

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DO
PIMENTÃO (*Capsicum annum*, L.).

EDNALDO LIBERATO DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

JULHO - 1995

**EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DO
PIMENTÃO (*Capsicum annum*, L.).**

EDNALDO LIBERATO DE OLIVEIRA

EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DO
PIMENTÃO (*Capsicum annuum*, L.).

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para
obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE, PB

JULHO - 1995

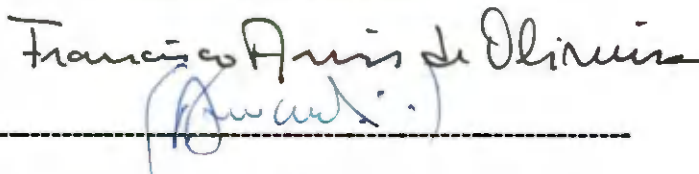
DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

EDNALDO LIBERATO DE OLIVEIRA

EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DO
PIMENTÃO (*Capsicum annuum*, L.).

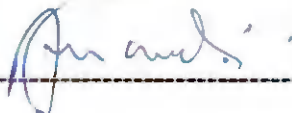
Aprovada em 27 de julho de 1995

BANCA EXAMINADORA



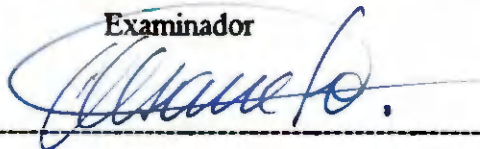
Prof. Dr. FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA

Presidente



Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

Examinador



Dr. MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO

Examinador

A meus queridos pais Antônio Liberato de Oliveira, Amélia Barros de Oliveira e irmãos, OFEREÇO. Com muito amor, à minha esposa Gleide Rodrigues Guimarães e às minhas filhas Juliana Guimarães de Oliveira, Jessyka Glenda Guimarães de Oliveira, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram de uma forma ou de outra para a realização deste trabalho, e em especial:

Ao professor Francisco Assis de Oliveira, pela orientação e sobretudo pelo grande exemplo de profissionalismo.

Aos professores Alberício Pereira de Andrade, Ivandro de França da Silva, Pedro Dantas Fernandes e Malaquias da Silva Amorim Neto, pelo assessoramento científico e oportunas sugestões.

Quero agradecer, também, as seguintes instituições:

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, por proporcionarem as condições necessárias para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. O CULTIVO DO PIMENTÃO	18
2.2. ESTRESSE HÍDRICO.....	19
2.3. INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE A RELAÇÃO RAIZ/PARTE AÉREA	20
2.4. EFEITO DO ESTADO HÍDRICO DA PLANTA SOBRE O SEU CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO.....	27
2.5. RESPOSTA DA PRODUÇÃO DOS CULTIVOS À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DO SOLO	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1. LOCAL DO ENSAIO	35
3.2. SOLO.....	35
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	37
3.4. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO ENSAIO.....	38
3.4.1. Instalação.....	38
3.4.2. Consumo de água.....	39
3.4.3. Altura de plantas e área foliar	39
3.4.4. Peso de matéria seca da parte aérea e raiz.....	40

3.4.5. <i>Conteúdo relativo de água (CRA) na planta</i>	41
3.4.6. <i>COMPONENTES DA PRODUÇÃO</i>	41
3.4.6.1 <i>Rendimento</i>	41
3.4.6.2. <i>Índice de colheita (IC)</i>	42
3.4.6.3. <i>Eficiência do uso da água</i>	42
3.5. <i>ANÁLISE ESTATÍSTICA</i>	42
4. <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	43
4.1. <i>EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA</i>	43
4.1.1 <i>Área foliar</i>	43
4.1.2. <i>Número de folhas</i>	47
4.1.3. <i>Altura de planta</i>	49
4.2. <i>EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA</i>	52
4.2.1. <i>Matéria seca da parte aérea</i>	52
4.2.2. <i>Matéria seca das raízes</i>	56
4.2.3. <i>Relação raiz / parte aérea</i>	58
4.3. <i>EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA SOBRE O ESTÁDIO HÍDRICO DA PLANTA</i>	62
4.3.1. <i>Conteúdo relativo de água</i>	62
4.4. <i>EFEITO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA SOBRE O RENDIMENTO DA CULTURA</i>	64
4.4.1. <i>Produção de frutos</i>	64
4.4.2. <i>Índice de colheita</i>	67
4.4.3. <i>Eficiência do uso da água</i>	69
5. <i>CONCLUSÕES</i>	70

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
7. ANEXOS.....	83

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1. Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento. 36**
- Tabela 2. Valores médios da área foliar (cm²/planta) da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 46**
- Tabela 3. Valores médios do número de folhas das plantas de pimentão sob diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 48**
- Tabela 4. Valores médios da altura (cm) da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 51**
- Tabela 5. Valores médios da matéria seca (g/planta) da parte aérea da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 55**
- Tabela 6. Valores médios da matéria seca (g/planta) das raízes da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 57**
- Tabela 7. Valores médios da relação matéria seca raiz/matéria seca da parte da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 61**
- Tabela 8. Valores médios do CRA (%) das plantas da cultura do pimentão sob diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico. 63**
- Tabela 9. Componentes da produção para a cultura do pimentão, nos diferentes tratamentos. 66**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Evolução da área foliar sob diferentes níveis de água disponível do solo, em função do ciclo da cultura do pimentão. 44**
- Figura 2. Alturas médias da cultura do pimentão, durante o ciclo fenológico, em diferentes níveis de água disponível do solo. 50**
- Figura 3. Matéria seca da parte aérea da cultura do pimentão, durante o ciclo fenológico, em função da evapotranspiração acumulada. 54**
- Figura 4. Relação raiz/parte aérea da cultura do pimentão, durante o ciclo fenológico, em diferentes níveis de água disponível do solo. 60**
- Figura 5. Rendimento, peso fresco de fruto, em função da evapotranspiração acumulada do cultivo. 65**
- Figura 6. Índice de colheita em função da evapotranspiração acumulada do cultivo. 68**

LISTA DO ANEXO

- Tabela 10. Resumo da análise de variância da área foliar da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura. 84**
- Tabela 11. Resumo da análise de variância da altura da planta da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura. 84**
- Tabela 12. Resumo da análise de variância do número de folhas da cultura do pimentão, em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura. 85**
- Tabela 13. Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura. 85**
- Tabela 14. Resumo da análise de variância da matéria seca das raízes da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura. 86**
- Tabela 15. Resumo da análise de variância da matéria seca da raiz/parte aérea da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura. 86**

RESUMO

Com o objetivo de verificar os efeitos do estresse hídrico em plantas de pimentão, conduziu-se um experimento em Casa de Vegetação no Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba em Areia (PB), no período de janeiro a maio de 1995. O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 3 repetições, utilizando-se a variedade de pimentão (ALL BIG). Os tratamentos contaram de quatro níveis de água disponível (AD), definidos por: T₁ - 100% da AD; T₂ - 85% da AD; T₃ - 70% da AD e T₄ - 55% da AD. Considerou-se como AD a água retida no solo entre as tensões 0,01 Mpa e 1,5 MPa. O consumo de água pelas plantas, foi determinado diariamente, a partir do início dos tratamentos, através de pesagens dos vasos, visando manter no solo os níveis de umidade de cada tratamento. A parcela foi representada por um vaso plástico, com 13 Kg de solo com uma planta. Colocou-se parcelas suficientes para se proceder as coletas da cultura aos 61, 82, 96 e 118 dias após plantio, correspondendo aos seguintes estágios de desenvolvimento: início da floração, floração/frutificação, plena frutificação e início da maturação, respectivamente. Foram efetuadas determinações semanais referentes a área foliar, número de folhas, altura de planta, e por ocasião da coleta procedeu-se a avaliação do peso de matéria seca da parte aérea e raiz, conteúdo relativo de água, rendimento, índice de colheita e eficiência do uso da água.

Através das análises dos resultados obtidos concluiu-se que os tratamentos que melhor responderam ao aumento de produtividade e do número de frutos por planta, no período estudado, foram T₁ e T₂ indicando que se pode diminuir o conteúdo de água

disponível do solo para 85% sem prejuízo nos rendimentos. O tratamento T₂ foi o que proporcionou maior eficiência do uso da água para a produção de peso fresco de frutos; enquanto o tratamento T₁ foi mais eficiente na produção das partes vegetativas. Os resultados surgiram aumento na relação entre matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea com a redução nos níveis de água disponível no solo. Os estágios de desenvolvimento da cultura do pimentão mais afetados pelo estresse hídrico foram no início do período de floração e em plena frutificação. Não houve relação entre o conteúdo relativo de água na folha e a disponibilidade de água no solo, porém o consumo da água pela cultura decresceu com a redução nos níveis de água disponível do solo.

ABSTRACT

A greenhouse experiment was carried out in Paraíba State, Northeastern Brasil, in order to study the effects of water stress on *Capsicum annuum*, L. plants of the "all big" cultivar. Plants were cultivated in pots under four levels of soil water availability (SWA): 100; 85; 70 and 55%. These treatments were arranged in a randomized block experimental design, with three replications. Plant material was collected at 61; 82; 96 and 118 days after sowing, which corresponded to the following stages of development: early flowering; full flowering; full fruiting and full maturity. Plant height, leaf area, number of leaves, root and shoot dry weight, water relative content and some production components were measured.

Higher productivity and number of fruits per plant were observed under the two higher levels of SWA. Better water use efficiency and higher fruit dry weight were obtained with 85% SAW, but vegetative growth was greater with 100% SAW. Root/shoot ratio increased with decreasing SWA. This treatment also showed the maximum decrease in the relative water content of plants. The greatest effects of SWA on plant development were observed at 61 and 96 days after sowing. There was no significant relationship between water relative content in leaves and SWA, though crop water use decreased with in SWA.

1. INTRODUÇÃO

A produção de pimentão (*Capsicum annuum*, L.), em peso fresco de fruto, bem como a sua utilização na forma de condimentos em diversos pratos e em produtos alimentícios industrializados, cresceu significativamente nos últimos anos, apresentando-se, hoje, como uma atividade agrícola bastante rentável. O pimentão situa-se entre as espécies olerícolas de alto valor nutritivo apresentando em sua constituição as vitaminas: C, A, B₁, B₂, proteínas e sais minerais e, está incluído entre as olerícolas de maior consumo no Brasil (Cobbe, 1983).

A necessidade ideal de água do ponto de vista agrônômico e econômico, varia com a espécie e com o estágio de desenvolvimento da cultura. Como regra geral, para o cultivo do pimentão, tal teor deve sempre situar-se próximo a 100% da água disponível do solo. Segundo Filgueira (1981), o teor de água no solo deve ser mantido próximo a 100% da água disponível também durante o período de colheita, por ser esta olerícola especialmente sensível ao déficit hídrico. No entanto, existem poucas informações a respeito do efeito da deficiência hídrica nesta hortaliça, bem como sobre o período do seu ciclo fenológico mais afetado pela falta d'água. Estas informações são importantes para se saber o grau de tolerância e as possibilidades de se produzir em condições de baixa disponibilidade de água, oferecendo, assim, conhecimento, para maiores sucessos no planejamento das áreas irrigadas.

Atualmente, o alto custo da irrigação exige que a aplicação d'água seja feita com eficiência. Desta forma, os custos serão reduzidos e não haverá prejuízo da produção por excessos ou falta de água. Portanto o manejo racional da água é fator importante, tornando-se imprescindível conhecer a sensibilidade da cultura ao estresse hídrico nos

diferentes estágios de desenvolvimento e sua influência na produção de matéria seca e na própria eficiência do uso da água.

Com base nos argumentos anteriormente apresentados e principalmente devido à carência de informações seguras quanto ao fator água para a cultura do pimentão, foi conduzido o presente trabalho, visando avaliar a influência do estresse hídrico no crescimento, desenvolvimento e produção do pimentão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *O cultivo do pimentão*

O pimentão é uma planta hortícola, originária do continente americano, tendo como habitat natural uma vasta região que se estende desde o Norte do Chile até o México. Possui porte arbustivo e ramificado, atingindo comumente altura entre 0,60m e 0,80m, embora sejam considerados normais, portes extremos de 0,40 m e 1,50 m, dependendo da variedade e do método de exploração utilizado. No cultivo em casa de vegetação as plantas podem alcançar portes mais elevados (Perreira, 1990).

