Hortscience*, Virginia, v.31, n.1, p.36-38, Feb. 1996.
- SHARP, R.E.; HSIAO, T.C.; SILK, W.K. Growth of the maize primary root at low water potentials. *Plant Physiology*, Maryland, v.93, n.4, p.1337-1346, Aug. 1990.
- SHARP, R.E.; WU, Y.; VOETBERG, G.S.; SAAB, J.N.; LeNOBLE, M.E. Confirmation that abscisic acid accumulation is required for maize primary root elongation at low water potentials. *Journal of Experimental Botany*, London, v.45, n.280, p.1743-1751, Dec. 1994.
- SHERIFF, D.W. Stomatal aperture and the sensing of the environment by guard cells. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v.2, n.1, p.15-22, Jan. 1981.
- SILVA, A.A.Q. da; SILVA, H. Teores de nutrientes em cupuaçu (*Theobroma gradiflorum*): nova técnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, Brasília, 1986. *Anais...* Brasília, SBF, 1986. v.1, p. 269-271.
- SILVA, S. *Frutas Brasil frutas*. São Paulo: Empresa das Artes, 1991. 166p.
- SLATYER, R.O. *Plant water relationships*. London: Academic Press, 1967. 366p.

- SMIT, J. Root growth and water use efficiency of douglas-fir (*Pseutsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v.11, p.401-410, 1992.
- SOUSA, A.G.C. Avaliação de progênies de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum). Viçosa:UFV, 1994. 95p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- STIMATIU, A. Plante Kummurunga. **Sítio & Jardins**. São Paulo, v.4, n.39, p.45-46, mar.1991.
- SWEET, W.J.; MORRISON, J.C.; LABAVITCH, J.M.; MATTHEWS, M.A. Altered synthesis and composition of cell wall of grape (*Vitis vinifera* L.) leaves during expansion and growth-inhibiting water deficits. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.31, n.4, p.407-414, June, 1990.
- TARDIEU, F.; DAVIES, W.J. Stomatal response to abscisic acid is a function of current plant water status. **Plant Physiology**, Maryland, v.98, n.2, p.540-545, Feb. 1992.
- TREJO, C.L.; DAVIES, W.J. Drought-induced closure of *Phaseolus vulgaris* L. stomata precedes leaf water deficit and any increase in xilem sap ABA concentration. **Journal of Experimental Botany**, London, v.42, n.245, p.1507-1515, Dec. 1991.
- TURNER, N.C. Crop water deficits: a decad of progress. **Advances in Agronomy**, New York, v.39 p.1-51, 1986.
- TURNER, N.C.; BEGG, J.E. Plant-water relations and adaptation to stress. **Plant and Soil**, Netherlands, v.58, n.1, p.97-131, Jan. 1981.
- TURNER, N.C.; SCHULTZE, E.D.; GOLLAN, T. The response of stomat and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. I- Species comparisons at high soil contents. **Oecologia**, Berlim, v.63, p.338-42, 1984.
- TURNER, N.C.; SCHULTZE, E.D.; GOLLAN, T. The response of stomat and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. II- Inthe mesophytic herbaceous species *Helianthus annuus*. **Oecologia**, Berlim, v.65, p.348-55, 1985.
- JNWIN, G.L.; KRIEDEMANN, P.E. Drought tolerance and rainforest tree growth on a North Queensland rainfall gradient. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.30, p.113-23, 1990.
- VALLE, R.R.; SILVA, W.S.; MIRANDA, R.A.C. Stomatal resistance and transpiration rates of shaded and unshaded cacao trees. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v.17, n.3, p.175-187, 1987.

- VENTURIERI, G.A.; AGUIAR, J.P.L. Composição do chocolate caseiro de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma gradiflorum* (WILLD EX SPREN) SCHUM). **Acta Amazônica**, Manaus, v.18, n.1/2, p.3-8, mar./jun. 1988.
- VENTURIERI, G.A.; MARTEL, J.H.I.; MACHADO, G.M.E. Enxertia do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) com uso de gemas e garfos com e sem toaleta. **Acta Amazônica**, Manaus, v.16/17, p.27-39, 1987.
- WHITEHEAD, D.; OKALI, D.V.V.; FASHEHUN, F.E. Stomatal response to environmental variables in two tropical forest species during the dry season in Nigeria. **Journal Applied Ecology**, Oxford, v.18, n.2, p.571-87, Aug. 1981.
- WIEBEL, J.; EAMUS, D.; CHACKO, E.K.; DOWNTON, W.J.S.; LÜDDERS, P. Gas exchange characteristics of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) leaves. **Tree Physiology**, Victoria, v.13, n.1, p.55-69, July, 1993.
- WINKEL, T.; RAMBAL, S. Stomatal conductance of some gravevines growing the field under a mediterranean environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.51, p.107-121, 1990.
- WISE, R.R.; ORTIZ-LOPEZ, A.; ORT, D.R. Spatial distribution of photosynthesis during drought in field-grown and acclimated and nonacclimated growth chamber-grown cotton. **Plant Physiology**, Maryland, v.100, n.3, p.26-32, Mar. 1992.
- WISE, R.R.; SPARROW, D.H.; ORTIZ-LOPEZ, A.; ORT, D.R. Biochemical regulation during the mid-day decline of photosynthesis in field-grown sunflower. **Plant Science**, Limerick, v.74, n.1, p.45-52, Jan. 1991.
- ZHANG, J.; DAVIES, W.J. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.12, p.73-81, 1989.

