



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

## Dissertação de Mestrado

ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES FASES  
FENOLÓGICAS DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE  
NO SEGUNDO ANO DE PRODUÇÃO

ROSSINI DANIEL

Campina Grande  
Paraíba

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS DO  
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE NO SEGUNDO ANO DE PRODUÇÃO

**ROSSINI DANIEL**

CAMPINA GRANDE - PB  
Fevereiro - 2008

**ROSSINI DANIEL**

Engenheiro Agrônomo

**ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS DO  
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE NO SEGUNDO ANO DE PRODUÇÃO**

Orientador: Prof. Dr. **HANS RAJ GHEYI**

Prof. Dr. **PEDRO DANTAS FERNANDES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE - PB

Fevereiro - 2008



## FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCCG

- D184e  
2008 Daniel, Rossini.  
Estresse hídrico em diferentes fases fenológicas do cajueiro anão precoce no segundo ano de produção/ Rossini Daniel. – Campina Grande, 2008.  
94f. : il
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.  
Referências.  
Orientador: Dr. Hans Raj Gheyi e Dr. Pedro Dantas Fernandes.
1. *Método de* Irrigação. 2. Déficit Hídrico. 3. *Cajueiro -* *Anacardium occidentale* L. I.  
Título.

CDU 631.674(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



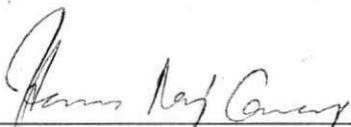
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

ROSSINI DANIEL

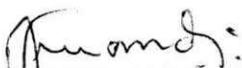
ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS DO CAJUEIRO  
ANÃO PRECOCE NO SEGUNDO ANO DE PRODUÇÃO

BANCA EXAMINADORA

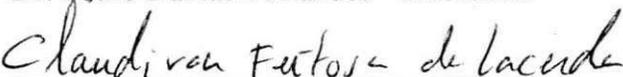
PARECER

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Hans Raj Gheyi - Orientador

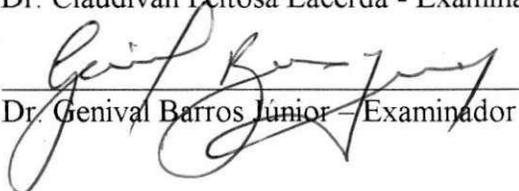
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Dantas Fernandes - Orientador

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Claudivan Feitosa Lacerda - Examinador

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Genival Barros Júnior - Examinador

APROVADO

FEVEREIRO - 2008

*"A água é um recurso finito e fator competitivo do mercado.  
Seu uso eficiente torna-se mais importante do que ostentar sua abundância".*

*Aldo da C. Rebouças*

*Às minhas avós, Gercy Monte de Oliveira Daniel (in memorian) e Alborina Rodrigues Daniel (in memorian), meu pai Imar Rodrigues Daniel (in memorian), e meus avôs Demerval Rodrigues Daniel (in memorian) e Pêrsio Daniel (in memorian), exemplos de inteligência, amor, criação e esforços para formação moral e intelectual dos seus filhos.*

*Minha homenagem*

*À minha família e aos amigos Francisco José de Seixas Santos, Braz Henrique Nunes Rodrigues, Aderson Soares de Andrade Júnior e aos demais funcionários da Embrapa Meio-Norte UEP-Parnaíba pela confiança, companheirismo, sinceridade, aprendizagem e formação profissional durante toda a vida acadêmica.*

**Ofereço**

*A minha avó Gercy Monte de Oliveira Daniel (in memoriam) que de modo resignado, me deu durante toda a vida apoio, carinho e muita força nos momentos difíceis, a minha mãe, Maria de Nazaré Daniel que é tudo pra mim e sempre me incentivou a lutar pelos meus objetivos e nunca deixou de me apoiar em todas as decisões que tomei.*

*Deáico*

## AGRADECIMENTOS

*À Deus, razão da minha existência e o responsável por tudo isso;*

*A minha mãe, Maria de Nasaré Daniel, que sempre esteve ao meu lado ao longo desse período, sempre me incentivando a buscar novos horizontes;*

*Ao meu orientador prof. Dr. Hans Raj Gheyi pelo enorme apoio psicológico, pelos valiosos ensinamentos, paciência e compreensão durante todo o período;*

*Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, pela oportunidade concedida à realização deste curso;*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo;*

*Ao Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, pelo apoio e incentivo durante o curso e pelos ensinamentos que elevaram meu nível de aprendizagem assim como, pela compreensão, consideração, respeito e amizade;*

*À Rivanilda secretária do curso de Pós-Graduação e a Sra. Sônia pela atenção e ajuda dada sempre que necessitei principalmente nos momentos decisivos deste trabalho;*

*Aos colegas do curso de Pós-Graduação, em especial a Rui, exemplo de perseverança e garra para alcançar os objetivos que sempre me deu apoio e incentivo nos momentos difíceis do curso;*

*À Karla Barboza Pereira graduanda em Engenharia Agrícola por ser muito especial na minha vida e que sempre me deu força nos momentos mais difíceis ao longo desse trabalho e ainda pelo enorme apoio moral, paciência, compromisso e exemplo de responsabilidade;*

*Aos primos Demerval, Emerson, Marcílio, e as primas Chirley e Karlane que de forma direta tiveram participação nessa conquista, pelo apoio moral e grandioso incentivo durante o curso;*

*A Francisca Maria que sempre me incentivou a lutar pelos meus objetivos e pelo grandioso apoio psicológico durante o início do curso;*

*Ao amigo Frederico Soares que teve uma participação importantíssima durante a elaboração desse trabalho e pela amizade conquistada;*

*A Karina Guedes Correia pela amizade e pelo grandioso apoio durante todos os momentos no decorrer do curso*

*A Tatiana Silva Santos pela amizade e apoio na elaboração desse trabalho;*

*À Kalyne Sonale de Brito, graduanda em Engenharia Agrícola pelo enorme apoio, compromisso e responsabilidade durante as etapas finais dessa pesquisa;*

*Ao amigo José Renato e sua família em especial a Clara Leticia que me deu todo apoio necessário para que conseguisse concluir esse trabalho;*

*Enfim, à todos que contribuíram diretamente para minha formação.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	12
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	14
<b>RESUMO</b> .....	15
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1. Considerações gerais.....	19
2.2. A cultura do caju.....	20
2.2.1. <i>Morfologia do cajueiro</i> .....	22
2.2.2. <i>Exigências edafoclimáticas do cajueiro</i> .....	23
2.2.3. <i>Propagação do cajueiro</i> .....	25
2.2.4. <i>Plantio e adubação</i> .....	25
2.2.5. <i>Tratos culturais do cajueiro</i> .....	28
2.2.6. <i>Necessidades hídricas do cajueiro</i> .....	29
2.2.7. <i>Irrigação e Fertirrigação</i> .....	30
2.3. Fases fenológicas do cajueiro.....	31
2.4. O estresse hídrico nos vegetais.....	33
2.5. Mecanismos de resistência ao déficit hídrico.....	34
2.6. Efeitos e reações ocasionados pelo estresse hídrico em plantas.....	36
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	39
3.1. Localização e características da área experimental.....	39
3.2. Características da cultura.....	39
3.3. Tratamentos e delineamento estatístico.....	40
3.4. Descrição das estruturas experimentais e da água utilizada.....	41
3.5. Sistema e manejo da irrigação.....	43
3.6. Avaliação da uniformidade de aplicação de água.....	46
3.7. Adubação.....	46
3.8. Variáveis de crescimento.....	47
3.9. Variáveis fisiológicas.....	47
3.10. Variáveis de produção.....	48
3.11. Análises estatística.....	49

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
4.1. Variáveis de crescimento.....	50
4.1.1. <i>Altura de planta</i> .....	50
4.1.2. <i>Número de folhas</i> .....	54
4.1.3. <i>Diâmetro de caule</i> .....	56
4.1.4. <i>Área foliar total</i> .....	59
4.1.5. <i>Fitomassa da parte aérea</i> .....	61
4.2. Variáveis fisiológicas.....	63
4.2.1. <i>Eficiência quântica do fotossistema II</i> .....	63
4.2.3. <i>Teor relativo de água na folha</i> .....	66
4.3. Variáveis de Produção.....	68
4.3.1. <i>Número de frutos por planta</i> .....	68
4.3.2. <i>Comprimento e diâmetro do pedúnculo</i> .....	70
4.3.3. <i>Peso fresco do pedúnculo e da castanha</i> .....	72
4.3.4. <i>Peso Fresco Total</i> .....	78
4.3.5. <i>Matéria seca do pedúnculo</i> .....	80
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>
<b>7. APÊNDICE.....</b>	<b>94</b>

## LISTA DE FIGURAS

1. Croqui do experimento.....	41
2. Estufa utilizada no desenvolvimento do experimento (A e C) e aspecto das plantas no interior da estufa (B).....	42
3. Vista dos registros no cabeçal de controle (A) e disposição dos emissores na linha de irrigação (B).....	44
4. Detalhe da limpeza do filtro.....	44
5. Medição da Eficiência Quântica do Fotossistema II em campo e equipamento PEA II (Hansatech).....	48
6. Medições do diâmetro apical e basal realizadas em frutos no Laboratório.....	49
7. Altura de planta (cm) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	52
8. Número de folhas em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão.....	56
9. Diâmetro de caule (mm) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	58
10. Área foliar (dm <sup>2</sup> ) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	61
11. Fitomassa seca da parte aérea (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	63
12. Eficiência quântica do fotossistema II (FV/FM) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	65
13. Teor relativo de água nas folhas (%) em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	67
14. Número de frutos em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão-precoce.....	69
15. Comprimento de pedúnculo (cm) em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	71
16. Diâmetro basal e apical do pedúnculo (cm) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	73

17. Peso fresco de pedúnculo (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	75
18. Peso fresco da castanha (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	77
19. Peso fresco do caju (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	79
20. Matéria seca do pedúnculo (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce.....	81

## LISTA DE TABELAS

1. Recomendação de adubação mineral para o cajueiro anão precoce sob irrigação.....	28
2. Necessidade hídrica do cajueiro anão precoce na região litorânea do Ceará.....	30
3. Esquema representando os tratamentos submetidos ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas.....	40
4. Características químicas do material de solo utilizado.....	43
5. Características químicas da água de abastecimento utilizada na irrigação dos tratamentos.....	43
6. Resumo da análise de variância (ANAVA) para altura de planta ao final de cada fase.....	51
7. Resumo da análise de variância (ANAVA) para número de folhas ao final de cada fase.....	55
8. Resumo da análise de variância (ANAVA) para diâmetro de caule ao final de cada fase.....	57
9. Resumo da análise de variância (ANAVA) para área foliar ao final de cada fase.....	60
10. Resumo da análise de variância (ANAVA) para fitomassa seca da parte aérea.....	62
11. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Eficiência quântica do fotossistema II.....	65
12. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Numero de frutos por planta.....	68
13. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Comprimento do pedúnculo.....	71
14. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Diâmetro apical e basal do pedúnculo.....	73
15. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Peso Fresco de pedúnculo.....	74
16. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Peso fresco de castanha.....	76
17. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Peso fresco do caju.....	79
18. Resumo da análise de variância (ANAVA) para Matéria seca do pedúnculo.....	80

## ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE NO SEGUNDO ANO DE PRODUÇÃO

### RESUMO

Atividade econômica de grande importância para região Nordeste, a cajucultura é apontada como uma das principais fontes de emprego e renda para os pequenos produtores da região. Estudos sobre a natureza e a dimensão da resposta da planta a distintos regimes hídricos ainda não foram quantificados, sendo escassas informações de pesquisa sobre irrigação, que permitam recomendações mínimas para o emprego deste insumo desconhecendo-se a sua influência em algumas características produtivas da planta. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o comportamento do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) clone CCP-76 sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no segundo ano de produção. Para isso conduziu-se uma pesquisa em ambiente protegido na área experimental do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Campina Grande-PB no período de 1 de fevereiro de 2007 a 30 de setembro de 2007. Foram aplicadas lâminas de irrigação referentes a 40; 55; 70; 85 e 100% de reposição da Evapotranspiração Real (ETR), nas fases: pós-repouso (A), floração (B) e fase de frutificação (C). Os volumes correspondentes aos déficits foram calculados em função do consumo médio das plantas testemunhas (L5=100% da ETR). Ao final de cada fase avaliou-se as variáveis de crescimento (altura de planta, número de folhas, área foliar, diâmetro de caule e fitomassa seca da parte aérea); variáveis fisiológicas (eficiência quântica do fotossistema II e teor relativo de água na folha) e ao final do ciclo, as variáveis de produção (número de frutos, comprimento de pedúnculo, diâmetros basal e apical do pedúnculo, peso fresco do pedúnculo e da castanha, peso fresco do caju e matéria seca do pedúnculo). O diâmetro caulinar aumentou linearmente com a redução do déficit hídrico nas duas fases iniciais (A e B) com incremento de 18,12 e 11,02%, respectivamente, em relação à menor lâmina aplicada. A área foliar foi significativamente afetada quando aumentou-se o déficit de água na frutificação. As variáveis fisiológicas estudadas não foram afetadas pelo déficit hídrico em nenhuma das fases. Todas as variáveis de produção foram afetadas quando o estresse foi aplicado na frutificação, entretanto, o estágio de desenvolvimento do cajueiro anão precoce mais sensível ao déficit hídrico é a frutificação.

**Palavras-Chave:** irrigação, déficit hídrico, *Anacardium occidentale* L.

## WATER STRESS IN DIFFERENT PHENOLOGICAL PHASES OF THE EARLY DWARF CASHEW TREE DURING THE SECOND PRODUCTION YEAR

### ABSTRACT

Economy activity is of great importance for those who live in northeast region of Brazil. the cashew tree is pointed as the main source of employment and income for small scale producer. The study of nature and dimension of hydric regimes distinct plants are not quantified, the information of the research of irrigation is scarce, that gives room for the smallest recommendation for employment which makes unknown some of the characteristics of the productive plants. The purpose of this work is to evaluate the behaviour of small premature cashew tree. (*Anacardium occidentale* L.) clone CCP-76 under the hydric shortage in various phases of phonological in the second year of production. For that a research was conducted in an environment protected in an experimental area of central national resource technology (CTRN) of federal university of Campina Grande (UFCG), at Campina Grande, PB district in February it 2007 to september 30th 2007 Irrigation blades were applicated reference to 40; 55; 70; 85 e 100% the replacement of real evapotranspiration (ETR), in stages: after repose A, growth B fructify stage C the shortage correspondent were calculated according to the medium consumption of the plants witnessed (L5 = 100% da ETR) at the end of each stages that was evaluated there was various growth (8 height of the plant, numbers of leaves, numbers of falling leaves, average stem diameter and dry fitomassa part of aerial) physicology variability (quantum efficacy of photosynthesis II and relative water contents of the leave) at the and of cycle, at production variability (number of fruits, length of peduncle, basalt diameter and peduncle of apical, fresh weight of peduncle and of chestnut fresh weight of cashew and dry peduncle). The stem diameter lineally increases with hydric shortage reduction at the beginning of the second stage (A and B) with increase of 18, 12 and 11, 02%, respectively, in relation to the smallest blade applicated (L1). All the falling leaves occupied significant area when there is shortage of water at fructify stage. Variable physiology studies did not affect hydric shortage in none of the stages all the production variability were affected when stress was applied at fructify stage, however, stage is a state where cashew premature dwarf develop more sensitively at hydric shortage of frutification.

**Key words:** irrigation, stress water, *Anacardium occidentale* L

## 1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), planta originária da América Tropical, pertence à família *Anacardiaceae*, que inclui árvores e arbustos tropicais e subtropicais, encontra-se disperso numa extensa faixa compreendida entre os paralelos 27° N e 28° S, (Frota e Parente, 1995). Essa cultura é de grande importância socioeconômica para o país, uma vez que a exploração de aproximadamente 690.131 hectares de cajueiros mobilizam milhares de pessoas no campo e proporcionam uma produção anual de 147.129 t de castanha (IBGE, 2006) e 1.650.000 t de pedúnculo (FAO, 2006).

Essa espécie é encontrada em todos os estados brasileiros, mas, adapta-se melhor às condições ecológicas do litoral nordestino (Paiva et al., 2003). Araújo e Silva (1995) salientam que o interesse na sua exploração econômica é cada vez maior nas regiões agrícolas menos desenvolvidas, tendo em vista suas características de geração de emprego e renda.

De acordo com Montenegro et al. (2003) a produção de amêndoa de castanha de caju no Brasil se destina ao mercado externo, gerando divisas em torno de 150 milhões de dólares anuais, tendo os Estados Unidos e o Canadá como principais mercados consumidores da amêndoa brasileira, respondendo por cerca de 85% das exportações.

A região Nordeste, com área superior a 650 mil hectares, responde por mais de 95 % da produção nacional de caju, sendo os Estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Bahia os principais produtores (Oliveira et al., 2002). A expansão da cultura nesses estados ocorreu na segunda metade da década de 60 e deveu-se, principalmente, às condições climáticas favoráveis, ao baixo preço das terras, à maior concentração de indústrias de beneficiamento e à política de incentivos do governo.

Silva et al. (2007) reforçam que a maioria dos plantios no estado da Paraíba ainda é oriunda de sementes, caracterizando-se por uma ampla variação genética acompanhada por reduções acentuadas na produtividade. Em 2002, a área colhida com caju sob sequeiro foi de 7.515 hectares com uma produção de 2.793 toneladas de castanha, correspondendo a 371 kg ha<sup>-1</sup>, no entanto, existem mesoregiões em que a produtividade atingiu os 800 kg ha<sup>-1</sup>, superando em ambos os casos, a produtividade nacional nesse ano que foi de 240 kg ha<sup>-1</sup>. Embora cultivado normalmente em regime de sequeiro, o cajueiro anão precoce responde significativamente à irrigação e sua produtividade pode alcançar 4.601 kg.ha<sup>-1</sup> no quarto ano de produção, com um incremento de até 1.153% na produção quando comparado em relação ao cajueiro comum sob sequeiro (Oliveira et al., 1997). Além disso, o período de colheita é ampliado para até dez meses, dependendo das condições climáticas, especialmente da

distribuição de chuvas (Oliveira et al., 1997). Atualmente, a área irrigada com cultivo de cajueiro anão precoce no Nordeste brasileiro é estimada em 3.000 hectares, a maioria com sistemas de irrigação localizada.

Apesar da reduzida produtividade anual dos pomares de cajueiro comum (200 kg ha<sup>-1</sup> de castanha) e de anão precoce (906 kg ha<sup>-1</sup> de castanha) (Pessoa et al. 2000) cultivados em condições de sequeiro, são escassos os estudos e as informações de pesquisa, em nível mundial, sobre irrigação nesta cultura. Estudos com estresse hídrico em cajueiro anão precoce, sob irrigação por gotejamento, em ambiente protegido revelaram que plantas submetidas ao déficit hídrico na fase vegetativa tiveram reduções significativas no número de frutos (Cavalcanti, 2007).

Em todo o mundo, o uso intensivo de águas de boa qualidade tem acarretado, de forma crescente, a diminuição da sua disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação e, ao passo que ao mesmo tempo, a crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas tem enfatizado a necessidade do uso racional da água (Ayers e Westcot, 1999). Desta forma, passa a ser de grande importância estudos que visem um melhor aproveitamento no uso da água em culturas irrigadas, entretanto, é necessário o conhecimento das fases fenológicas e das necessidades hídricas da cultura a ser explorada.

Diante disso o estudo teve como objetivo avaliar o comportamento do cajueiro anão precoce, clone CCP-76, submetido a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos durante o segundo ciclo de produção, cultivado em ambiente protegido. Estudar-se-á o déficit hídrico sobre as variáveis de crescimento, fisiológicas e de produção, onde será definida a melhor lâmina de água a ser aplicada em cada fase de desenvolvimento, bem como, identificar o estágio de desenvolvimento mais sensível ao déficit hídrico do cajueiro anão precoce.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Considerações gerais

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é encontrado em todo o mundo tropical, e sua importância econômica deve-se principalmente ao aproveitamento da amêndoa. As atividades de cultivo, industrialização e comercialização produzem emprego e renda em diversos países, a maioria dos quais com economia ainda muito dependente do negócio agrícola (Barros e Crisóstomo, 1995)

Dentre os principais países produtores a Índia se destaca tanto na produção como no beneficiamento da castanha, com uma área colhida de 730.000 hectares seguido do Brasil com 688.831 hectares colhidos (IBGE 2005), com destaque para o Estado do Ceará que em 2006 produziu 130.544 t com uma área plantada de 381.826 hectares (IBGE 2007).

No Brasil, a baixa qualidade do material de cultivo, na quase totalidade de cajueiro comum, tem contribuído para uma redução significativa na produtividade média. No entanto, com o surgimento do cajueiro anão precoce, que tem o seu sistema de produção baseado no emprego de clones melhorados, cultivos adensados, uso intensivo de fertilizantes e controle fitossanitário, com isso a idéia de que a planta pode ser cultivada sob condições de extrema adversidade está mudando com perspectivas de utilização da irrigação e, conseqüentemente, aumento da produtividade, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e do pedúnculo (Oliveira et al., 1998).

A importância da agroindústria do caju para os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, onde são colhidos cerca de 95% da produção no Nordeste e onde é feito todo o processamento da castanha, é representada pela movimentação de 157 milhões de dólares em exportações de amêndoas e gera milhares de empregos, diretos e indiretos, em todas as atividades dos segmentos produção, industrialização e comercialização da cadeia agroindustrial (Paula Pessoa e Leite 1998).

Embora no Brasil exista uma variabilidade genética ampla de cajueiro, apenas seis clones de cajueiro-anão precoce são recomendados para plantios comerciais, dentre eles o CCP-76. Isso representa uma base genética excessivamente estreita, caracterizando-se como uma vulnerabilidade genética (Almeida et al., 1993b e Barros et al., 1993)

De acordo com Almeida et al. (1995a), o domínio do conhecimento da fenologia de qualquer espécie vegetal, principalmente aquelas de importância econômica, torna-se

fundamental para a avaliação das exigências ecológicas da espécie, na determinação do período apropriado para propagação, na definição de espaçamento adequado, no estabelecimento de programas de controle de pragas e doenças, na previsão de safra, etc.

A produção agrícola, segundo Guandique e Libardi (1997), é fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas. Desta forma, a falta de água por períodos muito longos, devido principalmente a distribuição irregular das chuvas, como acontece no semi-árido nordestino, tem sido um dos principais fatores limitantes da produção.

## **2.2. A cultura do caju**

O cajueiro, denominado *Anacardium occidentale* por Lineu, pertence à família Anacardiaceae, a qual compreende cerca de 60 a 74 gêneros e 400 a 600 espécies (Khosla et al., 1973 ; Mitchell e Mori 1987) de árvores e arbustos (raramente subarbustos e trepadeiras), principalmente, tropicais e subtropicais, com poucos representantes de clima temperado.

É reconhecido que o maior centro de dispersão do gênero *Anacardium* é a Amazônia e que um centro secundário se localiza no Brasil Central, entretanto, a única espécie cultivada comercialmente e tem como possível centro de origem o Nordeste do Brasil. Atualmente existe uma multiplicidade de informações sobre a classificação botânica do cajueiro anão e também quanto ao número de espécies do gênero *Anacardium*.

É importante ressaltar que as teorias atuais sobre a origem do cajueiro continuam fundamentadas em provas circunstanciais as quais apontam, convincentemente, o Brasil ou pelo menos o Norte da América do Sul e parte da América Central como o mais provável centro filogenético da espécie (Barros, 1995). Observa-se, no entanto, que não obstante ser encontrado mais abundantemente na Região Litorânea do Nordeste do Brasil, onde aparece em estado aparentemente espontâneo, sobretudo na vegetação das praias e dunas, o cajueiro não suporta a concorrência de outras espécies, diferentemente do que se observa com as outras espécies do gênero, como as de Cerrado e as da Mata Amazônica, que convivem normalmente como parte das florestas locais. Também é encontrado espontaneamente nas matas das zonas de transição com a faixa litorânea, na Região Nordeste (Paiva, 2003). A cultura do cajueiro anão tem caráter sazonal e, embora possa apresentar frutificação no primeiro ano, sua colheita é economicamente viável somente a partir do terceiro ano (Menezes e Alves, 1995).

Historicamente, o cajueiro tem sido considerado uma planta resistente e adaptada às condições de seca, sendo muitas vezes o único cultivo a produzir em condições extremamente adversas, o que provavelmente explica o desinteresse, expresso até recentemente, em verificar se o mesmo responderia a uma oferta hídrica dentro do que é demandado bem à irrigação (Oliveira et al., 1998a). Em decorrência disso, a maioria das áreas cultivadas com o cajueiro existentes no Brasil foi implantada sob regime de sequeiro, com base na premissa de que a planta pode ser cultivada sob condições de adversidade hídrica.

Apesar da importância socioeconômica e da expansão da área cultivada, essa exploração, no entanto, sempre esteve à margem do emprego de tecnologias, ocasionando redução da produtividade de 635 kg ha<sup>-1</sup> no início do século passado para 302 kg de castanha/ha na safra de 2002/2003 (Estatística, 2003). As baixas produtividades vêm repercutindo em toda a cadeia, do segmento produtivo até a industrialização, na falta de matéria-prima de qualidade para a indústria (Paula Pessoa e Leite, 1998).

Conforme Oliveira (2002) há necessidade de se aumentar a lucratividade do setor produtivo, uma vez que as produtividades auferidas, atualmente, não remuneram o produtor, pondo em risco a viabilidade econômica do empreendimento. Segundo o autor, a produtividade esperada por hectare, para o cajueiro-anão precoce em cultivo de sequeiro é de cerca de 1.000 kg de castanha e 10.000 kg de pedúnculo, enquanto que em cultivo irrigado é de 3.800 kg de castanha e 30.000 kg de pedúnculo. Segundo Barros (2000) o potencial de produção de castanha de novos clones de cajueiro-anão tem alcançado cerca de 1.500 kg, no sexto ano de avaliação de experimento conduzido em cultivo de sequeiro. No caso de clones para cultivo sob irrigação, deve-se dar ênfase a genótipos que possibilitem produtividades superiores a 3,8 t ha<sup>-1</sup> como as obtidas atualmente de clones disponíveis (Oliveira, 2002).