Segundo Filgueira (1981), o pimentão é uma cultura de clima tropical, quente e sub-úmido, exigindo em geral, temperaturas mais elevadas durante a fase de germinação. A temperatura ótima para emergência do pimentão é de 30 °C, com uma variação de 20 a 35 °C; a temperatura mínima é de 15 °C e a máxima de 35 °C (Pádua, 1982). Boswell et al., (1964) afirmam que o pimentão é uma espécie que requer temperaturas relativamente elevadas durante as fases de crescimento e desenvolvimento da planta, e que acima de 35 °C, o desenvolvimento dos frutos é bastante prejudicado. As necessidades hídricas totais da cultura são da ordem de 600 a 900 mm e até 1250 mm para períodos de exploração prolongada com várias colheitas (Doorenbos & Kassam, 1979).

A grande maioria dos consumidores dá preferência ao pimentão verde, por isso os frutos devem ser colhidos imaturos, quando atingirem o desenvolvimento máximo. A faixa normal de produtividade situa-se entre 20 e 40 t/ha de frutos comercializáveis, embora

alguns autores considerem normais, rendimentos extremos de 10 a 80 t/ha, sendo a média por planta da ordem de 12 a 15 frutos (Pereira, 1990).

2.2. *Estresse hídrico*

A água constitui um dos principais fatores limitantes na produtividade agrícola. A sua deficiência numa cultura, além de reduzir a produtividade, muda o seu padrão de crescimento, com maior desenvolvimento radicular, com menor eficiência de absorção de nutrientes e interferência na qualidade do produto. O seu excesso, por outro lado, pode ocasionar o aparecimento de pragas e doenças, lixiviação dos nutrientes do solo, baixa atividade do sistema radicular e até mesmo a morte das plantas (Caixeta, 1978).

O estresse hídrico é expresso como o potencial químico da água, designado também como potencial da água, deficit de pressão de difusão, deficit interno de água, pressão ou potencial capilar, pressão de sucção e estresse total de umidade. O potencial de água de um tecido na planta se comporta de forma semelhante como no solo (Winter, 1976). Segundo Taylor, citado por Scalopi (1973), estresse hídrico indica uma condição de água na planta inferior a um valor ótimo e se caracteriza pela diminuição do conteúdo de água na planta, redução na turgidez celular e fechamento dos estômatos.

Sabe-se que a quantidade de água transportada do solo até a parte aérea das plantas não é função apenas do gradiente do potencial hídrico, mas também das resistências oferecidas pela planta ao longo do trajeto. Se por acaso o gradiente em potencial hídrico entre o solo e as células das folhas for mantido constante, plantas ajustadas osmoticamente, a quantidade de água que é transportada pode diminuir, desde que haja um

aumento na soma das resistências oferecidas pela planta ao movimento de água. Sob condições normais, uma das resistências ao movimento de água se encontra na raiz (Slatyer, 1957) e quando as plantas são cultivadas em ambiente desfavorável esta resistência aumenta consideravelmente. Como consequência, as plantas podem sofrer seca fisiológica, desde que sejam cultivadas em um ambiente de alta demanda evaporativa (O'leary, 1974).

Quando uma planta se ajusta osmoticamente, espera-se que ela não apresente sintomas de estresse hídrico. Todavia, Prisco (1978), citando alguns autores, afirma que plantas osmoticamente ajustadas podem apresentar sintomas de estresse hídrico. Oertli (1966), explica isto baseado no fato de que as plantas na realidade não devem estar osmoticamente ajustadas. Segundo ele a metodologia que se usa para determinar o potencial osmótico é falha, pois os valores obtidos representam uma medida da quantidade de solutos existentes no vacúolo, citoplasma e parede celular. Se a concentração de solutos da solução que atinge as folhas for mais alta na parede celular do que no vacúolo o gradiente de potencial hídrico entre o vacuolo e a parede celular favorecerá o movimento de água para fora das células e estes poderão estar sofrendo estresse hídrico. Segundo Prisco (1978), esta explicação, apesar de lógica, jamais foi comprovada experimentalmente.

2.3. Influência do estresse hídrico sobre a relação raiz/parte aérea

Em quaisquer condições o crescimento da parte aérea e raízes são interdependentes. A parte aérea depende da absorção de água e nutrientes provenientes do sistema radicular, e este por sua vez depende do suprimento de carboidratos e outras substâncias produzidas na parte aérea, evidenciando assim a hipótese da existência de um equilíbrio entre a parte aérea e o sistema radicular na planta (Brower, 1963). Para Kramer

(1969), a relação raiz parte aérea é interdependente em vários aspectos e se o crescimento de uma dessas partes é modificado, o provável é que ocorra o mesmo com a outra.

Posto que o crescimento da raiz depende de um abastecimento de carboidratos proporcionado pela parte aérea, fatores como redução das folhas, que reduz a fotossíntese, também reduz o crescimento da raiz. Em certos períodos do ciclo das plantas esses efeitos são mais intensos. Assim, Salter & Drew (1965), citados por Kramer (1969), estudando o crescimento radicular de ervilha, concluíram que o alto requerimento, para formação e crescimento dos órgãos de reprodução, contribuiu indiretamente para a sensibilidade à seca pelo efeito restritivo ao crescimento de raízes.

Segundo Sousa et al. (1982), em condições de estresse hídrico a parte aérea das plantas é mais sensível do que a parte subterrânea. Ocorre, geralmente uma maior relação raiz / parte aérea quando as plantas são colocadas sob déficit hídrico. Em geral, o que se tem assumido é que o crescimento da parte aérea é mais inibido que o das raízes por causa dos efeitos da alta demanda da atmosfera (Sharp & Davies, 1989). Em geral, as diferenças no crescimento radicular de um mesmo cultivo estão associadas com o conteúdo de água disponível do solo (Russell, 1977). Para Kramer (1969), a deficiência hídrica pode interromper o crescimento das raízes, e provavelmente haja pequeno crescimento das mesmas em alguns solos quando o conteúdo de água esteja próximo ao ponto de murcha permanente. Em experimentos conduzidos em ambiente protegido, Portas & Taylor (1976) verificaram que as raízes podem continuar crescendo, quando o potencial de água no solo é mais baixo do que 1.5 Mpa, se parte deste sistema radicular está em uma zona úmida.

Kramer (1969), estudando várias espécies vegetais, comprovou que quando o solo está submetido a estresse hídrico por um longo período e particularmente se esse estresse é aplicado gradualmente, o crescimento das raízes diminuem e tem início nos tecidos do endoderma o processo de suberização. A suberização, também ocorre como consequência do envelhecimento das raízes (Esau, 1965). A suberização dificulta a perda (Klepper, 1987) e a absorção (Slatyer, 1957) de água pelas raízes. Se o solo é reumedecido as raízes recomeçam o crescimento (Klepper, 1987). Isto foi explicado por Kramer (1950), Brix (1962), Slatyer (1962) e Leshen (1965), citados por Kramer (1969), ao observarem que as raízes se tornam mais ou menos latentes e só recuperam sua plena capacidade de absorção de água, vários dias após se ter irrigado o solo.

Segundo Souza et al. (1982), as plantas podem apresentar dois tipos principais de aptidões para resistirem à seca: uma para evita e outra para suportar a desidratação. Dentre os mecanismos fisiológicos que as plantas desenvolveram para permitir conservar uma hidratação necessária ao metabolismo normal, portanto evitando a desidratação, o sistema radicular é apontado por muitos pesquisadores como de grande importância. Essas atribuições se devem ao fato de que quanto maior seja o volume de solo ocupado por um sistema radicular, maior será a quantidade de água que terá a sua disposição e maior será o tempo que poderá sobreviver a planta sem reposição de água do solo. Ainda, um sistema radicular mais desenvolvido sempre apresentará mais acúmulo de fotossintatos, que ficarão armazenados e poderão ser utilizados pela planta em épocas de escassez d'água.

Outro ponto que se deve levar em consideração e que já foi mencionado anteriormente é a existência de um equilíbrio funcional, por ser este um fator que determina

o crescimento da planta. Sionit et al. (1973), observaram em girassol uma acentuada redução no crescimento das raízes quando o potencial hídrico do solo era inferior a $-0,32$ atm. Outros, entretanto, demonstram que a biomassa das raízes de plantas, em condições de estresse hídrico pode inclusive aumentar (Sharp & Davies 1979; Malik et al., 1979, citados por Andrade, 1992). Para Sharp & Davies (1989) o sistema radicular pode inclusive aprofundar mais no solo não irrigado que em solo irrigado regularmente. Ternes (1995), estudando a cultura do girassol sobre efeito do estresse hídrico afirma que em caso de limitada disponibilidade de água, o crescimento do sistema radicular é inibido, restringindo o volume de solo explorado pela planta.

O sistema radicular, por ser uma parte da planta de difícil acesso, não tem sido estudado tão intensamente como a parte aérea. É por isso que não se conhece adequadamente muitas das adaptações da raiz as situações de estresse, assim como as respectivas mudanças em sua fisiologia e metabolismo.

Em muitos trabalhos se tem demonstrado que a alongação foliar e o fechamento dos estômatos (Hsiao, 1973) são dependentes do potencial hídrico das folhas. Contudo, outras pesquisas demonstram que a condutância estomática e o crescimento das folhas podem reduzir-se enquanto o solo vai secando sem que se observem mudanças no potencial hídrico e na turgência das folhas (Gollan & Cals, 1985 e 1986; Passioura, 1988, citados por Andrade, 1992). Daviers & Zhang (1991), comentam que isto sugere que o estado da água no solo na zona das raízes influi indiretamente na transpiração e no crescimento das folhas.

O estresse hídrico pode provocar mudanças nas relações hídricas das folhas que por sua vez afeta os processos químicos e fisiológicos e em consequência o crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta. Também é possível que o crescimento seja afetado pelo conteúdo de água do solo sem que se detectem mudanças no estado hídrico da folha (Davies & Zhang, 1991). Se esta hipótese é verdadeira, o sistema radicular influi no crescimento das folhas quando as condições do meio são limitantes, e assim as plantas se adaptam a uma nova situação que pode ser transitória e/ou permanente. Há também evidências de que a alongação foliar é o processo que responde com mais rapidez a mudanças no estado hídrico das folhas (Hsiao, 1973). Kramer(1988) afirma ser possível que em experimentos realizados em casa de vegetação, as raízes submetidas a estresse hídrico emitam sinais de natureza bioquímica que afetam a fisiologia da parte aérea da planta e a condutância estomática. Contudo, para que isto ocorra é necessário que as raízes sofram estresse hídrico antes que a parte aérea e, usualmente a parte aérea sofre os efeitos do estresse antes que as raízes. Para Passioura (1988), este raciocínio é equivocado, porque a superfície do solo as vezes seca apresentando uma diminuição do potencial hídrico sem que haja mudanças no estado hídrico das folhas.

*Quando as raízes são afetadas pelo estresse hídrico (Gollan et al., 1986), provocam repostas fisiológicas na parte aérea da planta sem que haja mudanças no estado hídrico das folhas. A forma como as raízes podem influir nos mecanismos fisiológicos provocando um sinal é todavia polêmico e desconhecido. Nos últimos anos se tem discutido a importância que tem os hormônios na interdependência raiz parte aérea. Segundo Andrade (1992), este equilíbrio deve ser controlado via hormônios. Entretanto, são escassos os

conhecimentos do papel dos hormônios na planta e, não se conhece se os hormônios influem direta ou indiretamente sobre o transporte de íons, ou se o efeito ocorre como uma consequência de alterações de processos metabólicos que dependem dos nutrientes e são determinantes do crescimento (Russel, 1977).

Quando a parte da planta submetida a estresse é a raiz, em geral, esta se comporta como um sensor na percepção do mesmo (Sánchez-Díaz, 1991). O transporte de sinais químicos desde a raiz em direção a parte aérea, através da corrente transpiratória, tem sido o mecanismo recentemente proposto para explicar estas respostas (Meinzer et al., 1991). Taiz & Zeiger (1991), afirmam que o estresse hídrico induz a síntese de mensagens que se transmite desde a raiz até a parte aérea e que podem afetar o comportamento dos estômatos. Os autores que defendem a hipóteses do sinal químico procedente das raízes submetidas a situações de estresse, observaram que os efeitos nutricionais e hídricos se dão desde que a planta desencadeia este sistema de alarme por via hormonal.

Diversas observações tem constatado mudanças na composição química da seiva de plantas submetidas a estresse hídrico, ao mesmo tempo que houve inibição do crescimento (Davies & Zhang, 1991; Munns & King, 1988; Zhang & Davies, 1990; citados por Ternes, 1995) Recentemente, Munns (1992) observou em trigo e em cevada, que o estresse hídrico modifica a composição química da seiva do xilema e o crescimento geral das plantas. Estes resultados foram atribuídos a existência de um sinal, que é sintetizado em situações de estresse no sistema radicular, transportado posteriormente pela seiva do xilema, e capaz de modular o crescimento da parte aérea.

Davies & Zhang, 1991; citados por Ternes (1995), em uma revisão sobre o tema chegaram a conclusão de que o estado hídrico da parte aérea em plantas submetidas a estresse hídrico não se modificam, entretanto a corrente transpiratória incrementa a concentração de ácido abscísico (ABA), produzido no ápice das raízes que sofreram estresse. Estes mesmos autores sugeriram, que estes sinais podem regular o crescimento e a fisiologia da parte aérea, e que a planta por meio deste mecanismo pode ser capaz de medir a quantidade de água disponível no solo, e de acordo com isto regular o seu crescimento. Saab et al., (1990) afirmaram que a redução do conteúdo do ABA na planta está associado a inibição do crescimento da raiz e com a estimulação do crescimento da parte aérea.

Trabalhos recentes mostram que quanto mais severa é a deficiência de ABA na planta, maior é a redução do crescimento (Roock & Zeevaart, 1993). Estes mesmos autores sugerem que o ABA é um inibidor do crescimento quando a planta está em estresse, sendo que em situações normais pode participar, em diferentes fases do desenvolvimento da planta, como promotor do crescimento. O mecanismo que tem sido proposto para explicar o funcionamento da raiz como um sensor do estresse se traduz no incremento da produção do ABA. Por sua vez, o ABA produzido na raiz em resposta ao estresse, será transportado pelos vasos do xilema e se constituiria no sinal que comunica a raiz com a parte aérea (Davies & Zhang, 1991; citados por Ternes 1995).

2.4. Efeito do estado hídrico da planta sobre o seu crescimento e desenvolvimento

A água, como fator do ambiente, afeta os processos fisiológicos como o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo essencial para a estrutura das moléculas, portanto também, para as células, tecidos e o organismo como um todo (Klar, 1984).

O estresse hídrico atua em cada fator de crescimento, modificando a anatomia, a morfologia, a fisiologia e a bioquímica do vegetal. O turgor celular atua no alongamento celular, na abertura dos estômatos e em vários outros fenômenos celulares. O fechamento dos estômatos diminui sensivelmente a saída d'água, mas faz também decrescer o suprimento de CO₂, reduzindo a translocação e acumulação de produtos sintetizados. Fatores do ambiente tais como umidade relativa, concentração de CO₂ e ventilação têm causado constantes efeitos na fotossíntese (Kramer, 1969; Hoffman et al., 1971).

Segundo Levitt (1980) é incerto se o potencial hídrico ótimo para o crescimento é zero ou algo abaixo disto. Para Singh e Stvastava (1974), o ideal é que o solo esteja com alto potencial hídrico e possa ocorrer máxima turgescência e crescimento. Os mecanismos que as plantas utilizam para manter o crescimento em condições de deficit hídrico, podem ser funcional ou adaptativo. O ajuste osmótico, é um mecanismo que tem sido utilizado para explicar o crescimento de plantas submetidas a estresse hídrico (Acevedo et al., 1979). Esse ajuste ocorre com a absorção e/ou síntese de íons orgânicos e inorgânicos que em consequência ocorre um aumento na turgescência celular. Segundo, Dale (1988) e Morgan (1984), outros mecanismos também podem ser responsáveis pela manutenção da turgescência quando o potencial hídrico diminui, como por exemplo o que ocorre quando há

uma diminuição no potencial de pressão da parede celular para manter a força efetiva necessária para que se produza a alongação celular ou alterações na extensibilidade da parede celular de forma que a taxa de alongação foliar se mantenha.

A manutenção da turgescência celular, necessária para a continuação do processo de alongamento celular e crescimento da planta, durante condições limitadas de água tem recebido considerável atenção por parte dos pesquisadores. Se o potencial de pressão é mantido enquanto o potencial hídrico do tecido é reduzido, o potencial osmótico pode ser reduzido, levando a planta a um ajustamento osmótico (Hsiao 1973).

Segundo Kramer (1969), o estresse hídrico reduz o crescimento de plantas ao modificar os processos fisiológicos e bioquímicos, mesmo quando a umidade do solo ainda não atingiu o ponto de murcha permanente. Scott et al., (1987), analisando o efeito da água sobre a acumulação de matéria seca e o crescimento das plantas, concluíram que a não disponibilidade de água é a causa primária do crescimento reduzido das culturas em escala mundial. Isto se deve ao fato de que o déficit hídrico nas plantas, indicam situações em que as células e tecidos não estão plenamente túrgidas. Em consequência, ocorre o fechamento dos estômatos causando redução na fotossíntese (Wedleigh & Hauch, 1948, citado por Kozlowski, 1972; Boyer, 1976, citado por Scalopi, 1973), devido o suprimento de CO₂ ser interrompido (Reven et al., 1976), o que resulta numa reduzida síntese de carboidratos (Hsiao, 1973), e outras substâncias, essenciais à síntese de novos protoplasmas e paredes celulares (Kramer, 1983).

Reforçando esta teoria, Singh et al., (1984), quando trabalharam com a cultura do trigo, demonstraram que a disponibilidade de água em interação com as

características intrínsecas da planta é o fator responsável pelo desenvolvimento das culturas. Já Costa et al., (1991), estudando o crescimento e os caracteres fisiológicos do feijão quando submetido a dois regimes hídricos, observaram que houve influencia sobre a expansão foliar, a fotossíntese, a partição de assimilados e o crescimento da cultura.

Januario (1992), estudando a cultura do trigo, concluiu que a taxa de crescimento no início do desenvolvimento da cultura foi pequena, diminuindo rapidamente na maturação. Também concluiu que na complementação das análises do desempenho de cultivares, o importante seria dispor do índice de área foliar.

Um outro trabalho importante foi realizado na região de Viçosa, MG, com a cultura do morangueiro (Luchi, 1983), em que foi estudado o crescimento da planta em diferentes regimes hídricos e concluiu-se que o déficit hídrico provocou redução na área foliar, na produção de matéria seca total, e ainda diminuição no diâmetro, volume e taxas de crescimento dos frutos de morango.

Manfron (1985), trabalhando com milho na região de Piracicaba, SP, concluiu que a acumulação da matéria seca de um vegetal normalmente ocorre em dois períodos distintos, sendo um mais lento no qual a planta depende de uma reserva da semente e outra mais rápida com o desenvolvimento das raízes e a emergência das folhas até a planta atingir um tamanho definitivo, a partir do qual inicia-se a fase de senescência. Já Aggarwa & Sinha (1983), trabalhando com a cultura do trigo, avaliaram a matéria seca e verificaram que esta aumentou com o tempo até a fase de pré-florescimento (75 a 90 dias após plantio).

Segundo Winter (1976), a folhagem de quase todas as plantas sob estresse hídrico adquire uma cor verde mais escura do que aquelas bem supridas em água, o

mecanismo dessa mudança de cor não foi até o momento explicado. Em alguns membros da família dos repolhos com folhas cerosas o estresse hídrico é acompanhado por uma intensificação na cobertura de cera, ficando bem aparente. Infelizmente, quando essas características aparecem, um dano irreversível já foi provocado nas plantas.

O efeito mais óbvio que aparece na maioria das culturas com suprimento adequado de água é a produção de mais folhagem, em comparação com culturas onde ocasionalmente a transpiração é limitada. Essa folhagem extra pode ou não vir acompanhada por órgãos florais ou de armazenamento maiores ou em maior quantidade e nisso diferentes espécies se comportam diferentemente. Winter (1976), afirma que couve-flor produz uma inflorescência maior, se supermolhada, a ervilha produz mais grãos por vagem, se água extra for adicionada no momento da abertura das flores. Alguns desses efeitos são o resultado durante todo o desenvolvimento da cultura; outros ocorrem quando o estresse hídrico é aliviado temporariamente, durante um estágio de crescimento sensível à umidade. Um desses estágios foi mencionado para ervilhas e, se essa cultura for molhada antes desse estágio o resultado será meramente um aumento na folhagem.

Sabe-se que, quando plantas são submetidas ao déficit d'água ocorre um decréscimo na superfície foliar, que pode ser: primeiro, pela redução no tamanho das folhas (Slatyer, 1967 e 1969; Silva, 1973; citados por Souza, 1977) e segundo, pela queda de folhas (Kozłowski, 1972; Duque, 1973). Para Hugher & Metcalfe (1972), essas respostas das plantas visam aumentar a resistência à perda d'água para a atmosfera modificando a transpiração, tornando ser possível baixar o requerimento d'água.

Para Kramer, 1969; Kvet e Marshall, 1971; citados por Abranhão e Chalfun (1981), a diminuição da área foliar em plantas sob deficit hídrico garante em muitos casos a sobrevivência das plantas, no entanto, esta diminuição implica numa redução da superfície fotossintetizadora, conseqüentemente, reduzindo a síntese de carboidratos com reflexos nos rendimentos dos cultivos, constituindo-se assim o efeito mais grave do estresse hídrico.

O crescimento da planta depende da absorção de dióxido de carbono e da exposição adequada à radiação de onda curta para fotossintetizá-lo em carboidratos, como um efeito colateral a radiação de onda curta também evapora grandes quantidades de água que deverão ser repostas, se o ingresso de dióxido de carbono não for impedido por fechamento dos estômatos. Essa é a razão, segundo Winter (1976), da relação estreita entre o crescimento e o suprimento de água.

Como o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente, mantendo as células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e mais ainda a expansão de todas as células, a que segundo Hsiao (1973), detém o crescimento vegetativo das plantas.

Entretanto, nem toda parada no crescimento vegetativo das plantas está associada à fatores ambientais, influenciando sobre esse, pois, em geral, o vegetal mantém seu tamanho praticamente invariável para entrar na fase de maturidade, mesmo sob condições ideais para seu crescimento. Este fato é explicado por Kozłowski (1972), ao afirmar que no crescimento de flores e frutos são envolvidas rápida acumulação de matéria seca e água, exigindo portanto, um grande consumo de carboidratos, que geralmente resulta em reduzido

crescimento vegetativo neste período. Lima (1981), afirma que o estudo da fisiologia das plantas é requisito básico para se entender a capacidade que algumas plantas possuem de completar o seu desenvolvimento antes, durante e após o déficit hídrico.

2.5. Resposta da produção dos cultivos à disponibilidade de água do solo

Diversos autores estudaram os efeitos da disponibilidade de água no rendimento dos cultivos. Existe, portanto, um intervalo no teor de água no solo que proporciona melhores condições de disponibilidade de água às plantas que atuam diretamente sobre o crescimento e produção.

Pesquisas com diversas culturas, de acordo com Buckman e Brady (1976), mostram que doses suplementares de água devem ser aplicadas quando a planta atinge um consumo de 50 a 85% de água disponível no solo. Para esses autores, certos fatores vegetativos e climáticos exercem influência marcante sobre a quantidade de água que as plantas podem absorver. Jackson & Tilt (1968) citados por Costa (1985), trabalhando com 4 tratamentos de água em variedades de algodão, durante 3 anos no Arizona, encontraram que a produção era intimamente relacionada com os níveis de umidade do solo. Afirmaram ainda que a medida que a umidade do solo ia de condições muito secas a muito úmidas os valores de produção assumiam a forma de curva normal.

A identificação das diferenças entre plantas cultivadas quanto a tolerância ao estresse hídrico, de acordo com Kramer (1969) e Millar (1972), é de menor importância, porque o que é mais provável é que a produção seja totalmente perdida quando se desidrata a planta até ao nível de sobrevivência. Enquanto, o interesse se concentra no rendimento das

plantas e não em suas sobrevivência. Para Espinoza (1982), um dos fatores que mais influência o rendimento das culturas é a disponibilidade de água para a planta. Por isso, é de fundamental importância quantificar as reduções na produção promovidas por estresse hídrico, ocorrido ao longo do ciclo da cultura, o que irá auxiliar nas tomadas de decisões em projetos de irrigação.

Wit (1958) e Arkley (1963) citados por Arruda (1987), afirmaram que para obter máximas produções de biomassa, a transpiração da cultura também deve ser maximizada. Não devem ocorrer déficits hídricos que venham impor restrições à taxa de transpiração da cultura, pois se este ocorrer, especialmente no período crítico das culturas, poderá resultar em decréscimo de produção. Diante de tal constatação, fica claro que para fins de irrigação, o manejo ideal de água é aquele que se aproxima da situação em que não ocorrem restrições hídricas para a transpiração das plantas.