Devido à baixa produtividade de cajueiros comuns (menos de 250 kg de castanha ha<sup>-1</sup>) os pesquisadores sentiram a necessidade de selecionar plantas que possibilitassem um maior rendimento. Segundo Barros e Crisóstomo (1995), o trabalho inicial de melhoramento de cajueiro anão precoce no Brasil constou de uma seleção fenotípica individual, pelo controle anual da produção, iniciado em 1965 na estação experimental da Embrapa Agroindústria Tropical localizada no município de Pacajus-CE.

Conhecido também por cajueiro de seis meses, o cajueiro tipo anão precoce apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônomicas que o diferenciam do tipo comum. Originário, provavelmente, da região Amazônica, caracteriza-se pelo porte baixo, copa homogênea, diâmetro do caule e envergadura bem inferiores ao tipo comum, precocidade etária, iniciando o florescimento dos 6 aos 18 meses e alto potencial produtivo (Barros, 1988).

Em função dessas características tem sido empregado no cultivo adensado de plantas, com o objetivo de reverter o baixo rendimento apresentado no sistema tradicional de condução do cajueiro (Bezerra e Miranda, 1998). Várias pesquisas foram desenvolvidas para obtenção de genótipos de cajueiro que permitissem, não só o aumento de produtividade, como também a melhoria da qualidade da castanha para a indústria (Araújo, 1990; Parente et al., 1991).

O cajueiro do tipo anão, quando propagado vegetativamente, apresenta cerca de 80 % das plantas em florescimento já no primeiro ano, ou seja, 4 a 6 meses após o plantio. Entretanto, quando propagado por semente só inicia o florescimento no 2º ano, embora 20 a 40 % das plantas possam florescer no primeiro ano, daí ser chamado de cajueiro de seis meses. O porte baixo possibilita o aumento da densidade de plantio com conseqüente acréscimo na produtividade, além de facilitar os tratos culturais e a colheita, favorecendo maior aproveitamento do pedúnculo (Barros et al., 1984).

A importância dessa cultura na região Nordeste provém do fato de ser essa, praticamente, a única atividade agrícola com planta perene em regime de sequeiro, viável econômica e agronomicamente, em função das baixas precipitações pluviárias que ocorrem nesta parte do Brasil (Barros et al., 1984). Outra característica importante da cajucultura é a colheita, fase de maior intensidade de uso de mão-de-obra, que coincide com a entressafra de culturas tradicionais como mandioca, algodão, milho e feijão, apresentando-se, portanto, como uma alternativa de ocupação e renda, evitando o êxodo rural no período entressafra e proporcionando muito trabalho nas zonas rural e urbana, por meio das usinas de beneficiamento de castanha e processamento do pedúnculo.

### *2.2.1. Morfologia do cajueiro*

O cajueiro comum é uma planta perene, de ramificação baixa e porte médio. A copa atinge altura média de 5 a 8 metros e diâmetro médio (envergadura) entre 12 e 14 m. Excepcionalmente, pode atingir até 15 m de altura, com diâmetro da copa superior a 20 m. No caso do cajueiro anão precoce, a altura média não ultrapassa 4 m e a envergadura varia entre 6 e 8 m (Barros, 1995). As folhas são simples, caducas, ovaladas, inteiras e alternas, de aspecto subcoriáceo, glabras e curto-pecioladas, medindo de 10 a 20 cm de comprimento por 6 a 12 cm de largura.

Normalmente tem caule ereto, mas, devido principalmente às condições de solo, esse caule pode ser muito curto, com ramificações ao nível do solo, resultando em plantas tipo

rastejante. Ao contrário do cajueiro comum, o caule do cajueiro anão precoce se ramifica próximo ao solo, formando uma copa mais compacta (CENTEC, 2004).

O sistema radicular é constituído de raiz pivotante, muitas vezes bifurcada, profunda, e de diversas raízes laterais, cuja maior concentração (91%) verifica-se na profundidade de 15 a 32 cm (Frota et al., 1988), e são essas raízes que absorvem os nutrientes e água para a planta. Estudos sobre sistema radicular de plantas de um a seis anos mostraram valores que sugerem uma relação de 1/2 entre raízes laterais/copa, ou seja, o sistema lateral atinge duas vezes a projeção da copa (Barros, 1995; CENTEC, 2004).

O crescimento apresenta duas fases por ano, uma vegetativa, iniciando no mês de abril, desde que ocorram condições normais de precipitação (Barros et al., 1984) e outra reprodutiva que são reguladas tanto pelas características genéticas da planta como pelas condições ambientais, razão pela qual são observadas alterações desse padrão normal (Araújo e Silva, 1995).

O sistema reprodutivo da espécie é predominantemente alogâmico, ou seja, a fecundação é preferencialmente cruzada (Barros et al., 1993). As flores são pequenas, de coloração verde esbranquiçada ou vermelha e com aroma adocicado; é comum encontrar plantas com flores e frutos em vários estádios de desenvolvimento ao mesmo tempo (Johnson, 1973). As flores são compostas por cinco sépalas, cinco pétalas, um ovário simples, que nas flores simples é bem rudimentar apresentando de sete a quinze estames.

Barros et al. (1993) citam que os dois tipos de flores, masculinas (estaminadas) e hermafroditas, variam em quantidades e proporções entre plantas e até mesmo entre panículas de uma mesma planta, com a percentagem de flores hermafroditas variando de 0,5 a 25 % do número total de flores. As flores masculinas iniciam a abertura por volta das 6h e continuam assim por todo dia, enquanto a abertura das flores hermafroditas ocorre entre as dez e meio dia, com variação mínima.

O pseudofruto tem peso e tamanho variáveis, mas, de acordo com CENTEC (2004), já foram observados pedúnculos com peso médio de até 650g e tamanho variando de 3 a 20 cm de altura e largura de 3 a 12 cm.

### *2.2.2. Exigências edafoclimáticas do cajueiro*

Segundo Andrade Júnior (1992), as culturas têm desenvolvimento e rendimento altamente influenciados pelas condições de clima e umidade no solo. A deficiência e o

excesso de água no solo são os fatores mais limitantes para obtenção de altas produtividades, pois, podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

A faixa de umidade relativa do ar mais apropriada para a cultura situa-se entre 70 e 80%. Em regiões de grande concentração de plantios, valores superiores a 80%, notadamente no período de florescimento, são bastante prejudiciais às plantas por favorecerem as doenças fúngicas, especialmente a antracnose. Devem ser evitados locais com umidade relativa do ar abaixo de 40%, principalmente no período de florescimento e frutificação, em razão das perdas por secamento e queda de flores e frutos jovens (Barros et al., 1993).

O cajueiro por ser uma planta de clima tropical, exige para seu desenvolvimento regime de altas temperaturas, sendo a média de 27 °C a mais apropriada para o cultivo. Suporta, no entanto, temperaturas médias mais elevadas (33° a 35°C), sendo, porém sensível a períodos prolongados sob temperaturas abaixo de 22°C, uma vez que as plantas jovens são prejudicadas pelo frio. As adultas, apesar de suportarem melhor as temperaturas baixas, têm a produção afetada quando estas ocorrem no período de floração/frutificação (Barros et al., 1993). Os principais fatores climáticos que influenciam na exploração econômica do cajueiro são: precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e altitude e, num grau de menor importância, latitude e vento (Aguiar e Costa, 2002).

Com relação ao tipo de solo o cajueiro pode ser cultivado na maioria dos solos desde que sejam profundos, intensamente intemperizados, não apresentando minerais primários de fácil decomposição, os quais, quando presentes, representam uma reserva de nutrientes a serem liberados lentamente para a solução do solo (Ramos e Lima, 1995).

Os principais solos cultivados com cajueiro anão precoce são: Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas), Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Amarelos, Argissolos Acinzentados (Podzólicos Acinzentados) e Argissolos Vermelho-Amarelos (Podzólicos Vermelho-Amarelos) (Crisóstomo et al., 2001a). No entanto, na região Nordeste há predominância dos Neossolos Quartzarênicos que apresentam baixo teor de matéria orgânica. Como consequência, os suprimentos de nitrogênio e enxofre também são baixos. As perdas de nutrientes por lixiviação, nesses solos, em geral, são elevadas: N e K > 80%, Ca e Mg > 40% do total aplicado (Carvalho, 1996). De maneira geral são de baixa fertilidade, apresentando deficiências de vários nutrientes, principalmente fósforo, potássio e cálcio, sendo que essas deficiências tendem a crescer com o uso do solo, caso não se adotem práticas para reposição de nutrientes (Oliveira e Ramos, 1995).

### *2.2.3. Propagação do cajueiro*

A maioria das plantações organizadas de cajueiro existentes no Nordeste, tanto na pequena como em grandes propriedades, são provenientes de sementes de grande variabilidade genética, não selecionadas, geralmente obtidas na própria região ou introduzidas de outras. Para garantir a identidade da planta-mãe e uniformidade à plantios, há necessidade de adotar a multiplicação vegetativa e superar os problemas com ele relacionados (Costa, 1986).

Conforme Barros et al. (1993) o cajueiro tanto pode ser propagado por sementes como vegetativamente. Por ser uma planta predominantemente de cruzamento, para que uma flor seja fecundada há necessidade do pólen de outra flor. Em decorrência, embora seja possível o cruzamento entre flores de uma mesma planta, normalmente o que ocorre é a polinização com pólen de plantas localizadas na vizinhança, de modo que só é possível o controle da planta-mãe, já que os cruzamentos naturais ocorrem principalmente por meio de insetos e, possivelmente, também pelo vento. Como consequência, os pomares formados com mudas de pé-franco (não enxertadas) são geneticamente desuniformes, ou seja, as plantas não são iguais entre si. Isto deve-se ao fato de que as sementes utilizadas, qualquer que seja o processo de escolha das castanhas, serem descendentes de diferentes pais, mesmo quando originam-se de uma mesma planta matriz. Ainda de acordo com os autores, as castanhas provenientes de uma só planta, selecionada, originam pés-francos que apresentam variações tanto na produção como no tamanho da castanha.

O método da propagação vegetativa, feito a partir de mudas enxertadas, consiste em se obter um vegetal pela união do enxerto ao porta-enxerto. Após o “pegamento”, o enxerto fornece a copa e o porta enxerto o sistema radicular com vantagem para o produtor de ter a certeza de que as novas plantas terão as mesmas características da planta-mãe, garantindo-se maior produtividade e uniformidade da castanha e do pedúnculo. Esse material deverá ser retirado de plantas livres de pragas e doenças e que apresentem as características exigidas pelo mercado (Costa, 1986; Corrêa et al., 1995; CENTEC 2004; Cavalcanti Júnior, 2005).

### *2.2.4. Plantio e adubação*

Para o plantio do cajueiro recomenda-se uma adubação de fundação previamente ao transplântio. Após a abertura das covas que deverão ter dimensões 40 x 40 x 40 cm, e caso

necessite de uma calagem, deve ser aplicado por cova 100 g de calcário dolomítico fazendo uma mistura com o solo do local. Em seguida encher a cova com uma mistura de solo da superfície + superfosfato simples, de acordo com a análise do solo, mais 100 g de FTE BR 12 + 10 litros de esterco animal bem curtido. A cova preparada deverá permanecer assim por um período de 30 dias antes do transplante da muda, geralmente até no início do período chuvoso quando se tratar de cultivo de sequeiro.

Durante o 1º ano de produção a adubação de manutenção deverá ocorrer 60 dias após o transplante da muda. No caso de cultivo sob sequeiro, aplicar os fertilizantes ao redor das plantas, em três parcelas iguais no início, meio e fim da estação chuvosa. Em cultivo irrigado, o parcelamento poderá ser mensal, com os fertilizantes aplicados via água de irrigação. Já no 2º, 3º e 4º anos deverá seguir o mesmo sistema de aplicação para o 1º ano de produção, todavia, o fósforo deverá ser aplicado em uma única parcela, tanto para o cultivo de sequeiro, como para o irrigado.

Recomenda-se adubação de fundação previamente ao transplantio, conforme análise de solo, com o objetivo de elevar a saturação por bases do solo e garantir um teor mínimo de magnésio, e caso seja necessário, recomenda-se fazer uma calagem na área (Raj et al., 1996). A adubação fosfatada leva em conta a determinação de fósforo no solo pelo método da resina, que é um processo que simula a ação das raízes e, assim, torna-se mais eficiente na avaliação da disponibilidade do nutriente no solo. A aplicação inicial de fósforo (P), Cálcio (Ca) e micronutrientes para o cajueiro anão precoce deve ser feita no momento de preparo da cova. Do segundo ano em diante, o P deve ser aplicado de maneira convencional, no início da estação das chuvas; enquanto o N, K e os micronutrientes devem ser aplicados de janeiro a outubro em intervalos quinzenais (Oliveira et al., 2001).

Lopes (1986) recomenda que na operação de preparo do solo para implantação da cultura é necessário fazer uma aração seguida de uma gradagem. Nesta ocasião, se necessário, realizar-se a calagem para elevar a saturação de bases a 60%. Se o teor de Mg for inferior a 48 mmol/dm<sup>3</sup>, é necessário utilizar calcário dolomítico. Segundo o autor o gesso agrícola só deve ser aplicado em solos com camadas superficiais (20 a 40 cm) com menos de 3mmol/dm<sup>3</sup> de Ca<sup>2+</sup> e/ou com mais de 5 mmol/dm<sup>3</sup> de Al<sup>3+</sup> e/ou saturação por alumínio maior que 40%.

No caso de necessidade de calagem, deve-se misturando bem com o solo e em seguida fazer a mistura com 10L de esterco de curral curtido ou 3 a 4L de esterco de galinha acrescido com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples de acordo com análise de solo. Geralmente se

utiliza o espaçamento de 7 x 7 m quando cultivado em sequeiro (204 plantas/ha) ou 7 x 8 m sob irrigação (178 plantas/ha).

Ximenes (1995) trabalhando com absorção de nutrientes em mudas de cajueiro anão precoce (CCP 76) verificou que os cotilédones contêm expressivas reservas de N, P, S, K e Mg, respectivamente 54, 82, 44, 90 e 36%, em relação às quantidades máximas desses elementos extraídos pela planta. A demanda nutricional das mudas no estágio inicial, segundo o mesmo autor, é suprida pelos cotilédones e sistema radicular. A quantidade exportada de nutrientes é função do destino dado à parte aérea. No cajueiro, consideram-se o pedúnculo e a castanha como parte exportada. Ainda de acordo com o autor os nutrientes exigidos e exportados pelo cajueiro obedecem às seguintes ordens decrescentes: Exigência;  $N > K > Mg > Ca > P > S > Fe > Mn > B > Zn > Cu$  para suprir a necessidade e de Exportação;  $N > K > P > Mg > S > Ca > Fe > B > Cu > Mn$ .

Resultados de levantamentos realizados pelo IBGE (2004) revelaram que os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte obtiveram juntos, no ano de 1999, rendimento médio de castanha em torno de  $219 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo este reduzido para  $171 \text{ kg ha}^{-1}$  no ano de 2001 (IBGE, 2004). Alguns fatores estão relacionados com a queda nos níveis de produção do cajueiro, dentre eles a baixa fertilidade dos solos nos quais esses pomares são conduzidos, o reduzido uso de insumos (adubos, corretivos, etc.) e o uso inadequado de práticas de manejo do solo (Araújo, 1990). Segundo Paula et al. (1998), práticas alternativas de manejo como adubação verde, manejo de restos de cultura e cobertura morta, são eficientes para o aumento da capacidade produtiva dos solos e da produção de material orgânico, minimizando o efeito da compactação e dos processos erosivos.

Na Tabela 1 são apresentadas as recomendações de adubação do cajueiro anão precoce para as condições dos solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Nordeste, as quais poderão ser adaptadas, em função da análise de solo e das condições da área de cultivo.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação mineral para o cajueiro anão precoce sob irrigação

Adubação	N (g/pl.)	P resina (mg /dm <sup>3</sup> )			K solo (mmol /dm <sup>3</sup> )		
		0 - 12	13 - 30	> 30	0 - 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g / planta )			K <sub>2</sub> O (g / planta)		
Plantio	0	200	150	100	-	-	-
Formação	-	-	-	-	-	-	-
0 - 1 ano	60	-	-	-	60	40	20
1 - 2 ano	80	200	150	100	100	60	40
2 - 3 ano	150	250	200	120	140	100	60
3 - 4 ano	200	300	250	150	180	140	80

Fonte: Crisóstomo et al. (2001b)

### 2.2.5. Tratos culturais do cajueiro

Os principais tratos culturais recomendados para o cajueiro são: desbrota, retirada de panículas, poda, controle de plantas daninhas e coroamento. Essas operações são fundamentais para que a planta expresse todo seu potencial produtivo, assegurando o retorno econômico do investimento (Crisóstomo et al., 2001a)

A desbrota, retirada das brotações laterais inferiores da planta, próximas aos cotilédones ou desenvolvidas no porta-enxerto, efetua-se logo após o surgimento destas formações, no ano de instalação do pomar e tem como vantagens, manter o equilíbrio entre sistema radicular e parte aérea da planta e redução dos custos da poda nos anos subsequentes (Parente e Oliveira, 1995).

Em função da sua precocidade, o cajueiro anão pode emitir panículas imediatamente após o plantio que devem ser removidas até o oitavo mês de idade da planta, já que nessa fase constituem-se numa fonte que requer muita energia, que deve estar direcionada ao crescimento vegetativo (Crisóstomo et al., 2001a).

A poda é um dos mais importantes tratos culturais no cajueiro, visto que, a partir dela é possível manter os pomares jovens com uma copa compacta, com ampla superfície produtiva, livre de entrelaçamento e ainda, facilitar a mecanização dos cultivos. e as operações de adubação e manutenção dos pomares (Oliveira e Bandeira, 2001). Nos pomares sob sequeiro, deve-se realizar poda de formação a partir do segundo ano de produção, eliminando-se ramos emitidos próximos ao solo ou no porta-enxerto e, anualmente aqueles com crescimento lateral anormal. Isso possibilitará maior eficiência aos tratos culturais e

posterior colheita, evitando problemas de entrelaçamentos dos galhos e dificuldade na mecanização (Crisóstomo et al., 2001b).

Conforme ainda estes autores, a época de poda nas plantas adultas está relacionada ao comportamento fisiológico do cajueiro, recomendando-se sua realização após a colheita e antes do fluxo foliar, quando as plantas encontram-se, aparentemente, em repouso vegetativo.

Já o controle das plantas daninhas pode ser realizado via capina mecânica, caso necessário, efetua-se mais de uma roçagem mecânica no período chuvoso. Em áreas irrigadas, no período seco, é de extrema importância se fazer o coroamento que consiste na limpeza da área sob a copa do cajueiro, evitando dessa forma o aparecimento dessas plantas (Oliveira e Bandeira, 2001).

### 2.2.6. Necessidades hídricas do cajueiro

Segundo Crisóstomo et al. (2001a), as necessidades hídricas do cajueiro, quando irrigado por sistemas de microirrigação, podem ser estimadas a partir dos dados climáticos locais, segundo a equação 2:

$$V = ETo \times Kc \times Kr \times A \quad (Eq. 2)$$

onde,

*V* = volume por planta/dia (litros);

*ETo* = evapotranspiração potencial de referência (em mm dia<sup>-1</sup>);

*Kc* = coeficiente de cultivo (adimensional)

*Kr* = coeficiente de redução da evapotranspiração (adimensional)

*A* = área ocupada por planta (m<sup>2</sup>).

A estimativa da evapotranspiração de referência (*ETo*) é obtida partir dos dados climáticos diários de cada região e pode ser estimada por diferentes métodos entre eles Hargreaves e Samani (1985), Tanque Classe "A" e Penman-Montheith que é recomendado pela FAO. Os valores dos coeficientes de cultivo (*Kc*) e dos coeficientes de redução da evapotranspiração (*Kr*) para o cajueiro anão precoce nas condições climáticas do Ceará constam na Tabela 2.

O *Kr* poderá ser definido a partir do coeficiente de cobertura do solo (*CS*), que representa a percentagem de superfície do solo coberta pela cultura ou a partir da percentagem da superfície do solo molhada na irrigação, o que for maior (Miranda, 2005).

**Tabela 2.** Necessidade hídrica do cajueiro anão precoce na região litorânea do Ceará\*.

Variável	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano
C.S. (%)	5 a 10	10 a 25	25 a 40	40 a 60
Kc	0,5	0,55	0,55	<b>0,6</b>
Kr	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,5	0,5 a 0,7
ETc	0,2 a 0,4	0,5 a 0,7	0,7 a 1,1	1,3 a 1,9
L / pl. / dia	10 a 20	23 a 35	35 a 53	62 a 90

Fonte: CNPAT, 2003.

C.S. - Porcentagem da superfície do solo coberta pela cultura (%)

Kc - Coeficientes de cultivo ajustados para o cajueiro (adimensional)

Kr - Coeficiente de redução da evapotranspiração, (adimensional)

ETc - Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm.dia}^{-1}$ )

### 2.2.7. Irrigação e Fertirrigação

O uso da irrigação na cultura do cajueiro anão precoce está relacionado com o emprego de clones melhorados em sistemas de cultivos adensados, controle fitossanitário eficiente e utilização de fertilizantes de forma equilibrada (Crisóstomo et al., 2001a)

Dentre os métodos de irrigação atualmente em uso, a microirrigação (irrigação localizada) é o mais recomendável para o cajueiro anão em função das seguintes vantagens: economia de água (maior eficiência de irrigação e redução de perdas de água por evaporação), economia de energia (trabalha com vazões e pressões menores), possibilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação), redução da ocorrência de plantas daninhas e doenças foliares, não interferência nas pulverizações, capinas e colheitas. Como desvantagens relaciona-se a necessidade de filtragem da água para evitar o entupimento dos emissores e o custo inicial elevado. Este maior custo inicial, porém, é recuperado em poucos anos devido ao baixo custo de operação do sistema. O manejo da irrigação na cultura do cajueiro anão precoce está relacionado à quantidade e à frequência de aplicação de água, baseado no tipo de solo, na idade da planta, na eficiência do sistema de irrigação e nas condições climáticas (Oliveira et al., 2001).

Para a cultura do cajueiro tanto os macros como os micronutrientes podem ser aplicados através da irrigação, desde que sejam solúveis em água. De um modo geral, as fontes de nitrogênio e potássio mais utilizadas são relativamente solúveis em água e raramente causam problemas de obstrução (Oliveira et al., 2001).

### 2.3. Fases fenológicas do cajueiro

O cajueiro caracteriza-se por apresentar crescimento intermitente cuja periodicidade pode manifestar-se em diferentes níveis de intensidade de fluxo foliar (Almeida, 2002). O crescimento vegetativo consiste na expansão de internódios com formação simultânea de folhas, inicia-se com grande intensidade logo após a estação chuvosa, coincidindo com o pico de queda de folhas, e prolongando-se de forma atenuada durante toda a estação seca (Frota e Parente, 1995). A planta apresenta uma aparente fase de repouso vegetativo de janeiro a abril que coincide com o período de maior concentração de chuvas caracterizada por escassa ou nenhuma emissão foliar (Frota, 1988); uma fase de florescimento que se inicia no final das chuvas e de frutificação que ocorre principalmente no período seco e no caso do cajueiro anão precoce se prolonga por mais dois meses quando comparado ao tipo comum (Costa, 1986; Barros, 1988; Barros 1995; CENTEC, 2004)

Conforme Parente (1981), o cajueiro anão se caracteriza por iniciar seu crescimento mais cedo na estação e por apresentar porte reduzido, entre outras características. Barros et al. (1984) afirmam que as melhores condições para o desenvolvimento do cajueiro são encontradas em regiões com precipitação pluvial anual entre 800 a 1600mm.

Frota (1988) afirma que a queda de folhas do cajueiro ocorre durante todo o ano, aumentando, acentuadamente, a partir de maio, logo após as precipitações pluviais mais intensas, e, atingindo o pico entre junho e agosto. Este pico incide, freqüentemente, com o período da mais intensa brotação de gemas. Almeida (1982) e Almeida e Martins Júnior (1984) citam que, embora se observe a queda foliar ao longo de todo o ano (queda lenta), esta só se intensifica aproximadamente um mês após o pico de precipitação pluvial observado nos seis meses da estação chuvosa. É importante salientar que essa fenofase sempre é seguida pelo novo crescimento ativo da planta.

A floração ocorre constantemente durante a estação seca em que predomina pouca nebulosidade e alta insolação e sua distribuição é, visivelmente, dependente de crescimento vegetativo (Frota, 1988). A época de florescimento do cajueiro depende do período de distribuição das precipitações pluviais observando-se, no entanto, uma grande variação para o período de florescimento, sendo possível encontrar planta que floresce durante o ano inteiro e planta que apresenta um período mais concentrado de floração (Barros, 1988). No caso do cajueiro anão precoce o florescimento se inicia no primeiro ou no segundo ano, enquanto no tipo comum ocorre apenas no terceiro ou quarto ano. Atingida a idade reprodutiva, a atividade

passa a ser anual, dependendo das características genéticas da planta e do ambiente, principalmente a pluviosidade (Barros, 1988; Barros, 1995; CENTEC, 2004).

De acordo com Barros et al. (1984), a frutificação no cajueiro anão ocorre na estação seca. No Ceará, a duração do período de frutificação é mais longa, e, em anos de precipitação pluvial favorável, a frutificação pode iniciar-se em julho, estendendo-se até fevereiro. Porém, a maior intensidade de frutificação ocorre no período de setembro a novembro.

Analisando-se o comportamento da cultura nas principais regiões produtoras, verifica-se que o cajueiro necessita de uma estação seca para frutificar normalmente (Barros et al., 1984), pois, a diferenciação floral ocorre quase sempre no final da estação chuvosa com o florescimento se processando durante os meses secos e os primeiros frutos maduros (regime de sequeiro no estado do Ceará) em anos de precipitação normal, aparecendo em meados de agosto. Em anos secos, há uma antecipação de pelo menos um mês, com os primeiros cajus começando a amadurecer em meados de julho. A duração do período de frutificação é alongada no cajueiro anão, sendo possíveis colheitas até fevereiro (Barros et al., 1984). No caso do cajueiro anão irrigado, o emprego da irrigação, além de antecipar o início da floração, contribui para aumentar sua intensidade (Oliveira et al., 1996).