Lima (1981), estudando o efeito da umidade do solo, em casa de vegetação, na produção de algodão herbáceo, verificou que a produção aumentou quando o conteúdo de água no solo foi incrementado de 40 à 60%. Nível de água superior (80%) não proporcionou maior aumento na produção.

Silva (1972), estudando a influência da irrigação no crescimento e produção do tomateiro, em um Latossolo Vermelho Orto de Piracicaba-SP., verificou que a manutenção de teores de umidade do solo entre os níveis de 30, 75 e 100% de água disponível, proporcionou considerável aumento no crescimento das plantas, o referido autor concluiu que a manutenção da umidade do solo acima de 50% de água, apresenta-se como a forma ideal para economia da água que propicia a irrigação. Comprovou, também, que a

manutenção de teores de umidade do solo, próximos ao ponto de murcha permanente, contribuiu para o amadurecimento precoce dos frutos, em comparação com teores de umidade elevados.

Segundo Hargreaves (1976), a disponibilidade de umidade para as culturas depende da quantidade e da frequência de chuva ou irrigação, da capacidade de retenção de água no solo, do potencial osmótico e da profundidade das raízes da cultura. Ele recomenda que, para hortaliças que produzem frutos, deve-se voltar a irrigar quando de 30 a 40% da água disponível do solo tiver sido consumida. Concluiu que o período crítico para deficiência de umidade do solo ou período de maior exigência é na formação dos frutos, quando eles crescem rapidamente.

Doorembos & Kassan (1979), afirmam que para se obter rendimentos elevados, com a cultura do pimentão, necessita-se manter o solo relativamente úmido durante todo o período de crescimento. A redução do suprimento de água durante o período de crescimento tem, em geral, efeito adverso sobre o rendimento, sendo que a redução máxima ocorre quando existe escassez contínua de água até o momento da primeira colheita. O estágio inicial do período de floração é a fase mais sensível à escassez de água, de forma que o fator de esgotamento de água do solo na zona radicular nesse período não deverá exceder a 25%. A escassez de água um pouco antes e durante o período de floração reduz o número de frutos. O efeito do estresse hídrico sobre o rendimento durante esse período é maior em condições de temperaturas altas e umidade relativa baixa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do ensaio

O trabalho foi conduzido durante o período de janeiro a maio de 1995, em casa de vegetação (telado), com cobertura de telha de fibras de vidro transparente, do Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado em Areia, PB, região do Brejo Paraibano, apresentando como coordenadas geográficas: Latitude 6°58' S, Longitude 35°41' W, e Altitude 574,62 m.

3.2. Solo

Utilizou-se, amostra da camada superficial de 0 a 20cm de um solo classificado como franco-arenoso proveniente da Estação Experimental Chã-do-Jardim, pertencente ao CCA no município de Areia, PB. O material do solo, foi destorroado, peneirado e submetido as análises físico-hídricas, químicas e de fertilidade, de acordo com as metodologias recomendadas pela EMBRAPA (1979), cujos dados podem ser observados na Tabela 1. As análises foram realizadas nos laboratórios de Física e Química de Solos do Centro de Ciências Agrárias da UFPB.

Com base nas análises de fertilidade e reação do solo, este recebeu uma adubação corretiva, constituído por 20 Kg de esterco de gado, 2 Kg de calcário dolomítico, 175 g de sulfato de amônia, 1.750 g de superfosfato simples e 150 g de cloreto de potássio,

conforme recomendações de Pereira (1990). Após a adubação e correção da acidez, o solo foi mantido com umidade próxima a capacidade de campo, por um período de incubação de 30 dias.

Tabela 1. Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.

Características do solo	Unidade	Valor
Arcia	%	73,2
Silte	%	15,7
Argila	%	11,1
Densidade global	g/cm ³	1,11
Densidade das partículas	g/cm ³	2,65
Capacidade de campo (0,010 MPa)	%	20,29
Ponto de murcha (1,5 MPa)	%	11,00
Matéria orgânica	%	2,91
pH em H ₂ O (1:2,5)	-	5,0
Fósforo assimilável	ppm	4,20
Hidrogênio + Alumínio	meq/100g TFSA	7,50
Cálcio + Magnésio	meq/100g TFSA	3,60
Potássio	meq/100g TFSA	0,21

3.3. *Delineamento experimental*

O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado constituído por quatro níveis de umidade com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico, com 25 cm de diâmetro interno médio e 31 cm de altura, os quais foram preenchidos com 13 Kg de solo e um planta. Colocou-se vasos suficientes em cada tratamento para permitir a coleta de plantas em quatro épocas distintas do ciclo fenológico da cultura, ou seja, aos 61, 82, 96 e 118 dias após plantio, correspondendo ao início da floração, floração/frutificação, plena frutificação e início da maturação, respectivamente.

Os tratamentos foram definidos por:

$T_1 = 100\%$ da AD

$T_2 = 85\%$ da AD

$T_3 = 70\%$ da AD

$T_4 = 55\%$ da AD

AD = Água disponível (teor de umidade retido no solo entre as tensões 0,010 MPa e 1,5mpa).

Todas as parcelas tiveram a umidade no nível da capacidade de campo (CC), no momento do tranplântio até o início dos tratamentos estudados, passando a haver monitoramento através das pesagens dos vasos e suplementação da umidade só até o nível testado.

3.4. Instalação e condução do ensaio

3.4.1. Instalação

O plantio foi realizado no dia 27.01.95, em copinho, com 10 cm de altura e 6 cm de diâmetro. Para enchimento dos copinhos utilizou-se o mesmo solo do experimento. Foram semeadas 4 sementes por copo, colocadas aproximadamente a 1 cm de profundidade, localizadas no centro, separadas, cobrindo-se com o próprio substrato. Foram utilizadas sementes de pimentão (*Capsicum annum*, L.) variedade ALL BIG. Foram feitos dois desbastes; o primeiro aos 20 dias após a semeadura deixando-se 2 plantas por copinho, e o segundo de forma definitiva, aos 40 dias, mantendo uma planta por vaso.

Após 30 dias da germinação (04.02.95), quando as mudas tinham de 6 a 8 folhas definitivas, foi feito o transplante para o local definitivo. Durante o desenvolvimento da cultura procedeu-se quatro adubações em cobertura, baseando-se em Pereira (1990), aplicadas aos 10, 25, 40 e 55 dias após o transplante através da aplicação de 20 ml de uma solução nutritiva. A fórmula de adubação utilizada forneceu 2.5 g/planta de N; 1,0 g/planta de K₂O. Com o objetivo de garantir a fertilização do solo, foi usado nos períodos, 10 a 15, 25 a 30, 40 a 45 e 55 a 60 dias após o transplante, solução nutritiva de Hoagland e Arnon modificada por Sarruge (1975), na água de irrigação.

Um dia antes do transplante iniciou-se a irrigação dos vasos, deixando-os a capacidade de campo, as quais se repetiram diariamente até 10 dias após o transplante. O início dos tratamentos se verificou 40 dias após a germinação, quando a maioria das plantas

começavam a emitir os primeiros botões florais. Durante o decorrer do experimento a cultura foi mantida livre da concorrência da erva daninha e do ataque de pragas.

3.4.2. Consumo de água

Fez-se o controle diariamente de cada tratamento através do método das pesagens usando-se uma balança filizola com capacidade de 20 Kg e sensibilidade de 20 gramas. A diferença de peso de cada vaso de um dia para o outro era repostada com água destilada, cuja quantidade se constituia no consumo diário da cultura. Para o cálculo da evapotranspiração diária procedeu-se conforme equação abaixo.

$$ET_c = H_2O/A$$

onde

ET_c = Evapotranspiração da cultura - cm/dia.

H_2O = Água consumida - cm^3/dia (para efeito de cálculos considerou-se 1 g de H_2O = 1 cm^3).

A = Área do vaso - cm^2 .

3.4.3. Altura de plantas e área foliar

As leituras correspondentes à altura de plantas foram feitas, semanalmente até o final do experimento. Considerou-se a altura da planta, a medida entre o nível do solo ao ápice da haste principal. A evolução da área foliar (AF) foi determinada medindo-se em 12 plantas, previamente identificadas, devidamente marcadas de forma casualizada, o

comprimento (C) e a largura (L) de cada planta. A área foliar foi calculada pelo produto $C \times L \times$ coeficiente, conforme recomendação de Andrade (1992). O coeficiente foi determinado através da correlação entre o produto $C \times L$ versus a área da folha medida obtendo-se o seguinte valor 0,678676. A área foliar total da planta foi obtida pelo somatório da área de cada folha contida na planta. Fez-se semanalmente uma contagem do número de folhas emergidas. Considerou-se folha emergida aquelas maiores de 2 cm de comprimento.

3.4.4. *Peso de matéria seca da parte aérea e raiz*

Por ocasião da coleta, as plantas foram cortadas na região do colo, postas em sacos de papel e levadas para secar à estufa à 70° C, onde permaneceram por 72 horas. Em seguida, determinou-se o peso seco.

Para separar o sistema radicular do solo, utilizou-se o seguinte procedimento. Colocou-se os vasos em uma caixa d'água com capacidade de 1.000 litros, acrescentou-se água até cobrir completamente os vasos, deixando-os submersos por uma noite, o conjunto raiz/solo foi retirado do vaso e colocado sobre uma peneira suspensa. Com o auxílio de uma maguicira e água, ia-se cuidadosamente separando a raiz do solo. Após essa operação as raízes foram submetidas à temperatura de 70 °C, em estufa com circulação forçada de ar quente, onde permaneceram por de 72 horas, tempo necessário para a completa secagem.

3.4.5. Conteúdo relativo de água (CRA) na planta

O CRA foi obtido conforme procedimento sugerido por Gimenez (1985). Foram usadas folhas ainda em fase de crescimento e estas ficaram 24 horas em água destilada, que foi o tempo necessário para adquirirem a hidratação máxima. O cálculo foi feito para cada folha em separado, com duas repetições, totalizando 6 determinações por tratamento, através da seguinte equação:

$$\text{CRA} = ((P_i - P_s) / (P_h - P_s)) \times 100$$

onde:

CRA = conteúdo relativo de água na folha (%)

P_i = peso da folha no ato da coleta (g)

P_s = peso seco da folha após secagem em estufa de ventilação

forçada a 70 °C (g)

P_h = peso da folha após hidratação máxima (g)

3.4.6. Componentes da produção

3.4.6.1. Rendimento

Aos 118 dias do ciclo da cultura, coletou-se as plantas para a determinação da produção. Os frutos foram colhidos imaturos, quando apresentavam consistência firme e coloração mais intensa. Foram pesados separadamente e levado a estufa de circulação

forçada para secar a 70 °C até atingir peso constante. Os frutos uma vez secos, calculou-se a produção de matéria seca por planta. Antes porém, calculou-se a produção de peso fresco dos frutos por planta.

3.4.6.2. Índice de colheita (IC)

O índice de colheita foi obtido pelo quociente entre a matéria seca dos frutos e a matéria seca total de cada planta escolhida (Finger, 1985).

3.4.6.3. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água foi obtida pela relação entre o peso da matéria seca total e a água consumida pelas plantas segundo descrição de Mildur (1968). Fez-se também esta mesma determinação para o peso fresco dos frutos.

3.5. Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas utilizando-se um programa de computação ASSISTAT versão 5.1, 1991, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Agrícola/CCT/UFPB. Os resultados de área foliar, número de folhas, altura de planta, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e relação raiz/parte aérea, foram submetidos a análise de variância e usado o teste "F" aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, e para comparação entre as médias, utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Pimentel Gomes, 1985).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da disponibilidade de água no desenvolvimento da cultura

4.1.1. Área foliar

A evolução da área foliar (AF) do pimentão sob diferentes níveis de água disponível do solo, obtida até aos 118 dias do ciclo fenológico da cultura, está representada na Figura 1. A análise das curvas mostra que no início das observações, aos 48 dias após o plantio, praticamente não houve diferença da AF entre tratamentos. Após esta data, pode-se observar que a AF cresceu em cada tratamento com o ciclo da cultura. Porém, a AF em cada tratamento decresceu com os níveis da umidade disponível no solo, sendo os tratamentos T₃ (70% AD) e T₄ (55% AD) os que evidenciaram os maiores índices de redução na área foliar durante o período das observações, principalmente o T₄ em relação ao tratamento T₁ (100% AD).

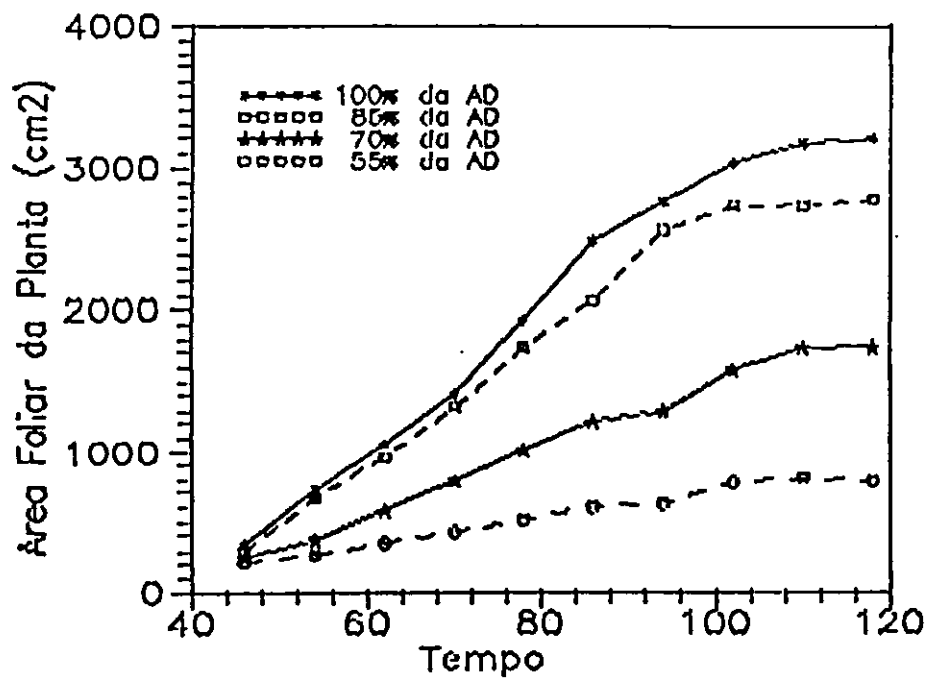


Figura 1. Evolução da área foliar sob diferentes níveis de água disponível do solo, em função do ciclo da cultura - dia do pimentão.

A análise de variância, através do teste "F", revelou efeito altamente significativo ($p \leq 0,01$) dos tratamentos sobre os resultados de área foliar, obtidos em quatro épocas distintas do ciclo fenológico da cultura, 61, 82, 96 e 118 dias após o plantio (Tabela 10 do Anexo). A comparação entre as médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Tabela 2), evidencia que aos 61 dias do ciclo da cultura, os maiores resultados de AF, 1.189,4 cm², foi obtido com o tratamento T₁, cujo valor não se diferenciou significativamente do resultado do T₂, 865,24 cm², mas suplantou T₃ e T₄ em 93% e 365%, respectivamente. Todavia não houve diferença significativa entre os resultados dos tratamentos T₂ e T₃, mas o T₂ foi superior em 238% ao T₄ (Tabela 2). Ainda nesta tabela constata-se que os resultados das áreas foliares determinadas aos 96 e 118 dias, apresentaram comportamento similar ao registrado com a AF aos 61, porém, para a AF aos 82 dias os melhores resultados foram para os tratamentos T₂ com 2.262,43 cm², cujos valores não apresentaram diferença significativa entre si, mas foram superiores a T₃ e T₄. Uma análise visual da Tabela 2, sinaliza para uma interpretação de que em todas as épocas de determinação da AF, houve uma tendência da área foliar, decrescer com os níveis de água disponível do solo.

A redução da área foliar com decréscimo na água disponível do solo, foi, provavelmente, devido a um processo fisiológico da cultura, de auto defesa, onde a planta procura se proteger da perda de água reduzindo sua superfície transpirante. Isto, certamente ocorreu por diminuição no número de emissão de folhas (Tabela 3), e não por queda de folhas, comum na cultura do algodoeiro como auto defesa para se proteger do deficit de umidade no solo (Costa, 1985). Segundo Kramer (1969), a redução da área foliar implica na

redução da superfície fotossintetizadora, e na diminuição na síntese de assimilados e no rendimento da planta. Assim, os resultados discutidos revelam que, a menor área foliar apresentada pelo T₄, pode ter sido favorável a sobrevivência da cultura, uma vez que, quanto menor a área foliar, maior será a capacidade da planta para economizar água.

Tabela 2. Valores médios da área foliar (cm²/planta) da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

TRATAMENTO	ÉPOCA DE COLETA - Dia do Ciclo			
	61	82	96	118
T ₁ - 100% da AD	1.189,40 a	2.810,01 a	2.582,76 a	3.201,42 a
T ₂ - 85% da AD	865,24 ab	2.262,43 a	2.151,33 ab	2.570,28 ab
T ₃ - 70% da AD	615,43 bc	1.357,61 b	1.270,42 bc	1.731,83 bc
T ₄ - 55% da AD	255,90 c	549,02 c	789,78 c	783,68 c
Média	731,49	1744,77	1.698,57	2.071,82
CV (%)	22,13	15,53	22,74	24,21
DMS	423,41	708,67	1.010,45	1.311,95

CV (%) = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Média seguida de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.2. Número de folhas

Pelos resultados da análise da variância, apresentados na Tabela 12 do Anexo, verifica-se que os tratamentos apresentaram efeito sobre o número total de folhas por planta com nível de significância ($p \leq 0,01$) para as épocas de coletas aos 61 e 82 dias e ($p \leq 0,05$) para as coletas com 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

Os valores médios do número de folhas por planta (Tabela 3), comparados entre si pelo teste de Tukey, mostram que aos 61 dias o maior número de folhas foi proveniente do tratamento T_1 , 24,00 folhas/planta, e não se diferenciou significativamente do tratamento T_2 com 20,00 folhas/planta, mas superou os demais tratamentos. Ainda nesta época de avaliação o número de folhas no T_2 não foi diferente do T_3 mas superou o tratamento T_4 . Resultados semelhantes foram registrados aos 82 dias com relação ao número de folhas por planta, onde os maiores valores foram obtidos com os tratamentos T_1 e T_2 considerados significativamente iguais entre si, mas superiores aos demais tratamentos (Tabela 3).

Para as épocas de coleta aos 96 e 118 dias o maior resultado do número de folhas continuou sendo proveniente do tratamento T_1 , todavia não se diferenciou significativamente de T_2 e T_3 , mas foi superior ao tratamento T_4 .

Tabela 3. Valores médios do número de folhas das plantas de pimentão sob diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

ÉPOCA DE COLETA - Dia do Ciclo				
TRATAMENTO	61	82	96	118
T ₁ - 100% da AD	24,00 a	50,67 a	48,00 a	60,00 a
T ₂ - 85% da AD	20,00 ab	46,00 a	45,00 ab	48,67 ab
T ₃ - 70% da AD	16,00 bc	32,67 b	35,33 ab	44,33 ab
T ₄ - 55% da AD	11,33 c	17,67 c	23,33 b	26,67 b
Média	17,83	36,75	37,92	44,92
CV (%)	15,18	12,91	24,30	21,73
DMS	7,08	12,41	24,10	25,52

CV (%) = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.3. *Altura de planta*

Os valores médios de altura de planta sob diferentes níveis de água disponível do solo, em diferentes fases do ciclo fenológico da cultura, ou seja, aos 61, 82, 96 e 118 dias, respectivamente, letras A, B, C e D da Figura 2, mostram que a altura de planta cresceu com a umidade disponível do solo. Esse fato está relacionado com as necessidades hídricas das plantas serem maiores a medida que a planta começa a desenvolver-se, portanto precisando cada vez mais de uma maior mobilização de assimilados para que os tecidos vegetais, possam desenvolver suas funções, conseqüentemente, promovendo assim, um maior crescimento a medida que aumenta o conteúdo de água disponível no solo.

As análises de variância das alturas de plantas (Tabela 11 do Anexo) revelaram diferenças significativas entre os tratamentos apenas para as três primeiras épocas de coleta, ou seja aos 61, 82 e 96 dias do ciclo da cultura. As comparações entre as médias das alturas de plantas pelo teste de Tukey, sob diferentes níveis de água disponível do solo, são apresentadas na Tabela 4. A referida tabela mostra que aos 61 dias do ciclo da cultura, a maior altura de planta foi proveniente do tratamento T₁ com 51,83 cm, cujo valor foi significativamente superior aos demais tratamentos e o tratamento T₂ não foi diferente do T₃, mas suplantou o T₄. Para a altura de planta aos 82 dias apenas o tratamento T₄ apresentou redução significativa na estatura de planta (Tabela 4). Ainda nesta tabela, observa-se que aos 96 dias não houve diferença significativa para a altura de planta entre os tratamentos T₁ e T₂, tendo no entanto, o T₁ superado o T₃ e T₄ e que por sua vez os tratamentos os T₂, T₃ e T₄ não foram diferentes entre si.

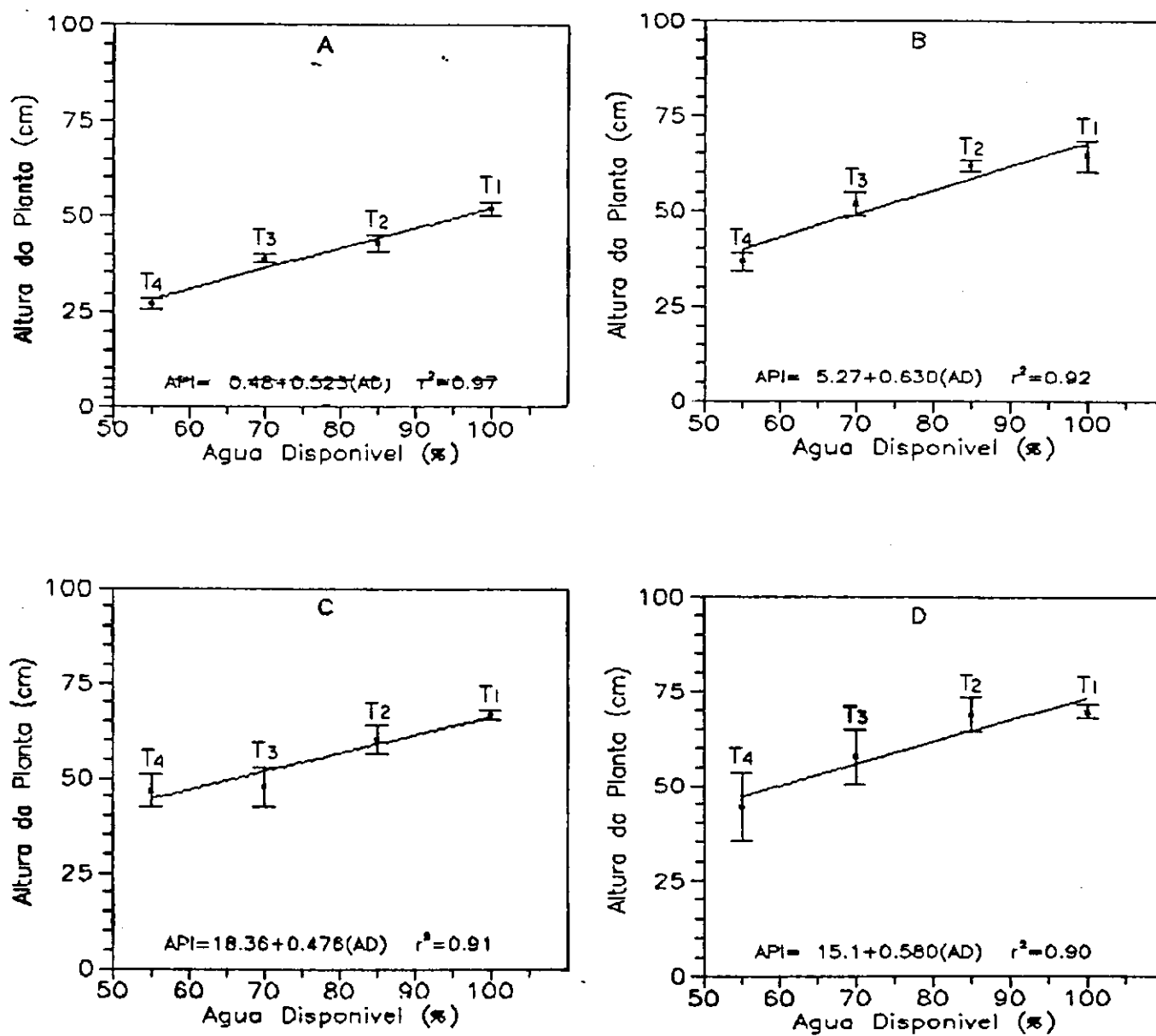


Figura 2. Alturas médias da cultura do pimentão, durante o ciclo fenológico, em diferentes níveis de água disponível do solo, para as épocas de coleta aos 61, 82, 96 e 118 dias correspondendo a A, B, C e D, respectivamente.