O percentual de frutificação, em relação à quantidade de flores hermafroditas produzidas, é muito baixo no cajueiro e varia de acordo com a região, época do ano, entre plantas e entre panículas de uma mesma planta. Quando ocorre a fertilização, o pedicelo da flor fica avermelhado e, após cerca de uma semana, o verdadeiro fruto, que é a castanha, torna-se visível. Por volta da quinta semana o fruto cessa seu crescimento e começa a diminuir até a completa maturação, atingindo 73 a 77% do tamanho máximo. Esse desenvolvimento desde a fecundação até a maturação dura entre 50 e 55 dias. A castanha tem um formato reniforme de 3 a 5 cm de comprimento com 2,5 a 3,5 cm de largura, pesando de 3 a 20 g (Costa, 1986). O comportamento do pseudofruto, resultado do desenvolvimento anormal do pedúnculo da flor, é o inverso ao do fruto, com um crescimento inicial bem mais lento, chegando a atingir o seu tamanho máximo apenas ao final da maturação. Até a quarta semana o fruto é maior que o pseudofruto, mas após a maturação o fruto do cajueiro comum representa apenas 8 a 12% do peso total (fruto + pseudofruto) como destaca Barros (1995), já no caso do cajueiro anão precoce Costa (1986) ressalta que esse percentual varia entre 6 e 9%, com a amêndoa sendo responsável por 26 a 30% do peso da castanha.

Entretanto, o uso de mudas enxertadas, uniformiza o crescimento de plantas e antecipa o início da produção. Diferentes combinações de porta-enxertos e copa resultam em alterações fisiológicas nas mudas, tais como as relações hídricas e trocas gasosas (Castle et al., 1989)

que podem originar melhores adaptações a diferentes condições ambientais. Qualquer incremento no grau de resistência das plantas aos estresses pode evitar perdas da produção em áreas semi-áridas ou estabilizá-las em regiões sujeitas a condições ambientais adversas ocasionais.

#### **2.4. O estresse hídrico nos vegetais**

Uma das principais respostas das plantas ao déficit hídrico é o fechamento dos estômatos, e com isto, a diminuição do fornecimento de  $\text{CO}_2$  para o mesófilo foliar, o que causa a diminuição da fotossíntese. Isto possibilita que avaliações fisiológicas, como as medidas de trocas gasosas, possam ser utilizadas para avaliar os efeitos da deficiência hídrica em plantas (Souza et al., 2001).

Pires et al. (2001) destacam que a falta ou excesso de água afeta negativamente o crescimento, a sanidade e a produção das plantas, sendo o estresse hídrico fator limitante na produção agrícola. Segundo Larcher (2000) o início do distúrbio é seguido pela perda da estabilidade de estruturas e componentes celulares, além das funções vitais. Caso o fator de estresse perdure, haverá resposta da planta como forma de adaptação requerendo, todavia, gasto energético e resultando em redução do crescimento.

O estado da água nos diversos órgãos da planta é uma propriedade dinâmica, afetada pelo balanço entre a perda do vapor d'água pelas folhas para a atmosfera e a absorção de água pelas raízes. As taxas de transpiração, fotossíntese e de crescimento das plantas são afetadas pelas alterações no estado de água das folhas. Pode-se dizer que o valor mais simples e útil para caracterizar o 'status' de água nas plantas é o potencial de água (Klar, 1984).

O déficit hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, visto que o estresse geralmente aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de  $\text{CO}_2$  para a fotossíntese. Muitos desses efeitos refletem mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente (Nogueira, 1997). As plantas ao absorverem  $\text{CO}_2$ , inevitavelmente perdem água através das folhas. Tal perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, os quais apresentam mecanismos para controlar o grau de abertura de seus poros. O déficit de água é relativo, isto é, o potencial da água na folha que induz o fechamento estomático em uma determinada espécie pode ter apenas pequeno efeito em outra. O controle estomático da condutância foliar

é um mecanismo importante, através do qual as plantas limitam suas perdas de água, sendo frequentemente utilizado como indicador de déficit hídrico (Mc Dermitt, 1990).

A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. De acordo com Ortolani e Camargo (1987) sem se considerar os efeitos extremos, esta limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção, razão por que, no planejamento da agricultura irrigada, é de fundamental importância o conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente quanto aos períodos de baixa precipitação e elevada demanda evapotranspirométrica.

Conforme Chaves (1991) o impacto do déficit no desempenho e no tempo de recuperação da planta é resultado da interação entre sua informação genética, a intensidade, a severidade e a duração do estresse. O autor afirma que o momento de ocorrência do estresse hídrico, com relação ao estágio fenológico de desenvolvimento da cultura também afeta a resposta ao déficit hídrico. Quanto mais prolongado for o período do déficit, mais severa é a desidratação e maior será a possibilidade de dano no aparelho fotossintético.

A perspectiva de sobrevivência de uma planta sob estresse extremo causado pelo déficit hídrico é melhor quanto maior for o adiamento da redução dos valores do potencial hídrico do protoplasma e quanto maior for a capacidade de tolerar a dessecação, no entanto sem apresentar injúrias (Larcher, 2000). Ainda de acordo com este autor a planta não necessariamente precisa ser resistente à seca para sobreviver em regiões com deficiência hídrica, pois, existem espécies que se adaptam a essa situação programando o crescimento e a produção, de forma que ambos ocorram em períodos com suficiente disponibilidade de água.

Devido uma grande extensão do Nordeste está localizada no semi-árido Brasileiro, constata-se que o déficit hídrico é uma situação comum na agricultura, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e produção das culturas (Lecoeur e Sinclair, 1996).

## **2.5. Mecanismos de resistência ao déficit hídrico**

Segundo Taiz e Zeiger (2004) existem diversos tipos de mecanismos de resistência ao déficit hídrico, entre eles o retardo da desidratação (capacidade de manter a hidratação do tecido), a tolerância à desidratação (capacidade de manter em funcionamento todos os

processos vitais enquanto desidratada) e ainda o escape da seca que engloba as plantas que completam seu ciclo durante a estação úmida, antes do início da seca.

Entre as que retardam a desidratação destacam-se aquelas que economizam e aquelas que despendem água. As plantas que economizam água têm consumo moderado, e apresentam como características o fechamento dos estômatos, sistemas radiculares mais profundos, redução no tamanho das células, espessamento da camada serosa da cutícula foliar, etc. conservando parte no solo para usar mais tarde em seu ciclo; por outro lado as que despendem água apresentam consumo irrestrito utilizando muitas vezes grandes quantidades (Raven et al., 2001). A produtividade de plantas, limitada pela água depende da quantidade disponível deste recurso e da eficiência do seu uso pelo organismo. Algumas plantas possuem adaptações, como os tipos fotossintéticos C4 e CAM que lhes permitem explorar ambientes mais áridos. Além disso, as plantas exibem mecanismos de aclimação que são ativados em resposta ao déficit hídrico (Taiz e Zeiger, 2004).

Segundo Turner (1986), as interações entre a água e os fatores bioquímicos da própria planta com os edafoclimáticos que regem o fluxo e a demanda hídrica, são importantes na abertura e no fechamento dos estômatos, sendo determinadas pelo turgor das células-guarda e das células epidérmicas, considerando que as formas de defesa das plantas contra a desidratação são o controle da transpiração e o desenvolvimento de mecanismos de ajuste osmótico.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004) o crescimento das plantas é bastante influenciado pelo estresse hídrico entre os quais se destaca a limitação da expansão das folhas, principalmente quando o déficit hídrico se desenvolve lentamente permitindo o desencadeamento de processos de adaptação. Embora a área foliar seja importante porque a taxa fotossintética é normalmente proporcional a ela, a rápida expansão das folhas pode afetar adversamente a disponibilidade de água.

No Nordeste brasileiro, por exemplo, as precipitações ocorrem com maior intensidade no período do inverno, todavia, com a chegada do verão a disponibilidade de água decresce rapidamente, podendo ocasionar rápida expansão da área foliar ocasionando depleção de água mais cedo e, conseqüentemente, uma reduzida umidade residual no solo para a planta completar seu ciclo de vida.

## 2.6. Efeitos e reações ocasionados pelo estresse hídrico em plantas

A deficiência hídrica resulta em uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração e uma progressiva desidratação do protoplasto, ocasionando o primeiro efeito biofísico do estresse hídrico, a perda de turgescência, do qual depende o processo de expansão celular que, portanto, é extremamente sensível ao déficit hídrico. A membrana protoplasmática fica mais grossa e delgada porque cobre agora uma menor área. Não há processo vital que não seja afetado de forma alguma pelo declínio do potencial hídrico (Larcher, 2000; Taiz e Zeiger, 2004).

Um estresse hídrico moderado é suficiente para desencadear a síntese do ácido abscísico (ABA), a partir dos carotenóides da raiz. Esse ácido é, em seguida, transportado como “sinal da raiz” para diferentes partes da planta, onde induz uma variedade de efeitos (Larcher, 2000). Nas folhas o ABA induz o fechamento estomático. Ocorre uma alteração na alocação de assimilados sob a influência de hormônios sintetizados nas folhas e nas raízes em resposta à seca, a relação em termos de crescimento entre a parte aérea e a parte subterrânea é alterada, características morfogênicas específicas desenvolvem-se e, geralmente o processo reprodutivo inicia-se prematuramente. Se o grau de desidratação aumenta, os processos catabólicos tornam-se predominantes, a senescência é acelerada e as folhas mais velhas sofrem dessecação e, posteriormente, abscisão (Larcher, 2000).

A abscisão foliar durante condições de déficit hídrico é resultado, em grande parte, do aumento na síntese do etileno em tecidos vegetais. Essa redução do número de folhas como o agravamento do déficit hídrico na planta segue o mesmo comportamento da redução da expansão foliar, já relatado por Nesmith e Ritchie (1992) e Bergamashi (1999).

Cairo (1995) e Bergamashi (1999) ressaltam que a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução de área foliar, por secamento ou queda das folhas, como forma de se aclimatar a essa situação adversa, uma vez que, diminui a transpiração, mas, também diminui o crescimento e a produção da planta, devido à diminuição da fotossíntese líquida.

Uma resposta evolutiva comum ao estresse hídrico é a produção de uma cutícula espessa, que reduz a perda de água pela epiderme (transpiração cuticular), além de reduzir também a permeabilidade ao CO<sub>2</sub>, porém, a fotossíntese foliar permanece inafetada, pois as células epidérmicas não são fotossintéticas. A transpiração cuticular, contudo, representa apenas 5 a 10% da transpiração foliar total, de modo que ela torna significativa apenas se o estresse for extremamente severo ou se a cutícula for danificada (Taiz e Zeiger, 2004).

A abertura e o fechamento estomático são controlados pela absorção e perda de água nas células-guarda, estas células podem perder água diretamente por evaporação e perder sua turgescência, caracterizando o fechamento hidropassivo dos estômatos conforme Taiz e Zeiger (2004). Outro mecanismo é o chamado fechamento hidroativo, que fecha os estômatos quando a folha inteira ou as raízes apresentam sinais de desidratação e depende de processos metabólicos nas células-guarda. Este mecanismo induz a uma saída de solutos dessas células, resultando em perda de água e diminuição do turgor, ocasionando o fechamento estomático.

As respostas estomáticas à desidratação foliar podem apresentar ampla variação, intra e interespecífica. Os estômatos de algumas espécies com desidratação retardada, como o feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) e a mandioca (*Manihot esculenta*) são, de maneira em comum, responsáveis pelo acréscimo na disponibilidade de água; já a condutância estomática e a transpiração decrescem tanto que o potencial hídrico da folha pode permanecer quase constante durante a seca (Taiz e Zeiger 2004).

Plantas sob estresse hídrico apresentam limitação da fotossíntese e assim a taxa fotossintética da folha (expressa por unidade de área da folha) raramente é tão responsiva ao estresse hídrico moderado quanto a expansão foliar, pois, a fotossíntese é muito menos sensível ao turgor do que a expansão foliar. Entretanto, estresse hídrico moderado afeta, geralmente, a fotossíntese foliar e a condutância estomática. Como os estômatos fecham durante os estádios iniciais do estresse hídrico, na maioria das vezes a eficiência do uso da água pode aumentar, ou seja, mais CO<sub>2</sub> pode ser absorvido por unidade de água transpirada porque o fechamento estomático inibe a transpiração mais do que diminui as concentrações intercelulares de CO<sub>2</sub> (Taiz e Zeiger, 2004).

O acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta às condições estressantes de baixa disponibilidade de água é um importante mecanismo desenvolvido pelas plantas que toleram a seca com baixo potencial hídrico (Turner 1986). Este mecanismo, denominado ajustamento osmótico (Munns 1988), tem sido verificado em várias espécies (Morgan 1984) e é considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo principalmente a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo (Lawlor e Leach 1985, Turner 1986, Funkhouser et al. 1994, Kramer 1995). Embora o ajustamento osmótico não impeça que a taxa fotossintética seja reduzida sob condições de estresse hídrico (Jones e Rawson 1979), a manutenção da turgescência permite que a fotossíntese e outras importantes atividades fisiológicas sejam mantidas em menores taxas, possibilitando a redistribuição de carbono e nitrogênio (Kobata et al. 1992, Palta et al. 1994). A maior parte do ajuste osmótico pode ser

calculada pelos aumentos da concentração de uma variedade de solutos comuns, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e ions inorgânicos especialmente o K<sup>+</sup>. A importância e contribuição dos solutos envolvidos no ajustamento osmótico em resposta a baixa disponibilidade de água varia com a espécie (Morgan 1984).

O ajuste osmótico possibilita que a planta extraia mais água que se encontra firmemente retida. todavia, o aumento da água total disponível é pequeno. Assim, o custo desse ajuste na folha é compensado pelos pequenos benefícios que decrescem rapidamente em termos de disponibilidade de água para a planta. Resultados obtidos por McCree e Richardson (1987) mostram que o ajuste osmótico promove a tolerância à desidratação, mas, não tem efeito maior sobre a produtividade.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1. Localização e características meteorológicas da área experimental

O experimento foi conduzido em área experimental do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no município de Campina Grande, PB, situada na coordenada geográfica 7°15'18" S e 35°52'28" W a uma altitude de 556 m. Segundo Köppen, o clima da microrregião é do tipo 'As', correspondente ao clima tropical com chuvas de outono-inverno, que se caracteriza como chuvoso com seca de verão, apresentando temperatura média do mês mais quente em torno de 25°C e o do mais frio com temperatura média em torno de 21,6°C, com umidade relativa do ar variando de 75%, em novembro, a 87% nos meses de junho e julho. As precipitações pluviométricas ficam em torno de 800 mm ano<sup>-1</sup>, concentrando as chuvas nos meses de março a agosto (Araújo Filho et al., 2004).

### 3.2. Características da cultura

Utilizou-se o cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), clone CCP-76 que apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônômicas que o diferenciam do cajueiro do tipo comum, como porte baixo (altura média de 2,68m), diâmetro médio da copa de 4,98 m no sexto ano de idade, precocidade (inicia o florescimento aos seis meses após plantio de mudas enxertadas), período de floração e produtivo mais longo, além de menor variabilidade de fruto e pedúnculo (Lima, 1988). Esse clone foi desenvolvido pela Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT) sediada em Fortaleza, Ceará, no ano de 1979 a partir da planta matriz de cajueiro CCP 76 e lançado para o plantio comercial somente no ano de 1983. A maior produção de frutos registrada pela planta matriz foi de 22 kg ano<sup>-1</sup>.

Seus indicadores agroindustriais são: peso da castanha de 8,60 g, amêndoa despelculada com média de 1,80 g com umidade natural; a relação amêndoa/casca é de 20,1% e a percentagem de amêndoas quebradas no corte é de 4,1%. As altas produtividades evidenciadas nas pesquisas conduzidas nos últimos anos pelo Centro Nacional de Pesquisa da Agroindústria Tropical (CNPAT) com cajueiro irrigado, 4.601 Kg/ha (4º ano de cultivo), em comparação ao cultivo de sequeiro (367 Kg/ha) (Oliveira et al., 1998), sinalizam positivamente para uma quebra de paradigma, mediante a aceitação da hipótese de que a cajucultura é uma atividade

economicamente viável, desde que sejam utilizadas tecnologias, como por exemplo a irrigação. Para o pedúnculo, os indicadores agroindustriais são peso médio de 135 g e coloração laranja. A exploração comercial do clone CCP-76 vem sendo feita tanto em cultivo de sequeiro como irrigado, com aproveitamento do pedúnculo, para o mercado de mesa, e da castanha, para o mercado de amêndoa.

A produtividade média esperada no sexto ano de produção, é cerca de 338,9 kg/frutos/ha, em espaçamento de 7 x 7 m (Almeida et al., 1993b).

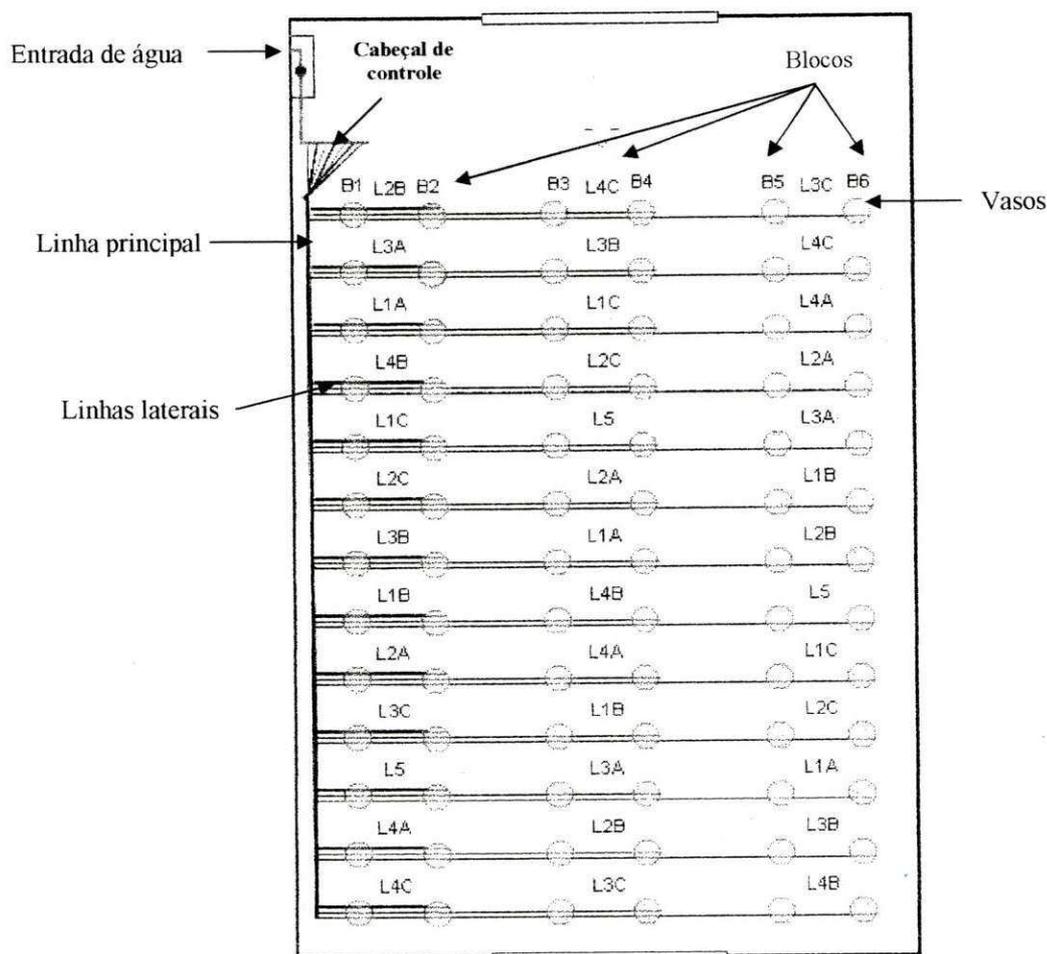
### 3.3. Tratamentos e delineamento estatístico

O estudo foi dividido em três experimentos, onde foram aplicadas lâminas de irrigação correspondentes a L1 = 40; L2 = 55; L3 = 70; L4 = 85 e L5 = 100% da Evapotranspiração Real (ETR) em diferentes fases fenológicas do cajueiro anão precoce (Tabela 3), assim identificadas: (Fase A - pós repouso) - época compreendida do final do período de repouso após a produção do 1º ano de produção ao início da emissão dos botões florais, teve duração de 60 dias (1 de fevereiro a 31 de março de 2007); (Fase B - floração) - período compreendido entre o início de emissão dos botões florais ao início de formação dos frutos, teve duração de 40 dias (1 de abril a 10 de maio de 2007); (Fase C - frutificação) - período compreendido entre o início da formação dos frutos até a colheita com duração de 139 dias (11 de maio a 30 de setembro de 2007) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Esquema representando os tratamentos submetidos a estresse hídrico em diferentes fases fenológicas.

Tratamentos (% da ETR)	Fases fenológicas / duração		
	A (60 dias) (Pós-reposo)	B (40 dias) (Floração)	C (139 dias) (Frutificação)
L1 (40%)			
L1 (40%)			
L1 (40%)			
L2 (55%)			
L2 (55%)			
L2 (55%)			
L3 (70%)			
L3 (70%)			
L3 (70%)			
L4 (85%)			
L4 (85%)			
L4 (85%)			
L5 (100%)	Plantas sem estresse hídrico		

As lâminas correspondentes aos tratamentos com estresse hídrico (L1; L2; L3 e L4) foram calculadas em função do consumo médio das plantas testemunhas (L5), que receberam 100% da reposição da Evapotranspiração Real (ETR) ao longo do segundo ano de produção. Essas plantas foram irrigadas em dia anterior as demais, no dia seguinte era coletado o volume drenado de cada uma, daí obtido o volume médio e a partir da diferença entre o volume aplicado e o drenado obtinha-se o consumo médio (ETR). Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com seis repetições sendo uma planta por unidade experimental.



**Figura 1.** Croqui do experimento com esquema de distribuição das linhas de irrigação

### 3.4. Descrição das estruturas experimentais e da água utilizada

O experimento foi desenvolvido em estufa com área de 600m<sup>2</sup> coberta com lona plástica no teto e telado nas laterais (Figuras 2A e 2C). O mesmo foi desenvolvido em

continuidade ao trabalho realizado por Cavalcanti (2007) que estudou o estresse hídrico no cajueiro anão precoce, clone CCP-76, em diferentes fases fenológicas durante o primeiro ano de produção. Para isso foram utilizados vasos plásticos com 57 cm de diâmetro e 70 cm de altura com capacidade para 150 L (Figura 2D) que funcionaram como lisímetros possuindo uma perfuração no fundo para a coleta de drenagem, coletada em recipientes de 2L.

O material de solo utilizado no experimento para o preenchimento dos vasos foi coletado em uma área representativa para o cultivo do caju, nas proximidades da UFCG em Campina Grande, PB. Após a coleta o material foi previamente analisado em laboratório segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997). As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 4. A água utilizada na irrigação era de abastecimento e fornecida pela Companhia de Abastecimento do Estado da Paraíba (CAGEPA) com captação no açude Epitácio Pessoa, no município de Boqueirão-PB. As características químicas da água de abastecimento estão presentes no Tabela 5.



**Figura 2.** Estufa utilizada no desenvolvimento do experimento (A e C) e aspecto das plantas no interior da estufa (B e D).

**Tabela 4.** Características químicas do material de solo utilizado

Características químicas										
Ca	Mg	Na	K	H	Al	s*	MO	P	pH	CE
cmolc / kg de solo							g/kg	mg/dm <sup>3</sup>	água	dS/m
2,96	2,13	0,15	0,28	0,00	0,00	5,52	0,84	10,39	7,54	0,22

\*s = soma de bases

**Tabela 5.** Características químicas da água de abastecimento utilizada na irrigação dos tratamentos Campina Grande, 2008.

Variáveis analisadas	Data	
	20/01/2006	09/10/2006
Na (mmol/L)	1,66	1,55
K (mmol/L)	0,14	0,14
Ca (mmol/L)	0,91	1,00
Ca + Mg (mmol/L)	1,41	1,30
CO <sub>3</sub> (mmol/L)	0,12	0,00
HCO <sub>3</sub> (mmol/L)	1,57	1,30
Cl (mmol/L)	2,20	2,21
pH	8,42	7,47
Sulfato	Ausente	Ausente
CE (25°C) μS/cm	410	386
<b>Classificação</b>	<b>C2 S1</b>	<b>C2 S1</b>

### 3.5. Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, constituído de gotejadores tipo “Katif” com vazão nominal de 2,3 L h<sup>-1</sup>. Para cada um dos treze tratamentos instalou-se um registro, que liberava água para uma linha principal com mangueira de 16 mm que derivava em seguida para três linhas secundárias, cada uma responsável pela irrigação de três vasos (um em cada bloco) (Figura 3A). Cada vaso continha três emissores espaçados de 10 cm correspondendo a uma vazão total de 6,9 L h planta<sup>-1</sup> (Figura 3B). Para que o gotejador, auto-compensante, mantivesse a vazão nominal era necessário manter pressão de serviço na linha entre 8 e 35 m c.a. Para esse controle foi instalado um manômetro, cujas medições eram feitas antes de cada irrigação.

Antes de chegar aos registros, a água passava por um sistema de filtragem para minimizar os riscos de entupimento proveniente de material em suspensão. Desta forma, a

cada três irrigações, era feita a limpeza do filtro evitando-se eventuais acúmulos de material em suspensão na água de irrigação (Figura 4).



**Figura 3.** Vista dos registros no cabeçal de controle (A) e disposição dos emissores na linha de irrigação (B)



**Figura 4.** Detalhe da limpeza do filtro instalado na entrada de água do sistema de irrigação

Ao final do primeiro ano de produção que ocorreu em 17 de novembro de 2006, todas as plantas passaram a receber 100% da Evapotranspiração Real (ETR), simulando assim, as condições de campo durante o período chuvoso na região. O volume de água a ser aplicado nesse período em cada tratamento foi calculado em função do consumo médio das plantas testemunhas (L5), determinado pela diferença entre o volume aplicado e o volume drenado a cada evento de irrigação. Foi observado que as plantas que foram submetidas a algum nível de estresse durante o primeiro ano de produção apresentavam consumos bem diferenciados em relação à testemunha, e até mesmo entre plantas de um mesmo tratamento.