Tabela 4. Valores médios da altura (cm) da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

TRATAMENTO	ÉPOCA DE COLETA - Dias do Ciclo			
	61	82	96	118
T ₁ - 100% da AD	51,83 a	64,67 a	66,50 a	69,67 a
T ₂ - 85% da AD	42,83 b	62,00 a	60,00 ab	68,67 a
T ₃ - 70% da AD	38,77 b	52,00 a	47,67 b	57,67 a
T ₄ - 55% da AD	27,00 c	17,67 b	46,83 b	44,67 a
Média	40,11	53,83	55,29	60,17
C.V. (%)	7,29	9,45	12,35	18,25
DMS	7,64	13,31	17,87	28,71

C.V. (%) = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Média seguida de mesma letra, na vertical, não diferem significamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As equações de regressão ajustadas para a altura das plantas, em função dos níveis de água disponível do solo, com seus respectivos coeficientes mostrados na Figura 2, permite observar que houve efeito linear positivo do crescimento das plantas com os incrementos da umidade disponível no solo. Os coeficientes de determinação variaram de 0,90 à 0,97, confirmando assim a existência de uma alta correlação entre os tratamentos.

4.2. Efeito da disponibilidade de água na produção de matéria seca.

4.2.1. Matéria seca da parte aérea

Na Figura 3, encontram-se ilustrados os valores médios da produção de matéria seca da parte aérea em relação a evapotranspiração do cultivo. Cada época de coleta, ou seja, 61, 82, 96 e 118 dias e em cada situação representa uma média dos 4 níveis (100%, 85%, 70% e 55%) de água disponível. Observa-se também, nesta figura, a equação de regressão, onde se pode constatar que a matéria seca da parte aérea aumenta numa relação linear com os níveis de umidade disponível do solo, sendo gastos, aproximadamente 250 mm de água para produzir 46 gramas de matéria seca da parte aérea, aos 118 dias do ciclo fenológico da cultura. No entanto, esta equação só deve ser usada para estimar as produções de matéria seca da parte aérea da cultura do pimentão no período de 61 a 118 dias do ciclo fenológico.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira (1987) na cultura do feijoeiro, o qual verificou uma redução de 50% no acúmulo de matéria seca da parte aérea quando o déficit hídrico foi imposto no estágio de crescimento vegetativo.

A análise de variância da matéria seca da parte aérea (Tabela 13 do Anexo) obtidas em quatro épocas distintas do ciclo fenológico da cultura, 61, 82, 96 e 118 dias, revelou, que independentemente da fase de desenvolvimento da cultura, os tratamentos afetaram significativamente ($p \leq 0,01$) os resultados obtidos. A comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 5), permite observar que na coleta da cultura aos 61 dias o tratamento T_1 apresentou o maior resultado de peso de matéria seca, 5,69 g/planta, cujo valor não se diferenciou significativamente do T_2 que produziu 4,45 g/planta, mas superou em 87% e 290% os tratamentos T_3 e T_4 , respectivamente. Ainda nesta época, o tratamento T_2 apresentou resultado igual ao T_3 , mas foi significativamente superior ao T_4 . Idêntico comportamento foi registrado com relação aos resultados de produção de matéria seca obtidos na coleta aos 96 e 118 dias. Para a época de coleta aos 82 dias o tratamento T_1 apresentou os melhores resultados de matéria seca, superando inclusive os demais tratamentos (Tabela 5).

Uma redução no crescimento decorrente da diminuição do conteúdo de água disponível no solo pode ter causado diminuição na superfície fotossintética (Kozlowski, 1972) e na quantidade de carboidratos disponíveis para a manutenção do processo de crescimento celular (Kramer, 1969). Dessa forma, pode ter ocorrido uma provável redução na taxa de crescimento da cultura, quando as plantas estavam em fase de intenso crescimento vegetativo, resultando num baixo acúmulo de matéria seca (Begg & Turner, 1976; Babalola & Fawusi, 1980; Mardhasri, 1985, citados por Freire, 1990).

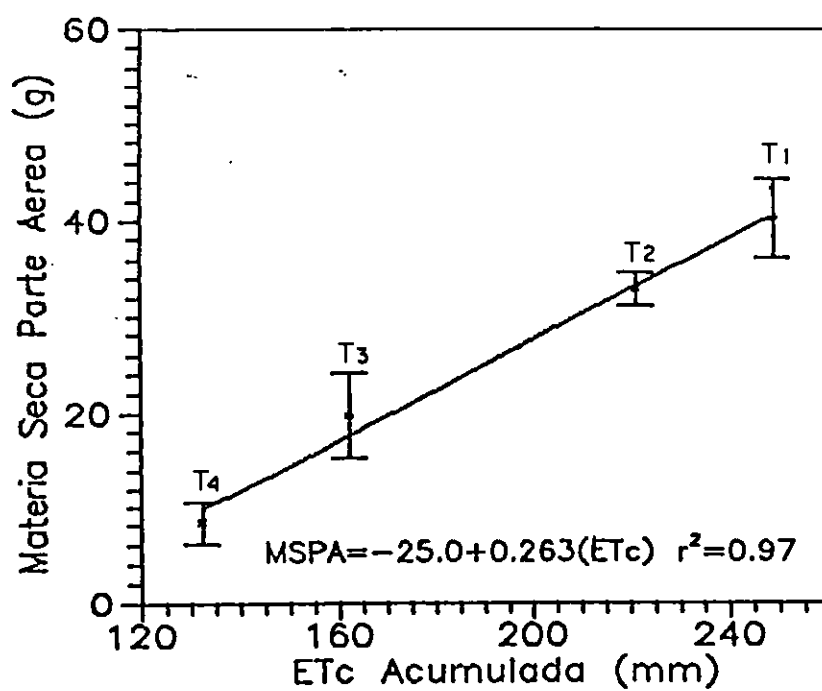


Figura 3. Matéria seca da parte aérea da cultura do pimentão, durante o ciclo fenológico, em função da evapotranspiração acumulada.

Tabela 5. Valores médios da matéria seca (g/planta) da parte aérea da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

ÉPOCA DE COLETA - Dia do Ciclo				
TRATAMENTO	61	82	96	118
T ₁ - 100% da AD	5,69 a	21,03 a	30,12 a	40,20 a
T ₂ - 85% da AD	4,45 ab	14,81 b	21,95 a	32,79 ab
T ₃ - 70% da AD	3,04 bc	8,61 c	10,15 b	19,65 b
T ₄ - 55% da AD	1,46 c	3,94 c	7,34 c	8,36 c
Média	3,66	12,10	17,39	17,39
CV (%)	24,29	15,86	18,88	18,88
DMS	2,32	5,02	8,59	8,59

CV (%) = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Média seguida de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução no acúmulo de matéria seca observada na parte aérea do pimentão sob condições de baixa disponibilidade de água no solo, deve-se provavelmente a um direcionamento maior de fotoassimilados para o sistema radicular, visando o seu maior desenvolvimento no sentido de explorar com maior eficiência a água disponível para os processos fisiológicos. Comportamento semelhante foram encontrados por Aggarwal & Sinha (1983), trabalhando com trigo e Luchi (1983), trabalhando com morango.

4.2.2. *Matéria seca das raízes*

O resumo da análise de variância, referente ao peso de matéria seca das raízes, apresentado na Tabela 14 do Anexo, registra efeito significativo dos tratamentos em todas as épocas das coletas das plantas. A comparação entre as médias dos pesos de matéria seca das raízes, pelo teste de Tukey a 5%, dentro de cada época de coleta (Tabela 6), mostra que para as épocas das coletas aos 61 e 82 dias a maior produção de matéria seca das raízes foi proveniente do tratamento T_1 , que por sua vez não se diferenciou significativamente do tratamento T_2 , mas superou T_3 e T_4 . Com relação a coleta aos 96 dias os melhores resultados de produção de matéria seca das raízes foram para os tratamentos T_1 e T_2 , que no entanto não se diferenciaram significativamente do T_3 , mas superaram o T_4 . Ainda nessa época de coleta o resultado do tratamento T_3 não foi diferente do T_4 . O comportamento do peso de matéria seca das raízes, obtidos na coleta das plantas aos 118 dias foi semelhante aos obtidos na coleta de 96 dias, todavia o T_1 foi o melhor tratamento, porém se diferenciando significativamente apenas do T_4 , enquanto que o T_2 , T_3 e T_4 não foram diferentes entre si (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios da matéria seca (g/planta) das raízes da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

ÉPOCA DE COLETA - Dia do Ciclo				
TRATAMENTO	61	82	96	118
T ₁ - 100% da AD	1,00 a	3,53 a	3,19 a	6,16 a
T ₂ - 85% da AD	0,87 ab	3,15 ab	3,45 a	4,74 ab
T ₃ - 70% da AD	0,61 bc	1,98 bc	2,13 ab	3,95 ab
T ₄ - 55% da AD	0,27 c	1,06 c	1,54 b	2,51 b
Média	0,69	2,43	2,58	4,34
C.V. (%)	19,57	19,29	22,39	28,81
DMS	0,35	1,23	1,63	3,26

C.V. (%) = coeficiente de variação; DMS= diferença mínima significativa.

Média seguida de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3. *Relação raiz / parte aérea*

Encontram-se ilustrados na Figura 4, os valores médios da relação raiz/parte aérea, com sua respectiva equação de regressão, verifica-se que os valores médios da relação diminuí com o incremento da água disponível no solo até o nível de 85%, e que os valores médios dos tratamentos submetidos a 85 e 100% de água disponível no solo foram 0,18 e 0,15, respectivamente.

A Tabela 15 do Anexo, análise de variância, registra que a relação raiz/parte aérea foi significativamente afetada pelos tratamentos em todas as épocas de coleta das plantas, exceto para a primeira coleta, ou seja aos 61 dias após plantio, época do início da floração da cultura

A comparação entre os resultados médios dentro de cada época amostrada (Tabela 7), pelo teste de Tukey a 5%, permite constatar que a maior relação raiz/parte aérea, nas épocas de coleta, 82, 96 e 118 dias, foi para o tratamento T_4 , que por sua vez não se diferenciou significativamente dos tratamentos T_3 e T_2 (para as épocas de coletas aos 82 e 96 dias) e do tratamento T_3 (para a coleta aos 118 dias), mais foi superior aos resultados obtidos com o tratamento T_1 em todas essas épocas de coleta das plantas.

Através da análise visual da Tabela 7, é possível se admitir que houve uma tendência, em cada época amostrada, da relação raiz/parte aérea aumentar com o decréscimo da água disponível do solo. Provavelmente, a planta (raiz) ao se ressentir da falta de água no solo, emite um sinal químico à parte aérea, paralisando o seu crescimento, enquanto que o sistema radicular tende a explorar um maior volume de solo a procura de água para suprir as

suas necessidades, mostrando assim uma estreita relação entre a raiz e a parte aérea, conforme observou Kramer (1969); Davies & Zhang (1991).

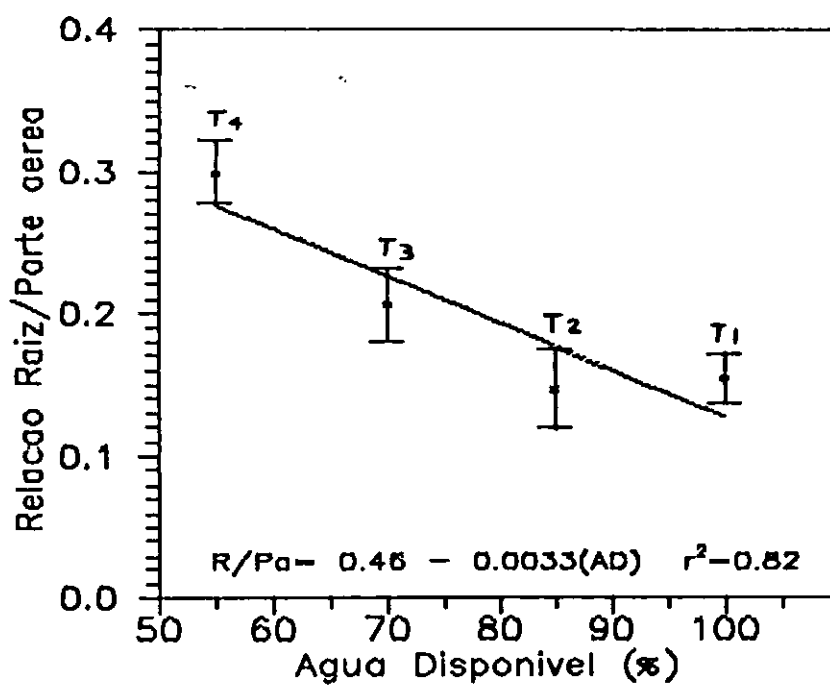


Figura 4. Relação raiz/parte aérea da cultura do pimentão, durante o ciclo fenológico, em diferentes níveis de água disponível do solo.

Tabela 7. Valores médios da relação matéria seca raiz/matéria seca da parte da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

TRATAMENTO	ÉPOCA DE COLETA - Dia do Ciclo			
	61	82	96	118
T ₁ - 100% da DA	0,176 a	0,167 b	0,107 b	0,155 b
T ₂ - 85% da DA	0,199 a	0,215 ab	0,157 ab	0,146 b
T ₃ - 70% da DA	0,212 a	0,232 ab	0,213 ab	0,206 ab
T ₄ - 55% da DA	0,219 a	0,272 a	0,356 a	0,299 a
Média	0,202	0,222	0,209	0,202
C.V. (%)	15,18	14,65	40,47	20,36
DMS	0,086	0,085	0,221	0,107

C.V. (%) = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3. Efeito da disponibilidade de água sobre o estágio hídrico da planta

4.3.1. Conteúdo relativo de água

Os valores do conteúdo relativo de água obtidos durante as quatro fases de desenvolvimento da cultura do pimentão podem ser observados na Tabela 8, onde se pode verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos, no entanto analisando mais atentamente os dados desta tabela, pode-se observar que a redução do conteúdo relativo de água na planta para as épocas de coleta (início da floração, floração/frutificação, plena frutificação e início da maturação) foram da orde de 12,72; 3,72; 12,32; e 5,58 %, respectivamente, no tratamento T₄ quando comparados com o tratamento T₁. Observa-se ainda que nas fases do início da floração e plena frutificação o conteúdo relativo de água apresentou-se inferior as outras fase do ciclo fenológico. Provavelmente, tais resultados revelam ser esses os estágios de desenvolvimento da cultura mais afetados pelo estresse hídrico. Resultados semelhantes para a cultura do pimentão, foram encontrados por Doorembos e Kassan (1979). Os resultados da Tabela 8 sugerem não haver relação entre o conteúdo relativo de água na folha e a disponibilidade de água no solo.

Tabela 8. Valores médios do CRA (%) das plantas da cultura do pimentão sob diferentes níveis de água disponível do solo, em 4 épocas do ciclo fenológico.

TRATAMENTO	ÉPOCA DE COLETA - Dia do Ciclo			
	61	82	96	118
T ₁ - 100% da AD	82,80 a	90,20 a	92,74 a	88,47 a
T ₂ - 85% da AD	85,24 a	91,10 a	95,74 a	89,06 a
T ₃ - 70% da AD	83,94 a	88,77 a	83,76 a	86,78 a
T ₄ - 55% da AD	72,27 a	86,84 a	81,31a	83,53 a
Média	81,06	89,23	86,44	86,96
CV (%)	6,59	4,81	3,94	2,95
DMS	13,97	11,22	8,90	6,70

CV (%) = coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Média seguida de mesma letra, na vertical, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4. Efeito da disponibilidade de água sobre o rendimento da cultura

4.4.1. Produção de frutos

Os dados sobre o rendimento do pimentão, em peso fresco de fruto, sob diferentes tratamentos de água disponível no solo, são apresentados na Figura 3. A média da produção do peso fresco de frutos por planta variou de 61,27 a 8,80 g/planta. Observa-se, também, que no tratamento com 100% da água disponível, o rendimento do peso fresco dos frutos por planta foram inferiores ao tratamento com 85% de água disponível em 8,32%.

Segundo Pereira (1990), a produtividade normal esperada dependendo de condições climáticas favoráveis, varia de 640 g/planta a 1280 g/planta. A produtividade relativamente baixa obtida no experimento, foi possivelmente em decorrência do baixo número de frutos por planta, que ocorreu em consequência do grande número de flores abortadas. A queda das flores, pode estar relacionada a altas temperaturas ambientais.

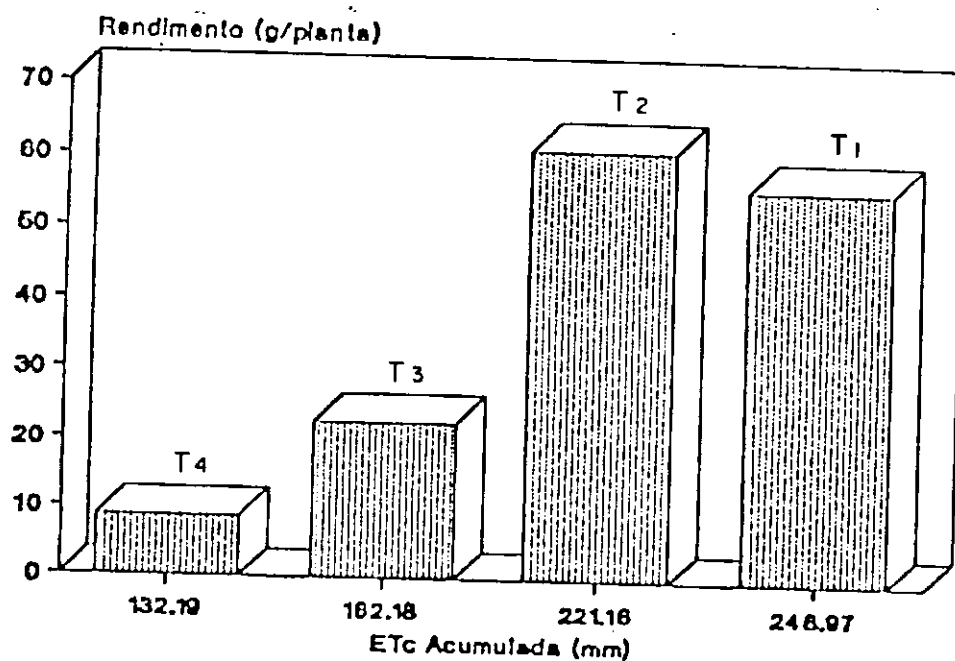


Figura 5. Rendimento, peso fresco de frutos, em função da evapotranspiração acumulada do cultivo, no final do ciclo.

Tabela 9. Componentes da produção para a cultura do pimentão, nos diferentes tratamentos.

TRATAMENTO	NÚMERO DE	PESO FRESCO	ÍNDICE DE	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA	
	FRUTO	DE FRUTO	COLHEITA	(%)	
	unidade	g/planta	%	PARTE AÉREA	P. FRESCO DO FRUTO
T ₁ - 100% da AD	2,7 ± 0,67	56,17 ± 15,86	39,74 ± 3,9	9,64 ± 0,74	22,56 ± 6,37
T ₂ - 85% da AD	2,0 ± 0,58	61,27 ± 18,98	37,60 ± 5,4	9,17 ± 0,41	24,61 ± 7,62
T ₃ - 70% da AD	1,0 ± 0,58	22,65 ± 11,85	19,11 ± 9,7	8,20 ± 1,88	20,94 ± 2,13
T ₄ - 55% da AD	0,67 ± 0,33	8,80 ± 4,44	18,14 ± 9,2	5,05 ± 1,62	9,98 ± 0,39

Cada valor representa a média de 3 repetições.

4.4.2. Índice de colheita

Na Figura 4 encontra-se ilustrado, graficamente, os dados relativos ao índice de colheita. observa-se que o índice aumentou a medida que aumentou o consumo de água pela cultura. Observa-se, também, que praticamente, não houve diferença entre os dados obtidos nos tratamentos T_1 e T_2 , assim como entre os tratamentos T_3 e T_4 . Isto mostra que não houve diferença entre os efeitos do conteúdo de água no solo de 85 e 100%, bem como nos níveis de 70 e 55% da água disponível sobre a produção de matéria seca total, mas houve expressiva diferença entre os tratamentos T_2 e T_3 .

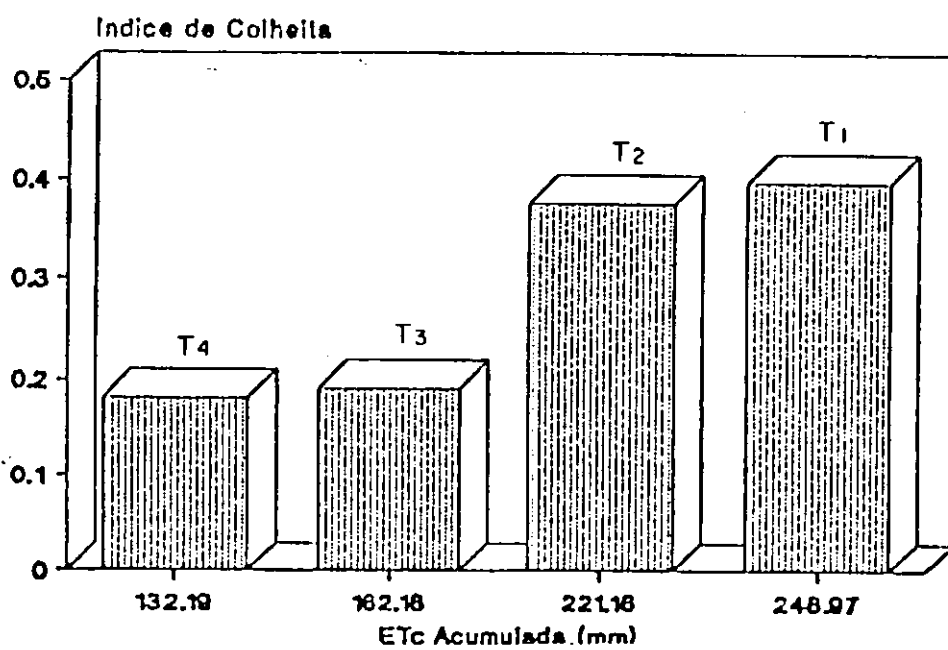


Figura 6. Índice de colheita em função da evapotranspiração acumulada do cultivo.

4.4.3. Eficiência do uso da água

Ao se fazer uma análise da eficiência do uso da água (Tabela 9), observa-se que a maior eficiência se deu no nível de 85% da água disponível, para a produção de peso fresco de frutos, enquanto que o tratamento T₁ foi mais eficiente em relação a produção da parte aérea (sem fruto). Portanto, como o que interessa é a produção de frutos verde, uma vez que este produto é comercializado na maioria das vezes quando ainda encontra-se imaturo, pode-se afirmar a luz dos dados da Tabela 9 que a planta foi mais eficiente em aproveitar a água e transformá-la em maior rendimento (produção de peso fresco de fruto) no tratamento T₂.

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi conduzido este estudo, pode-se concluir que:

1. Os tratamentos que melhor responderam ao aumento de produtividade e do número de frutos por planta, no período estudado, foram T₁ e T₂ indicando que se pode diminuir o conteúdo de água do solo para 85% sem prejuízo nos rendimentos da cultura.

2. O tratamento T₂ foi o que proporcionou maior eficiência do uso da água para a produção de peso fresco de frutos, enquanto o tratamento T₁ foi mais eficiente na produção das partes vegetativas.

3. Os resultados sugerem aumento na relação entre matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea com a redução nos níveis de água disponível no solo em todas as épocas de coleta das plantas.

4. Os estágios de desenvolvimento da cultura do pimentão mais afetados pelo estresse hídrico foram no início do período de floração e em plena frutificação.

5. Não houve relação entre o conteúdo relativo de água na folha e a disponibilidade de água no solo, porém o consumo da água pela cultura decresceu com a redução nos níveis de água disponível do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, E. & CHALFUN, N. N. J. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em videira "seyve villarde 12.375". Ciênc. Prát. Lavras. Lavras, v. 5 p.55-58, 1981.
- ACEVEDO, E; FERERES, E; HSIAO, T. C. Y HENDERSON, D. W. Diurnal growth trends, water potential, and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in the field. Plant Physiol, Lancaster, v. 64, p.476-480. 1979.
- AGGARWA; P.K. , SINHA, S. K. Water stress and water use efficiency in field grow wheat: a comparison of its efficiency with that of C₁ plants. Agricultural Metereology, Amsterdam, v.29, p.159-67, 1983.
- ANDRADE. A. P. Compactacion del suelo y sistemas de laboreo: Respuesta del crecimiento del girassol a la compactacion del suelo. Córdoba, 1992, 198 p.(Tesis Doctoral) - Universidade de Córdoba.
- ARRUDA, F. B. Uso da água na produção agrícola, In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. Anais, editado por A. Glauco. Campinas, Fundação Cargil, 1987. p. 177-99.