A partir dessas observações, os recipientes de drenagem foram utilizados em todas as plantas, fazendo-se o monitoramento individual do consumo de cada uma. Durante esta fase do trabalho, caso fosse necessário, para um mesmo tratamento, era aplicado o menor volume requerido entre as seis plantas irrigadas através do sistema de irrigação sendo o restante

complementado com regadores manuais de forma que todos os vasos drenassem, atendendo assim, a ETR. Esse período sem estresse teve duração de dois meses, prolongando-se até final de janeiro.

A aplicação dos tratamentos para o segundo ano de produção foi iniciada em 1º de fevereiro de 2007. A partir desse período, optou-se em fazer o manejo da irrigação utilizando os vasos como lisímetros de drenagem. Dessa forma, as plantas que receberam os tratamentos com déficit hídrico na respectiva fase passaram a ser irrigadas com o volume calculado a partir do consumo médio das plantas testemunhas (L5), que receberam ao longo do segundo ano uma reposição equivalente a 100% do consumo.

Adotou-se um turno de rega de três dias conforme Miranda (2005) que afirma que para a cultura do cajueiro anão nas condições climáticas do Nordeste do Brasil, observa-se uma variação de um dia para solos arenosos e de até quatro dias para solos argilosos. Para determinar o volume a ser aplicado em cada tratamento, (L1=40; L2=55; L3=70 e L4=85% da ETR), optou-se por irrigar as plantas de (L5) no dia anterior, preferencialmente no final da tarde minimizando as perdas por evapotranspiração durante a noite. No dia seguinte, pela manhã, coletava-se o volume drenado de cada planta de L5, e pela diferença entre o volume aplicado (VA) e o drenado (VD) se obtinha o consumo real de cada planta (C) (Equação 1).

$$C = VA - VD \quad (Eq. 1)$$

Onde:  $C$  = consumo real das plantas, em litros ;  $VA$  = volume aplicado, em litros  
 $VD$  = volume drenado, em litros

A partir desse consumo calculava-se os volumes referentes aos tratamentos com déficit hídrico, de acordo com os estádios fenológicos. As demais plantas que não estavam sendo submetidas a estresse, também recebiam uma reposição de 100% da ETR com a lâmina de irrigação calculada a partir da drenagem do vaso utilizando-se a Equação 1. Ao saírem da fase de estresse as plantas voltaram a receber reposição de 100% da ETR. Outro ponto importante a ser observado é que quando as adubações coincidiam no mesmo dia da irrigação reduzia-se o tempo na aplicação de água pelo sistema equivalente a 1L, já que este volume era aplicado juntamente com o adubo dissolvido após cada irrigação.

### 3.6. Avaliação da uniformidade de aplicação de água

Antes do início da aplicação dos tratamentos, realizou-se teste de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação, visando corrigir possíveis falhas durante a aplicação das lâminas, decorrentes de entupimentos e desgaste do material ao longo do primeiro ano. Durante este teste verificou-se que alguns emissores não conseguiram alcançar a vazão nominal definida pelo fabricante, resultando dessa forma, na substituição dos mesmos.

A partir dos dados de vazão dos emissores determinou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) através da metodologia proposta por Bernardo (1987), que recomenda a seleção de quatro linhas laterais assim selecionadas: a 1ª linha, as situadas a 2/3 e 3/4 ao longo da linha principal escolhendo-se oito pontos ao longo de cada linha lateral selecionada, totalizando 32 pontos avaliados no sistema. O valor do CUD manteve-se acima de 80%, considerado bom para irrigação por gotejamento de acordo com Merriam e Keller (1978). Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), utilizou-se a equação de Keller e Karmelli (1975) (Equação 2).

$$CUD (\%) = \frac{\text{Média de 1.4 das menores vazões}}{\text{Média de todas as vazões}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

### 3.7. Adubação

As adubações seguiram as recomendações de Crisóstomo et al. (2001b) para o segundo ano de produção do cajueiro anão, nas quantidades recomendadas de 80 g de N, 100 g de K e 200 g de P por planta/ano. De forma a otimizar a eficiência no uso dos nutrientes pela planta, minimizar as perdas por lixiviação e ainda reduzir os riscos de salinização do solo, optou-se pelo parcelamento das aplicações dos fertilizantes. Com isso, ao longo do 2º ciclo, a cada mês eram realizadas quatro adubações sendo duas nitrogenadas com intervalos de 15 dias utilizando como fonte de N a uréia na quantidade de 7,4g de uréia/planta/aplicação e duas com potássio (sulfato de potássio) + fósforo (MAP), utilizando 8,01 g de KSO<sub>4</sub>/planta/aplicação e 16 g de MAP/planta/aplicação.

A escolha do fósforo monoamônico (MAP) como fonte de fósforo se justifica uma vez que, ele apresenta 10% de nitrogênio (N) e 46 a 50% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), solúveis em água; e

ainda 2 a 5% de fósforo ( $P_2O_5$ ) solúvel em solução neutra de citrato de amônio. O cajueiro necessita de enxofre ao longo a partir do 2º de cultivo. Para um melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta, os adubos eram diluídos em um litro de água e aplicados diretamente no vaso sobre a superfície do solo tendo-se sempre o cuidado de não aplicar nas proximidades do colo da planta.

### **3.8. Variáveis de crescimento**

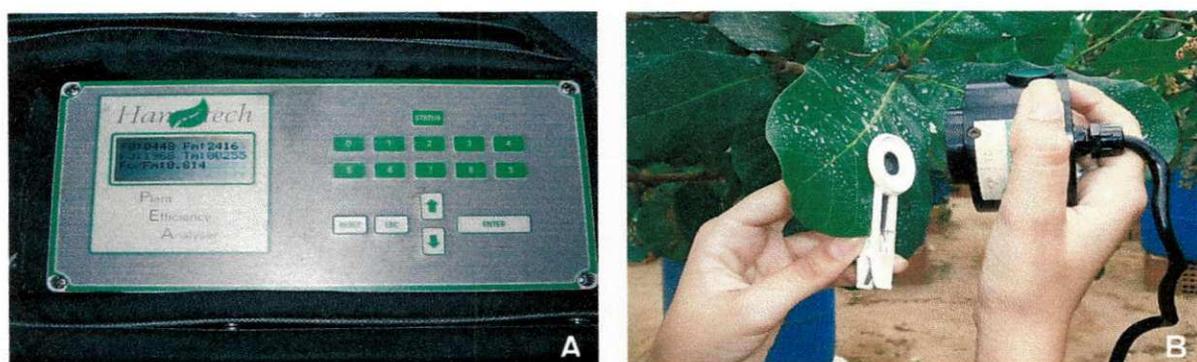
A avaliação do crescimento das plantas ocorreu ao final de cada fase fenológica da cultura ao longo do 2º ano de produção e foi iniciada aos 55 dias após o início de aplicação dos tratamentos com déficit hídrico, através da altura de planta (AP), mensurada do colo da planta até a base da última folha emitida, do diâmetro de caule (DC), determinado a 10 cm acima do enxerto e determinado com um paquímetro, do número de folhas (NF), considerando-se aquelas de comprimento mínimo de 5,0 cm (Meireles, 1999), da área foliar (AF) onde foi escolhido um ramo com folhas representativas e determinados comprimento e largura de oito folhas desse ramo, e obtida pelo produto entre o comprimento da folha (C) e sua maior largura (L), multiplicado pelo fator de ajuste 'f' ( $f = 0,6544$ ) obtido com base na relação da área foliar calculada em função do peso de matéria seca e a área conhecida de discos retirados das folhas amostradas e a área foliar obtida através do produto entre o comprimento (C) e a maior largura (L) da folha para cada planta através da relação  $AF = (C \times L)f$  (Carneiro et al., 2002), e ainda da fitomassa seca total (FST), obtida após secagem das frações vegetais (caule, ramos e folhas) até peso constante, em estufa a 70°C com ventilação de ar forçado, sendo aferidas em balança analítica e os resultados expressos em gramas (g).

### **3.9. Variáveis fisiológicas**

As variáveis fisiológicas estudadas foram: Eficiência quântica do fotossistema II (ao final de cada fase) e teor relativo de água nas folhas (TRA) que foi determinado ao final do ciclo. A EQF II foi realizada através do instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK) (Figura 6A), com medições dos parâmetros de fluorescência variável (FV) e fluorescência média (FM) escolhendo-se a terceira folha de um ramo significativo, padronizando-se essa escolha das mais novas para as mais velhas e totalmente expandida, as quais tiveram a região

da leitura, no limbo foliar, submetidas ao escuro por 30 minutos, mediante colocação de um “clip” conforme Durães et al., (2000) (Figura 6B).

A avaliação para determinação do teor relativo de água na folha (TRA) foi realizada a partir de amostras coletadas em cada um dos tratamentos ao final do 2º ciclo de produção. Adotou-se o seguinte procedimento para retirada das amostras: retirou-se oito folhas em cada tratamento em três blocos, esse material foi levado ao laboratório para ser pesado imediatamente após coleta com o intuito de reduzir ao máximo as perdas de água para o ambiente. Em seguida colocou-se em sacos plásticos contendo água destilada durante um período de 12h sendo posteriormente pesado em balança analítica para determinação do peso túrgido. Após a pesagem, as folhas túrgidas foram colocadas em sacos de papel e levadas a estufa a 65°C para determinação da matéria seca.



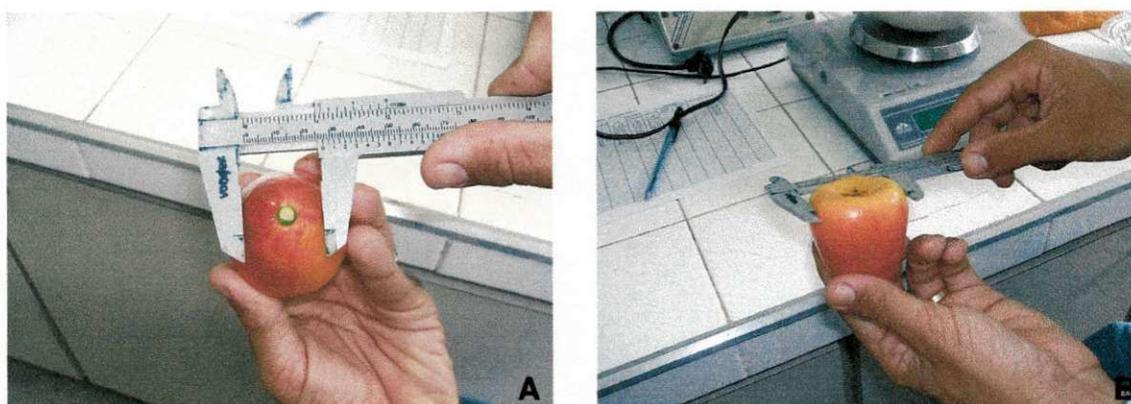
**Figura 5.** Equipamento PEA II (Hansatech) (A). Medição da Eficiência Quântica do Fotossistema II (B)

### 3.10. Variáveis de produção

A colheita de frutos foi iniciada em 19 de maio de 2007 e no tocante a esse aspecto, os principais indicadores para o ponto de colheita do caju foram: a coloração, a firmeza e a composição do pedúnculo. Portanto, iniciou-se a colheita quando o pedúnculo estava completamente desenvolvido, com o tamanho máximo, textura firme, coloração característica e facilidade em retirada do ramo de sustentação. Após esse processo os frutos eram colocados em sacos plásticos previamente identificados e levados a laboratório para determinação de peso fresco total, peso fresco de pedúnculo e castanha, comprimento e diâmetros basal e apical de pedúnculo.

Chegando ao laboratório, os frutos colhidos eram separados em bandejas de alumínio identificadas conforme o tratamento e pesados em balança analítica para determinação peso fresco total. Em seguida extraía-se a castanha, tendo-se o cuidado de não danificar o pedúnculo, uma vez que isso pode interferir no peso fresco. Após esse procedimento a

castanha era pesada separadamente e determinado seu peso fresco. A partir desses dados foi calculado o peso médio da castanha (PMC), peso médio do pedúnculo (PMPed), produção total de castanhas (PTC) e produção total de pedúnculo (PTPed). Para a determinação do comprimento e dos diâmetros basal e apical do pedúnculo, foi feita uma amostragem representativa dos frutos (pedúnculo + castanha) em cada tratamento que tivesse sido colhido mais de um fruto por dia de forma que esse fruto amostrado tivesse um peso médio que se aproximasse da media total de todos os frutos pesados na bandeja. As avaliações eram realizadas com um paquímetro. Depois de todas as avaliações os pedúnculos eram cortados e colocados em estufa a 65°C para determinação de matéria seca (Figura 7).



**Figura 6.** Medições do diâmetro apical (A) e basal (B) realizadas em frutos no laboratório.

### **3.11. Análise estatística**

Os dados foram analisados através da ANOVA pelo teste F. Para o fator lâminas, por ser de natureza quantitativa, realizou-se a análise de regressão polinomial.

Todas as análises estatísticas foram procedidas pelo software SAS (Statistical Analysis System) versão 8.12, utilizando-se os procedimentos “PROC GLM”, “PROC NLIN” e “PROC REG” (SAS/STAT, 2000) e pelo SISVAR.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variáveis de crescimento

A análise de crescimento baseia-se fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resultam da atividade fotossintética, sendo o restante da absorção de nutrientes minerais (Benincasa, 1988). A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir de avaliações realizadas ao final de cada fase fenológica em que as plantas foram submetidas a estresse hídrico. Dentre as variáveis de crescimento, foram estudadas altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA).

#### 4.1.1. Altura de planta

A altura de planta não foi afetada significativamente pelo déficit hídrico nas fases pós-reposou (A) e frutificação (C) durante o segundo ano de produção do cajueiro anão precoce, entretanto, essa variável foi afetada pelo déficit hídrico na fase de floração (B) a 5% de probabilidade (Tabela 6).

Os resultados obtidos na fase pós-reposou podem ter sido influenciados por tratos culturais na cultura realizados ao final do período de reposou vegetativo, que ocorreu entre o 1º e o 2º ano de produção e teve duração de 60 dias aproximadamente, onde todas as plantas passaram por uma poda para uniformização da altura, bem como de correção da copa, antes portanto, de iniciar a aplicação dos tratamentos no 2º ano, atendendo dessa forma o calendário para os tratos culturais da cultura, uma vez que, estas apresentavam amplo vigor vegetativo e desuniformidade na formação da copa.

Outro fator observado foi que algumas plantas principalmente dos tratamentos com maiores déficits (40 e 55% da ETR) que ao final desse período tiveram um crescimento radial mais acentuado, se comparado com novos ramos na parte superior da copa, não sendo, portanto, verificado diferenças significativas na altura das plantas em nenhum dos tratamentos.

Verifica-se na Tabela 6 que ao final da fase de floração ocorreu uma redução na taxa de crescimento das plantas com o aumento do déficit hídrico, entretanto, esse comportamento foi mais expressivo se compararmos as menores lâminas aplicadas (40 e 55% da ETR) onde

verificou-se reduções de até 10% de comparar-mos à testemunha. Esses resultados podem ser atribuídos à forma de crescimento da planta, uma vez que, nas duas primeiras fases o crescimento dos ramos laterais foi bem mais acentuado. Uma explicação para isso pode está relacionada ao próprio crescimento do cajueiro que acontece de forma indeterminada e que dificulta algumas vezes na hora das avaliações. Embora essas variações tenham sido pequenas, este comportamento é explicado por Pereira (1979) o qual afirma que o déficit hídrico em períodos de pré-frutificação pode afetar significativamente a altura de planta reduzindo o alongamento do caule, número de folhas e crescimento cambial.

Ao final da fase de frutificação não se verificou efeito significativo para nenhum dos tratamentos isso possivelmente devido ao fato de que nesse estágio a planta geralmente diminui sua taxa de crescimento devido a senescência, caracterizada pelo contínuo decréscimo da atividade metabólica em função do deslocamento de suas reservas para produção de frutos. Isto se acentua mais ainda quando o vegetal submetido a restrições hídricas e tende a criar mecanismos de adaptação e ao invés de continuar com seu crescimento normal, diminuindo assim, sua taxa de crescimento para adapta-se a quantidade de água que está sendo disponibilizada.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para altura de planta ao final de cada fase Campina Grande-PB, 2008.

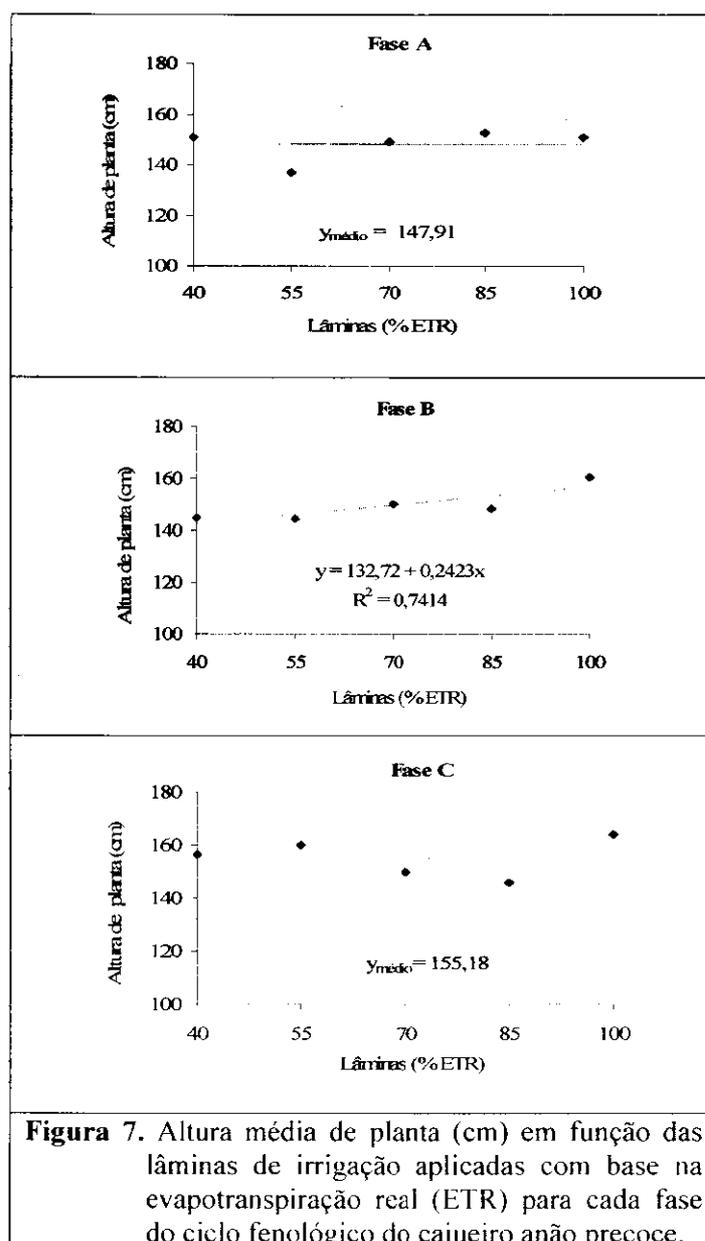
Fator de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	240,42 <sup>ns</sup>	459,76 <sup>ns</sup>	326,49 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	-	394,54 <sup>*</sup>	-
Reg. Quadrática	1	-	365,91 <sup>ns</sup>	-
Reg. Cúbica	1	-	575,75 <sup>ns</sup>	-
Desvio Reg.	1	-	502,85 <sup>ns</sup>	-
Bloco	5	214,78 <sup>ns</sup>	69,92 <sup>ns</sup>	89,83 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	189,49	144,73	141,78
CV (%)		9,31	8,16	7,67
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias (cm)</b>		
L1 (40%)		150,81	144,66	156,66
L2 (55%)		136,83	144,16	159,89
L3 (70%)		148,83	150,39	150,00
L4 (85%)		152,50	148,50	145,57
L5 (100%)		150,60	160,66	163,79

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup> Não significativo

Esses resultados também diferiram dos que foram encontrados por Cavalcanti (2007) durante o primeiro ano de produção deste clone, também submetido a estresse hídrico. O mesmo observou que plantas submetidas a estresse hídrico na fase vegetativa (A), ou seja, até

o início da floração obtiveram um crescimento mais lento se comparadas às plantas que foram submetidas a estresse nas fases seguintes, sem, contudo, observar efeito significativo do fator lâmina em nenhuma das fases estudadas.

Segundo Larcher (2000) esse comportamento na fase inicial tem explicação, pois, as plantas estão no pico de suas atividades metabólicas. O autor verificou ainda, que as plantas submetidas ao déficit hídrico na fase de floração (B) até os 300 dias após o transplântio apresentaram reduções na taxa de crescimento, quando comparadas à testemunha e as plantas estressadas na fase de produção (C), diferindo, portanto, dos resultados encontrados nesse trabalho.



Conforme o estudo de regressão verifica-se no gráfico da Figura 7, que ao final da fase B houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de probabilidade para o fator lâmina, no entanto, os dados não se ajustaram a nenhum dos modelos, não havendo significância para nenhuma das regressões. Nessa fase obteve-se média de 149,67cm para altura de planta, ligeiramente inferior a média obtida ao final da fase C.

Observou-se ainda que as plantas testemunhas (L5) que receberam 100% do seu consumo ao longo do ciclo, obtiveram as maiores médias ao fim das fases de floração (B) e frutificação (C), 160,66 e 163,79 cm, respectivamente, se comparada com as outras plantas. Isso não foi verificado ao final da fase inicial (pós-reposo) onde obteve média de 150,60 cm, inferior inclusive aos tratamentos L1 (150,81 cm) e L4 (152,50 cm). Isso pode ter sido ocasionado pela diferença no porte das plantas após o início dos tratamentos, uma vez que a fase A foi muito curta (60 dias) e esse efeito do déficit hídrico pode ter sido minimizado.

Silva (1997), trabalhando com estresse hídrico em Eucalipto, observou que a diminuição do teor de água de 26% (próximo a capacidade de campo) para 20% (condições próximas ao estresse hídrico) causou reduções de até 18,4% na altura da planta, de acordo com a espécie. Cairo (1995), Larcher (2000) e Taiz e Zeiger (2004) frisam que a deficiência hídrica inibe a extensão celular, pois, a pressão de turgescência torna-se inadequada incapacitando a célula de atingir seu tamanho potencial máximo.

#### *4.1.2. Número de folhas*

O resumo da análise de variância para números de folhas ao final de cada fase estudada está presente na Tabela 7. Consta-se que o déficit hídrico não influenciou nessa variável nas duas fases iniciais do 2º ano (pós-reposo e floração), todavia, verifica-se um comportamento quadrático significativo ( $p < 0,01$ ) ao final da fase de frutificação (C). Foi observado ao final dessa fase que as plantas dos tratamentos L3 (70%) e L4 (85%) apresentaram médias de 872,00 e 931,80 folhas, correspondendo a um aumento significativo dessa variável em relação à testemunha que obteve 743,16 folhas, de 15,32 e 20,70%. Este fato pode ter explicação na informação de que as plantas submetidas a estresse no período de frutificação foram irrigadas ao longo das duas fases anteriores (pós-reposo e floração) com lâminas que atenderam a 100% do seu consumo, mantendo, portanto, todas as condições para seu desenvolvimento normal.

Um outro fator que pode ter contribuído para estes resultados ao final da fase C foi uma senescência acentuada nas plantas, provavelmente ocasionada pela utilização de fotoassimilados para produção de frutos, ou seja, nessa fase os frutos atuam como drenos nas plantas, que abdicam do desenvolvimento de outros órgãos, como por exemplo, a produção de novas folhas (Peres e Kerbauy, 2004; Taiz e Zeiger, 2004). Sob estresse hídrico, as folhas novas desenvolvem-se mais lentamente (aumento do plastocromo) e as folhas velhas senescem mais rapidamente e, em consequência, ocorre a redução da área fotossintética e taxa de fotossíntese por unidade de área foliar (Kramer, 1983).

Esses resultados também diferiram dos que foram encontrados por Cavalcanti (2007) durante o primeiro ano de produção, que verificou que as plantas submetidas ao déficit hídrico na fase de floração (B) tiveram uma queda na taxa de aumento no número de folhas. O mesmo autor observou também que ao final dessa fase as plantas testemunhas (L5) tiveram uma redução na taxa de crescimento no número de folhas.

Conforme Wright et al. (1983) o aumento na senescência das folhas ocorre porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura, sendo o nitrogênio, do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; a intensidade da senescência, portanto, depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda desse elemento dos pontos de crescimento (Wolf et al., 1988).

Diversos estudos demonstram uma grande sensibilidade das plantas na formação de folhas quando são cultivadas com restrições hídricas (Nogueira, 1997). Conceição et al (1986) trabalhando com seringueira (*Hevea spp.*), cultivada em casa de vegetação, após 185 dias e cinco ciclos de estresse hídrico verificaram que o número de folhas na maioria dos clones estudados diminuiu. De acordo com Maas e Nieman (1978), as plantas quando submetidas ao estresse hídrico desenvolvem adaptações morfológicas e anatômicas, como alternativas para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; reduções do tamanho e diminuição do número de folhas são exemplos de possíveis adaptações.

Para os estudos de regressão foi verificado que não houve efeito significativo ao final das fases pós-reposo(A) e floração (B), no entanto, obtiveram médias de 407,23 e 613,46 folhas, respectivamente. Ao final da fase de frutificação (C) houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) com comportamento cúbico e ponto de máxima produção de folhas alcançado com a aplicação de uma lâmina pouco superior a 85% da ETR (Figura 8). Nota-se um aumento no número de folhas entre a reposição de água com base na aplicação de 55 e 85% da ETR,

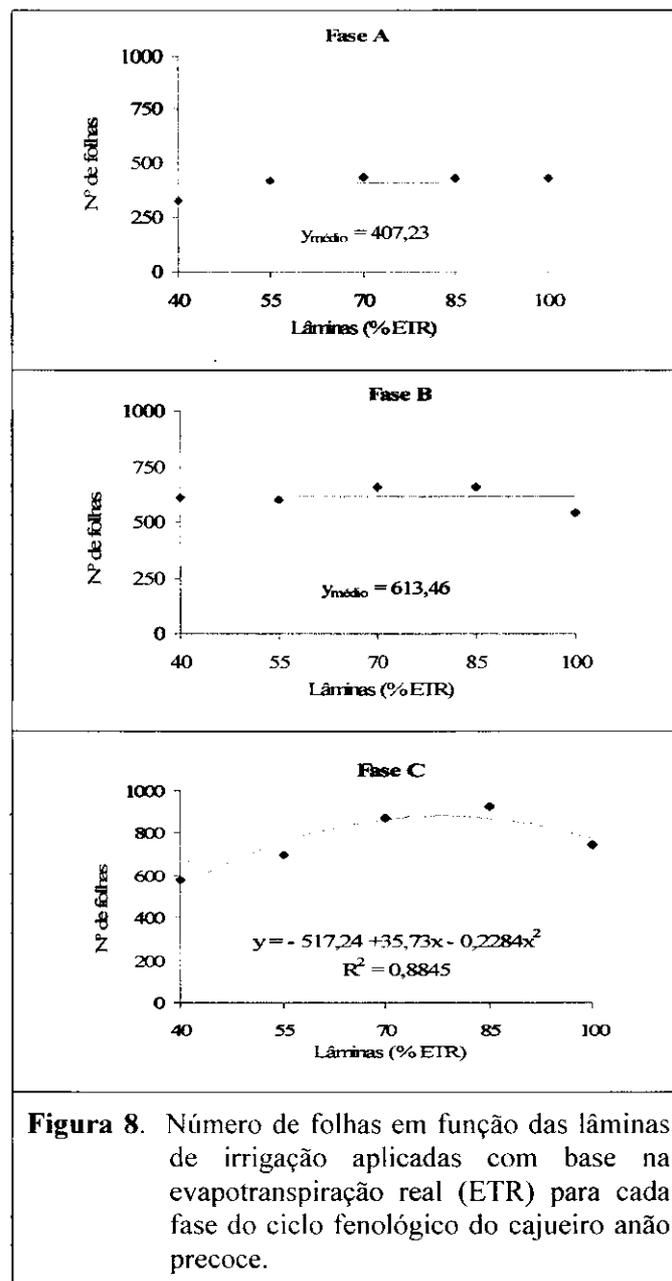
apresentando a partir desse ponto um decréscimo significativo com a redução de até 15% no percentual da ETR.

Esse comportamento pode ter ocorrido em função principalmente de problemas fitossanitários, resultando numa elevada incidência de resinose, que ocasionou uma queda brusca de folhas em plantas sob estresse nessa fase. Por outro lado, as plantas do tratamento (L4) que receberam 85% da ETR nessa fase, apresentavam desde o início da aplicação dos tratamentos um porte bem superior as demais plantas e não apresentaram problemas de resinose obtendo desenvolvimento bem superior as demais. Taiz e Zeiger (2004) ressaltam que quando as plantas são submetidas a um estresse hídrico após um desenvolvimento substancial da área foliar, as folhas sofrerão senescência e cairão; esse ajustamento é uma mudança importante a longo prazo que beneficia a adequação da planta a um ambiente com limitação hídrica.

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para número de folhas ao final de cada fase.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	12720,70 <sup>ns</sup>	13383,95 <sup>ns</sup>	52279,034 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	-	-	20376,57 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	-	-	59962,84 <sup>**</sup>
Reg. Cúbica	1	-	-	116989,09 <sup>**</sup>
Desvio Reg.	1	-	-	11787,61 <sup>ns</sup>
Bloco	5	13914,46 <sup>ns</sup>	53040,99 <sup>**</sup>	70557,40 <sup>**</sup>
Resíduo	20	10617,89	9034,67	11060,69
CV (%)		25,30	15,50	13,08
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias do N° de folhas</b>		
L1 (40%)		325,57	608,83	577,50
L2 (55%)		418,66	601,33	692,55
L3 (70%)		435,50	656,31	872,00
L4 (85%)		427,50	657,77	924,24
L5 (100%)		428,93	543,07	743,16

<sup>\*\*</sup> Significativo (p<0,01); <sup>ns</sup> Não significativo



#### 4.1.3. Diâmetro de caule

Para o diâmetro médio do caule observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para o fator lâmina em plantas sob déficit hídrico na fase de pós-reposo (A) e floração (B) (Tabela 8). Na fase de frutificação (C) o estresse não influenciou nessa variável. O tratamento (L1 = 40%) apresentou ao final das duas fases iniciais decréscimos no diâmetro de caule em relação à testemunha (L5) de até 18,12% na fase A e 11,02% na fase B.

Resultados semelhantes foram encontrado por Cavalcanti (2007) na fase vegetativa (A) durante o primeiro ano de produção o qual, observou um desenvolvimento bastante lento,

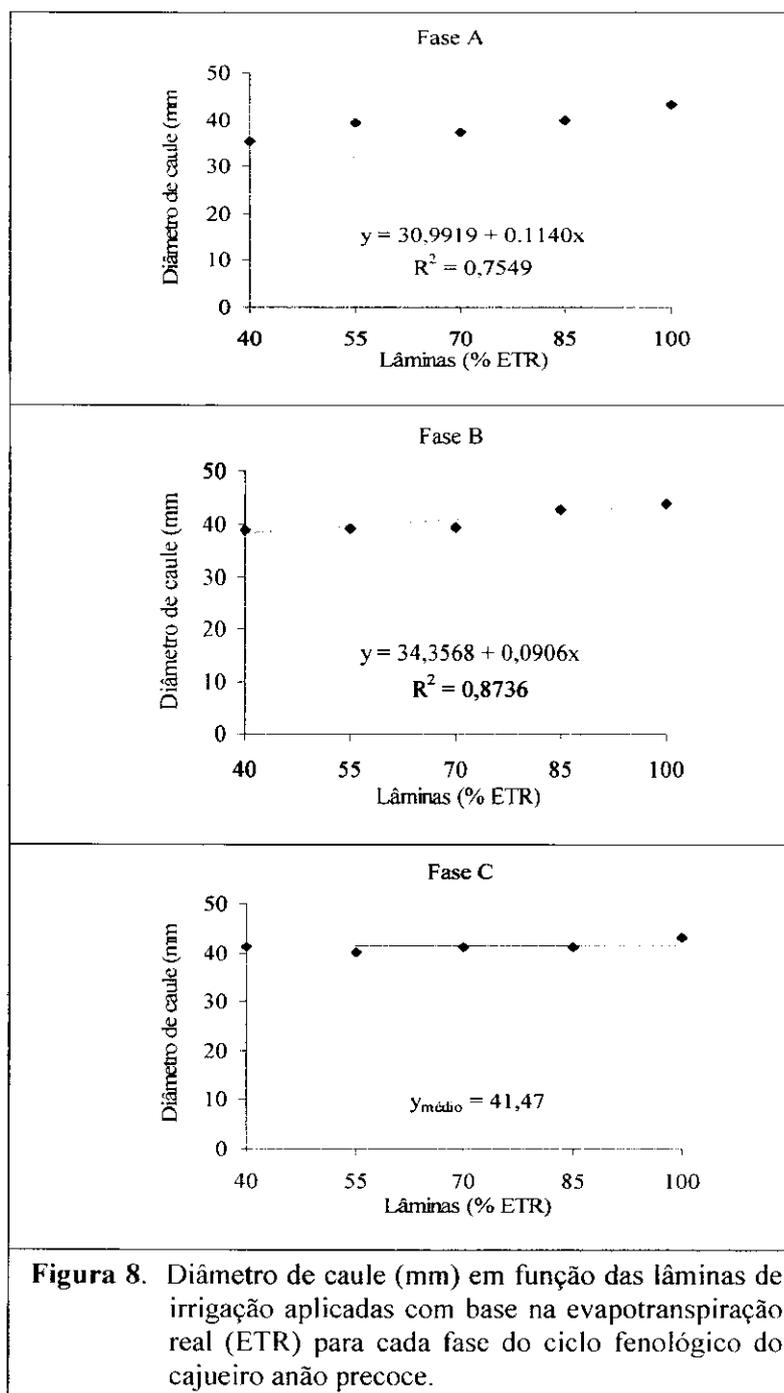
evidenciando a importância da água no estágio inicial de crescimento deste clone. Conforme Taiz e Zeiger (2004) a diminuição da turgescência ocasionada pelo déficit hídrico afeta diretamente o crescimento da planta reduzindo a taxa de crescimento ocasionando, além da redução na altura da planta, redução no diâmetro de caule. Na fase de floração (B) o comportamento foi semelhante à fase pós-repouso (A), todavia, verificou-se que todos os tratamentos sob estresse hídrico nessa fase tiveram médias superiores às encontradas na fase A, exceto L2 (55%). Assim como na fase A, L5 apresentou a maior média se comparada às demais plantas que foram submetidas a estresse nessa fase e também a maior média se comparada com as outras épocas. Apesar de não ter havido efeito das lâminas, na fase de frutificação (C) a média geral para diâmetro caulinar de 41,47mm foi superior em relação às duas primeiras fases com 39,05mm (A) e 41,02mm (B).

Na Figura 11 verifica-se ter o déficit hídrico contribuído linearmente para redução do diâmetro de caule ao final das fases pós-repouso (A) e floração (B) a ( $p < 0,01$ ) de probabilidade havendo decréscimo em relação às plantas testemunhas (L5) de 18,12; 9,06; 13,75 e 7,51% para L1, L2, L3 e L4 na fase A, respectivamente. Segundo Kuhns e Gjerstad (1988) o estresse hídrico afeta a força da fonte e do dreno por seus efeitos sobre a fotossíntese, a translocação, o crescimento e o metabolismo geral da planta. À medida que há déficit de água no solo as raízes desenvolvem-se para suprir a exigência de água e nutrientes pela planta (Nambiar, 1984).

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para diâmetro de caule ao final de cada fase

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	52,24**	30,83**	5,99 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	157,75**	108,40**	-
Reg. Quadrática	1	5,26 <sup>ns</sup>	6,08 <sup>ns</sup>	-
Reg. Cúbica	1	22,66*	4,77 <sup>ns</sup>	-
Desvio Reg.	1	23,28**	4,86 <sup>ns</sup>	-
Bloco	5	4,95 <sup>ns</sup>	9,24 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	3,49	5,48	4,30
CV (%)		4,79	5,74	5,02
<b>FATOR</b>				
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias (mm)</b>		
L1 (40%)		35,41	38,96	41,33
L2 (55%)		39,33	39,17	40,30
L3 (70%)		37,30	39,47	41,33
L4 (85%)		40,00	42,75	41,34
L5 (100%)		43,25	43,79	43,08

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo



#### 4.1.4. Área foliar total

Seguindo o mesmo comportamento do número de folhas, a área foliar total não foi afetada pelo déficit hídrico nas duas fases iniciais (pós-repouso e floração), porém, houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) das lâminas na fase de frutificação (C). Segundo Wolf et al. (1988) a redução no incremento do índice de área foliar está associada, usualmente, ao desenvolvimento foliar das plantas, em situações de déficit hídrico, podendo estar relacionada com a pequena redução no tamanho das folhas individuais ou com a menor produção de folhas, porém, plantas com déficit hídrico podem alterar a interceptação da radiação solar.

Verifica-se na Figura 9 que a média nos dois primeiros estádios praticamente não diferenciou. Segundo Souza (1995) a redução da área foliar e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para a adaptação da cultura a uma situação adversa. Em trabalhos realizados com área foliar por Bittman e Simpson (1987) com gramíneas e em plantas de milho por Cirilo e Andrade (1996), esta foi significativamente menor quando as plantas foram submetidas a déficit hídrico. Sob restrição hídrica, o equilíbrio entre a produção de assimilados e a demanda para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é severamente afetado pela redução na área foliar fotossinteticamente ativa (Gerik et al., 1996).

Ainda na Figura 9 verifica-se comportamento quadrático ao final da fase C, todavia, observa-se que a área foliar praticamente não variou até a aplicação da lâmina de 70% da Evapotranspiração Real (ETR), tendo, a partir daí um acréscimo de 8,21 e 31,51% na área foliar com as plantas que receberam aplicação das lâminas de 85 e 100% da ETR, respectivamente. O ponto de mínima foi encontrado com a aplicação de 53,08% da ETR, entretanto, é possível afirmar que o estresse hídrico contribuiu para redução da área foliar ao final da fase de frutificação (C) no nível de 0,01 de probabilidade. Se compararmos a média obtida pelas plantas que receberam o maior nível de estresse (L1) com a média da testemunha (L5) verifica-se que os resultados decresceram quadraticamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cavalcanti (2007) que também verificou que as plantas de cajueiro anão cultivadas em ambiente protegido e submetidas ao déficit hídrico na fase vegetativa (A) não foram afetadas quando a variável estudada foi área foliar. No entanto, ao final da fase de floração (B) obteve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) de probabilidade. A área foliar é um importante fator da produção que determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade é severamente inibido quando exposta a déficit hídrico (Fernández et al., 1996). Embora a fotossíntese possa diminuir independentemente do fechamento dos estômatos, o efeito do déficit hídrico sobre esse fechamento é o que mais

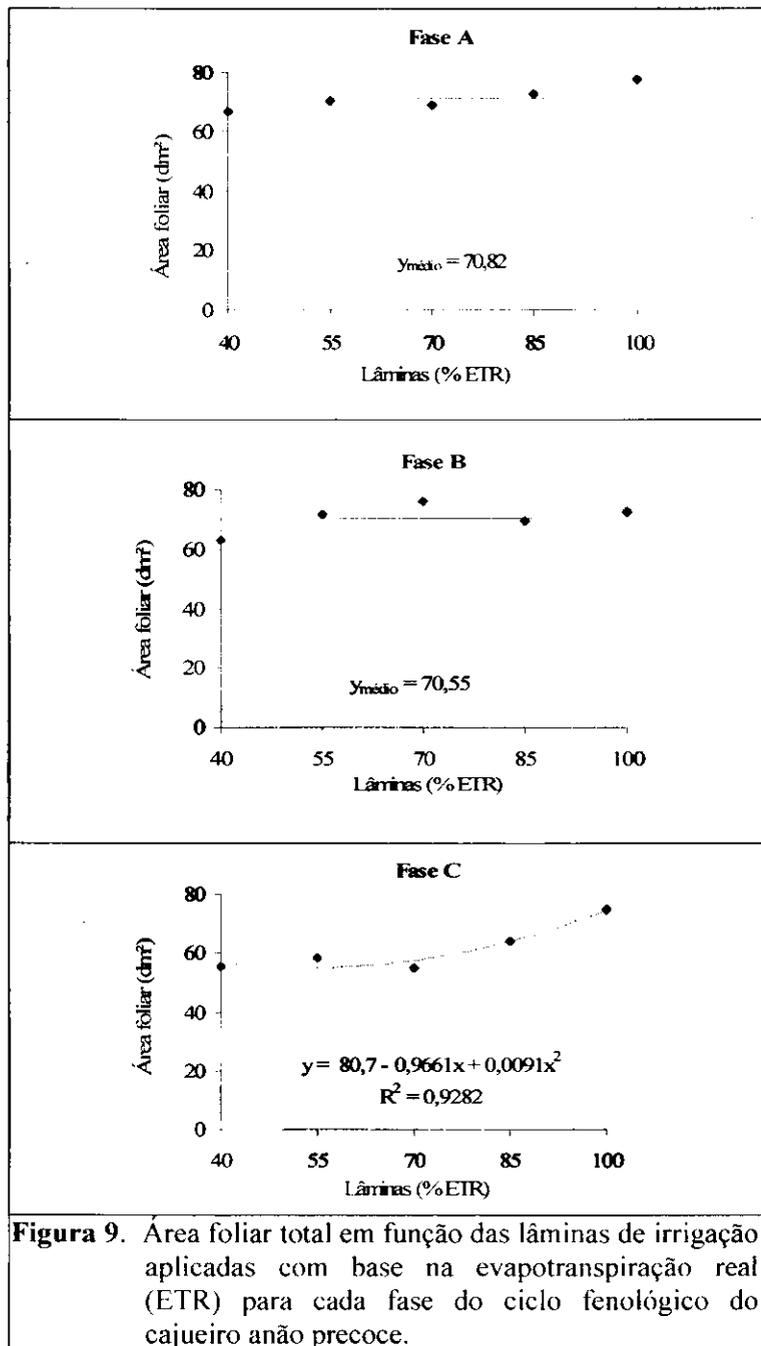
contribuiu para redução na assimilação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, para o crescimento da planta (Tyree et al., 1987)

As plantas submetidas ao estresse na fase de frutificação apresentaram as menores médias em relação à testemunha (L5), se comparada às outras fases. Esse comportamento pode ser explicado, uma vez que, as plantas passaram a ter o suporte hídrico reduzido justamente no período quando inicia seu processo de senescência. Nessa fase a área foliar das plantas do tratamento de L4 (85%) apresentaram uma redução de aproximadamente 20% em relação a L5.

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para área foliar ao final de cada fase.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	108,81 <sup>ns</sup>	138,54 <sup>ns</sup>	423,61 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	-	-	1263,22 <sup>**</sup>
Reg. Quadrática	1	-	-	325,29 <sup>**</sup>
Reg. Cúbica	1	-	-	19,93 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	-	-	83,28 <sup>ns</sup>
Bloco	5	17,89 <sup>ns</sup>	529,33 <sup>ns</sup>	74,87 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	51,19	193,36	45,66
CV (%)		10,68	19,71	10,99
FATOR				
LÂMINA		Médias (dm <sup>2</sup> )		
L1 (40%)		66,07	63,06	55,27
L2 (55%)		69,77	71,64	58,35
L3 (70%)		68,76	75,92	54,80
L4 (85%)		72,15	69,38	64,06
L5 (100%)		77,37	72,75	74,99

<sup>\*\*</sup>Significativo (p<0,01); <sup>ns</sup> Não significativo



#### 4.1.5. Fitomassa seca da parte aérea

A produção de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) do cajueiro anão precoce foi influenciada apenas nas fases B e C. Uma explicação para os resultados encontrados na fase B, foi que muitas plantas apresentaram problemas ocasionados pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* causador da resinose o que ocasionou uma queda significativa de folhas e, somado a isso, o período de senescência da planta ao final dessa fase, uma vez que, o cajueiro cultivado em campo em condições irrigadas na região litorânea do Ceará, apresenta uma

renovação vegetativa de grande intensidade normalmente observada a partir de junho, e, também, logo após o período de maiores precipitações pluviais (Frota, 1988).

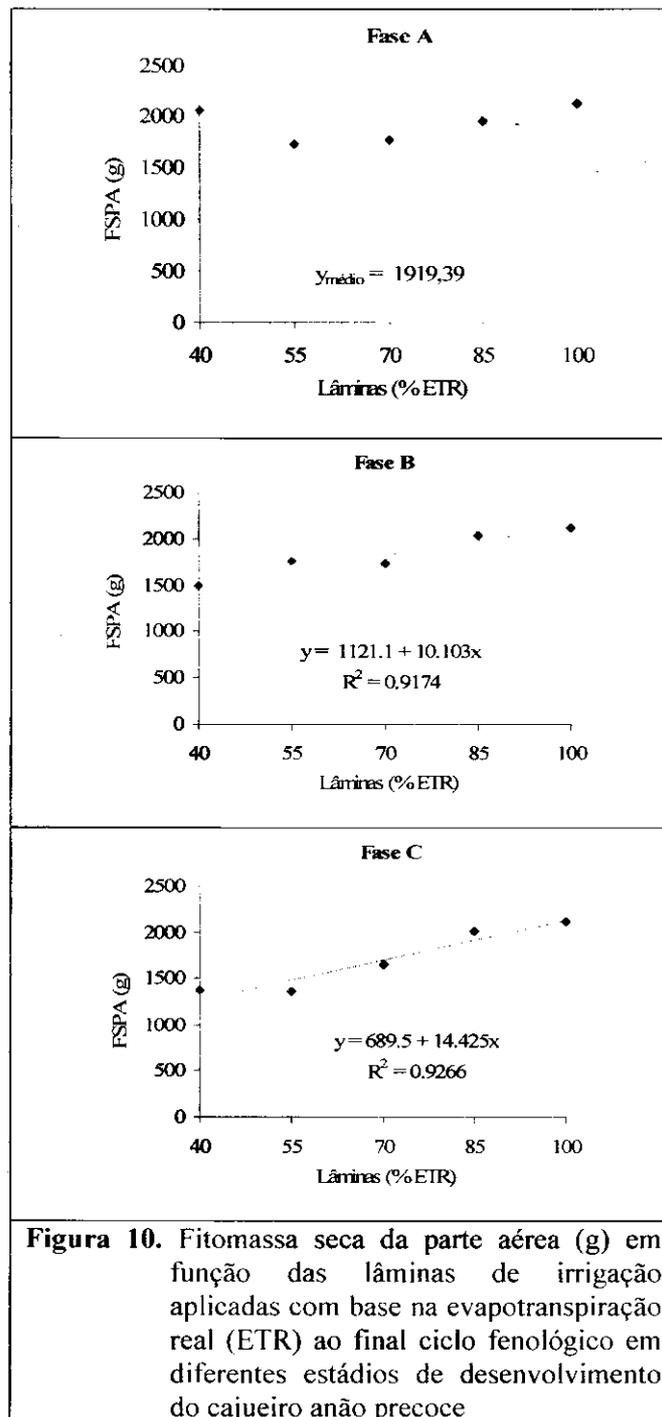
Segundo Taiz e Zeiger (2004) o decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática promovendo o fechamento dos estômatos. Esse processo bloqueia o influxo de CO<sub>2</sub> para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados o que implica redução do crescimento e da produtividade. Na Tabela 10 é possível observar que em plantas sob estresse hídrico na fase B, se compararmos a FSPA das plantas testemunhas (L5) com as plantas dos tratamentos que sofreram algum nível de estresse, verifica-se um incremento em relação a L1, L2, L3 e L4 de 29,3, 16,9, 18,3 e 3,9%, respectivamente.

Segundo Gholz et al. (1990) a disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de matéria seca. Hsiao e Azevedo (1973) afirmam que o grau de redução do crescimento e da produção, causado pelo deficit hídrico por meio da diminuição da área foliar depende da relação entre a taxa de extensão e o potencial de água na folha durante o estresse, e na recuperação após uma chuva ou irrigação. Conforme a análise de regressão na Figura 13 verifica-se que plantas sob estresse na fase B apesar terem sido afetadas pelo déficit hídrico, não houve ajustamento dos dados a nenhum dos modelos, obtendo média entre os tratamentos de 1828,25 g. Na fase C, o comportamento cúbico observado revela uma tendência ao aumento da FSPA com incremento das lâminas de irrigação a partir da aplicação de 55% até 100% da ETR.

**Tabela 9.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para fitomassa seca da parte aérea (FSPA).

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	182674,76 <sup>ns</sup>	375468,28 <sup>**</sup>	553835,92 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	-	1359356,22 <sup>*</sup>	930533,42 <sup>**</sup>
Reg. Quadrática	1	-	2337,85 <sup>ns</sup>	506810,10 <sup>**</sup>
Reg. Cúbica	1	-	3580,58 <sup>ns</sup>	726658,66 <sup>**</sup>
Desvio Reg.	1	-	136598,49 <sup>**</sup>	51341,51 <sup>ns</sup>
Bloco	5	212411,17 <sup>ns</sup>	397497,56 <sup>**</sup>	165702,15 <sup>*</sup>
Resíduo	20	86240,42	14943,96	50671,13
CV (%)		15,30	6,69	12,51
<b>FATOR</b>				
LÂMINA		<b>Médias (g)</b>		
L1 (40%)		2051,71	1497,49	1363,22
L2 (55%)		1719,46	1760,57	1354,97
L3 (70%)		1763,55	1730,14	1650,73
L4 (85%)		1944,37	2035,21	2009,43
L5 (100%)		2117,86	2117,86	2117,86

\* Significativo (p<0,05); \*\* Significativo (p<0,01); <sup>ns</sup> Não significativo



## 4.2. Variáveis fisiológicas

### 4.2.1. Eficiência quântica do fotossistema II

O resumo da análise de variância para Eficiência Quântica do Fotossistema II (FSII) através da relação FV/FM ao final de cada fase fenológica consta na Tabela 11. Verificou-se

que o rendimento quântico foi afetado pelo déficit hídrico apenas em plantas que receberam os tratamentos na fase de frutificação, havendo efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de probabilidade. Apesar de não haver efeito significativo das lâminas nas duas fases iniciais, percebe-se que as plantas submetidas ao déficit hídrico na fase de floração (B) obtiveram média de FV/FM de 81,08%, portanto, superior se comparado aos resultados encontrados em plantas sob estresse na fase de pós-repouso (A) e na fase de frutificação (C) que obtiveram valores para relação FV/FM de 78,77 e 79,25%, respectivamente. Conforme a Figura 11 verifica-se nessa mesma fase um efeito quadrático, porém, com pouca variação se compararmos os tratamentos que foram submetidos a déficit hídrico aos que não receberam estresse no segundo ano de produção.

Resultado semelhante foi encontrado por Cavalcanti (2007) ao longo do primeiro ano de produção deste clone também submetido a estresse hídrico, porém, a menor relação FV/FM foi obtida na fase vegetativa (A), com média de 80,80% e nas duas fases posteriores 81,6% (floração) e 81,5% (frutificação), respectivamente. Esses resultados evidenciam que a baixa disponibilidade de água não causou danos no aparelho fotossintético (Fotossistema II), de acordo com Bolhar-Nordenkampf et al. (1989) que relatam que valores de FV/FM entre 75% e 85% são típicos de plantas não estressadas.

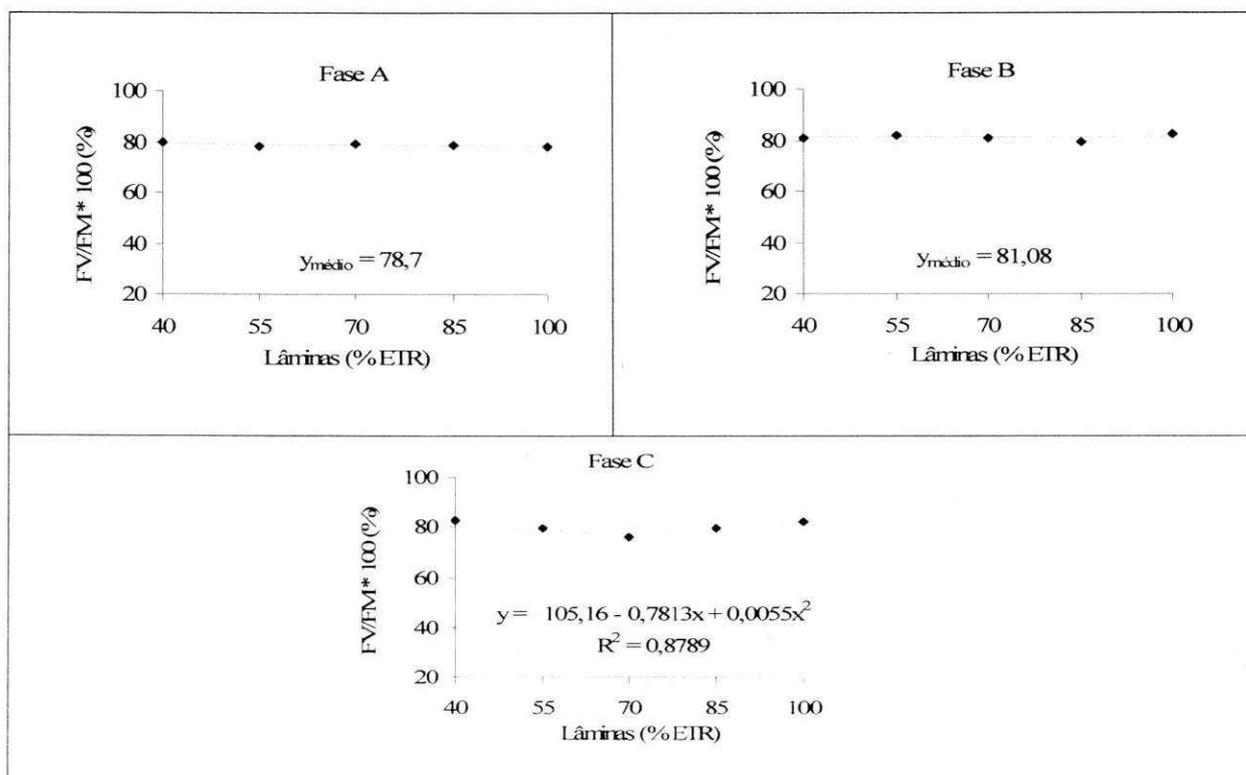
Silva et al. (2001) ao estudarem as respostas fisiológicas de gramíneas submetidas ao estresse hídrico expôs um tratamento a irrigação diária e outro ao déficit hídrico durante um período de doze dias e observaram que essas plantas não apresentaram diferenças significativas na relação FV/FM. Fatores genéticos e ambientais como o déficit hídrico entre outros, afetam o crescimento das plantas e os seus efeitos têm sido pesquisados usando medições da eficiência máxima do fotossistema II (FSII), estimada através da razão entre a fluorescência variável e a máxima (FV/FM) (Havaux et al., 1988). Essa relação FV/FM expressa o rendimento quântico dos processos fotoquímicos desse fotossistema (Lazák, 1999), ou seja, a eficiência relativa da captura de energia luminosa pelo FSII (Pereira, 2001).

Björkman e Demmig (1987), avaliando a relação FV/FM em diferentes espécies e ambientes encontraram um valor médio de 83,0%, acima dos relatados por Li et al. (2004) que estudaram a relação FV/FM para espécies nativas da região da Mongólia para habitats diferentes e citam que os valores variaram de 57,0 a 79,0%, com média 76%, mas, alterando-se em função do tipo de planta, mecanismo fisiológico e local de crescimento.

**Tabela 11.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para eficiência quântica do fotossistema II.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		FV/FM Fase A	FV/FM Fase B	FV/FM Fase C
Lâmina	4	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,0037*
Reg. Linear	1	-	-	0,0000 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	-	-	0,0130**
Reg. Cúbica	1	-	-	0,0004 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	-	-	0,0013 <sup>ns</sup>
Bloco	5	0,0026 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	0,0041**
Resíduo	20	0,0005	0,0006	0,0009
CV (%)		2,92	3,04	3,76
<b>FATOR</b>				
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias (%)</b>		
L1 (40%)		79,6	81,0	82,6
L2 (55%)		78,0	82,0	79,6
L3 (70%)		79,1	80,8	76,3
L4 (85%)		78,5	79,3	79,6
L5 (100%)		78,3	82,3	82,0

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo



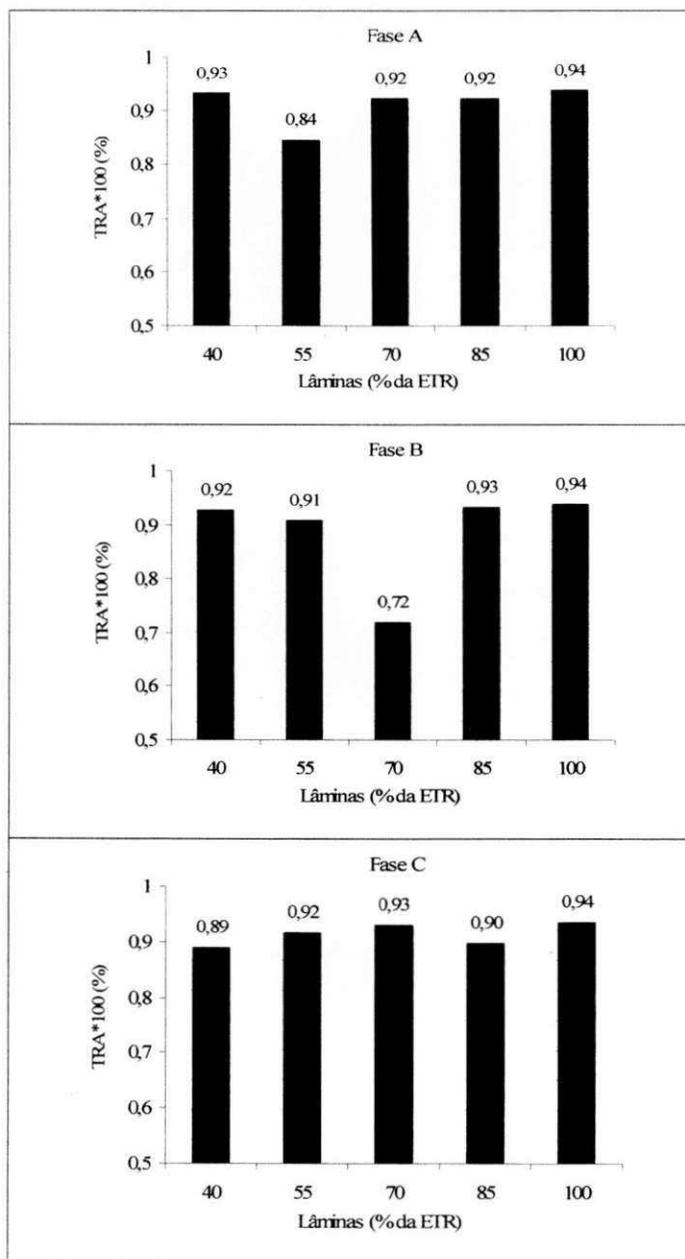
**Figura 12.** Eficiência quântica do fotossistema II (FV/FM) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro ano precoce.

#### 4.2.3. Teor relativo de água na folha

Essa variável foi avaliada ao final do ciclo de produção, portanto, apenas as plantas da fase de frutificação (C) estavam sendo submetidas a déficit hídrico. De acordo com a Figura 16 observa-se que o teor relativo de água na folha praticamente não variou se compararmos as plantas submetidas aos tratamentos nas duas fases anteriores, pós-reposo (A) e floração (B). No entanto, verifica-se na Figura 14, um decréscimo apenas em plantas que receberam 55% da ETR (L2) durante a fase pós-reposo (A), com média de 84,0%. Isso pode ter ocorrido em função do tempo em que as plantas que receberam os tratamentos na fase A (pós-reposo) estão recebendo 100% da ETR, ou seja, nas fases B e C durante o primeiro ano de produção essas plantas foram irrigadas com 100% da ETR, somado ainda, com o período sem estresse com duração de 60 dias, que todas as plantas foram submetidas entre o primeiro e o segundo ano de produção, simulando o período de chuvas. Esse tempo correspondeu a um período de aproximadamente 180 dias, o suficiente para que uma planta que tenha sido estressada recupere suas funções normais. O mesmo comportamento pode ser observado com as plantas que foram irrigadas com 70% (L3) do consumo médio de L5 durante a fase B (duração de 40 dias), obtendo média de 72,0%.

Segundo Berkowitz, (1998) uma redução significativa no transporte de água para as folhas provocará, inevitavelmente, uma diminuição da água transpirada. Essa restrição é decorrente de um aumento na resistência estomática, a qual irá limitar o suprimento de CO<sub>2</sub> para as folhas e, conseqüentemente, diminuir a fotossíntese e a capacidade de produção das plantas. Nas plantas que receberam os tratamentos com déficit na fase de frutificação (C) não houve diferença no conteúdo de água em nenhum dos níveis de água.

Nogueira (2001) trabalhando com prolongamento do estresse hídrico em aceroleiras enxertadas verificou que o teor relativo de água (TRA) variou de 92,9 a 48,2%. Segundo Begg e Turner (1976), a manutenção da turgescência durante alterações na disponibilidade de água para as plantas, pode garantir a sobrevivência das mesmas, mediante a continuidade dos processos metabólicos. Ainda de acordo com o autor no final do experimento, ao se verificar um TRA abaixo de 50% para as aceroleiras estressadas, conclui-se que as plantas não tolerariam uma maior desidratação, pois, algumas delas, principalmente as oriundas de sementes, já demonstravam sinais de murcha severa, embora tenham se recuperado poucas horas após se repetir a irrigação.



**Figura 16.** Teor relativo de água na folha (TRA) ao final do ciclo em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase fenológica do cajueiro ano precoce.

### 4.3. Variáveis de Produção

#### 4.3.1. Número de frutos por planta

Os efeitos dos tratamentos na produção e seus componentes foram analisados considerando-se a safra total do segundo ano de produção. O número de frutos foi contabilizado a partir da primeira colheita, realizada no dia 19 de maio de 2007. A Tabela 12 apresenta o resumo da análise de variância para número de frutos total nas diferentes fases fenológicas do cajueiro durante o segundo ciclo. Verifica-se que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para plantas sob estresse nas fases A e C. Observa-se que fase A o tratamento L1 apresentou um número de fruto bem abaixo dos demais, isso aconteceu em função da morte das plantas no início do período de colheita ocasionada pela resinose. Esses resultados diferiram dos que foram encontrados por Cavalcanti (2007), apenas na fase B, onde autor observou que o maior número de frutos foi obtido nas plantas que foram submetidas a estresse hídrico nessa fase e na fase de frutificação (C), com médias de 38,20 e 47,25 frutos, respectivamente, sem, portanto, haver diferença significativa entre eles. Verifica-se, entretanto, que na fase C o comportamento foi semelhante ao observado na fase B.

**Tabela 12.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para número de frutos por planta (NF). Campina Grande-PB, 2008.

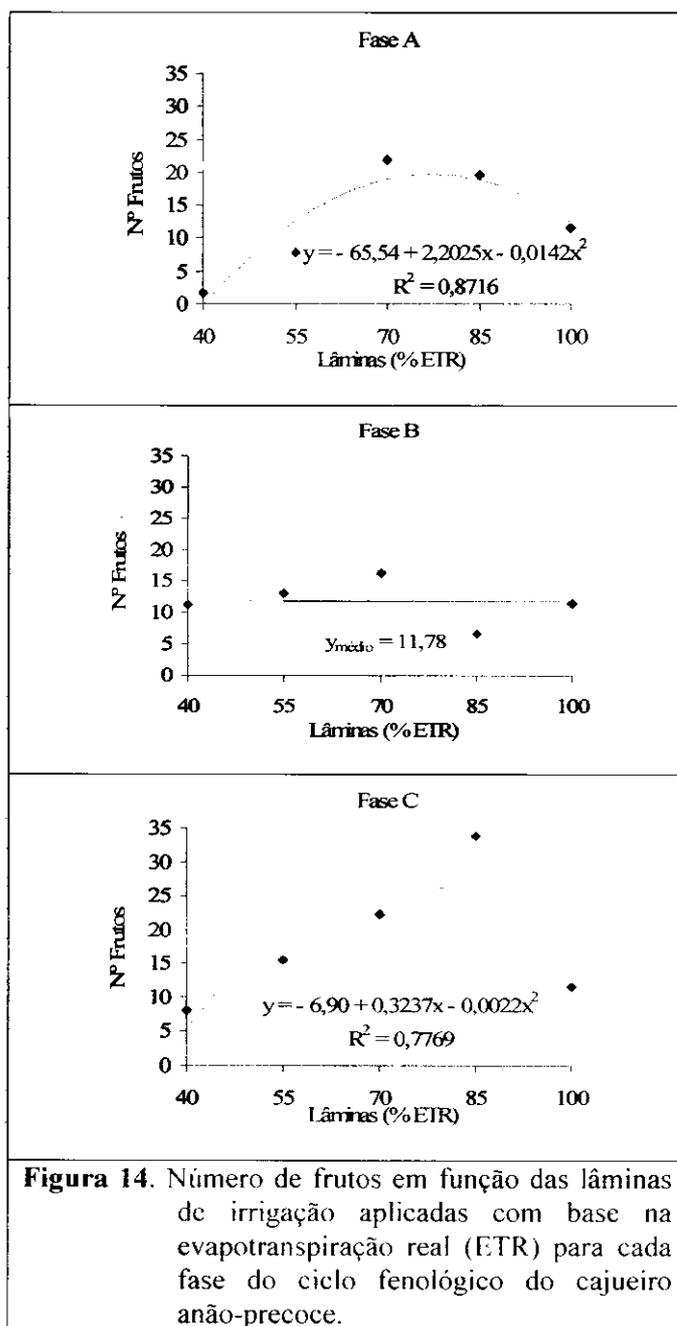
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	417,91**	72,40 <sup>ns</sup>	630,35**
Reg. Linear	1	546,32**	-	34,99*
Reg. Quadrática	1	1006,92**	-	1504,44**
Reg. Cúbica	1	35,35 <sup>ns</sup>	-	517,17**
Desvio Reg.	1	83,06 <sup>ns</sup>	-	152,78*
Bloco	5	48,94 <sup>ns</sup>	3,94 <sup>ns</sup>	62,74 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	63,75	31,29	49,86
CV (%)		63,88	47,48	38,76
FATOR				
LÂMINA		Médias (quant.)		
L1 (40%)		1,66	11,25	8,00
L2 (55%)		7,83	13,16	15,36
L3 (70%)		21,83	16,28	22,33
L4 (85%)		19,66	6,70	33,89
L5 (100%)		11,50	11,50	11,50

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo

Na fase B, as lâminas não tiveram efeito sobre essa variável, todavia foi obtida uma média de 11,78 frutos, isso pode ter sido ocasionado devido a problemas fitossanitários, já

que em algumas plantas no início da aplicação dos tratamentos apresentavam problemas ocasionados por fungos causadores da resinose, que vieram a debilitar rapidamente as plantas, entrando em senescência e morrendo em seguida.

As maiores médias em plantas sob estresse na fase pós-reposo (A) foram obtidas nos tratamentos L3 (70%) e L4 (85%) com 21,83 e 19,66 frutos por planta, respectivamente. O mesmo comportamento pode ser observado na fase C onde foram obtidos 22,33 (para plantas de L3) e 33,89 frutos (para plantas de L4). Verifica-se, no entanto, que as plantas de L5 obtiveram uma redução acentuada no número de frutos se comparado as plantas de L3 na fase A e L3 e L4 na fase C.



Na Figura 14 verifica-se um efeito quadrático também ao final da fase de frutificação) sobre o número de frutos, no entanto, o resultado obtido com a maior lâmina não diferiu estatisticamente dos tratamentos L1 (40%), L2 (55%) e L3 (70%). O ponto de máxima foi obtido com uma lâmina de 77,55% da ETR. Observa-se que o comportamento foi semelhante ao obtido ao final da fase A. Essa variável não foi afetada em plantas sob estresse na fase B apresentando comportamento linear praticamente constante com o incremento de 15% da ETR da lâmina de irrigação.

#### *4.3.2. Comprimento e diâmetro médio do pedúnculo*

Conforme os dados da Tabela 13, observa-se que houve efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para comprimento do pedúnculo em todas as fases fenológicas do cajueiro anão precoce durante o segundo ano de produção. Verifica-se, entretanto, que na fase A a média obtida das plantas de L5 para comprimento de pedúnculo não diferiram dos tratamentos L2, L3 e L4. Esse comportamento foi semelhante ao encontrado na fase B em que a média da testemunha não diferiu dos tratamentos L1, L2 e L3. No entanto se compararmos as médias de cada tratamento dentro das três fases em quem as plantas foram submetidas a estresse, nota-se que a fase de frutificação (C) apresentou as menores médias.

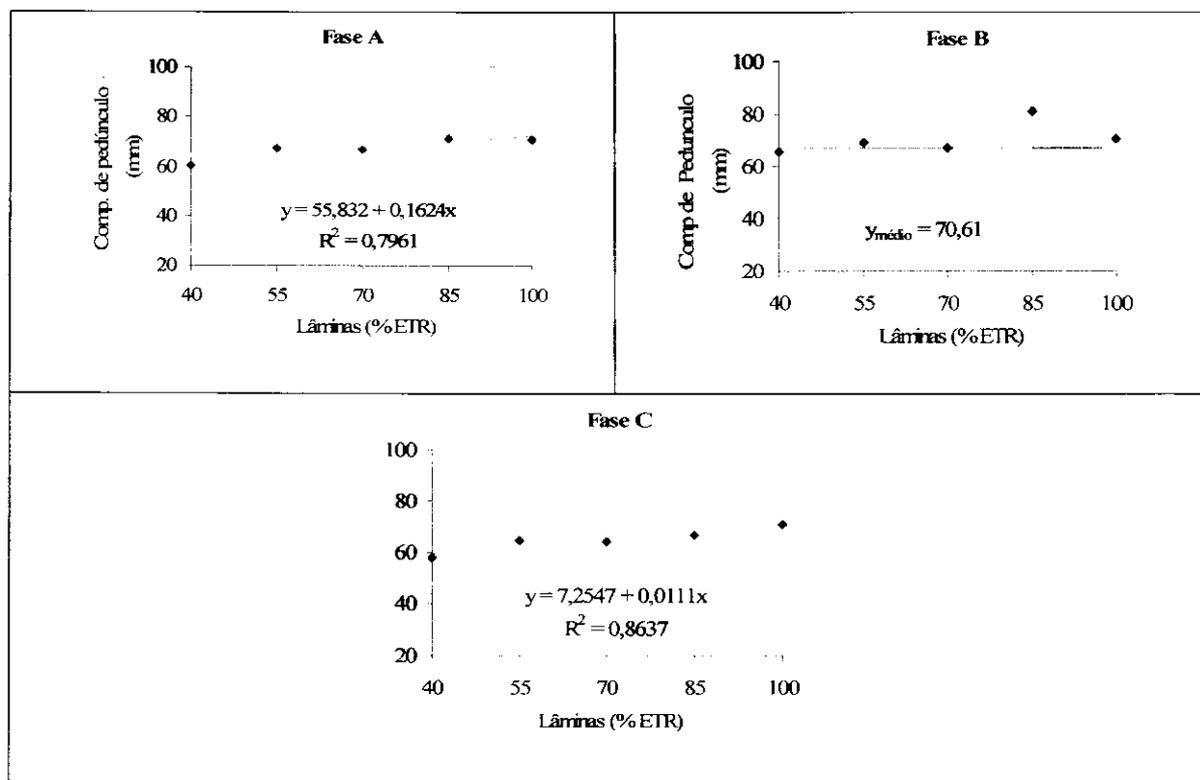
Verifica-se ainda que as médias para comprimento médio do pedúnculo obtidas durante o segundo ano de produção para as fases A, B e C de 67,32, 70,61 e 63,33 mm, respectivamente, foram bem superiores as encontradas por Cavalcanti (2007), que mesmo não encontrando efeito significativo do déficit hídrico sobre essa variável obteve 57,01, 48,02 e 42,02 mm nas fases A, B e C, respectivamente. Isso representou um ganho de comprimento equivalente a 15,35% na fase A, 32,01% na fase B e 33,64% na fase C. Gomes et al. (2006) em estudos avaliando o comprimento médio de pedúnculo em alguns clones de cajueiros cultivados em pomares conduzidos sem restrição hídrica no oeste da Bahia observou que o CCP 76 apresentou média de 78,9 mm, superior ao encontrado nesse trabalho que foi de 70,53 mm no entanto, inferior aos outros clones Embrapa 50 (86,2 mm) e ao Embrapa 51 (82,1 mm) estudados por ele, todavia, não diferindo estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Consta na Tabela 14 o resumo da análise de variância para diâmetros basal e apical, onde os resultados indicam o estresse hídrico influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) sobre o diâmetro apical em plantas sob déficit hídrico nas três fases estudadas.

**Tabela 13.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para Comprimento do Pedúnculo ao final de cada fase. Campina Grande 2008.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	129,38**	234,20**	125,43**
Reg. Linear	1	228,53**	294,24**	422,36**
Reg. Quadrática	1	68,76*	85,56 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	58,63*	241,61**	53,33 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	161,60**	315,39**	23,90 <sup>ns</sup>
Bloco	5	12,98 <sup>ns</sup>	43,51 <sup>ns</sup>	7,70 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	12,89	21,29	13,65
CV (%)		5,28	6,54	5,71
<b>FATOR</b>				
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias (mm)</b>		
L1 (40%)		60,40	65,52	57,95
L2 (55%)		71,03	68,92	64,76
L3 (70%)		66,57	66,84	63,92
L4 (85%)		71,30	81,25	66,57
L5 (100%)		70,53	70,53	70,53

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo



**Figura 15.** Comprimento do pedúnculo (mm) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão precoce. Campina Grande, 2008

Com base no gráfico da Figura 15, observa-se comportamento linear para comprimento do pedúnculo nas fases A e C. Nessas fases, o incremento de 15% no volume de água aplicado baseado na ETR permitiu ganhos no comprimento de pedúnculo se compararmos os tratamentos com maior nível de estresse (L1) à testemunha (L5) de 14,36, e 17,83% para plantas sob restrição hídrica nas fases A e C, respectivamente.

Verifica-se que as maiores médias foram observadas em plantas que receberam estresse na fase B obtendo 29,62 mm. No gráfico da Figura 16, observa-se que o diâmetro basal apresentou comportamento linear nas fases (A e C) e quadrático na fase B, entretanto, o melhor ajustamento aconteceu na fase A, onde o efeito do déficit hídrico praticamente não aconteceu. Verificou-se nessa fase, conforme o gráfico, que o diâmetro apical obteve comportamento semelhante ao obtido para diâmetro basal.

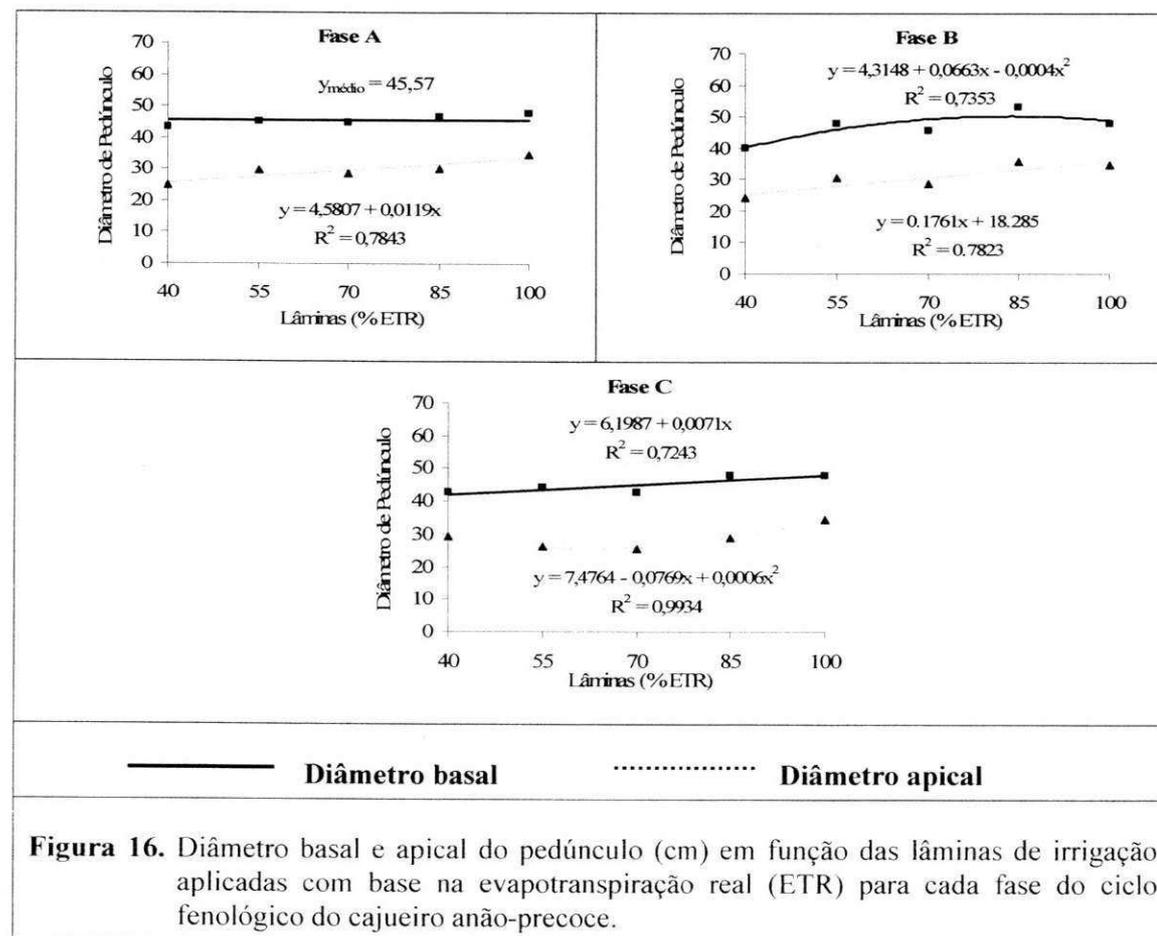
Ao final da fase C nota-se que a partir de 64,08% da ETR, houve ligeiro aumento pra essa variável com o incremento de 15% das lâminas referentes a ETR. Para o diâmetro basal houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) ao final das fases B e C, todavia, observa-se que as médias dos tratamentos que receberam 55% e 70% da ETR na fase B não sendo diferente se comparadas às obtidas pela testemunha, o mesmo não foi verificado para fase C. Seguindo o comportamento do diâmetro apical, as médias do diâmetro basal de pseudofrutos foram maiores nessa fase, com 46,59 mm. Em estudo com avaliação da qualidade pós-colheita de pedúnculos em diversos clones de cajueiro anão precoce irrigados sem restrição hídrica, Gomes et al. (2006) avaliou também os diâmetros basal e apical dos pseudofrutos do clone CCP 76 e obteve média de 58,10 e 46,60 mm respectivamente.

Esses valores, no entanto, foram inferiores para diâmetro basal, mas, superiores para diâmetro apical ao encontrado nesse trabalho para as plantas testemunhas (L5) que apresentaram 34,57 e 47,95 mm, respectivamente. Esses foram inferiores aos resultados encontrados por Moura (1998) que em estudo conduzido em campo na região de Mossoró-RN, avaliando a qualidade pós-colheita de pedúnculos de diversos clones de cajueiro, e obteve médias para diâmetro basal e apical para o clone CCP 76 de 52,1 e 61,8 mm, respectivamente. No entanto, as médias encontradas nesse trabalho foram superiores ao encontrado por Pinto et al. (1997), quando comparados a 36,1 e 43,9 mm, para diâmetro basal e apical, respectivamente.

**Tabela 14.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para Diâmetro apical e basal do pedúnculo ao final de cada fase. Campina Grande 2008.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Fase A		Fase B		Fase C	
		Apical	Basal	Apical	Basal	Apical	Basal
Lâmina	4	72,55**	19,48 <sup>ns</sup>	133,91**	139,97**	76,12**	42,62**
Reg. Linear	1	220,61**	-	406,06**	261,99**	128,34**	126,54**
Reg. Quadrática	1	2,70 <sup>ns</sup>	-	18,15 <sup>ns</sup>	129,33**	174,69**	4,75 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	54,31 <sup>ns</sup>	-	0,0006 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	12,61 <sup>ns</sup>	-	111,45**	166,23**	0,31 <sup>ns</sup>	34,94*
Bloco	5	12,56 <sup>ns</sup>	5,81 <sup>ns</sup>	17,95 <sup>ns</sup>	11,96 <sup>ns</sup>	8,59 <sup>ns</sup>	28,37**
Resíduo	20	8,98	8,78	11,25	7,67	9,77	4,60
CV (%)		10,14	6,50	10,96	5,91	10,83	4,77
<b>FATOR</b>		<b>Médias (mm)</b>					
<b>LÂMINA</b>							
L1 (40%)		24,89	43,16	24,02	39,78	29,02	42,59
L2 (55%)		29,89	45,26	30,34	47,79	26,19	44,04
L3 (70%)		28,44	44,91	28,48	45,65	25,54	42,65
L4 (85%)		29,97	46,56	35,66	53,15	28,92	47,74
L5 (100%)		34,57	47,95	34,57	47,95	34,57	47,95

\* Significativo (p<0,05); \*\* Significativo (p<0,01); <sup>ns</sup> Não significativo



**Figura 16.** Diâmetro basal e apical do pedúnculo (cm) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro anão-precoc.

#### 4.3.3. Peso fresco do pedúnculo e da castanha

Na Tabela 15, têm-se o resumo da análise de variância e as médias para o Peso Fresco do Pedúnculo (PFPed), de plantas submetidas a estresse hídrico em cada fase fenológica. Observa-se que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para PFPed apenas em frutos colhidos de plantas sob déficit hídrico nas fases pós-repouso (A) e frutificação (C). Se compararmos o PFPed de frutos das plantas testemunhas (L5) com os demais tratamentos que foram submetido ao estresse hídrico na fase C, verifica-se um ganho de massa fresca variando de 5,20 a 49,55% quando comparado com os tratamentos L4 (85% do consumo) e L1 (40% do consumo), respectivamente.

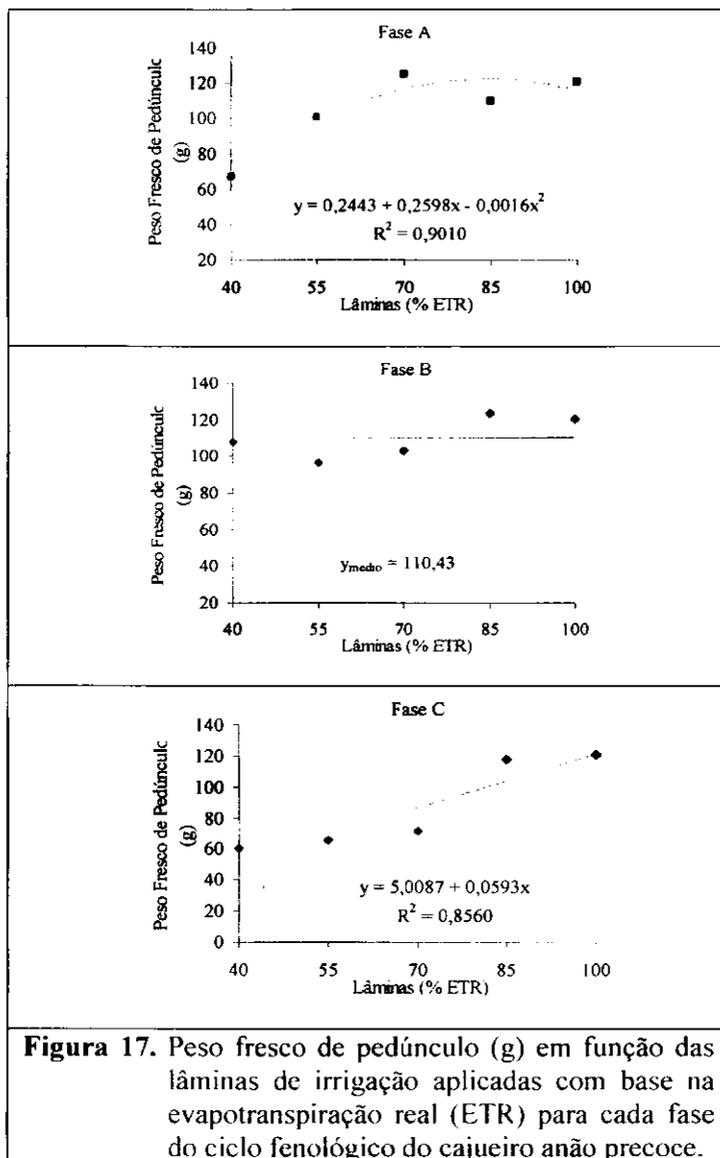
Acredita-se que a redução no volume de água nas duas fases iniciais da cultura, não afeta o rendimento de matéria fresca do pedúnculo, porém, se essa redução ocorrer durante a frutificação, não permite o pleno desenvolvimento do fruto, reduzindo seu rendimento de massa fresca. O mesmo não aconteceu com Cavalcanti (2007) que obteve as maiores médias do PFPed em frutos do tratamento correspondente a fase de floração (B), obtendo média de 60,75g, enquanto que nas fases vegetativa e frutificação foi de 40,41 e 27,27g, respectivamente. Fazendo a comparação entre a fase B e fase A ele observou, um aumento no rendimento de até 50,3% e se comparado com frutos da fase C este aumento chega até 122,7%.

**Tabela 15.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para peso fresco de pedúnculo (PFPed). Campina Grande 2008.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	3183,19*	782,94 <sup>ns</sup>	5244,66**
Reg. Linear	1	7560,25**	-	18338,40**
Reg. Quadrática	1	3291,40*	-	246,77 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	1418,04 <sup>ns</sup>	-	1260,35 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	463,07 <sup>ns</sup>	-	1133,10 <sup>ns</sup>
Bloco	5	1187,87 <sup>ns</sup>	74,83 <sup>ns</sup>	879,99 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	724,41	899,71	408,22
CV (%)		25,72	27,16	23,21
<b>FATOR</b>				
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias (g)</b>		
L1 (40%)		67,17	107,78	60,35
L2 (55%)		100,49	96,74	65,35
L3 (70%)		125,04	103,36	71,26
L4 (85%)		109,92	123,58	117,60
L5 (100%)		120,67	120,67	120,67

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo

Na Figura 17 observou-se comportamento quadrático para o final da fase C com significância de ( $p < 0,05$ ). Verifica-se com base na equação quadrática, que o peso PFPed aumentou até a aplicação de uma lâmina equivalente a 81,12% da ETR, a partir daí com o incremento de 15% na lâmina aplicada verificou-se comportamento decrescente.



Gomes et al. (2006) trabalhando com clones de cajueiro no estado da Bahia verificou que o CCP 76 cultivado sem estresse hídrico obteve peso de pedúnculo de 145,74 g, bem superior aos clones BRS 189 (134,63 g) e Embrapa 51 (124,41 g). Esses resultados com o CCP 76 foram superiores ao encontrado nesse trabalho em plantas testemunhas que foi obtiveram 120,67 g, no entanto, os resultados para esse clone podem ser considerados bons, uma vez que as plantas foram cultivadas em casa de vegetação, o que pode limitar o potencial

de produção da planta. Esses resultados, todavia, demonstraram ainda ser promissora à produção de caju de mesa, uma vez que, o peso ideal descrito por Filgueiras et al. (2002), está entre 100 a 140 g.

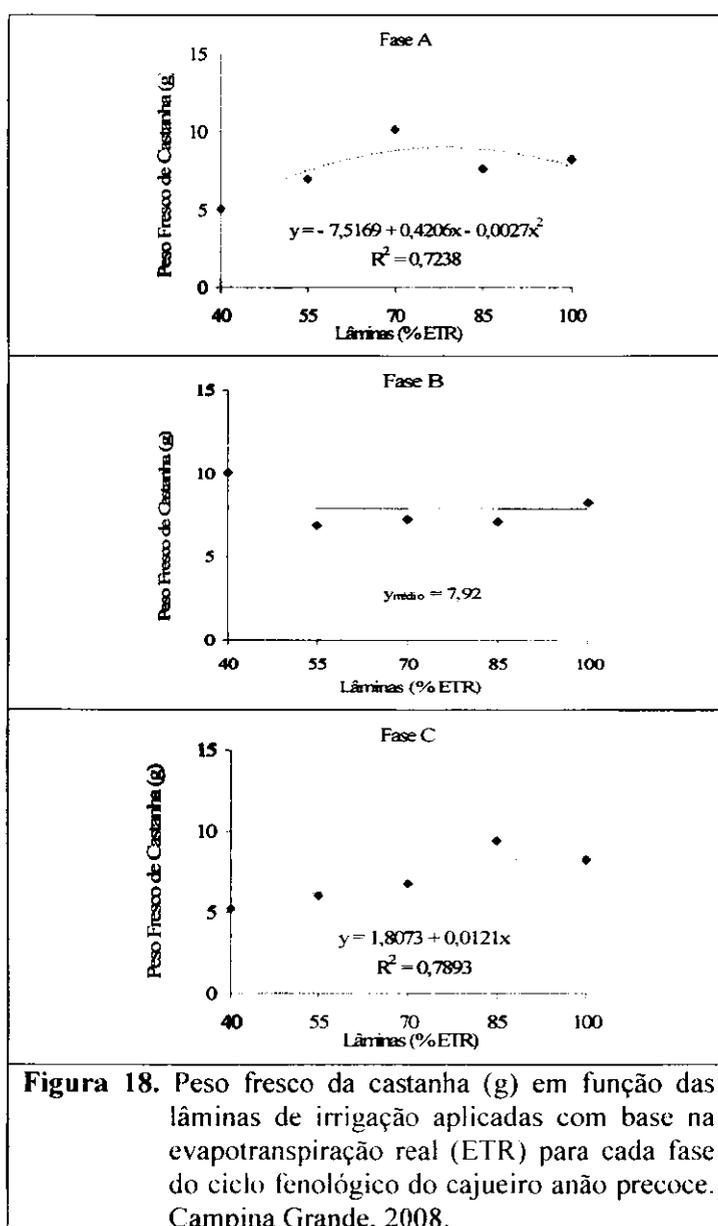
O peso fresco da castanha (PFCast) foi influenciado pelo déficit hídrico nas fases A e C, havendo, portanto, efeito significativo a ( $p < 0,01$ ) ao final dessas fases (Tabela 16). Se compararmos as médias do PFCast das plantas testemunhas com as demais plantas que receberam algum dos tratamentos nessas fases, verifica-se que somente o tratamento (L3) que recebeu 70% do consumo médio das plantas testemunhas (L5) ao longo da fase A, obtiveram média de 10,16g, superior que a testemunha (L5). Os demais tratamentos (L1, L2 e L4) nessa fase apresentaram médias de 5,07, 7,01 e 7,67g apresentando, portanto, decréscimos no peso da ordem de 38,33, 14,73 e 6,70% se comparado à testemunha que obteve 8,22g. Essa média para as plantas testemunhas, no entanto, foi inferior ao encontrado por Gomes et al. (2006) que obteve para o clone CCP 76 um PFCast de 9,49g. Já na fase de frutificação (C), as plantas do tratamento L4 (85%) apresentaram média de 9,40g, pouco superior a testemunha. As demais plantas apresentaram reduções se comparadas a L5 de 36,25, 26,27 e 18,12% para os tratamentos (L1, L2 e L3). Nota-se que os coeficientes de variação foram elevados, isso pode ter ocorrido em função da grande discrepância com relação a produção, uma vez que, para um mesmo tratamento existiam plantas que no final da fase de floração (B) já estavam produzindo e outras que somente no fim da frutificação (C) vieram a produzir.

**Tabela 16.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para peso fresco da castanha (PFCast). Campina Grande 2008.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	20,57**	10,08 <sup>ns</sup>	16,81**
Reg. Linear	1	26,41**	-	51,56**
Reg. Quadrática	1	33,00**	-	3,30 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	6,55 <sup>ns</sup>	-	7,29 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	16,33*	-	5,07 <sup>ns</sup>
Bloco	5	4,44 <sup>ns</sup>	4,48 <sup>ns</sup>	5,14 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	3,16	6,72	2,87
CV (%)		23,32	32,74	23,78
FATOR				
LÂMINA		Médias (g)		
L1 (40%)		5,07	10,06	5,24
L2 (55%)		7,01	6,92	6,06
L3 (70%)		10,16	7,28	6,73
L4 (85%)		7,67	7,11	9,40
L5 (100%)		8,22	8,22	8,22

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo

Conforme o gráfico da Figura 18 verifica-se comportamento quadrático na fase A e linear para a fase C, havendo, portanto, significância ( $p < 0,01$ ) apenas para as fases A e C. A curva obtida na fase A foi semelhante a encontrada para PFPed na mesma fase. O maior peso de castanha foi encontrado com a aplicação de um volume de água de 82,4% da ETR, resultado esse, semelhante ao encontrado para algumas variáveis de produção como número de frutos e peso de pedúnculo que estiveram em torno dos 80% da ETR.



#### 4.3.4. *Peso fresco de caju*

Conforme a Tabela 17 verifica-se que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) de probabilidade para Peso Fresco do caju (PF) ao final das fases pós-reposo (A) e frutificação (C), porém, as lâminas não tiveram efeito sobre essa variável em plantas que receberam os tratamentos no período da floração (B). Comportamento semelhante aos resultados de Peso Fresco de Pedúnculo (PFPed) e Peso Fresco de Castanha (PFCast) que foram submetidos ao déficit hídrico nas fases A e C. A mesma observação para os coeficientes de variação para peso fresco da castanha deve ser validada para essa variável.

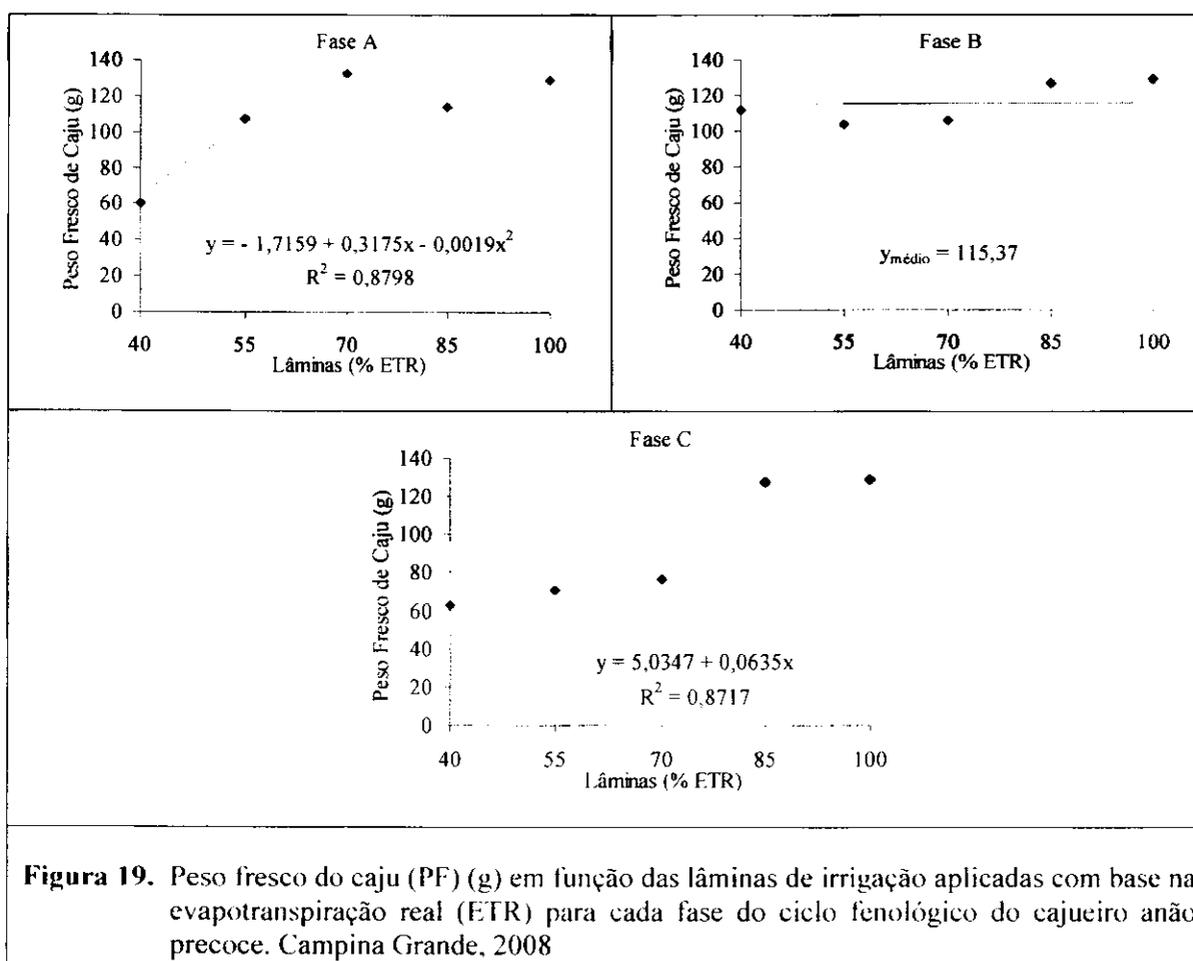
Verifica-se que a média de 128,67 g obtida na fase A em plantas que não receberam nenhum nível de estresse ao longo do ciclo não foram diferentes em relação às médias dos tratamentos L2 (55%), L3 (70%), e L4 (85%) que obtiveram 107,50, 132,45 e 113,87 g, respectivamente, no entanto, foi bem superior a média encontrada em plantas de L1 (40%) com 60,30 g. Na fase de floração (B) as plantas de L1 obtiveram a maior média se comparada às outras fases com 111,67 g sendo inferior apenas a L4 (126,57g) e L5 (128,67g). Na frutificação L5 obteve média bem superior aos tratamentos L1, L2 e L3. A média de L5 foi inferior a encontrada por Gomes et al. (2006) que encontrou para o clone CCP 76 peso médio de fruto de 155,23 g; superior aos clones BRS 189 e Embrapa 51 que obtiveram 143,12 g e 134,69 g, respectivamente. Trabalho realizado por Moura et al. (2001), em Mossoró – RN, com os clones CCP 76 e CCP 09, obtiveram peso médio de frutos 150,82 g e 91,72 g.

A Figura 19 expõe o comportamento do peso fresco de caju (PF) em plantas sob estresse em diferentes fases durante o segundo ano de produção. Constatou-se um comportamento quadrático para fase A e linear para fase C, no entanto, para a fase A o maior PF foi alcançado com uma lâmina de 83,55% da ETR. Até esse ponto percebe-se pelo gráfico um aumento no PF significativo, a partir daí, há uma tendência a redução com incremento da lâmina de irrigação.

**Tabela 17.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para Peso Fresco do caju (PF). Campina Grande-PB, 2008.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	5000,28**	803,00 <sup>ns</sup>	6203,55**
Reg. Linear	1	11320,82**	-	21783,76**
Reg. Quadrática	1	5164,64**	-	132,06 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	3136,20*	-	1410,16 <sup>ns</sup>
Desvio Regressão	1	379,45 <sup>ns</sup>	-	1488,20 <sup>ns</sup>
Bloco	5	834,54 <sup>ns</sup>	86,79 <sup>ns</sup>	1064,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	626,73	1181,52	460,46
CV (%)		23,06	29,79	23,02
<b>FATOR</b>				
<b>LÂMINA</b>		<b>Médias (g)</b>		
L1 (40%)		60,30	111,67	62,59
L2 (55%)		107,50	103,67	70,63
L3 (70%)		132,45	106,29	76,81
L4 (85%)		113,87	126,57	127,29
L5 (100%)		128,67	128,67	128,67

\* Significativo (p<0,05); \*\* Significativo (p<0,01); <sup>ns</sup> Não significativo



**Figura 19.** Peso fresco do caju (PF) (g) em função das lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração real (ETR) para cada fase do ciclo fenológico do cajueiro ano precoce. Campina Grande, 2008

#### 4.3.5. Matéria seca do pedúnculo

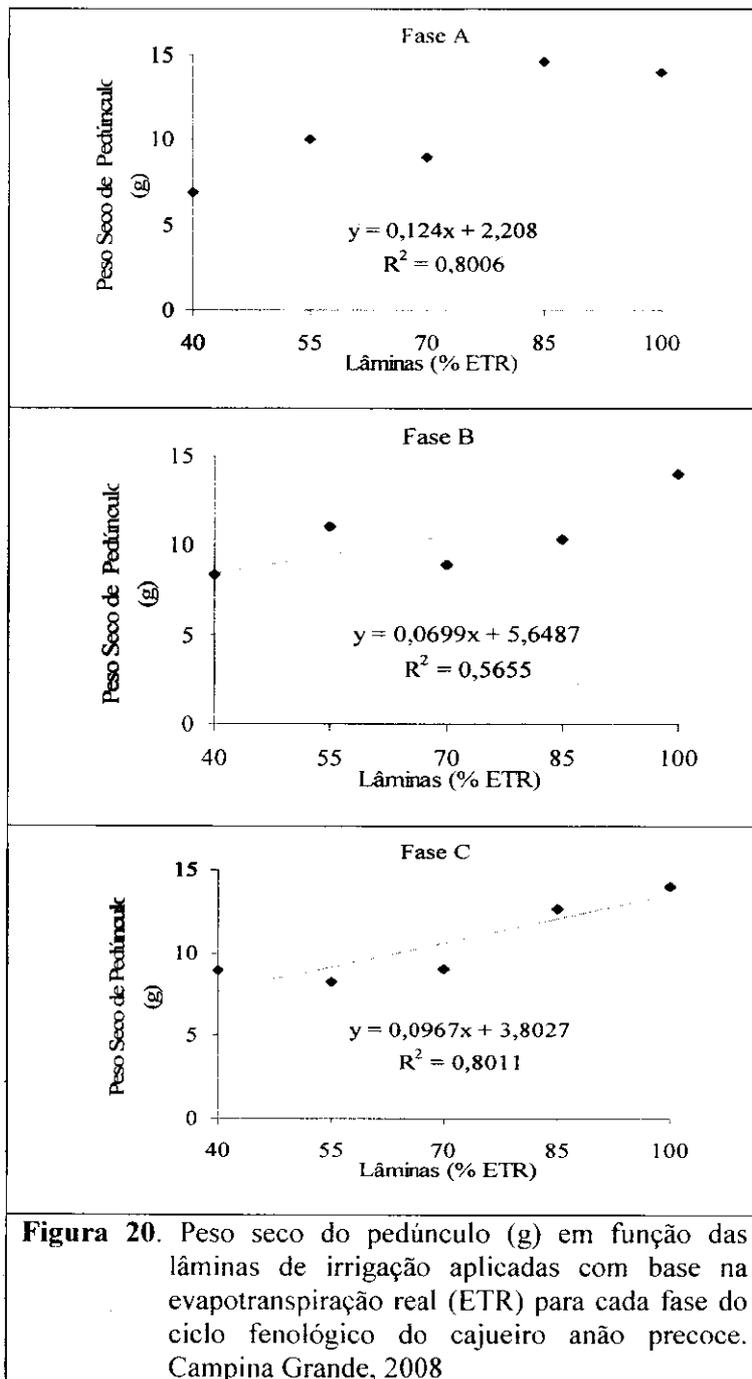
Conforme a Figura 20 verifica-se que houve efeito significativo com comportamento linear para o fator lâmina em todas as fases estudadas, entretanto, as fases A e C apresentaram significância de ( $p < 0,01$ ) e na fase B de ( $p < 0,05$ ). De acordo com dados da Tabela 18 verifica-se que o rendimento da matéria seca do pedúnculo em plantas de L5 em relação as plantas de L1, L2 e L3 foi superior em 50,32, 28,20 e 36,07%, respectivamente na fase A. O rendimento médio de matéria seca do pedunculo nas fases de floração e frutificação foram de 9,68 e 9,72 g respectivamente, portanto, ambos inferiores à testemunha que obteve 13,97 g. Esses resultados foram diferentes dos encontrados por Cavalcanti (2007) que trabalhando com o mesmo clone durante o primeiro ano de produção verificou que não houve efeito significativo para essa variável.

Na fase de floração, o tratamento L2 apresentou média superior a L1, L3 e L4 e isso fez com que não houvesse um ajustamento da equação cujo valor de  $R^2$  foi muito baixo. Ainda de acordo com a Figura 20 verifica-se nessa fase que o ganho de matéria seca foi mais significativo a partir da aplicação de 70% da ETR. A matéria seca de pedúnculos em plantas que foram submetidas a estresse hídrico apenas ao final da fase da frutificação teve o mesmo comportamento obtido na fase anterior.

**Tabela 17.** Resumo da análise de variância (ANAVA) para matéria seca do pedúnculo. Campina Grande, 2008.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Fase A	Fase B	Fase C
Lâmina	4	64,88**	29,18*	39,46**
Reg. Linear	1	205,82**	65,54**	21,39**
Reg. Quadrática	1	0,88 <sup>ns</sup>	14,73 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	3,04 <sup>ns</sup>	25,03 <sup>ns</sup>	9,89 <sup>ns</sup>
Desvio Reg.	1	49,78*	11,42 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
Bloco	5	32,13*	12,57 <sup>ns</sup>	22,69*
Resíduo	20	9,40	6,71	6,17
CV (%)		28,15	23,50	24,55
FATOR				
LÂMINA		Médias (g)		
L1 (40%)		6,94	8,37	8,92
L2 (55%)		10,03	11,09	8,25
L3 (70%)		8,93	8,91	9,07
L4 (85%)		14,57	10,38	12,66
L5 (100%)		13,97	13,97	13,97

\* Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup> Não significativo;



## 5. CONCLUSÕES

- ✓ O déficit hídrico na fase de floração inibiu o crescimento em plantas de cajueiro anão precoce clone CCP 76 contribuindo para na redução de até 10, 11 e de 29%, para altura de planta, diâmetro de caule e fitomassa seca total, respectivamente, se comparado à testemunha.
- ✓ Entre as variáveis de crescimento estudadas apenas o diâmetro de caule foi influenciado pela redução hídrica na fase pós repouso.
- ✓ A área foliar e número de folhas em plantas sob estresse hídrico na frutificação foram afetadas;
- ✓ O estresse hídrico influenciou na Eficiência quântica do fotossistema II, através da relação FV/FM apenas na fase frutificação;
- ✓ A restrição hídrica na fase de frutificação do cajueiro anão precoce CCP 76 influenciou em todas as variáveis de produção estudadas;
- ✓ O tratamento L5 (100% da ETR) proporcionou os melhores resultados em todas as variáveis estudadas nas fases de floração e frutificação do cajueiro anão precoce, clone CCP 76, durante o segundo ano de produção;
- ✓ Na fase pós-repouso vegetativo (A) a aplicação de 70% da ETR apresentou melhores resultados se comparada aos demais tratamentos;
- ✓ A frutificação é estágio fenológico do cajueiro anão precoce mais sensível ao estresse hídrico.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. de J. N.; COSTA, C. A. R. Exigências climáticas. In: BARROS, L. de M. (Org). **Caju. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 21-25, 2002. (Frutas do Brasil, 30).

ALMEIDA, F.A.G. **Estudos fenológicos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Fortaleza**. Fortaleza : UFC/CNPq. 1982. 17p. (Relatório Técnico, s.n.).

ALMEIDA, F.A.G. Fenologia comparativa de dois clones exortados de cajueiro anão em condições de irrigação **Revista Ciência Rural**. Santa Maria. v.32, n.2, p.221-228. 2002.

ALMEIDA, F.A.G., ALMEIDA, F.C.G., NUNES, R. de P. Estudos fenológicos de plantas enxertadas de cajueiro anão sob condições de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.17, n.2: p.71 - 84, 1995a.

ALMEIDA, F.A.G., MARTINS JR., W. Estudos fenológicos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em áreas do litoral cearense, Fortaleza, CE, 1984. In: ENCONTRO NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA DO CAJU, 1 / SEMANA CEARENSE DO CAJU, 2, 1984, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza: Governo do estado do Ceará/Embrapa/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Ceará/EPACE, 1984. p. 25-26.

ALMEIDA, J.I.L., ARAÚJO, F.E. de, BARROS, L.M. **Características do clone EPACE CL 49 de cajueiro tipo anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1993a. 13p. (Comunicado Técnico, 44).

ALMEIDA, J.I.L.; ARAÚJO, F.E; LOPES, J.G.V. **Evolução do cajueiro-anão precoce na Estação Experimental de Pacajus-CE**. Fortaleza: EPACE, 1993b. 17p. (EPACE. Documentos, 6).

ANDRADE JÚNIOR, A.S. de. **Manejo de água em agricultura irrigada**. Teresina: EMBRAPA/UEPAC, 1992. 37p. (Circular Técnica, 10).

ARAÚJO FILHO, J. O. T.; BELTRÃO, N. E. de M.; MOURA, M. F. de; VIANA, J. S.; BRUNO, G. B.; BRUNO, R. de L. A. **Épocas de plantio do Gergelim em consórcio com a mamona**. In: I Congresso Brasileiro da Mamona: Energia e Sustentabilidade. Campina Grande, PB, 23 a 26 de novembro, 2004.

ARAÚJO, J.P.P. **Situação atual e perspectivas da Cajucultura Brasileira**. Fortaleza, EMBRAPA, 1990 (Caju Informativo, 3)

ARAÚJO, J.P.P. de. **Situação atual e perspectivas da cajucultura brasileira**. Fortaleza: EMBRAPA, 1990. (Palestra).

ARAÚJO, J. P. P. de, SILVA, V. V. da. **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 292p.

AYERS, R.S.; WESCOT, D.W. **A Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande. UFPB. 1999. 218p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

BALLY, I. S. E.; HARRIS, M.; WHILEY, A. W. Effect of water stress on flowering and yield of 'Kensington Pride' mango (*Mangifera indica* L.). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.509, p.277-282, 2000.

BARROS, L.M. et al. Cajueiro. In: BRUCKNER, C.H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p.159-176.

BARROS, L.M. et al. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1993. 65p. (EMBRAPA-CNPAT. Circular Técnica, 1).

BARROS, L. de M., ARAÚJO, F.E. de, ALMEIDA, J. I. L. de. **A cultura do cajueiro anão**. Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará - EPACE, 1984. 67p.

BARROS, L. de M. Botânica, origem e distribuição geográfica. In: ARAUJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. cap. 3, p. 55-71.

BARROS, L de M.; PIMENTEL, C.R.M.; CORREA, M.P.F.; MESQUITA, A.L.M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão precoce**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1993. 65p. (Embrapa-CNPAT. Circular Técnica, 1).

BARROS, L. de M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: LIMA, V.P.M.S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. Cap.12. p.323 - 325.

BARROS, L. M. **Caju** (*Anacardium Occidentale* L). In: NOVAS variedades brasileiras de frutas. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 205p.

BARROS, L. M. Melhoramento. In: LIMA, V. de P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB, 1988. p.321-356.

BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J.R. **Melhoramento genético do cajueiro**. In: ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V. V. da (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 73-96.

BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advance in Agronomy**, New York, v. 28: p.161-217, 1976.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BERGAMACHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMACHI, H. (coord). **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. Cap. 2. 2º ed. Porto Alegre: UFRGC, 1999. p. 25-32.

BERKOWITZ, G.A. Water and salt stress. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.) **Photosynthesis: a comprehensive treatise**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 226-237.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4ª ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1987. 488p.

BEZERRA, F.C.; MIRANDA, F. R. **Efeito da densidade de plantio sobre o crescimento e a produção de cajueiro-anão precoce irrigado**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1998. 4p. (Embrapa-CNPAT. Pesquisa em Andamento, 30).

BITTMAN S.; SIMPSON, G.M. Soil water deficit effect on yield, leaf area, and net assimilation rate of three forage grasses: Crested wheatgrass, Madison smooth brome grass, and altai wildrye. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, p.768-774, 1987.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v.3, p. 497-514, 1989.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, New York, v.170, p.489-504, 1987.

CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995.32p.

CASTLE, W. S. et al. **Rootstocks for florida citrus**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Science - University of Florida, 1989. 47 p

CASTRO NETO, M. T. de. Efeito do déficit hídrico na transpiração e resistência estomática da mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n. 1, p. 93-95, 2003.

CAVALCANTI JÚNIOR, A. T. de. Mudanças: padrões e exigências agrônomicas. In: OLIVEIRA, V. H. de; COSTA, V. S. de O. **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, (ed. téc.) cap. 07, p. 111-120, 2005.

CARNEIRO; P. T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.199-206, 2002

CAVALCANTI, M. L. F. **Estresse hídrico em fases fenológicas do cajueiro anão precoce em ambiente protegido**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande - PB 2007.120p. Tese de Doutorado.

CENTEC - INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO. **Produtor de caju**. 2.ed. rev. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 56p.

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

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and kernel weight in maize. **Crop Science**, Madison, v.36, p.325-331, 1996.

CONCEIÇÃO, H. E. O. da; OLIVA, M. A.; LOPES N. F. Resistência a seca em Seringueira. Crescimento de partição de assimilados em clones submetidos a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 21, p. 141-143, 1986.

CORNISH, A., RADIN, B.L. From metabolism to organism: an integrative view of water stress emphasizing abscisic acid. In: KATTERMAN, F. (ed.) **Environmental injury to plants**. San Diego: Academic Press, 1990. p. 89-142.

CORRÊA, M.P.F.; CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; ALMEIDA, J. I. L. de; PEREIRA FILHO, J. E.; GADELHA, J. W. R. Propagação vegetativa do cajueiro - macropropagação. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da (org) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1995. cap. 5, p. 95-131.

COSTA, C. A. F. **Cultura do cajueiro**. Aracaju: SUDAP/COPEA, 1986. 20p. (Sergipe. SUDAP. Circular Técnica, 2).

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. de S.; OLIVEIRA, V. H. de. van RAIJ B.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001a. 19p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 08)

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. de S.; OLIVEIRA, V. H. de. van RAIJ, B.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001b. 8p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 10)

DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C.; MARTINEZ, C. A. Efecção de condições de estresse em plantas e potencial para "screening" em milho através da fluorescência da clorofila. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2000. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 70).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212p.

EPABA. **Introduções práticas para o cultivo de frutos tropicais**. Salvador: EPABA, 1984. s.p. (Circular Técnica, 9).

ESTATÍSTICA, Gráficos e mapas: Ceará. Disponível em: <http://cnpat.embrapa.br/users/vitor/cajucultura/>. Acesso em: 19 de agosto de 2003.

FAO – FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/>> Acesso em: 19 fev. 2007.

FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. **Características do pedúnculo para exportação**. In: CAJU: pós-colheita. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. p.14-17.

FROTA, P.C.S. Clima e fenologia. In: LIMA, V.P.M.L. **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB: ETENE, 1988. Cap. 3, p. 65 - 80.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G.. Clima e fenologia. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. (Org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.43-54.

FUNKHOUSER, E.A., CAIRNEY, J., CHANG, S., DIAS, M.A.D.L.; NEWTON, R.J. **Cellular and molecular responses to water deficits stress in woody plants**. In: Handbook of plant and crop stress (M. Pessarakli, ed.). Marcel Dekker Inc., New York, p.347-362, 1994.

GERIK, T.J.; FAVER, K.L.; THAXTON, P.M. Late season water stress in cotton: In: Plant growth, water uses, and yield. **Crop Science**, Madison, v.36, p.914-921, 1996.

GHOLZ, H. L.; EWEL, K. C. TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **Forest Ecology Management**. v.30, n.1, p. 1-18, 1990.

GOMES, J. C. M.; GOMES, N. W.; SILVA, L. C. A.; LIMA, W. A.; SILVA, J. M. da. Caracterização pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia. **Bahia Agrícola**, v.7, n.2, abr. 2006

GRANTZ, D.A., MEINZER, F.C. Stomatal response to humidity in a sugarcane field: simultaneous porometric and micrometeorological measurements. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 13, p. 27-37, 1990.

GUANDIQUE, M.E.G., LIBARDI, P. L. Balanço hídrico do solo e consumo de água para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.638-40.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambiente air temperature. Chicago: Amer. Soc. Agric. Meeting. (Paper 85-2517), 1985.

HAVAUX, M.; ERNEZ, M.; LANNOYE, R. Correlation between heat tolerance and drought tolerance in cereals demonstrated by rapid chlorophyll fluorescence tests. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.133, p.555-560, 1988.

HSIAO, T. C.; ACEVEDO, E. Plant responses to water deficits water use-efficiency and drought resistense. **Agriculture Meteorology**, v. 59. p. 59-84. 1974.

KELLER, J.; KARMELLI, D. **Trickle irrigation design**. Glendola, Califórnia: Rain Bird Sprinkler., 1975. 133p.

KHOSLA, P.K.; SAREEN, T.S.; MEHRA, P.N. **Cytological studies on hymalaian Anacardiaceae**. The Nucleous. New Delhi, v.4, n.3, p.205-209, 1973.

- KLAR, A E. **Água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo, Nobel, 1984. 408p.
- KOBATA, T.; PALTA, J.A.;TURNER, N.C. Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling in spring wheat. **Crop Science** v. 32. p. 1238-1242, 1992.
- KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. New York Academic. 1983. 89p.
- KRAMER, P.J. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, London. 1995.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. Quantidade produzida, Valor da produção, Área plantada e Área colhida da lavoura do cajueiro. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01º nov. 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE - Banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 jun. 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Perfil básico municipal: Pacajus. Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Tema Agricultura. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2004.
- JOHNSON, D.V. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of plantation crops**, Kasaragod, v.1, n.1, p.1-7, 1973.
- JONES, M. M.; RAWSON, H. M. Influence of the rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency, and osmotic potential in sorghum. **Physiologia Plantarum** v.45. p.103-111, 1979.
- LACAN, D.; DURAND, M. Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transport in soybean roots. **Physiologia Plantarum**, Apenhagem, n. 93, p.132-138, 1995.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. (Trad.) de Prado, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2000. 500p.
- LAZÁK, D. Chlorophyll *a* fluorescence induction. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.1412, p.1-28, 1999.
- LAWLOR, D.W.; LEACH, J.E. Leaf growth and water deficits: Biochemistry in relation to biophysics. In: **Society for Experimental Biology** (R.N. Baker, W.J. Davies e C.K. Ong, eds.). Seminar Series, 27. Cambridge University Press, Cambridge, p.267-294, 1985.
- LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.
- LI, Y.G.; LI, L. H.; JIANG, G. M. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. **Photosynthetica**, Prague, v.2, p.243-249, 2004.

LIMA, V. de P.M.S. A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil (BNB), 1988. 454p.

LOPES, A. S. **Calagem e gesso agrícola**. Belo Horizonte: (s.n.), 1996. 58p.

MAAS, E. V.; NIEMAN, R. H. **Physiology of plant tolerance to salinity**. In: Jung, G.A. (ed.). Crop tolerance to sub-optimal land conditions. Madison: American Society of Agronomy 1978. cap 1.p.277-279. Special publication, 32

McCREE, K. J.; RICHARDSON, S. G. Stomatal closure vs osmotic adjustment: A comparison of stress responses. **Crop Science**. v. 27. pág. 539-543. 1987.

McDERMIT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 12, p. 1538- 1548, 1990.

MEINZER, F.C., GOLDSTEIN, G., HOLBROOK, N.M. Stomatal and environmental control of transpiration in a lowland tropical forest tree. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, p. 429-436, 1993.

MEIRELES, A. C. M. **Salinidade da água de irrigação e desenvolvimento de mudas de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.)** Fortaleza: UFC, 1999. 60p.il.(Dissertação de Mestrado).

MENEZES, J.B., ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p. (Documentos, 17).

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A Guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, Á. C. R.; MESQUITA, A. L. M.; AQUINO, A. R. L. de; FREIRE, F. das C. O.; OLIVEIRA, F. N. S.; ARAÚJO FILHO, G. C. de; PAIVA, J. R. de; PAZ, J. de S.; PARENTE J. I. G.; MOSCA, J. L.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, L. A.; PESSOA, P. F. A. de P.; LIMA, R. N. de; SILVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, V. H. de. (ed.) **Cultivo do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. ([http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/Caju/Cultivo do cajueiro/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/Caju/Cultivo%20do%20cajueiro/index.htm)) Acesso em 29/03/2007.

MORGAN, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology** 35:299-319.

MOURA, C.F.M. Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. nanum) irrigados. Fortaleza: UFC, 1998. 96p. **Dissertação de Mestrado**.

MOURA, C.F.H. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, 2001.

MIRANDA, F. R. de. Irrigação. In: OLIVEIRA, V. H. de; COSTA, V.S. de O. (ed.) **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. cap. 11, p. 173-194.

MITCHELL, J.O.; MORI, S.A. The cashew and its relatives (*Anacardium occidentale* L.). **Memoirs of the New York Botanical Garden**. New York, v. 42, n.1, p. 1-76, 1987.

MUNNS, R. 1988. Why measure osmotic adjustment. **Australian Journal of Plant Physiology** v.15. p. 717-726.

NAMBIAR, M.C. Ecophysiology of cashew (*Anacardium occidentale* L.) In: ALVIN, P. de T. (Org.) **Ecophysiology of tropical crops**. Ilhéus: CEPLAC, 1984. p. 1-26

NESMITH, D.S.; RITCHIE, J. T. Short and long-term responses of corn to a preanthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, v.84, p. 107-113, 1992.

NOGUEIRA, R. J. M. C. Expressões fisiológicas da aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos-SP, 1997. 207p. **Tese Doutorado**.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; NETO, E. B. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 13 (1): p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, V. H. de; CRISÓSTOMO, L. A.; MIRANDA, F. R. de; ALMEIDA, J. H. S. de. **Produtividade de clones comerciais de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) irrigados no município de Mossoró-RN**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1998. 6p. (EMBRAPA-CNPAT, Comunicado Técnico, 14).

OLIVEIRA, V. H., SANTOS, F. J. S., CRISÓSTOMO, L. de A., ELOI, W. M. **Fertirrigação em cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (CNPAT), 2001. 49p.

OLIVEIRA, F. N. S.; RAMOS, A. D. Uso e manejo do solo. In: ARAÚJO, J. P. P. de.; SILVA, V. V. (org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.149-170.

OLIVEIRA, V. H. de; BANDEIRA, C. T. **Tratos culturais**. In: BARROS, L. de M. (Org.). Manual do caju. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2001.

OLIVEIRA, V. H de. **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 2002. 40p. (EMBRAPA-CNPAT. Sistema de produção, 1).

OLIVEIRA, V. H. de; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, L. A.; SAUNDERS, L. C. U. **Manejo da Irrigação da Produção Integrada do Cajueiro Anão Precoce**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 2003. 7p. (Circular Técnica, nº. 15).

OLIVEIRA, V. H. de; SANTOS, F. J. de S.; MIRANDA, F. R. de; ALMEIDA, J. H. S. de; SAUNDERS, L. C. U. **Avanços de pesquisa em cajucultura irrigada**. In: WORKSHOP AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1997, Fortaleza. Palestras... Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1997. 48p. p.26-27.

OLIVEIRA, V. H.; SAUNDERS, L. C. U.; PARENTE, J. I. G.; ALMEIDA, J. I. L.; MONTENEGRO, A. A. T. **Comportamento do cajueiro comum e anão precoce submetidos a diferentes tensões de água no solo**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1996. 4 p. (Pesquisa em Andamento,19).

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1987. p.71-100.

PAIVA, J. R. de.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. de M.; **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: Embrapa, 2003. 43 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 65).

PAIVA, J. R. de; ALVES, R. E.; BARROS, L. de M.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALMEIDA, J. H. S. de; MOURA, C. F. H. **Produção e qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce sob cultivo irrigado**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1998. 5p (EMBRAPA-CNPAT. Comunicado Técnico, 19).

PALTA, J.A.; KOBATA, T.; TURNER, N.C.; FILLERY, I.R. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. **Crop Science**. v.34. p.118-124. 1994.

PARENTE, J.I.G. **Estudos fenológicos do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) no litoral do Ceará**. Fortaleza – CE, 1981. 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, 1981.

PARENTE, J. I. G.; OLIVEIRA, V. H. de. Manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (org) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1995. p. 203-247.

PARENTE, J.I.G.; PESSOA, P.F.A. de P.; NEMEKATA, Y. **Diretrizes para a recuperação da cajucultura do Nordeste**. Fortaleza: Embrapa-CNPCa, 1991. 51p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 4).

PAULA, M. B.; ASSIS, R.P.; BAHIA, V.G.; OLIVEIRA, C.V. Efeito do manejo dos resíduos culturais, adubos verdes, rotação de culturas e aplicação de corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos. **Informe Agropecuário**, v. 19, p.66-70, 1998.

PAULA PESSOA, P.F.A. de; LEITE, L.A. de S. Cadeia produtiva do caju: subsídios para a pesquisa e desenvolvimento. In: CASTRO, A.M.G.; LIMA, S. M.V.; GOEDWERT, W.J.; FREITAS FILHO, A.; VASCONCELOS, J.R.P. (Ed.). **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. cap.11. p.275-301.

PEREIRA, W. E. Trocas gasosas, fluorescência da clorofila, crescimento e composição mineral de quatro porta-enxertos de citros submetidos a estresse por Alumínio, em Cultivo Hidropônico. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - MG, 2001. 123 p. **Tese de Doutorado**.

PERES, L. E. P.; KERBAUY, G. B. Citocininas. In: KERBAUY, G. B. (org.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2004. cap. 9, p. 250-278.

PESSOA, P. F. A. P.; OLIVEIRA, V. H.; SANTOS, F. J. S.; SEMRAU, L. A. S. Análise da viabilidade econômica do cultivo do cajueiro irrigado e sob sequeiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 2, p. 178-187, 2000.

PINTO, S.S.A, ALVES, R.E., MOSCA, J.L., *et al.* Quality of the apple of some Brazilian early dwarf clones (*Anacardium occidentale* L.) for fresh consumption. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Guatemala, v.41, 1997.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B; FOLEGATTI, M. V. **Necessidades hídricas das culturas e manejo de irrigação**. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. Irrigação. v.1. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 121-194.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS, A. D.; LIMA, A. A. C. Solos cultivados com cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. de.; SILVA, V. V. (org.) **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.133-147.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 928p. 2001.

SAS/STAT User's Guide. In: SAS INSTITUTE. SAS Onlinedoc: Version 8.2, Cary, 2000. CD ROM.

SILVA, P. B. da; LIMA, I. X de; MENINO, I. B.; MEDEIROS, R.; PINHEIRO, J. **Modernização e expansão da cajucultura no Estado da Paraíba**. João Pessoa: EMEPA, 2007. (<http://www.emepa.org.br/relcaju.phb>). Acesso em 29/03/2007.

SILVA, W. da; SILVA, A. A. da; SEDIYAMA, T.; FREITAS, L. H. L. de. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* submetidos a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria Brizantha*. Viçosa, MG. **Revista Floresta**. v. 27. p. 3-16. 1997

SOUZA, C. R., SOARES, A. M., REGINA, M. A. Troca gasosa de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1221-30, 2001.

SOUZA, M. R. Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Campina Grande: UFPB, 1995. 94p. **(Dissertação de mestrado)**

CARVALHO, M. S. B. de. S. Perdas de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio por lixiviação em alguns solos dos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte cultivados com cajueiro. Fortaleza: UFC, 1996. 74p. **(Dissertação de Mestrado)**.

TYREE, M. T.; FLANAGAN, L. B.; ADANSON, N. **Responses of trees drought.** In: HUTCHINSON, M. (eds.). Effects of atmospheric pollutants on forest wetlands and agricultural ecosystems. Berlin. Springer-Verlag, 1987, p.201-216

WOLF, D. W.; HEDERSON, D. W.; HSIAO, T. C. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 859-864, 1988.

WRIGHT, G.C.; SMITH, R.G.; McWILLIAM, J.R. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. In: Crop growth rate and yield response. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.615-626, 1983.

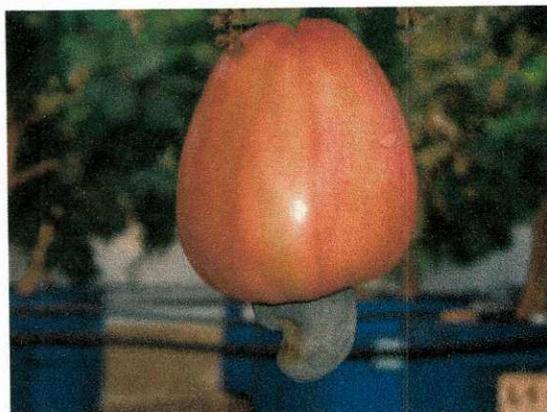
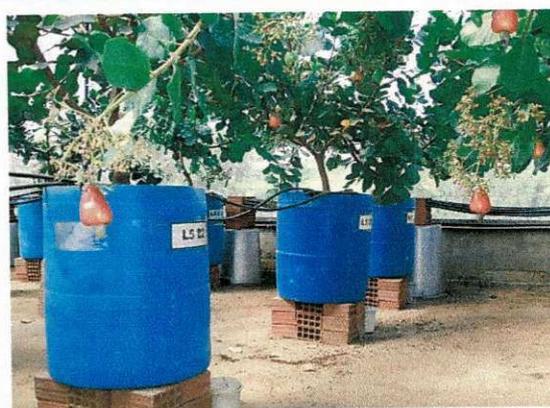
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TARDIEU, F., DAVIES, W.J. Integration on hydraulic and chemical signaling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford v. 16, p. 341- 349, 1993.

TURNER, N.C. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. **Plant Physiology**, Rockville, v.53, n.3, p.360-5, 1986.

XIMENES, C. H. M. Adubação mineral de mudas de cajueiro anão precoce cultivadas em diferentes substratos. Fortaleza: UFC, 1995. 74p. (**Dissertação de Mestrado**).

## 7. APÊNDICE



Apêndice 1. Detalhes do experimento ao longo do segundo ano de produção.