BOSWELL, V. R. DOOLITTLE, L. P. ; PUTZ, L. M. ; TAULOR, A. L. ; DANIELSON, L. L. & CAMBELL, R. E. Papper production, Washington, USA Agriculture Research Service, 1964. 39p. (Agricultural Information Bullentin, 276).

BROWER, R. Some aspects of the equilibrium between overground and underground plant parts. Medadeling : I.B.S., 1963. p. 31-39.

BUCKMAN, H. O. , BRADY, N. C. Natureza e propriedade dos solos. 4 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976. 594p.

CAIXETA, T. J. Estudo comparativo entre sistemas de irrigação por sulco e gotejamento e efeito da lâmina de água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão. Viçosa, 1978. 60p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

COBBE, H. B. Reavaliando as hortaliças. Horticultura Brasileira, Brasília, v.1, n.2, p.10-17, novembro, 1983.

COSTA, F. F. da. Efeito de déficits hídricos no crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L. r. *latifolium* Hutch.). Campina Grande, 1985, 92p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba

COSTA, R.C. L. ; LOPES, N. F. & OLIVA, M. A. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca de *Phaseolus vulgaris* L., submetido a três níveis de nitrogênio e dois regimes hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.26 p.1453-65, 1991.

DALE, J. E. The control of leaf expansion. Ann. Rev. Plant Physiol. Palo Alto, v. 39 p.267-295. 1988.

DAVIES, W. J. , ZHANG, J. Root signal and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. Plant Physiol. v. 42, p.55-76, 1991.

DOORENBOS, J. , KASSAN, A. H. Yield response to water. Irrig. drain. paper 33. FAO. ROME, 1979. 170P.

DUQUE, G. O Nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza, BNB, 1973. 239P.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLS, 1979.

ESAU, K. Plant anatomy, New York: John Wiley, 1965. 753p.

ESPINOZA, W. Resposta de doze cultivares de milho ao deficit hídrico num Latossolo Vermelho - Escuro de cerrados do Distrito Federal. Pesq. agrop. bras. v. 17, p.20-15, 1982.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2ed. rev. e ampl. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 337p.

FINGER, F. L. Efeitos de perda de água sobre a fisiologia de pós colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum*, L.) e banana (*Musa acuminata* Collo). Viçosa 1985. 51p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

FREIRE, A. L. O. Efeito do deficit hídrico sobre alguns aspectos biofísicos, bioquímicos e no desenvolvimento do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Lavras, 1990, 84p. (Dissertação de Mestrado) - ESAL

GIMÉNEZ, C. Resistencia a sequia de cultivares de girasol bajo condiciones de campo. Córdoba, 1985, 190p. (Tesis Doctoral) - Universidade de Córdoba.

GOLLAN, T. , PASSIOURA, J. B. , MUNNS, R. Soil water status affects stomata conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. Australian Journal of Plant Physiology. p.459-464. 1986.

HARGREAVES, G. H. Climatic and irrigation requirements for Brazil. Logan, Utah State University, 1976. 44p.

HOFFMAN, G. J., RWALINGS, S. L., GARBER, M. J. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. Agron. J., Madison, v.63, p. 822-826, 1971.

HSLAO, T. C. Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. v 24, p.519-570. 1973.

HUGHES, H. D. , METCALFE, D. S. Crop production. 3 ed. New York, Mcmillan, 1972. 627p.

IUCHI, T. Crescimento da planta e do fruto de morangueiro (Fragaria ononosa Dech.) em diferentes regimes hídricos. Viçosa, , 1983. 187P. (Tese Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

JANUARIO, M. Balances hídricos e de energia e a resposta fisiológica para a cultura de trigo. Piracicaba, 1992. 111P. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de São Paulo.

KLAR, A. E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

KLEPPER, B. Origin, branching and distribution of roots systems. In: GREGORY, P. J., LAKE, J. V., ROSE, D. A. Root development and function. London: Cambridge University Press, 1987. p.103-124.

KOZLOWSKI, T. T. Water deficits and plant growth, New York: Academic Press, 1972. vol. 3.

KRAMER, P. J. Species differences with respect to water absorption at low soil temperatures. Amer. J. Bot. v.29, p.828-832, 1969.

KRAMER, P. J. Water relations of plants. London, Academic Press, 1983. P.48.

KRAMER, P. J. Changing concepts regarding plant water relations. Plant, Cell and Environment v.11, p.565-568, 1988.

LEVITT, J. Responses of plants to environmental stress. Water, Radiation, Salt, and Other Stresses. 2 ed. Academic Press, 607p. 1980.

LIMA, F. F. Efeito das características do solo, umidade e fertilização na absorção de nutrientes e produção do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). Campina Grande: UFPB/CCT, 1981. 78P. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba

MANFRON, P. A. Análise quantitativa do crescimento do cultivar AG 401 sob diferentes sistemas de preparo do solo e população de plantas. Piracicaba, 1985. (Dissertação de Mestrado) - ESAL

MEINZER, F. C., GRANTZ, D. A., SMIT, B. Root signals mediate coordination of stomatal and hydraulic conductance in growing sugarcane. Aust. j. Plant Physiol. vol. 12, p. 329-338. 1991.

MILDURN, J. A. Water flow in plants. New York: Univesty of Glasgow, 1979. 225p.

MILLAR, A. A. Documentos orientadores y metodológicos pra investigadores em riego. Brasília, CODEVASF, 1972. 36 p.

MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higer plants. Ann. Rev. Plant. Physiol. vol. 35, p. 319-329. 1984.

MUNNS, R. A leaf elongation assay detects an unknown growth inhibitor in xylem sap from wheat and barley. Aust. J. Plant. Physiol., v.19, p. 127-135. 1992.

OERTLI, J. J. Effect of external salt concentration on water relation in plants. II. Effect of the osmotic differential between external medium and xylem on water relations in the entire plant. Soil Sci., v.102, p.258-263. 1966.

O'LEARY, J. W. Development and reversal of plant responses to salinity and water stress. In: Plant morphogenesis as the basis for scientific management of range resources. Proc. Workshop U. S. Australia Rangelands Pan. Aps/ Usda, p.14-24. 1974.

OLIVEIRA, M. S. de. Efeito do déficit hídrico no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Eriparsa. Lavras, 1987, 60p. (Dissertação de Mestrado) - ESAL

PÁDUA, J. G., CASALI, V. W. D., PINTO, C. M. F. Efeitos climáticos sobre pimentão e pimenta. In Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.10, n.113, p. 11-13, maio, 1984.

PASSIOURA, J. B. Root signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. Aust. J. Plant. Physiol. v.15, p.687-693. 1988.

PORTAS, C. A. M & TAYLOR, H. M. Growth and survival of plants in dry soil. Soil Sci. V.121, p.170-175. 1976.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.

PEREIRA, A. L. Cultura do pimentão. Fortaleza, DNOCS, 1990, 50p.

PRISCO, J. T. Efeitos da salinidade na germinação de sementes e no crescimento das plantas. In: reunião sobre a salinidade em áreas irrigadas, 1, 1978, Fortaleza. Anais ... Fortaleza: Ministério do Interior, 1978. p.64-112.

REVEN, P. H. , EVERT, R. F., CURTIS, H. biology of plants. 2 ed. Worth Publishers, Inc. New York, 1976.

ROOCK, C. D & ZEEVAART, J. A. Acido abscísico. In: Azcon-Bieto, J. , Talon, M. Fisiología y bioquímica vegetal. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana, 1993. p. 327-342.

RUSSEL, R. S. Mechanical impedance of root growth. In: Plant root sustens: their fuction and interaction with the soil. London. McGraw-Hill Book Company, p.169-190. 1977.

SAAB, I. N. ; SHARP, R.E. ; PRITCHARD, J. & VOETBERG, G. S. Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibits shoot growth of maize seedlings at low water potentials. Plant Physiol. v. 93, p. 1329-1336. 1990.

SÁNCHEZ-DÍAZ, M. Estado hídrico y metabolismo vegetal: Avances y problemas. Sociedad Española de Fisiología Vegetal. Boletín 15. p.11-118. 1991.

SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. Notas técnicas. Summa Phytopathologia, v.1, p.231-233. 1975.

SCALOPI, E. J. Efeitos de défices hídricos em diferenrtes estágios fenológicos da batata (Solanum tuberosum, L.). Botucatu. 1973. 104P. (Tese de Doutorado) - FCMBB.

SCOTT, H. D., FERGUSON, J.A ., WOOD, L.S. Water use, yield and dry matter accumulation by determinate soybean grown in a humid region. Agronomy Jornal, Madison, v.79, p.870-5, 1987.

SHARP, R. E., DAVIES, W. J. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water. In: JONES, H. G. , FLOWERS, T. J., JONES, M. B. Plant under stress: Biochemistry and ecology and their application to plant improvement. Cambridge University Press, Cambridge. 1989. p.71-93.

SILVA, J. G. Influência da irrigação no crescimento e produção do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Piracicaba, 1972, 96p. (Dissertação de Mestrado) - Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz".

SING, S. & SKIVASTAVA, K. K. Effects of soil-water potencial on germination of sugarcane setts. Indian J. Agric. Sci. v. 44, p. 184-187. 1974.

SING, P. , WOLKEWITZ, J. , KUMAR, R. Comparative performance of different crop production functions for wheat (*Triticum sativum* L.). São Carlos, 1984. 101p. (Tese de Doutorado) - Universidade de São Carlos

SIONIT, N., GHORASHY, S. R. , KHERADANAN, M. Effect of soil water on growth and yield of sunflower. J. Agric. Sci. , v.81, p.113-116. 1973

SLATYER, R. O. The influence of progressive increases in total soil moisture stress on transpiration, growth and interaál water relationships of plant. Aust. J. Biol. Sci., East Melbourne, v.10, p.320-336. 1957.

SOUZA, J. G. Influência do deficit hídrico na concentração de prolina livre e no crescimento de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.). Fortaleza, , 1977. 68p.
(Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Ceará

SOUZA, J. G. ; BARREIRO NETO, M. ; SILVA, J. B. V. & GILES, J. A.
Estudos de parâmetros fisiológicos para a resistência ao algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, L) à seca. Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1982. 20p.
(EMBRAPA/CNPA, Documento, 16).

TAIZ, L., ZEIGER, E. Stress physiology. In: Plant Physiology. Benjamin/Cummings Publising, California. p. 350-370. 1991.

TERNES, M. Transmisión de senales desde la rais à la parte aerea de girassol bajo estres mecánico. Córdoba, 1995, 147p. (Tesis Doctoral) - Univerddidade de Córdoba.

VAN DER HONERT, T.H. Water transport as a catenary process, Faraday Soc. Disc. nº 3, p.146-153, 1948.

WINTER, E. J. A água o solo e a planta. São Paulo EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, 1976. 169p.

7. ANEXOS

Tabela 10. Resumo da análise de variância da área foliar da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADO MÉDIO			
		61	82	96	118
Tratamentos	3	467232,87**	2982417,25**	1995993,37**	3299487,00**
Resíduos	8	26209,05	73420,00	149264,50	251629,87

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 11. Resumo da análise de variância da altura da planta da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADO MÉDIO			
		61	82	96	118
Tratamentos	3	318,53**	482,11**	279,07*	409,00 ^{ns}
Resíduos	8	8,54	25,91	46,68	120,58

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo

Tabela 12. Resumo da análise de variância do número de folhas da cultura do pimentão, em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADO MÉDIO			
		61	82	96	118
Tratamentos	3	88,33**	660,08**	371,19*	574,97*
Resíduos	8	7,33	22,50	84,92	95,25

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 13. Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADO MÉDIO			
		61	82	96	118
Tratamentos	3	9,96**	165,71**	3336,21**	596,78**
Resíduos	8	0,79	3,68	10,78	32,81

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 14. Resumo da análise de variância da matéria seca das raízes da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADO MÉDIO			
		61	82	96	118
Tratamentos	3	596,78**	3,81**	2,40*	6,97*
Resíduos	8	32,82	0,22	1,19	1,56

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 15. Resumo da análise de variância da matéria seca da raiz/parte aérea da cultura do pimentão em diferentes níveis de água disponível do solo. Quadrado médio para os resultados das épocas de coletas, aos 61, 82, 96 e 118 dias do ciclo da cultura.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	QUADRADO MÉDIO			
		61	82	96	118
Tratamentos	3	0,001 ^{ns}	0,006*	0,035*	0,015**
Resíduos	8	0,002	0,001	0,007	0,002

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo