

[REDACTED]

RESPOSTAS DE DUAS CULTIVARES DO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L)
Walp.) BR-1 E EPACE-1 AO ESTRESSE HÍDRICO E REIDRATAÇÃO.

[REDACTED]

ADAUTO TEIXEIRA DE MELO

[REDACTED]


DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

[REDACTED]


FORTALEZA-CEARÁ

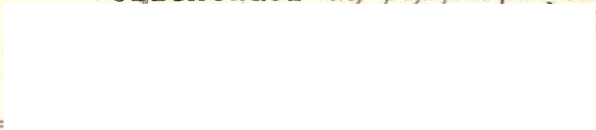
Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

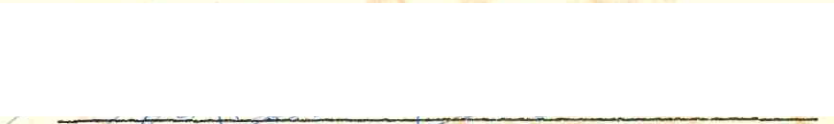
A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.



Adauto Teixeira de Melo

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 04 / 08 / 89


Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, Ph.D.
- Orientador da Dissertação -


Francisco Luciano de Paiva, Doutor
- Conselheiro -


José Osório Costa, MS
- Conselheiro -


Moisés Custódio Saraiva Leão, Ph.D.
- Coordenador do Curso -

A utilização da ciência com consciência e humildade,
proporciona ao homem vislumbrar infinitos horizontes para o
entendimento da engenharia da vida.

Aos meus pais, filhos, irmãos, cunhados, sobrinhos e
demais familiares e amigos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À EMATER-RN - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte, é à EMBRATER - Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural, pela minha liberação e oportunidade de realizar este curso, inclusive concedendo-me apoio financeiro.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, através de seus professores e dirigentes, pela acolhida, orientação e ensinamentos ministrados, os quais norteiam as nossas tomadas de decisões a nível de campo junto as unidades produtivas rurais.

Ao Professor LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA, pela excelente orientação, compreensão, dedicação e apoio.

Aos Professores FRANCISCO LUCIANO DE PAIVA e JOSÉ OSÓRIO COSTA pelos incentivos, sugestões e apoio.

Aos pesquisadores IVAN MARTINS DE ALBUQUERQUE, FERNANDO MONTEIRO DE PAULA e a Técnica em Laboratório MARIA DAS GRAÇAS DA CRUZ PEREIRA, pela cooperação e esforço empreendidos nas coletas e análises procedidos em laboratórios.

À Professora do Laboratório de Estatística e Matemática Aplicada ROSA MARIA SALANI MOTA pela análise estatística dos dados deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola LUCIO DE VASCONCELOS E SILVA, FRANCISCA WILLA DA SILVA CUNHA e GERALDA DE CARVALHO FEITOSA, pela amizade e prestaza.

Aos colegas do curso, pela base sólida de um convi-

vio amigável e sincero.

À todos que contribuíram de alguma forma material e espiritual para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE TABELAS</u>	ix
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	xi
<u>RESUMO</u>	xv
<u>ABSTRACT</u>	xvii
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	4
2.1 - <u>Conceito de seca</u>	4
2.2 - <u>Resistência de plantas à seca</u>	5
2.3 - <u>Alterações fisiológicas induzidas pelo estresse hídrico</u>	7
2.4 - <u>Efeitos do estresse hídrico sobre as culturas</u>	11
2.4.1 - <u>Feijão Phaseolus e Vigna</u>	11
2.4.2 - <u>Outras culturas</u>	18
3 - <u>OBJETIVO DO PRESENTE TRABALHO</u>	22
4 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	22
4.1 - <u>Condições de cultivo</u>	22
4.2 - <u>Determinação do potencial hídrico</u>	24
4.3 - <u>Determinação do teor de clorofila</u>	24
4.4 - <u>Determinação do teor de proteína</u>	26
4.5 - <u>Determinação do teor de lipídios totais</u>	27
4.6 - <u>Determinação do nível de peroxidação de lipídios</u>	28

	Página
4.7 - <u>Determinação do crescimento total da área foliar</u>	29
4.8 - <u>Determinação do peso específico das folhas</u> ...	32
4.9 - <u>Determinação da relação parte aérea/raiz</u>	33
4.10 - <u>Determinação da produtividade biológica</u>	33
4.11 - <u>Delimitação do experimento</u>	34
5 - <u>RESULTADOS</u>	35
5.1 - <u>Potencial hídrico</u>	35
5.2 - <u>Teor de clorofila</u>	36
5.3 - <u>Teor de clorofila a</u>	39
5.4 - <u>Teor de clorofila b</u>	44
5.5 - <u>Teor de proteína</u>	47
5.6 - <u>Teor de lipídios totais</u>	50
5.7 - <u>Níveis de peroxidação dos lipídios</u>	53
5.8 - <u>Peso específico das folhas</u>	56
5.9 - <u>Relação parte aérea/raiz</u>	59
5.10 - <u>Taxa de crescimento relativo</u>	62
5.11 - <u>Taxa de assimilação líquida</u>	62
5.12 - <u>Crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado</u>	65
5.13 - <u>Crescimento da área de folhas trifoliadas</u> ..	68
5.14 - <u>Crescimento da área de folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1</u>	71
6 - <u>DISCUSSÃO</u>	77
7 - <u>CONCLUSÃO</u>	89
8 - <u>LITERATURA CITADA</u>	95

9 - ANEXO - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO ... 103

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Variações no potencial hídrico das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	37
2	Variação no teor de clorofila (mg.g ⁻¹ PS) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	40
3	Variações no teor de clorofila a (mg.g ⁻¹ PS) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	42
4	Variações no teor de clorofila b (mg.g ⁻¹ PS) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	45
5	Variações no teor de proteína (mg.g ⁻¹ PS) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	48
6	Variações no teor de lipídios totais (mg.g ⁻¹ PS) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	51
7	Variações no nível de peroxidação dos lipídios (mg.g ⁻¹ PS) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	54

TABELA

Página

8	Variações no peso específico das folhas (g.dm^{-2}) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1) ..	57
9	Variações na relação parte aérea/raiz das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	60
10	Variações na taxa de crescimento relativo (TRC) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1) ..	63
11	Variações na taxa de assimilação líquida (TAL) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1) ..	66
12	Variações no crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	69
13	Variações no crescimento da área foliar nas 4as e 5as folhas trifoliadas da cultivar BR-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	72
14	Variações no crescimento da área foliar nas 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Variações no potencial hídrico das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	38
2	Variações no teor de clorofila das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	41
3	Variações no teor de clorofila a das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	43
4	Variações no teor de clorofila b das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	46
5	Variações no teor de proteína nas cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	49
6	Variações no teor de lipídios totais nas cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos	

FIGURA		Página
	irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	52
7	Variações no nível de peroxidação de lipí- dios das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tra- tamentos irrigado e não irrigado. A seta in- dica o reinício da irrigação	55
8	Variações no peso específico das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	58
9	Variações na relação parte aérea/raiz das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	61
10	Variações na taxa de crescimento relativo das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamen- tos irrigado e não irrigado. Primeiro pe- ríodo de 0º ao 7º dia (irrigação suspensa) e segundo período de 7º ao 14º dia (reini- ciada a irrigação)	64
11	Variações na taxa de assimilação líquida das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamen- tos irrigado e não irrigado. Primeiro pe- ríodo de 0º ao 7º dia (irrigação suspensa) e segundo período de 7º ao 14º dia (reini- ciada a irrigação)	67

FIGURA

Página

12	Variações no crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	70
13	Variações no crescimento da área foliar nas 4as e 5as folhas trifoliadas da cultivar BR-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação .	73
14	Variações no crescimento da área foliar nas 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação	75

ABREVIATURAS

- CaCO₃ - Carbonato de cálcio
- D.O₆₄₅ - Densidade ótica determinada a 645 nm
- D.O₆₆₃ - Densidade ótica determinada a 663 nm
- KCl - Cloreto de potássio
- MPa - Megapascal (1 MPa = 10 bar = 9,87 atm)
- PS - Peso seco
- TAL - Taxa de assimilação líquida
- TCR - Taxa de crescimento relativo

RESUMO

Experimento foi conduzido em casa de vegetação para avaliar as respostas de duas cultivares do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) BR-1 e EPACE-1 ao estresse hídrico e reidratação. Aos trinta dias após a semeadura, iniciou-se o período experimental quando foi suspensa a irrigação de um grupo de plantas (tratamento não irrigado), até que exibissem sinais de severa murcha, enquanto outro grupo continuou sendo irrigado (tratamento irrigado) quando foram realizadas todas as coletas experimentais. Sete dias após a suspensão da irrigação, as plantas estressadas foram novamente irrigadas e as amostras coletadas 24 horas e 7 dias após. Embora, quando mantidas estressadas tenham sofrido sensíveis reduções em seus valores de potencial hídrico, com a BR-1 chegando a -1,3 MPa e a -1,5 MPa, após o reinício da irrigação as plantas de ambas cultivares recuperaram o seu potencial hídrico para valores aproximadamente iguais aos observados no tratamento irrigado. Estes resultados mostraram que os níveis de estresse hídrico não foram capazes de causar danos irreversíveis aos processos fisiológicos de absorção e transporte de água pelas plantas. Quando as plantas foram mantidas estressadas, ambas as cultivares apresentam valores nos teores de clorofila, de proteína e de lipídios totais, sempre inferiores aos observados no tratamento irrigado. O estresse hídrico, em ambas as cultivares, induziu maiores níveis de peroxidação dos lipídios das membranas.

Em ambas as cultivares, quando irrigadas, os valores do peso específico das folhas e da relação parte aérea/raiz, embora com pequenas diferenças, foram sempre superiores aos observados no tratamento não irrigado. As cultivares estudadas quando estressadas, sofreram diminuição no crescimento da área foliar total, nas taxas de crescimento relativo e de assimilação líquida. No entanto, a capacidade de recuperação destes e dos demais parâmetros fisiológicos após a reidratação indicam que as cultivares BR-1 e EPACE-1, apresentaram grande tolerância protoplasmática ao estresse hídrico.

ABSTRACT

Experiment was conducted in a greenhouse to evaluate the responses of two cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars BR-1 and EPACE-1 to water stress and rehydration. Thirty days after sowing the experimental period was started when irrigation was withheld on a group of plants (non-irrigated treatment) until they showed signs of severe wilting while another group was kept irrigated (irrigated treatments until) all samples were collected. Seven days after irrigation has been withheld, stressed plants were irrigated and samples were collected 24 hours and 7 days thereafter. Although stressed plants presented significant reductions in water potential, BR-1 reaching -1.3 MPa and EPACE-1 as low as -1.5 MPa, after rehydration both cultivars recovered reaching water potential values close to those observed in the irrigated treatment. These results indicated that the level of water stress was not able to induce irreversible damages to physiological processes of water absorption and translocation. Water stressed plants of both cultivars presented lower amounts of chlorophyll, protein and total lipids than those observed in well-watered plants. In both cultivars, water stress induced a great level of membrane lipid peroxidation. Irrigated plants of both cultivars presented slightly greater values of leaf specific weight and shoot/root ratio than those observed in water stressed plants. Both cultivars under water stress conditions reduced

total leaf area growth, relative growth rate and net assimilation rate. However, the capability of recovery upon rehydration of all these and other physiological parameters studied indicated that both cultivar had a great protoplasmic tolerance to water stress.

1 - INTRODUÇÃO

A importância de estudos sobre modificações morfológicas e fisiológicas que ocorrem nas culturas, quando submetidas ao estresse hídrico, se evidencia pelo fato da água desempenhar importante função na ontogênese das plantas e distribuições dos vegetais na superfície da terra.

A água tem importância tanto qualitativa como quantitativa no metabolismo vegetal, constituindo cerca de 80 a 90% do peso fresco da maioria das plantas herbáceas e cerca de 50% do peso fresco das plantas lenhosas. A água é um importante constituinte do protoplasma. Uma redução no seu conteúdo, além de um determinado valor crítico, é acompanhada por mudanças estruturais, podendo culminar com a morte de plantas (KRAMER, 1983).

A disponibilidade de água em níveis inferiores ao requerido pela planta, possibilita a sua sobrevivência, sem contudo proporcionar-lhe alto rendimento biológico. Elevadas produções são obtidas quando o suprimento adequado de água está disponível nos períodos críticos de desenvolvimento vegetal, o que implica dizer que tanto a carência como o excesso de água são prejudiciais às culturas. A não ser em situações muito especiais, essencialmente, toda água contida na planta provém do solo, sendo absorvida na região de crescimento e desenvolvimento da raiz. Em razão da perda de água causada pela demanda evaporativa a que estão submetidas, as plantas precisam de uma absorção contínua de água para man-

ter um nível adequado de hidratação dos tecidos necessário ao crescimento e até mesmo a sobrevivência. As condições ideais para a assimilação de CO_2 para o interior da planta através da fotossíntese se mostram também altamente favoráveis a perda de água em forma de vapor através da transpiração. Como uma maneira de reconciliar estas duas prioridades opostas, surgiram as estruturas diferenciadas de vasos condutores de água e solutos, bem como a cutícula e os estômatos. Através dessas estruturas, a água forma uma fase líquida contínua no interior da planta, estendendo-se dos pelos radiculares à epiderme das folhas, permitindo uma intensa atividade de translocação. Dependendo das condições do solo, esta fase líquida pode se estender através da planta até os locais da evaporação, difundindo-se para a atmosfera em forma de vapor. Todas essas vias de translocação de água definem o "continuum" solo-água-planta.

Em regiões onde a precipitação pluviométrica é abundante e bem distribuída, ocorre uma vegetação exuberante. Todavia, em regiões semi-áridas, como por exemplo, o nordeste brasileiro, a escassez de chuva pode formar áreas com vegetação de porte reduzido, resistente à seca e até mesmo desérticas. Na zona semi-árida do nordeste brasileiro, a ocorrência de seca caracteriza-se geralmente, pela escassez e má distribuição das chuvas, transformando a agricultura de sequeiro numa atividade de alto risco e baixa renda líquida, desfavorecendo a permanência dos agricultores no campo e consequentemente causando o êxodo das populações rurais para as zonas urbanas.

A tecnologia de irrigação, quando bem dimensionada,

em regiões áridas e semi-áridas, bem como em regiões úmidas, torna a agricultura uma atividade empresarial rentável e atrativa.

A partir dos dados levantados através do presente estudo, informações auxiliares importantes poderão surgir para uma melhor compreensão no dimensionamento de fatores relacionados com a irrigação e com resposta a importantes questões, tais como: quando irrigar, quanto de água deve ser aplicada e como aplicar a água.

Sendo o caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) uma leguminosa de expressiva participação na alimentação humana e animal como fonte fornecedora de proteína, sua importância econômica e social se torna evidente para o Brasil e particularmente para o Nordeste. No Ceará, em particular as cultivares BR-1 e EPACE-1, são cultivadas tanto em condições de agricultura de sequeiro como irrigadas, o que justifica o estudo de parâmetros fisiológicos e agrônômicos indicadores de resistência à seca e de eficiência de uso de água.

Como resultado deste trabalho, serão geradas informações básicas primordiais de fundamental importância para uma segunda etapa de pesquisas com essas cultivares a nível de campo, objetivando a obtenção de melhor eficiência no manejo e uso de água.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Conceito de seca

Embora não exista consenso universal em suas definições, o termo resistência a seca, geralmente é usado para descrever as espécies de plantas adaptadas à seca ou condições áridas (LEVITT, 1956), citado por MEDERSKI & JEFFERS (1973). Em geral, o termo seca, é usado para designar a ocorrência de substancial déficit de água no solo, planta ou atmosfera (HALL et al., 1979).

A seca não precisa necessariamente ser prolongada para afetar uma cultura. De fato, uma seca ou estresse hídrico para um mesmo período de tempo, só terá algum efeito se o estresse hídrico for suficientemente intenso (SWINDALE & BIDINGER, 1981). LINSLET et al. (1959) citados por SWINDALE & BIDINGER (1981), definiram a seca como um período de tempo sem chuvas significativas. Esta definição poderia provavelmente se ajustar a maioria das idéias das pessoas sobre a seca, uma vez que, elas combinam tempo e deficiência de chuvas. Por sugestões de KATZ & GLANTZ (1977) citados por SWINDALE & BIDINGER (1981), haveria uma definição meteorológica e uma agrícola para a seca. A seca meteorológica poderia ser definida como aquele período de tempo onde a quantidade de precipitação é menor do que a percentagem média obtida em muitos anos anteriores. Uma seca agrícola, por outro lado, poderia

ser definida em relação ao desenvolvimento periódico da vege
tação.

2.2 - Resistência de plantas à seca

Plantas resistentes à seca são aquelas capazes, durante o processo de ontogênese, de se adaptarem à seca e alcançar, apesar disso, o crescimento, desenvolvimento e reprodução normais, mediante certas propriedades que se tenham originado no decurso da evolução sob influência de fatores do meio. A resistência à seca numa planta não se desenvolve como uma curva ascendente, mas cai abruptamente durante o período de formação dos órgãos reprodutivos (HENKEL, 1961). Parece lógico assumir que durante este período crítico se verifica uma grande reconstrução interna da planta, devido aos processos de desenvolvimento se concentrarem na zona de formação dos órgãos reprodutivos. Ao mesmo tempo, há mudanças nas propriedades químico-coloidais: a elasticidade e viscosidade do protoplasma e metabolismo diminuem. Todas essas mudanças aumentam os requerimentos de água pela planta, induzindo uma baixa resistência ao calor e a desidratação dos tecidos.

Para MAY & MILTHORPE (1962), as resistências à seca e ao calor, dependem essencialmente da manutenção de um alto conteúdo interno de água na planta. Portanto, resistência e sobrevivência à seca devem resultar de um alto conteúdo interno de água, mantido pelo aumento da taxa de absorção re-

sultante do aprofundamento do sistema radicular ou redução da taxa transpiratória e pela habilidade da planta de resistir a um baixo conteúdo interno de água e recuperar-se e crescer rapidamente quando a umidade do solo for restituída.

Sendo adequado o teor de água no solo, a velocidade da transpiração das plantas depende das condições ambientais circundantes. Ocorrendo uma maior velocidade de perda de água por transpiração do que a absorção de água pela planta haverá tendência para o fechamento dos estômatos e consequentemente redução da fotossíntese (PENMAN, 1963). Em épocas diferentes, estudos conduzidos por RAWSON et al. (1977) estabeleceram que diferenças de umidade entre a folha e o ar, exerceram pronunciados efeitos no mecanismo estomático de diversos tipos de plantas. LUDLOW (1980) observou evidência de que, nos vegetais, a manutenção da turgescência ocorre como mecanismo de adaptação à seca, especialmente como meio de manter o processo de abertura dos estômatos e da atividade fotossintética. A insuficiência ou excesso de água ocasiona o estresse hídrico das plantas terrestres. Entretanto, quando ocorre a falta de água, esta insuficiência é denominada de estresse por déficit hídrico ou seca ou simplesmente de estresse hídrico (LEVITT, 1980).

Segundo TURK & HALL (1980a) a resistência à seca está dividida em dois componentes: escape à seca - utilizada para indicar o grau de "status" de água que a planta mantém na presença de uma seca ambiental, e "tolerância à seca" que define a capacidade da planta para resistir à seca mantendo as suas funções fisiológicas em nível satisfatório, apesar do déficit hídrico.

2.3 - Alterações fisiológicas induzidas pelo estresse hídrico

A síntese de proteínas é considerada como um dos processos mais sensíveis ao estresse hídrico em plantas (SHAH & LOOMIS, 1965). Isto foi confirmado pelo estudo de aminoácidos incorporados às proteínas em formação nos tecidos previamente estressados (BEN-ZIONI et al., 1967). Pode-se explicar a diminuição do teor de proteínas nos tecidos foliares estressados devido a um processo de hidrólise e uma redução na síntese de proteína graças a um decréscimo considerável de energia livre disponível, resultante da redução das atividades respiratória e fotossintética. A diminuição do teor de ATP, induzida pelo decréscimo destes dois processos metabólicos, leva a uma redução na síntese de proteínas.

O estresse hídrico reduz a taxa de fotossíntese indiretamente pelo fechamento dos estômatos, aumentando a resistência ao fluxo de CO₂ para os cloroplastos e diretamente pelas modificações causadas nos processos bioquímicos (SLATYER, 1967). Após prolongado déficit hídrico, o metabolismo das plantas apresenta profundas alterações que conduzem a um desenvolvimento insatisfatório e à queda na produção (KOZLOWSKI, 1972). O crescimento celular não pode ocorrer sem a síntese concomitante de membranas, organelas, proteína e material da parede celular, e é sempre acompanhado por diferenciação a nível subcelular. É conhecido o fato de que é necessário um potencial de turgescência mínimo para o crescimento celular. Após a divisão celular e quando a célula está metabolicamen-

te preparada para crescer, a manifestação de um potencial de turgescência acima de um valor crítico é necessário para que os processos finais de expansão se verifiquem, sendo o crescimento celular extremamente sensível a pequenos déficit hídrico (HSIAO, 1973).

A desidratação dos tecidos foliares pode causar alterações na taxa de fotossíntese uma vez que as trocas gasosas dependem da abertura dos estômatos e esta é controlada pela turgescência das células guardas e células epidérmicas adjacentes. Entretanto, o fechamento dos estômatos requer um valor de potencial hídrico mais baixo do que aquele necessário para inibição do crescimento celular (SMART & BINGHMA, 1974). Os estômatos quando se fecham induzem uma redução da taxa de fotossíntese pela diminuição do fluxo de CO_2 , decréscimo da translocação dos carboidratos e dos reguladores de crescimento, bem como pela alteração do metabolismo do nitrogênio (KRAMER, 1974). O estresse hídrico também provoca degradação dos lipídios das membranas celulares. A peroxidação dos lipídios é um processo complexo que ocorre em animais e vegetais. Ela envolve a formação e propagação de radicais de lipídios, a liberação de oxigênio, um rearranjo de duplas ligações em lipídios insaturados e a eventual destruição dos lipídios das membranas, produzindo uma grande variedade de resíduos, incluindo álcoois, cetonas, aldeídos e ésteres. DE PAULA (1985) determinou a ocorrência de peroxidação de lipídios das membranas de células das plantas de algodão quando submetidas ao estresse hídrico. A peroxidação do ácido linoleico, por exemplo, resulta na formação de até vinte produtos de degradação (GARDNER et al., 1974).

As plantas quando submetidas ao estresse hídrico experimentam modificações morfológicas, fenológicas e fisiológicas em diferentes graus de intensidade, dependendo do nível de desidratação dos tecidos e do estágio de desenvolvimento da cultura. Uma das respostas mais sensíveis das plantas ao estresse hídrico e portanto, primeiramente observada, é a redução do crescimento celular em virtude de estar relacionada com a turgescência, a qual decresce com a diminuição do potencial hídrico. Conseqüentemente, uma das primeiras alterações fisiológicas induzidas pelo estresse hídrico é a diminuição do crescimento foliar (HSIAO *et al.*, 1986). Embora o crescimento celular e por extensão o foliar, dependem claramente da existência de um potencial de turgescência mínimo, a relação é complexa, dependendo também da idade do tecido e das influências ambientais anteriormente experimentadas (KRAMER, 1983).

Alterações na composição dos lipídios das membranas levam a modificações na permeabilidade das mesmas, o que também pode alterar o nível dos metabólitos celulares. Em plantas submetidas ao estresse hídrico, a destruição da clorofila pode ser devida à peroxidação dos lipídios, pois é conhecida a ocorrência nestas plantas de hidroperóxidos de ácidos graxos. Desta forma, o declínio do conteúdo de clorofila pode ser, em parte, devido à peroxidação dos lipídios das membranas dos cloroplastos (PEISER & YANG, 1978).

Segundo RAISON (1980), as membranas celulares desempenham um importante papel na manutenção da integridade do metabolismo celular, possuindo três funções consideradas como de grande importância: (a) constituir-se em barreira com

permeabilidade seletiva entre dois compartimentos aquosos; (b) formar um meio estável e fluido para as reações que envolvem reagentes lipofílicos e fornecem uma matriz para proteínas ativas que catalizam uma variedade de reações, incluindo as reações envolvidas na transmissão de energia; (c) fornecem um limite flexível entre a célula ou organela e o meio circundante, a qual, em combinação com as proteínas a elas associadas tem a capacidade de transmitir informações do meio externo para o interior da célula ou organela. Cada uma destas funções requer que a membrana seja estável para funcionar como barreira com permeabilidade seletiva e ao mesmo tempo suficientemente fluida para suportar mudanças no volume aparente da célula ou organela. O modelo mosaico-fluido, proposto por SINGER & NICHOLSON (1972), descreve a membrana como uma dupla camada de compostos de natureza anfipáticos contendo lipídios complexos associados com proteínas. A dupla camada de lipídios fornece a impermeabilidade para as moléculas polares e grandes moléculas não polares, enquanto que as proteínas catalizam os processos de transporte e transmissão das reações. Os lipídios formam a maior parte da área de superfície das membranas. Estudos das camadas duplas de lipídios e das proteínas das membranas mostraram que o estado físico dos lipídios exercia forte influência sobre a estrutura e função das proteínas. Embora tais estudos forneçam uma base para o entendimento do mecanismo de interação entre lipídios e proteínas, eles precisam ser suplementados com maiores informações sobre as relações entre a estrutura dos lipídios e a função das membranas para fornecerem um melhor entendimento do significado fisiológico dessas interações.

2.4 - Efeitos do estresse hídrico sobre as culturas

2.4.1 - Feijão *Phaseolus* e *Vigna*

O feijão *Phaseolus vulgaris* L. variedade "buch blue lake", cultivado em condições de campo e solo arenoso, durante um período seco, foi analisado e apresentou que a transpiração e a taxa de produção de matéria seca cresceram de forma parabólica com o potencial hídrico do solo (MILLAR & GARDNER, 1972). Quando o potencial hídrico do solo decresceu de -0,28 para -0,40 bar, a redução da produção de matéria seca foi de 47%, estando relacionado com o mecanismo operacional do estômato e pressão de turgescência. A resistência adaxial do estômato cresceu quando o potencial hídrico da folha baixou para -8 bar, conseqüentemente, a taxa de produção de matéria seca também decresceu. Isto vem comprovar que o estômato fecha durante o estresse hídrico, resultando numa grande redução da taxa de transpiração da planta.

Em feijão *Phaseolus vulgaris* L., potenciais hídricos inferiores a -5 bar podem retardar o aparecimento de clorofila pela redução da taxa de formação do complexo proteína-clorofila a/b e diminuir o acúmulo de clorofila b (ALBERT et al., 1975).

O caupi (*Vigna unguiculata*) que apresenta diversos tipos de sementes, é usado como legume e/ou vegetal forrageiro nos trópicos, com cinco subespécies interférteis, sendo duas selvagens, todas reprodutivamente isolada de outras

espécies de *Vigna*. É a subespécie mais importante economicamente (neolítica domesticada no Oeste da África Ocidental) e especialmente importante na contribuição como fonte de proteínas de suas sementes para a dieta alimentar na África e na Índia, que consiste basicamente de cereais (STEELE & MEHRA, 1980). O gênero *Vigna* é da tribo Phaseolus, planta tropical, composta de 160 espécies, sendo a maior parte africana.

No Oeste da África, as populações locais de caupi desenvolvidas em fazendas, são plantadas largamente no começo das chuvas, e geralmente começam a floração no final das chuvas, em algumas localidades. Entretanto, em relação ao início das chuvas, observou-se que a medida que se deslocava na direção Norte, se constatava uma precocidade na floração de algumas variedades locais de caupi, o que é atribuído ao efeito do fotoperiodismo, apesar da variação desse mecanismo em diferentes latitudes ainda não estar bem elucidado (WIEN & SUMMERFIELD, 1980). Em estudos desenvolvidos em casa de vegetação, para determinar a influência da temperatura noturna e diurna foi concluído que embora muitas respostas de floração tenham sido influenciadas pela temperatura mais baixa à noite, este fator, não variou suficientemente durante a estação de crescimento na maioria das cultivares de caupi, cultivadas no Oeste da África, para afetar significativamente o tempo de floração no campo.

A adaptação do caupi às condições adversas de clima, solo e sistema de cultivo que lhe permitiu produzir satisfatoriamente em relação as outras leguminosas, ainda não é bem conhecida (LIGON, 1958) citado por TURK et al. (1980a).

As primeiras tentativas para conhecer a resposta do caupi à seca tem produzido resultados conflitantes especialmente quando se faz uma comparação entre aqueles procedentes de ensaios a nível de campo e de casa de vegetação (HILLER et al., 1982; CLARK & HILLER 1973; SUMMERFIELD 1976a e WIEN et al., 1979) citados por TURK et al. (1980a).

Estudos de campo conduzidos para determinar as respostas do caupi ao déficit hídrico de diferentes intensidades em distintas fases de crescimento, mostraram que a escassez hídrica nos estádios de floração e frutificação reduziu substancialmente a produção de grãos. Uma recuperação parcial dos rendimentos, no entanto, foi observada quando o déficit hídrico causou abscisão de todas as flores e as condições ambientais subsequentes, associadas ao reinício das irrigações permitiram o surgimento de novas flores capazes de produzirem vagens (TURK et al., 1980a). Diferenças marcantes na produção, quando o déficit hídrico ocorreu ao estágio vegetativo, não foram observadas (TURK et al. 1980d). A eficiência no uso da água por parte do caupi melhorou com um déficit moderado, especialmente no estágio vegetativo. Encontrou-se, também, uma relação linear entre a produção de semente e o uso relativo da água no início da floração à colheita (TURK & HALL, 1980c).

Os mecanismos de adaptação do caupi às condições de altas tensões de umidade do solo e elevada demanda atmosférica foram estudados por TURK & HALL (1980a) com o propósito de verificar seus efeitos na absorção de água e suas relações em diferentes estádios de crescimento vegetativo. Estes autores verificaram que essa adaptação deve-se ao meca-

nismo de ajustamento do potencial de turgescência do xilema e osmótico da folha que regulam a perda de água pelas plantas. Em trabalho posterior TURK & HALL (1980b) observaram que o decréscimo no potencial de turgescência do xilema resultou numa progressiva redução do índice de área foliar, matéria seca dos brotos e número de folhas jovens, sendo que a área foliar total foi afetada com maior intensidade nas folhas jovens. Constataram ainda que, embora possam ter causado uma redução na produção de grãos, essas respostas das plantas à seca podem ser responsável pela sua alta capacidade de tolerância a falta de água.

Estudando o efeito do estresse hídrico em três estádios de desenvolvimento da cultura do caupi, TURK & HALL (1980c) verificaram que a redução da área foliar no estágio vegetativo ocorreu concomitantemente ao incremento do peso específico da folha e que a correlação negativa entre este parâmetro e a pressão de turgescência interna do xilema poderia ser um bom indicativo da manutenção do "status" de água na planta.

Trabalhando com a cultura do feijão, ROBINS & DOMINGO (1956) citados por TEARE & PEET (1983), verificaram que o estresse hídrico imposto durante o florescimento reduziu tanto o número de vagens como o número de sementes por vagens e que a falta de água anterior a colheita reduziu o peso das sementes. O estresse hídrico imposto no período de florescimento resultou em subsequente inibição da formação de flores na cultura do feijão (DUBETZ E MAHALLE, 1969) citados por TEARE E PEET (1983). Estes autores obtiveram reduções de 35, 53 e 71% quando esta cultura foi submetida ao

estresse hídrico de $-0,8$ MPa nos estádios de preflorescimento, florescimento, pós-florescimento, respectivamente. Entretanto, STOKER (1974), citado por TEARE & PEET (1983), conduzindo experimento com a cultura do feijão submetida ao estresse hídrico, em cinco diferentes estádios de desenvolvimento, não observou redução da produção quando o estresse hídrico ocorria no período de pós-florescimento.

Estudando os efeitos da concentração de CO_2 , radiação e crescimento do caupi e feijão mungo, submetido a três níveis de irrigação PHOGAT et al. (1984) concluíram, que em geral, o caupi teve maiores taxas de fotossíntese líquida, de respiração, de absorção de radiação fotossinteticamente ativa e crescimento do que o feijão mungo.

O feijão "tepariy" (*Phaseolus acutifolius* Gay variedade latifolius) resistente à seca e o feijão *Phaseolus vulgaris* L. cultivares "Pinto" e "White half runner" (WHR) mais susceptíveis à seca, foram cultivadas em condições de estresse hídrico, para melhor entendimento da superior resistência do "tepariy", através das relações entre o potencial hídrico das folhas, potencial osmótico, potencial de turgescência e o teor relativo de água (TRA). As plantas pré-estressadas tiveram um menor potencial hídrico do que as plantas controle para um mesmo TRA das folhas. O "tepariy" teve menor potencial hídrico em determinado nível de (TRA) do que o "Pinto" & WHR (PARSONS et al., 1984). Em todos os genótipos as plantas pré-estressadas mantiveram o potencial osmótico aproximadamente de $-0,2$ MPa, menor do que a planta controle. O "tepariy" alcançou potencial osmótico significativamente menores ($-0,15$ a $-0,25$ MPa) do que o "Pinto" & WHR. As

plantas do "tepariy", tanto estressada como controle tiveram 0,05 e 0,25 MPa de pressão de turgescência maior do que o "Pinto" & WHR e valores de TRA entre 65 e 80%. As plantas do feijão "tepariy", apresentaram também uma maior elasticidade do que o "Pinto" & WHR. Esta maior turgescência do "tepariy" em menores valores do TRA, poderia ainda ter sido causada por uma ativa acumulação de solutos. O feijão "tepariy" teve potenciais osmóticos significativamente menores do que o "Pinto", porém houve uma pequena diferença no potencial osmótico entre o "Pinto" & WHR. O conhecimento das diferenças nos potenciais osmótico e de turgescência entre as espécies poderia ser utilizado para a produção de uma espécie de *Phaseolus* resistente à seca.

Caupi e feijão mungo foram cultivados sob três diferentes níveis de irrigação. O feijão mungo manteve elevados valores de potencial hídrico das folhas, de potencial de turgescência, de condutância das folhas e de transpiração, porém uma menor eficiência no uso da água do que o caupi. No caupi, o potencial hídrico da folha estava relacionado linearmente com o potencial hídrico do solo, porém no mungo, o potencial hídrico do solo foi mais baixo durante os estádios de crescimento. Embora ambas as espécies tenham iniciado o fechamento dos estômatos em alta pressão de vapor, os estômatos do feijão mungo foram menos sensíveis ao estresse hídrico do que o caupi (PHOGAT et al. 1984). O caupi teve mais rápido crescimento, maior taxa de expansão foliar e consequentemente maior taxa de fotossíntese líquida, devido a sua menor sensibilidade ao déficit hídrico. Neste caso, sob condições de alta demanda evaporativa e suprimento irregular da

água, é proveitoso ter estômatos sensíveis às altas pressões vapor os quais, se adapte, lentamente durante o desenvolvimento do estresse hídrico, porém permaneçam abertos durante o período de disponibilidade de água. Tais sistemas de estômatos, capacitariam as plantas a manterem o seu desenvolvimento, mesmo durante o ciclo de redução de suprimento de água no solo, e recobrar rapidamente o crescimento, após a restauração do suprimento de água. Estes resultados são consistentes com os apresentados por (SINGH et al. 1975; KAMARA 1976; ALI & ALAM 1977; BALYAN & MALIK 1979) citados por PHOGAT et al. (1984).

Phaseolus vulgaris L. variedade "Pinto" e variedade "white half runner" (WHR) e *Phaseolus acutifolius* Gray, foram estudadas em casa de vegetação por MARKHART (1985) na tentativa de identificar as características superiores que contribuem para uma maior tolerância à seca do *Phaseolus acutifolius*. Foi constatado que os estômatos do *Phaseolus acutifolius*, fecham o potencial hídrico superior ao do *Phaseolus vulgaris*, retardando a desidratação do tecido foliar. *Phaseolus acutifolius* tem o sistema radicular com penetração mais profundo no solo o que contribui para essa sua maior tolerância à seca. Não houve diferença entre a relação parte aérea/raiz das duas espécies estudadas em condições irrigadas ou sob condições de estresse hídrico. O potencial osmótico foi também similar entre as duas espécies estudadas, não havendo evidência de ajustamento osmótico durante o estresse hídrico. Estes resultados indicam que o *Phaseolus acutifolius* retarda a desidratação e sugerem que a sensibilidade dos estômatos e uma penetração mais profunda do sistema

raiz

radicular, são características que, se incorporadas em cultivares do feijoeiro pode incrementar sua tolerância à seca.

2.4.2 - Outras culturas

No tomateiro, SLATYER (1967) observou que o incremento de peso seco cessou mais cedo do que o alongamento do caule, quando esta planta foi submetida à deficiência hídrica. Em sorja, MEDERSKI & JEFFERS (1973) observaram que o estresse hídrico do solo reduziu cerca de 20% da produção das cultivares mais resistentes à seca e 40% das menos resistentes. No algodão, a inibição do crescimento foliar pode ocorrer mesmo em potenciais hídricos elevados como de $-0,1$ a $-1,3$ MPa (TAYLOR & KLEPPER, 1974). Em fumo, foi constatado que o alongamento de folhas e o início do brotamento eram interrompidos quando o potencial hídrico era reduzido a $-0,7$ MPa, enquanto que a divisão celular se mantinha inalterada (CLOUGH & MILTHORPE, 1975).

Mudanças nas taxas de crescimento foliar foram encontradas em pinho e trigo associadas com variações no potencial hídrico de ambas as espécies estudadas (SANDS & COREL, 1976).

Segundo STOUT & SIMPSON (1978) o potencial osmótico de duas variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), em experimento de campo, decresceu com a idade das plantas não irrigadas em relação as plantas controles. Evidências indicaram que a redução do potencial osmótico ocorreu devido

a osmoregulação, um mecanismo de escape à seca, resultado da formação de solutos celulares metabolicamente ativos. Uma maior senescência foliar das plantas não irrigadas é um segundo mecanismo de escape à seca, utilizado pelo sorgo para reduzir a transpiração. Medidas da resistência difusiva foliar indicam estômatos abertos nas plantas irrigadas como nas não irrigadas. Desta forma as condições de estresse hídrico imposto, não afetou a transpiração. Em sorgo, a taxa de recuperação da fotossíntese líquida e da condutividade foliar após o reinício da rega foi rápida, levando menos de três dias, porém, a recuperação total do potencial osmótico ocorreu entre seis e onze dias (JONES & RAWSON, 1979). O conceito de potencial hídrico foliar para indicar o fechamento dos estômatos ocorre lentamente sobre uma larga faixa de valores de potencial hídrico da folha (maiores que $-1,0$ MPa), sendo, a variação mais acentuada para taxas maiores de potencial hídrico.

Estudando em casa de vegetação, os efeitos do estresse hídrico na cultivar de algodão CRUZETA-SERIDÓ-9193 e na cultivar herbácea IAC-12-2 FERREIRA (1979), encontrou maior vulnerabilidade aos efeitos de déficit hídrico na cultivar herbácea IAC-12-2. Foi evidenciado que as taxas de crescimento relativo (TCR) das plantas irrigadas da cultivar CRUZETA-SERIDÓ-9193 foram superiores às da cultivar IAC-12-2, nos períodos estudados sendo estes aumentos de 19% no primeiro período (0 a 7 dias) e de 6% no segundo período (7 a 14 dias). Também nas plantas não irrigadas as taxas de crescimento relativo (TCR) foram maiores na cultivar CRUZETA-SERIDÓ-9193 em relação a IAC-12-2, sendo esta superioridade de 35% no

primeiro período (0 a 7 dias) e de 76% no segundo período (7 a 14 dias). As taxas de assimilação líquida (TAL) nas plantas irrigadas da cultivar IAC-12-2, apresentaram valores superiores aos da CRUZETA-SERIDÓ-9193 de 8% no primeiro período (0 a 7 dias) e de 25% no segundo período (7 a 14 dias). Entretanto, no tratamento não irrigado os valores de (TAL) foram maiores na cultivar CRUZETA-SERIDÓ-9193 após a suspensão da rega.

O ajustamento osmótico medido através do abaixamento do potencial osmótico em turgescência total, e sua influência no enrolamento e morte da folha, foi observado na cultura do arroz de baixada (*Oryza sativa* L.) por HSIAO et al. (1984). O grau de ajustamento osmótico variou com o grau de duração do estresse, situando-se entre -0,5 e -0,6 MPa e sob condições de estresse severo, entre -0,8 e -0,9 MPa. Foi concluído, que o ajustamento osmótico auxilia a resistência à seca do arroz, por retardar o enrolamento da folha, mantendo por isso, troca de gases, induzindo um retardamento da morte da folha. O ajustamento osmótico, o abaixamento do potencial osmótico pelo ganho líquido dos solutos intercelulares, é atualmente admitido como um dos mecanismos adaptativo de muitas culturas ao estresse hídrico (JONES et al., 1978; TURNER, 1979; TURNER et al., 1980), citados por HSIAO (1984).

3 - OBJETIVO DO PRESENTE TRABALHO

No presente trabalho, foram estudados os efeitos do estresse hídrico sobre o potencial hídrico, teor de clorofila, teor de proteína, teor de lipídios totais, nível de peroxidação de lipídios, crescimento total da área foliar, crescimento da área de cada folha, peso específico das folhas, relação parte aérea/raiz, taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida do (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivares BR-1 e EPACE-1, objetivando identificar parâmetros que estejam associados com características adaptativa de resistência à seca.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Condições de cultivo

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (CAMPUS DO PICI), localizado no Município de Fortaleza-Ceará. A casa de vegetação é do tipo aberta, dependente de luminosidade natural parcialmente controlada e a temperatura média ambiente variou de 32°C para a máxima e 24°C para a mínima, durante o período experimental referente a este trabalho.

Foram estudadas duas cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) BR-1 e EPACE-1, proveniente da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Ceará - EPACE. As sementes selecionadas para germinação foram plantadas em sacos plásticos com capacidade para oito quilos, utilizando-se como substrato uma mistura de solo na proporção de 75% de areia grossa, 20% de areia fina e 5% de argila. O plantio foi efetuado diretamente nos sacos plásticos, utilizando-se quatro sementes de cada cultivar. Transcorrido 15 dias após a semeadura procedeu-se ao desbaste deixando-se duas plantas por saco plástico. Após a germinação, as plantas de cada recipiente foram irrigadas com 250 ml de água destilada, em dias alternados. A cada dez dias proce-

deu-se a uma irrigação com 250 ml de solução nutritiva de HOAGLAND, 1/2 força para cada saco, modificada por O'LEARY (comunicação pessoal).

Aos trinta dias após a semeadura, iniciou-se o período experimental quando foi suspensa a irrigação de um grupo de plantas (tratamento não irrigado), enquanto, outro grupo continuou sendo irrigado (tratamento irrigado) somente com água destilada até serem procedidas as coletas de dados, sendo que na primeira coleta utilizou-se somente plantas irrigadas.

Com cinco dias após a suspensão de rega foi feita uma segunda coleta, e uma terceira com sete dias quando as plantas não irrigadas, observadas visualmente pela manhã, apresentavam sintomas de não ter recuperado a turgescência de suas folhas no decorrer do período noturno. As plantas dos tratamentos irrigado e não irrigado foram novamente regadas, procedendo-se uma nova coleta de 24 horas depois e uma última coleta com sete dias após iniciar-se o segundo período de irrigação nos dois tratamentos. Por conseguinte, as coletas foram realizadas nos dias 0, 5, 7, 8 e 14 do período experimental, quando foram efetuadas as diversas determinações utilizando-se oito plantas do tratamento irrigado e oito plantas do tratamento não irrigado, visando identificar parâmetros fisiológicos que estivessem associados com a tolerância das duas cultivares ao estresse hídrico.

4.2 - Determinação do potencial hídrico

O potencial hídrico foi determinado utilizando-se a terceira folha a partir do ápice da planta, através de uma câmara de pressão (PSM Instruments Company, Corvallis-Oregon, EE.UU.) idealizada por DIXON (1914) e realizada por SCHOLANDER et al. (1964, 1965). As coletas foram sempre efetuadas em torno das 14:00 horas objetivando uma maior uniformização das leituras e medição do potencial hídrico quando a demanda evaporativa era mais alta. Para o procedimento da leitura do potencial hídrico, destacava-se a folha da planta, introduzia-se na câmara de pressão de modo que uma parte do pecíolo permanecesse fora da mesma a fim de se observar, com o auxílio de uma lente de aumento, a aparição do xilema da primeira gota de líquido. Com a câmara hermeticamente fechada, a pressão era então aumentada, e com o aparecimento da primeira gota que sai do xilema, procedeu-se a leitura do manômetro que correspondia ao potencial hídrico.

4.3 - Determinação do teor de clorofila

Para determinação do teor de clorofila, coletou-se uma amostra de 0,25 g de peso fresco da segunda folha a partir do ápice da planta. Por meio de um almofariz contendo aproximadamente 0,3 g de CaCO_3 , areia e 1,8 ml de acetona pura triturou-se a referida amostra. O produto da tritura-

ção foi então filtrado por meio de um funil de Büchner, lavando-se o resíduo ainda na filtração com 5,0 ml de acetona: água (80% v/v). Posteriormente, o almofariz e o pistilo foram também lavados com mais 2,0 ml da mesma solução de acetona e o volume ajustado para 10,0 ml. Uma amostra foi retirada da solução resultante da filtração, sendo então diluída em 4,9 ml de acetona: água (80% v/v) procedendo-se a determinação da densidade de ótica a 645 a 663 nm, através da leitura no espectrofotômetro (MICRONAL B280 - São Paulo-SP-Brasil). Como branco foi utilizado acetona: água (80% v/v). Para dosagem da clorofila utilizou-se o método descrito por ARNON (1949).

A concentração de clorofila foi determinada pela fórmula de MCKINNEY (1941) e expressa em peso seco:

$$C(\text{mg/l}) = 20,2 (\text{D.O})_{645} + 8,02 (\text{D.O})_{663}$$

onde: $C(\text{mg/l})$ = concentração de clorofila

$(\text{D.O})_{645}$ e $(\text{D.O})_{663}$ = a densidade ótica em 645 e 663 nanômetros, respectivamente

$$C(\text{mg/g}) = \frac{\text{Clorofila total (mg/l)} \times 0,51}{\text{Peso seco amostra}}$$

As clorofilas a e b foram determinadas pelas fórmulas de MCKINNEY (1941) e expressas em peso seco:

$$C_a (\text{mg/l}) = 12,7 (\text{D.O})_{663} - 2,69 (\text{D.O})_{645}$$

$$Cb \text{ (mg/l)} = 22,9 \text{ (D.O)}_{645} - 4,68 \text{ (D.O)}_{663}$$

onde: Ca = concentração de clorofila a

Cb = concentração de clorofila b

4.4 - Determinação do teor de proteína

Para determinação do teor de proteína, utilizou-se o método de LOWRY et al. (1951), empregando o reativo de Folin-Ciocalteu. Na determinação do teor de proteína foram utilizados os seguintes reagentes: solução A) 2% de Na_2CO_3 em NaOH 0,1 N; solução B) 0,5 de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (em 100 ml de água) em citrato de sódio 0,1% (no trabalho original foi utilizado tartarato de sódio no lugar de citrato; a substituição se deve ao fato da solução ser mais estável quando se utiliza citrato de sódio na preparação); solução C) 1 ml de B é misturado com 50 ml de A; solução D) reativo de Folin-Ciocalteu diluído com água destilada para se obter uma concentração final de 1N. Para cada determinação foi utilizada uma amostra de 0,25 g retirada da terceira folha a partir do ápice triturada em um almofariz com 10 ml de tampão TRIS-HCL e cerca de 0,3 g de areia. O material obtido foi centrifugado por cinco minutos a 200 g, adicionando-se ao sobrenadante 3,3 ml de TCA 20% a fim de que as proteínas fossem precipitadas, e colocado em um banho de gelo centrifugado por dez minutos a 1700 g. O precipitado foi lavado com 2 ml de TCA a 1% agitando-se por alguns segundos. Nova

centrifugação foi efetuada por dez minutos a 1700 g e ao precipitado juntou-se 5 ml de NaOH 1N para dissolver as proteínas precipitadas pelo TCA, obtendo-se assim o extrato pronto para ser dosado. Para dosagem das proteínas, retirou-se 0,2 ml da solução obtida anteriormente, adicionando-se 4,0 ml da solução C e após dez minutos acrescentou-se a solução D. Transcorridos trinta minutos a densidade ótica foi obtida em 500, 650 e 750 nanômetros no espectrofotômetro (MICRONAL B 280 - São Paulo-SP-Brasil).

4.5 - Determinação do teor de lipídios totais

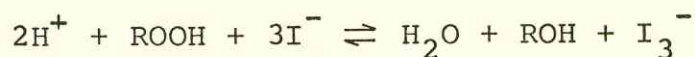
A extração dos lipídios totais foi obtida segundo o método descrito por ALLEN & GOOD (1971). Das plantas de cada tratamento retirou-se uma amostra de 4 g da terceira folha a partir do ápice, excluindo-se as nervuras. As folhas foram cortadas em pedaços e fixados em 20,0 ml de água destilada fervente, durante dois minutos. Estes tecidos já fixados, foram transferidos para um almofariz e congelados com nitrogênio líquido a fim de facilitar o processo de trituração, sendo este efetuado com 20,0 ml de metanol/clorofórmio (2:1 v/v). Em seguida, através de um funil de placa porosa, procedeu-se a filtragem do material obtido, sendo o resíduo lavado com 30,0 ml de metanol/clorofórmio (2:1 v/v). O resíduo foi novamente lavado com 10 ml de clorofórmio puro. Com a água anteriormente utilizada para fixação das folhas efetuou-se uma última lavagem, acrescentando-se antes

10,0 ml de KCl (0,1 M) possibilitando uma melhor separação entre o solvente e a parte aquosa.

O filtrado foi então centrifugado a 200 g a fim de facilitar a separação da fase lipídica. Procedeu-se então a mais duas lavagens da fase superior com 5,0 ml de clorofórmio, cada uma. O solvente contendo a fase inferior foi evaporado com ventilação forçada, e para eliminar algum resíduo de água, os balões de vidro foram colocados em um dessecador contendo sílica e KOH, durante doze horas. O teor de lipídios totais foi obtido pela diferença dos pesos dos balões com e sem os lipídios.

4.6 - Determinação do nível de peroxidação de lipídios

A peroxidação dos lipídios foi determinada de acordo com o ensaio iodométrico, segundo BUEGE & AUST (1978). A redução de iodeto por peróxido é um método convencional para determinação de hidroperóxidos de lipídios em amostras de membranas. O procedimento é baseado na capacidade de I^- reduzir hidroperóxidos pela seguinte reação:



Sob estas condições, somente hidroperóxidos de lipídios reagem com o iodeto, excluindo então os endoperóxidos que formam malondialdeído a partir do ensaio. Neste ensaio, utilizamos 50 ml do extrato de lipídios, em um tubo de en-

saio, e o clorofórmio usado como solvente evaporado com nitrogênio. A seguir, colocamos sobre o extrato livre de solvente, 1,0 ml de ácido acético: clorofórmio (3:2 v/v), seguido da adição de 0,05 ml de iodeto de potássio (1,2 mg/ml de água). O tubo de ensaio foi colocado no escuro a temperatura ambiente por cinco minutos, seguido da adição de 3,0 ml de acetona de cádmio (5 mg/ml de água). A solução foi misturada e centrifugada a 200 g por dez minutos. A absorvância da fase superior foi determinada a 353 nm (Beckman Du - Beckman Instruments INC. EE.UU.) utilizando um branco contendo a mistura completa do ensaio menos o extrato de lipídios. A padronização da solução pode ser feita utilizando-se o hidroperóxido de cumeno como o padrão de peróxido, sendo o coeficiente de extinção molar do mesmo $E_{1\text{cm}}^{1\text{M}} = 1,73 \times 10^4$ (BUEGE & AUST, 1978).

4.7 - Determinação do crescimento total da área foliar

Para determinação do crescimento da área foliar foram tomadas inicialmente, ao acaso, quatro plantas por parcela de cada cultivar e por meio de um medidor de área foliar, aparelho com sensor de fotocélulas (PORTABLE ÁREA METER - MODELO LI 300, Lincon - Nebraska, EE.UU.) mediu-se a área foliar de cada cultivar.

Determinou-se o crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1, comparando-se esses parâmetros entre as duas cultivares. Para cada cultivar isolada-

mente comparou-se o crescimento nas 4as e 5as folhas trifoliadas da cultivar BR-1 e 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1. Na cultivar BR-1 as 1as, 2as e 3as folhas trifoliadas, assumiram valores constantes antes da planta atingir 30 dias após a germinação com área inferior a 130 cm². Na cultivar EPACE-1 as 1as, 2as, 3as e 4as folhas trifoliadas assumiram valores constantes antes do plantio atingir 30 dias após a germinação com área inferior a 93 cm².

Durante o período experimental, mediu-se o comprimento e a largura de cada folha primária e de cada folíolo das trifoliadas. Com esses dados, a equipe do Laboratório de Solo/Água/Planta do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, desenvolveu um trabalho através de análise de regressão a qual correlacionou os valores de x com os valores da área encontrados através do medidor automático de área, definindo as seguintes equações de correlação para cada cultivar.

(a) Folhas primárias da cultivar BR-1

$$Y_p = 0,2537 \cdot X + 4,6878$$

$$X = \sum_{p=1}^n \frac{C_p L_p}{2}$$

onde: X = somatório da média do produto do comprimento pela largura de cada par de folha primária

Y_p = área das folhas primárias

C_p = comprimento da folha primária

L_p = largura da folha primária

n = número de folhas primárias

(b) Folhas trifoliadas da cultivar BR-1

$$Y_t = 0,6276 \cdot X - 10,2442$$

$$X = \sum_{t=1}^n Ct Lt$$

onde: X = somatório do produto de comprimento pela largura dos folíolos de cada trifoliada

Y_t = área total da folha trifoliada

C_t = comprimento de cada folíolo componente da trifoliada

L_t = largura de cada folíolo componente da trifoliada

$n = 3$ (número de folíolos de cada trifoliada)

(c) Folhas primárias da cultivar EPACE-1

$$Y_t = 1,4959 \cdot X - 20,1666$$

$$X = \sum_{t=1}^n \frac{C_t L_t}{2}$$

onde: X = somatório da média do produto do comprimento pela largura de cada par de folha primária

Y_t = área das folhas primárias

C_t = comprimento da folha primária

L_t = largura da folha primária

n = número de folhas primárias

(d) Folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1

$$Y_t = 0,4096 \cdot X + 8,5890$$

$$X = \sum_{t=1}^n C_t L_t$$

onde: X = somatório do produto do comprimento pela largura dos folíolos de cada folha trifoliada

Y_t = área total de cada folha trifoliada

C_t = comprimento de cada folíolo componente da trifoliada

L_t = largura de cada folíolo componente da trifoliada

n = 3 (número de folíolos de cada folha trifoliada)

4.8 - Determinação do peso específico das folhas

Os valores do peso específico das folhas foram obtidos pela divisão dos pesos secos das folhas pela área foliar total de cada planta (só uma face). Para cada determinação foram feitas quatro repetições.

4.9 - Determinação da relação parte aérea/raiz

Os valores da relação parte aérea/raiz de cada planta foram obtidos pela divisão da soma do peso seco do caule e das folhas pelo peso seco da raiz.

4.10 - Determinação da produtividade biológica

A produtividade biológica foi medida através das determinações da taxa de assimilação líquida (TAL) e da taxa de crescimento relativo (TRC), de acordo com RADFORD (1967). Para o cálculo da produtividade biológica utilizou-se os valores obtidos para cada área foliar, e peso seco de toda a planta no primeiro e segundo período da fase experimental, 0 a 7 e 7 a 14 dias, respectivamente.

A taxa de assimilação líquida (TAL) foi calculada pela fórmula:

$$TAL = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1) (P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1) (A_2 - A_1)}$$

onde: ln = logaritmo neperiano

P_2 e P_1 = representa o peso seco da planta nos períodos t_2 e t_1 , sendo A_2 e A_1 a área foliar nos mesmos períodos de tempo, isto é, primeiro período experimental (0 a

7 dias) e segundo período experimental (7 a 14 dias).

A taxa de crescimento relativo foi calculada pela fórmula:

$$TRC = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

onde: \ln = logaritmo neperiano

P_2 e P_1 = representa o peso seco da planta nos períodos de tempo t_2 e t_1 , respectivamente

4.11 - Delineamento do experimento

O experimento foi analisado em ambiente natural parcialmente controlado utilizando-se um delineamento fatorial com quatro observações convertidas numa média para análise.

Os fatores envolvidos são: tipo de feijão com dois níveis (BR-1 e EPACE-1); condição hídrica com dois níveis (irrigado e não irrigado) e período experimental com cinco níveis (dia 0º, 5º dia, 7º dia, 8º dia e 14º dia). No 7º dia reiniciou-se a irrigação para as cultivares submetidas ao estresse hídrico.

5 - RESULTADOS

5.1 - Potencial hídrico

Os valores do potencial hídrico da cultivar BR-1 apresentaram a mesma tendência de variação para o tratamento irrigado e não irrigado com ambos os tratamentos sofrendo pequenas alterações, que variaram de -0,6 a -0,9 MPa para o tratamento irrigado e de -0,7 a -1,3 MPa para o não irrigado. Os valores de potencial hídrico para o tratamento não irrigado foram sempre menores do que aqueles para o tratamento irrigado em toda fase experimental. Observou-se ainda que a maior variação existente no potencial hídrico entre os tratamentos irrigado e não irrigado da cultivar BR-1, ocorreu no 5º dia experimental quando, o tratamento não irrigado sofreu uma redução de cerca de 44,4% em relação ao irrigado.

Em relação a cultivar EPACE-1, constatou-se que no 0º a 5º dia do período experimental ambos os tratamentos irrigado e não irrigado possuem o mesmo potencial hídrico (-1,0 MPa). No entanto, no 7º dia experimental o tratamento não irrigado diminuiu o potencial hídrico em cerca de 114,3% em relação ao irrigado e em cerca de 50,0% em relação ao valor anteriormente obtido no não irrigado no 5º dia experimental. Já a partir do 8º dia experimental (24 horas após a reidratação) notou-se uma recuperação no potencial hídrico da cultivar EPACE-1 submetida ao tratamento não irrigado pa-

ra o mesmo nível do tratamento irrigado.

Em relação ao potencial hídrico das cultivares BR-1 e EPACE-1, constatou-se que menor potencial hídrico ocorreu nas plantas da cultivar EPACE-1 não irrigadas no 7º dia, cujo valor foi de cerca de 66,6% menor que o da cultivar BR-1 nas mesmas condições experimentais (TABELA 1 e FIGURA 1). Contudo, pela análise de variância (TABELA 15), não houve diferença significativa entre os fatores analisados em relação ao potencial hídrico.

5.2 - Teor de clorofila total

Os teores de clorofila total nas folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, no tratamento irrigado mostraram, essencialmente, a mesma tendência de variação com significativos aumentos no 5º dia experimental, sendo respectivamente de cerca de 115,2% e 40,1% quando comparados com o 0º dia experimental. Reduções significativas foram também observadas no 7º dia experimental quando também comparadas com o 5º dia, sendo respectivamente de cerca de 70,6% e 74,4%, para as cultivares BR-1 e EPACE-1. Já, a partir do reinício da rega (8º a 14º dia) nota-se uma estabilização no teor médio de clorofila total das cultivares BR-1 e EPACE-1 irrigadas.

Os teores de clorofila total das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, submetidas ao tratamento de estresse hídrico permaneceram inferiores ao do tratamento irrigado, observando-se uma tendência semelhante ao constatado nas cul

TABELA 1 - Variações do potencial hídrico (MPa) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Potencial Hídrico (MPa)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigada	Não Irrigada	Irrigada	Não Irrigada
0	-0,7	-0,7	-1,0	-1,0
5	-0,9	-1,3	-1,0	-1,0
7	-0,7	-0,9	-0,7	-1,5
8	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7
14	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

A análise de variância (TABELA 15) procedida na amostra, indica que não houve diferença estaticamente significativa nos fatores de variação analisados em relação ao potencial hídrico.

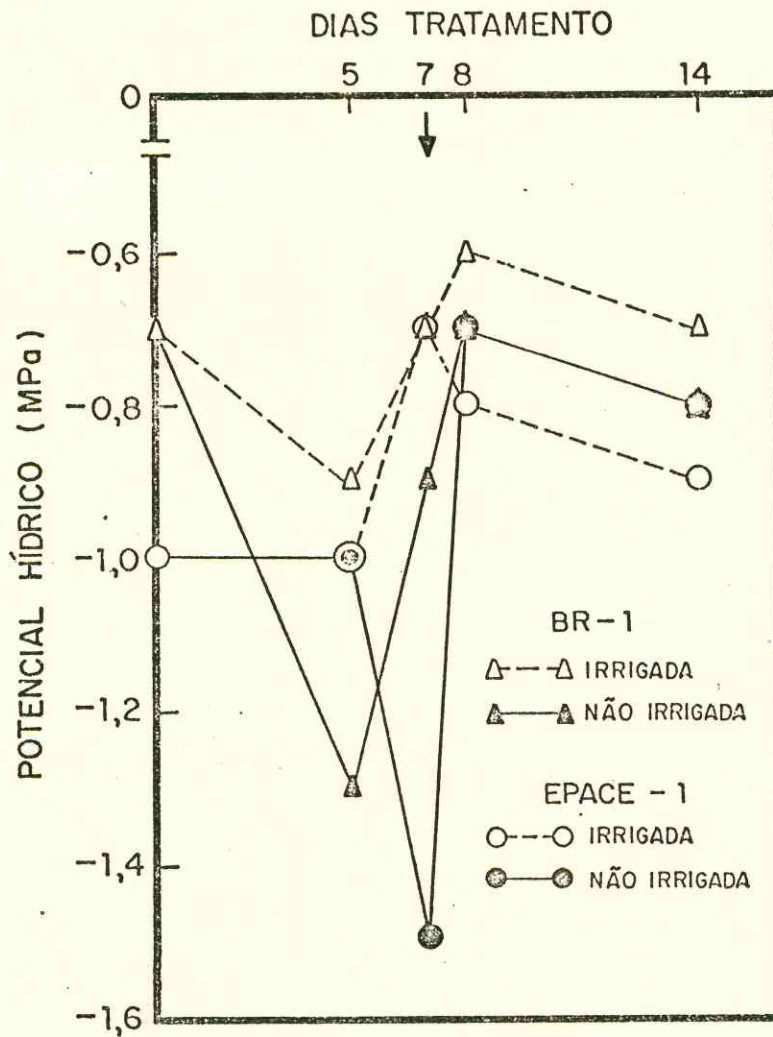


FIGURA 1 - Variações no potencial hídrico das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

tivares irrigadas. Os teores de clorofila total das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 quando submetidas ao estresse hídrico aumentaram respectivamente, cerca de 70,8% e 8,1% no 5º dia do período experimental em relação ao 0º dia experimental e, diminuíram cerca de 73,8% e 73,9% no 7º dia experimental em relação ao 5º dia experimental (TABELA 2 e FIGURA 2).

A análise de variância (TABELA 16) procedida na amostra, indicou que o fator de variação (cultivar x irrigação) não apresentou diferença estatisticamente significativa, entretanto, os demais fatores analisados apresentaram-se significativamente diferentes em relação ao teor de clorofila total.

5.3 - Teor de clorofila a

As variações isoladas dos teores de clorofila a nas folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 sofreram as mesmas tendências observadas na clorofila total (TABELA 3 e FIGURA 3).

Os teores de clorofila a para as folhas da cultivar BR-1, nos tratamentos irrigado e não irrigado, no 5º dia do período experimental aumentaram respectivamente em cerca de 85,7% e 43,8% quando comparados com o 0º dia do período experimental e, diminuíram respectivamente em cerca de 67,2% e 68,9% no 7º dia do período experimental, quando comparados com o 5º dia. Os teores de clorofila a para as folhas da cultivar EPACE-1, nos tratamento irrigado e não irrigado, no 5º dia do período experimental aumentaram respectivamente, em cerca de 29,3% e 5,5% quando comparados com 0º dia do período

TABELA 2 - Variação do teor de clorofila total ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1)

Período Experimental (Dias)	Teor de Clorofila Total ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	14,91	14,91	24,10	24,10
5	32,09	25,47	33,78	26,07
7	9,42	6,67	8,62	6,80
8	8,26	5,85	9,34	7,30
14	10,85	8,76	10,12	7,78

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

A análise de variância (TABELA 16) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao teor de clorofila total.

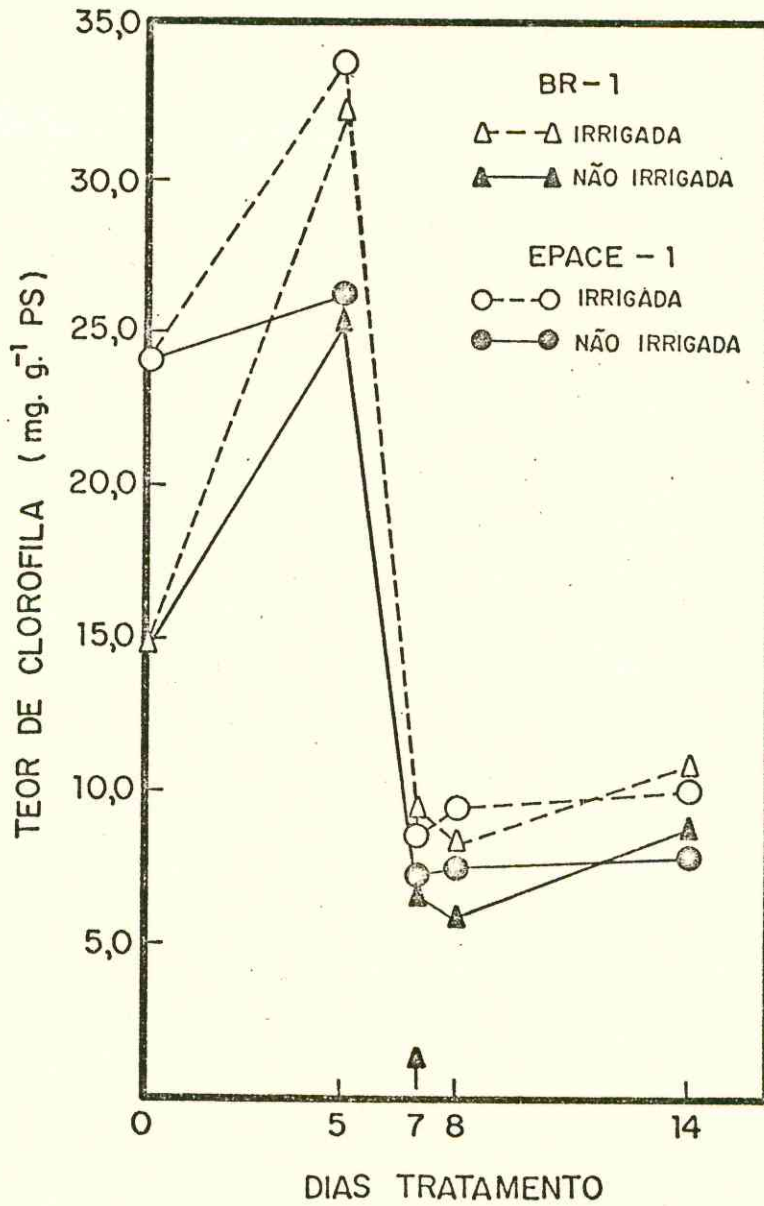


FIGURA 2 - Variações no teor de clorofila total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

TABELA 3 - Variações no teor de clorofila a ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Teor de Clorofila a ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	12,31	12,31	18,50	18,50
5	22,87	17,71	23,92	19,53
7	7,50	5,50	7,02	6,10
8	7,35	5,25	7,82	5,95
14	8,31	6,97	7,25	5,79

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

A análise de variância (TABELA 17) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao teor de clorofila a.

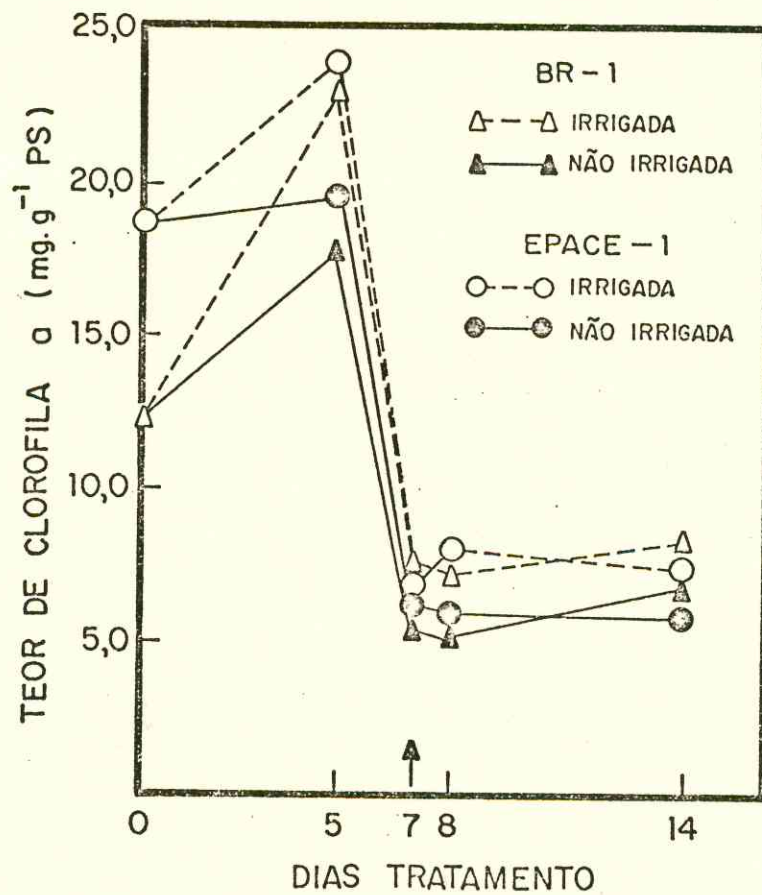


FIGURA 3 - Variações no teor de clorofila a das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

do experimental e, diminuíram respectivamente, em cerca de 70,6% e 68,7% no 7º dia do período experimental quando comparados com o 5º dia.

A análise de variância (TABELA 17) procedida na amostra indicou que o fator de variação (cultivar x irrigação), não apresentou diferença estatisticamente significativa, entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao teor de clorofila a.

5.4 - Teor de clorofila b

As variações isoladas do teor de clorofila b nas folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 apresentaram as mesmas tendências de variações observadas na clorofila total (TABELA 4 e FIGURA 4).

Os teores de clorofila b para as folhas da cultivar BR-1, nos tratamentos irrigado e não irrigado, no 5º dia do período experimental aumentaram respectivamente em cerca de 254,2% e 198,4% quando comparados com o 0º dia do período experimental e, diminuíram respectivamente, em cerca de 79,1% e 84,8% no 7º dia do período experimental quando comparados com o 5º dia.

Os teores de clorofila b para as folhas da cultivar EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado, no 5º dia do período experimental aumentaram respectivamente, em cerca de 76,0% e 16,7% quando comparados com o 0º dias do período experimental e, diminuíram respectivamente, em cerca de 83,7%

TABELA 4 - Variações no teor de clorofila b ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Teor de Clorofila b ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	2,60	2,60	5,60	5,60
5	9,21	7,76	9,86	6,54
7	1,92	1,17	1,60	0,70
8	0,91	0,60	1,52	1,35
14	2,54	1,79	2,85	2,10

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

A análise de variância (TABELA 18) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao teor de clorofila b.

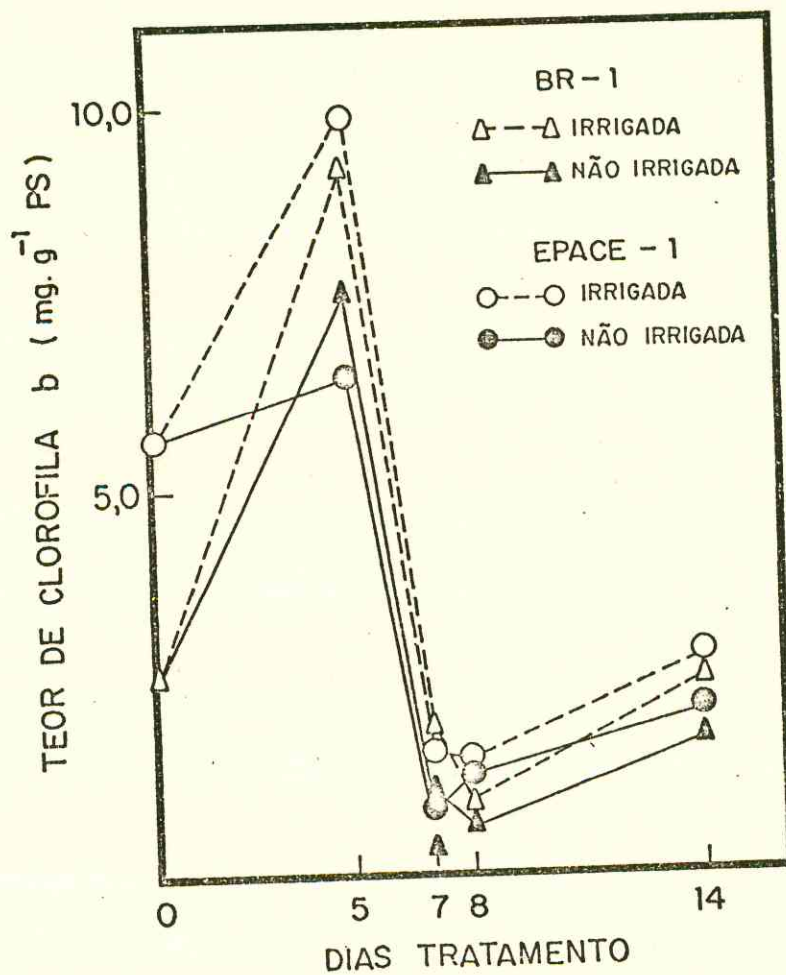


FIGURA 4 - Variações no teor de clorofila b das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

e 89,3% no 7º dia do período experimental quando comparados com o 5º dia.

A análise de variância (TABELA 18) procedida na amostra indicou que os fatores de variação (cultivar x irrigação e irrigação x tempo), não apresentaram diferenças estatisticamente, entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao teor de clorofila b.

5.5 - Teor de proteína

Os teores de proteína nas folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, no tratamento irrigado, mostraram essencialmente a mesma tendência de variação durante o período experimental com significativas reduções observadas no 7º dia sendo respectivamente de cerca de 44,7% e 39,6% em relação ao 5º dia (TABELA 5 e (FIGURA 5)).

Respostas semelhantes também ocorreram nas cultivares BR-1 e EPACE-1 submetidas ao estresse hídrico, cujas reduções observadas no 7º dia experimental foram respectivamente de cerca de 46,5% e 50,2% em relação ao 5º dia. Ressalta-se que do 5º ao 14º dia do período experimental, em ambas as cultivares, o teor médio de proteínas nas folhas das cultivares submetidas ao estresse hídrico foi sempre menor que as irrigadas (TABELA 5 e FIGURA 5).

A análise de variância (TABELA 19) procedida na amostra indicou que os fatores de variação (cultivar x irrigação

TABELA 5 - Variações no teor de proteína ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Teor de Proteína ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	8,09	8,29	9,51	9,51
5	8,70	8,44	9,00	8,12
7	4,81	4,51	5,43	4,04
8	5,71	5,34	7,32	6,40
14	8,16	7,73	9,45	8,98

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

A análise de variância (TABELA 19) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao teor de proteína.

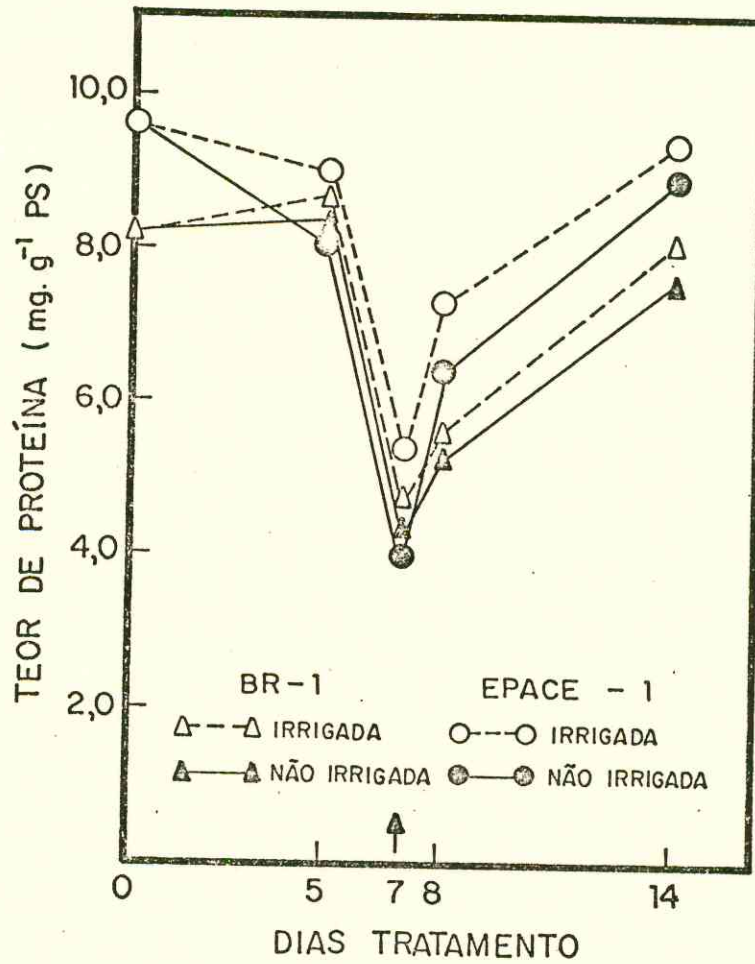


FIGURA 5 - Variações no teor de proteína nas cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

e irrigação x tempo) não apresentaram diferenças estatísticas. Entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao teor de proteína.

5.6 - Teor de lipídios totais

De modo geral, o teor de lipídios totais das folhas das cultivares não irrigadas foi sempre menor do que a das irrigadas. Entretanto, tais diferenças em cada coleta no período experimental foram mínimas.

O teor de lipídios totais das folhas da cultivar BR-1 irrigadas e não irrigadas apresentaram a mesma tendência de variação, sofrendo redução em todo o período experimental. A cultivar EPACE-1 apresentou a mesma tendência de variação para os tratamentos irrigado e não irrigado sofrendo reduções até o 7º dia experimental quando, então, passaram a ter pequenos aumentos (TABELA 6 e FIGURA 6).

A análise de variância (TABELA 20) procedida na amostra indicou que os fatores de variação (cultivar x irrigação, cultivar x tempo e irrigação x tempo), não apresentaram diferenças estatisticamente, entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao teor de lipídios totais.

TABELA 6 - Variações no teor de lipídios totais ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Teor de Lipídios Totais ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	0,27	0,27	0,26	0,26
5	0,22	0,20	0,19	0,16
7	0,20	0,17	0,15	0,14
8	0,19	0,16	0,18	0,17
14	0,19	0,14	0,18	0,17

(1) Valores médios resultantes de 4 repetições para cada cultivar.

A análise de variância (TABELA 20) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao teor de lipídios totais.

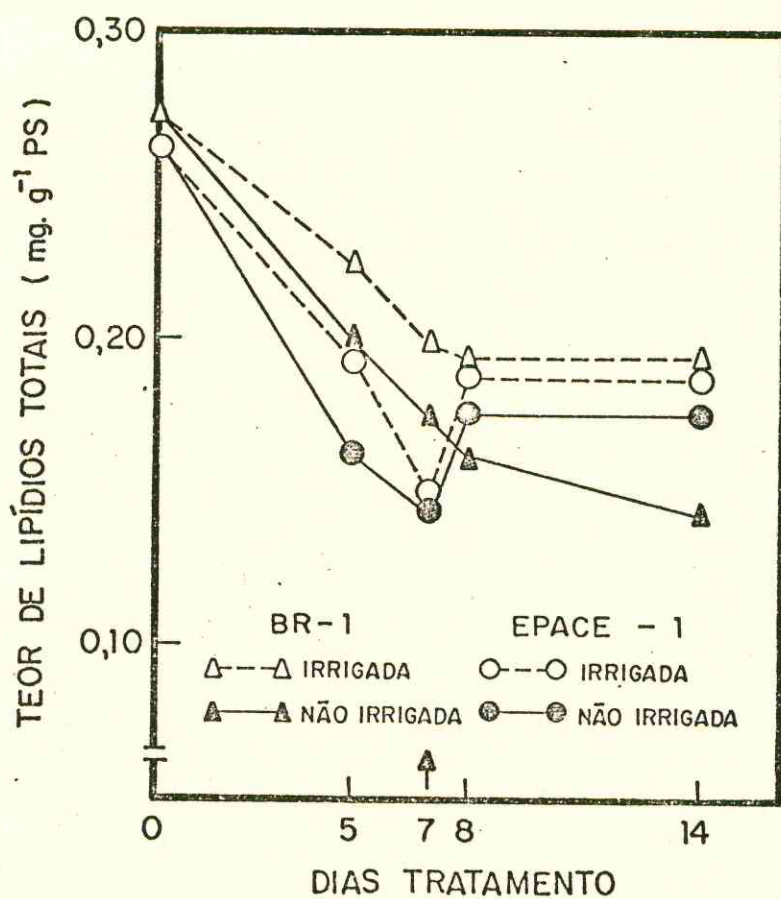


FIGURA 6 - Variações no teor de lipídios totais nas cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

5.7 - Níveis de peroxidação dos lipídios

O maior nível de peroxidação de lipídios das cultivares ocorre no 8º dia do período experimental para a cultivar EPACE-1 não irrigada cujo valor foi cerca de 25,1% maior do que o nível de peroxidação da cultivar BR-1, nas mesmas condições experimentais (TABELA 7 e FIGURA 7).

O nível de peroxidação de lipídios das folhas de ambas as cultivares sob condições de estresse hídrico foram sempre maiores que o das cultivares mantidas irrigadas. A cultivar BR-1 sob estresse hídrico, apresentou uma estabilidade no nível de peroxidação a partir do 5º dia experimental, enquanto, que a cultivar EPACE-1 apresentou certa oscilação.

As cultivares mantidas irrigadas apresentaram a mesma tendência de redução no nível de peroxidação de lipídios até o 7º dia do período experimental. No 8º dia a cultivar BR-1 ainda manteve a tendência de redução, enquanto a EPACE-1, aumentou em cerca de 55,2% em relação ao 7º dia experimental. Já no 14º dia experimental, o nível de peroxidação de lipídios das folhas da cultivar BR-1 irrigada aumentou em cerca de 33,9% em relação ao 8º dia experimental e, cujo valor absoluto alcançado torna-se aproximadamente igual ao da cultivar EPACE-1 nas mesmas condições experimentais.

A análise de variância (TABELA 21) procedida na amostra indicou que os fatores de variação (cultivar x tempo), não apresentaram diferenças estatisticamente, entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferen-

TABELA 7 - Variações do nível de peroxidação de lipídios ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Nível de Peroxidação de Lipídios			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	11,55	11,55	9,55	9,55
5	7,74	9,33	7,36	10,74
7	5,86	9,44	5,16	7,46
8	5,51	9,59	8,01	12,00
14	7,38	8,88	7,43	9,29

(1) Valores médios resultante de 4 repetições para cada cultivar.

A análise de variância (TABELA 21) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao nível de peroxidação de lipídios.

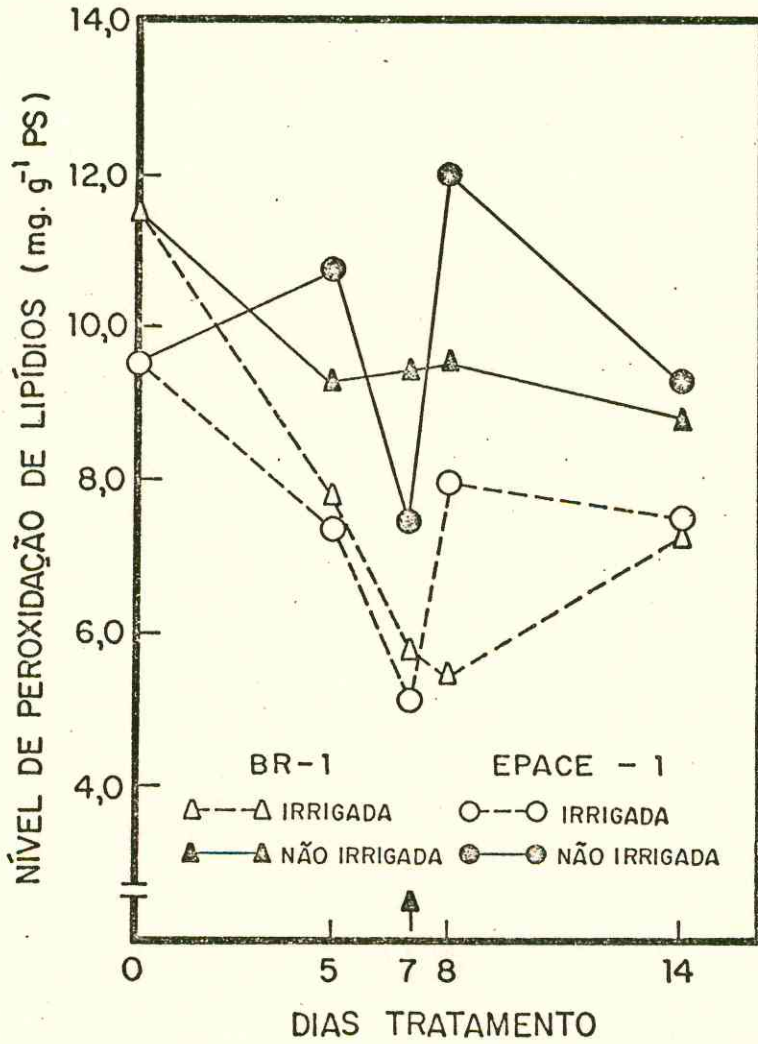


FIGURA 7 - Variações no nível de peroxidação de lipídios das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

tes em relação ao nível de peroxidação dos lipídios.

5.8 - Peso específico das folhas

As variações do peso específico das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 apresentaram as mesmas tendências de variação para os tratamentos irrigado e não irrigado (TABELA 8 e FIGURA 8).

Em ambas as cultivares houve um aumento progressivo de peso específico das folhas durante todo o período experimental para os tratamentos irrigado e não irrigado.

Durante todo o período experimental, o peso específico das folhas da cultivar EPACE-1 apresentou valores maiores que o da cultivar BR-1 tanto para o tratamento irrigado como para o não irrigado. O peso específico das folhas de ambas as cultivares, em todo o período experimental, foi sempre maior para as cultivares mantidas irrigadas em relação as sob estresse.

A análise de variância (TABELA 22) procedida na amostra indicou que o fator de variação (cultivar x irrigação), não apresentou diferenças estatisticamente significativa, entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao peso específico das folhas.

TABELA 8 - Variações no peso específico das folhas (g.dm^{-2}) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Peso Específico das Folhas (g.dm^{-2})			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	0,28	0,28	0,31	0,31
5	0,31	0,25	0,35	0,32
7	0,37	0,31	0,41	0,34
8	0,38	0,36	0,44	0,41
14	0,45	0,41	0,58	0,53

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

A análise de variância (TABELA 22) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente em relação ao peso específico das folhas.

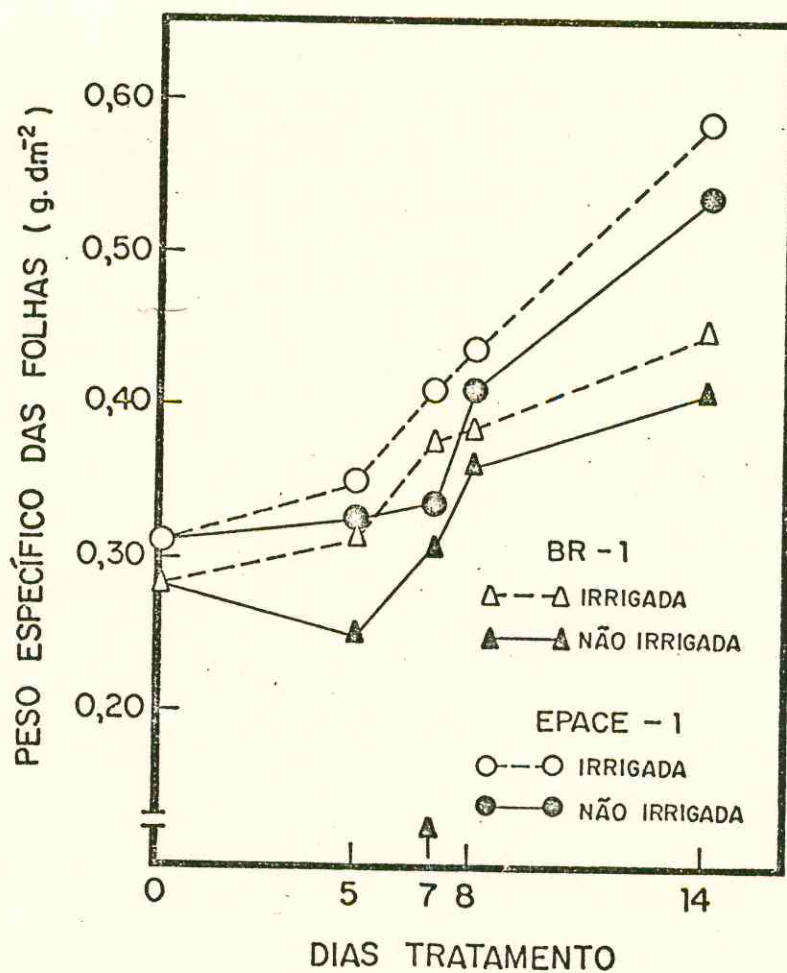


FIGURA 8 - Variações no peso específico das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

5.9 - Relação parte aérea/raiz

Para as cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado, existiram pequenas variações na relação parte aérea/raiz dentro do período experimental de 0º ao 8º dia. No 14º dia experimental essa relação aumentou significativamente (TABELA 9 e FIGURA 9), sendo o maior valor obtido pela cultivar EPACE-1, quando mantida sempre irrigada.

A relação parte aérea/raiz para ambas as cultivares em todo o período experimental, foi sempre maior para as plantas do tratamento irrigado, embora tais valores estivessem sempre próximos aos valores daqueles submetidos ao estresse hídrico.

Em todo o período experimental, a cultivar EPACE-1 apresentou, para o tratamento irrigado, valores maiores que os observados na cultivar BR-1 para o mesmo tratamento. A mesma tendência foi também observada para as plantas submetidas ao estresse hídrico.

A análise de variação (TABELA 23) procedida na amostra indicou que os fatores de variação (cultivar x irrigação, cultivar x tempo e irrigação x tempo), não apresentaram diferenças estatisticamente, entretanto, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes com referência a relação parte aérea/raiz.

TABELA 9 - Variações na relação parte aérea/raiz das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Relação Parte Aérea/Raiz			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0	1,46	1,46	2,29	2,29
5	1,41	1,15	3,61	1,79
7	2,58	1,70	2,79	2,22
8	2,40	2,20	3,09	2,70
14	5,10	4,56	6,05	5,62

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

A análise de variância (TABELA 23) procedida na amostra, indica as diferenças para cada fator de variação analisado estatisticamente com referência a relação parte aérea/raiz.

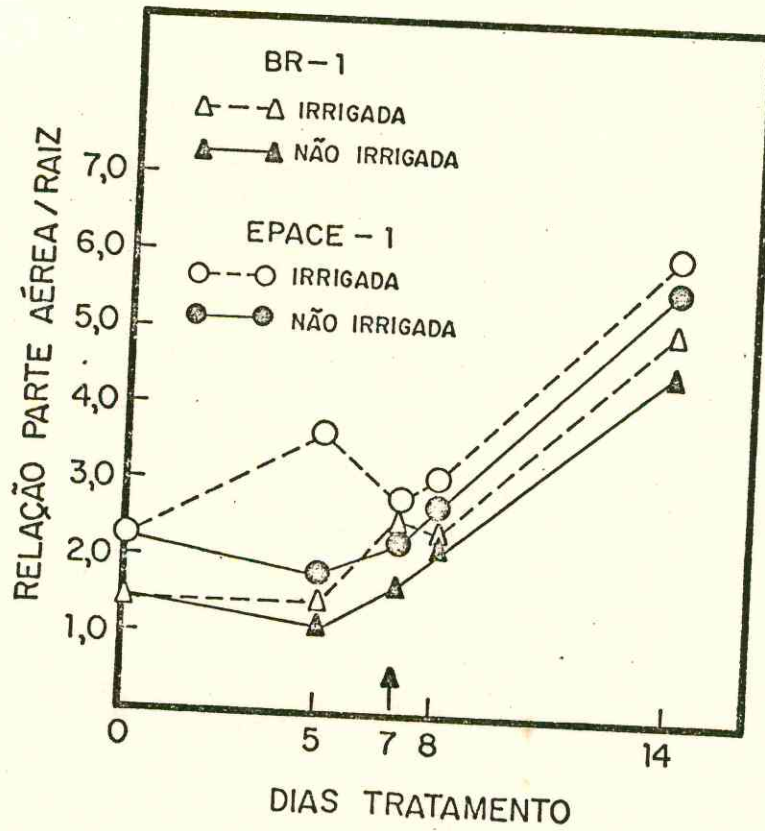


FIGURA 9 - Variações na relação parte aérea/raiz das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

5.10 - Taxa de crescimento relativo

Em todo período experimental, ambas as cultivares BR-1 e EPACE-1 apresentaram valores de taxa de crescimento relativo sempre menores no tratamento não irrigado em relação ao irrigado (TABELA 10 e FIGURA 10).

No primeiro período (do dia 0º ao 7º), a cultivar BR-1 no tratamento irrigado, apresentou maior taxa de crescimento relativo do que aquela observada na cultivar EPACE-1. No entanto, em termos relativos para o tratamento não irrigado, a cultivar EPACE-1 sofreu uma redução menor do que a cultivar BR-1 sendo respectivamente, de cerca de 39,6% e 68,1%.

No segundo período (do 7º ao 14º dia), a cultivar EPACE-1, no tratamento irrigado apresentou uma maior taxa de crescimento relativo. Embora a taxa de crescimento relativo da EPACE-1 no tratamento estressado tenha sido superior ao observado na cultivar BR-1, para o mesmo tratamento, a redução observada em relação ao tratamento irrigado foi significativamente mais elevada. Tais reduções para as cultivares EPACE-1 e BR-1 no 2º período experimental foram respectivamente de cerca de 29,8% e 17,9%.

5.11 - Taxa de assimilação líquida

A taxa de assimilação líquida no primeiro e segundo

TABELA 10 - Variações na taxa de crescimento relativo (TCR) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Taxa de Crescimento Relativo (TCR)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigada	Não Irrigada	Irrigada	Não Irrigada
0 a 7	87,8	28,0	57,6	34,8
7 a 14	93,4	76,7	141,6	99,4

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

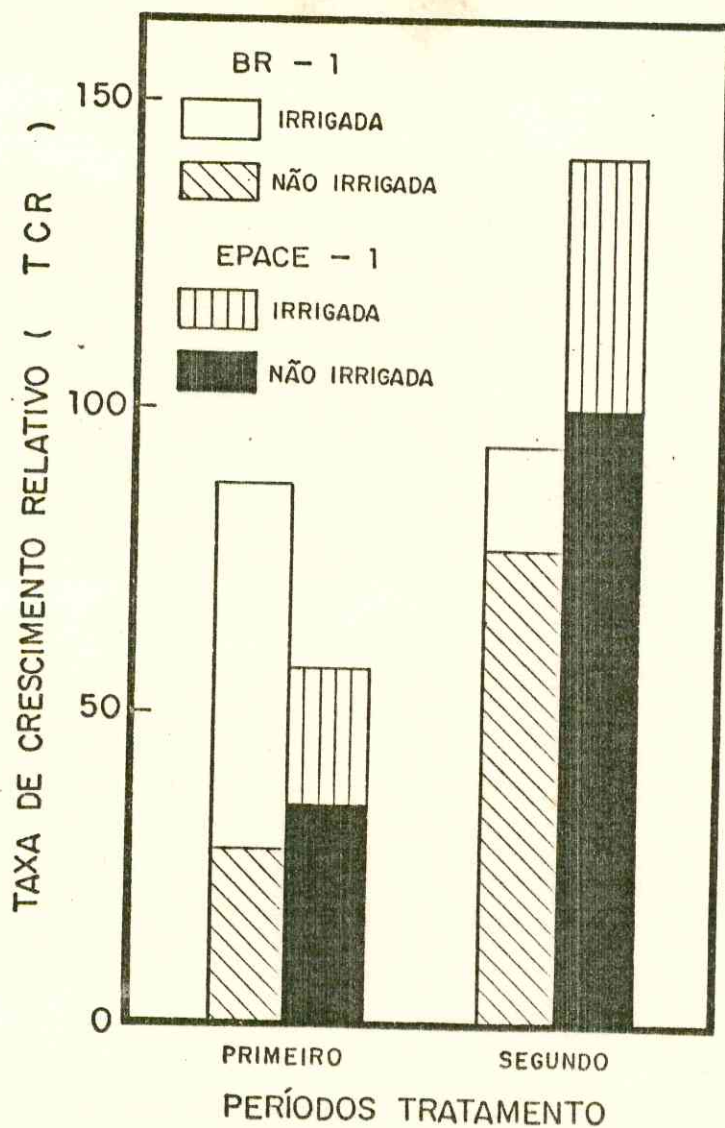


FIGURA 10 - Variações na taxa de crescimento relativo das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. Primeiro período de 0º ao 7º dia (irrigação suspensa) e segundo período de 7º a 14º dia (reiniciada a irrigação).

períodos para ambas as cultivares (TABELA 11 e FIGURA 11), tanto no tratamento irrigado como no não irrigado apresentaram a mesma tendência da variação daquela observada na taxa de crescimento relativo (TABELA 10 e FIGURA 10).

No primeiro período experimental (do 0º ao 7º dia), em relação ao tratamento irrigado, as cultivares EPACE-1 e BR-1 quando estressadas apresentaram respectivamente, uma redução na taxa de assimilação líquida de cerca de 40,8% e 67,4%.

No segundo período experimental (do 7º ao 14º dia), comparando-se o tratamento não irrigado com o irrigado, as cultivares EPACE-1 e BR-1 sofreram respectivamente, uma redução na taxa de assimilação líquida de cerca de 37,2% e 10,8% (TABELA 11 e FIGURA 11).

5.12 - Crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigação e não irrigado

No tratamento irrigado a cultivar EPACE-1 apresentou sempre uma área foliar total maior do que aquela observada na cultivar BR-1, para as mesmas condições experimentais. Quando ambas as cultivares foram estressadas, houve uma redução na taxa de crescimento da área foliar total (TABELA 12 e FIGURA 12). No entanto, esta redução foi relativamente mais acentuada na cultivar EPACE-1. Mesmo o reinício da rega, não modificou significativamente a taxa de crescimento da área foliar total em ambas as cultivares, sendo a menor resposta

TABELA 11 - Variações na taxa de assimilação líquida (TAL) das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Taxa de Assimilação Líquida (TAL)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigado	Não Irrigado	Irrigado	Não Irrigado
0 a 7	60,1	19,55	39,9	23,6
7 a 14	66,7	60,2	134,1	84,0

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

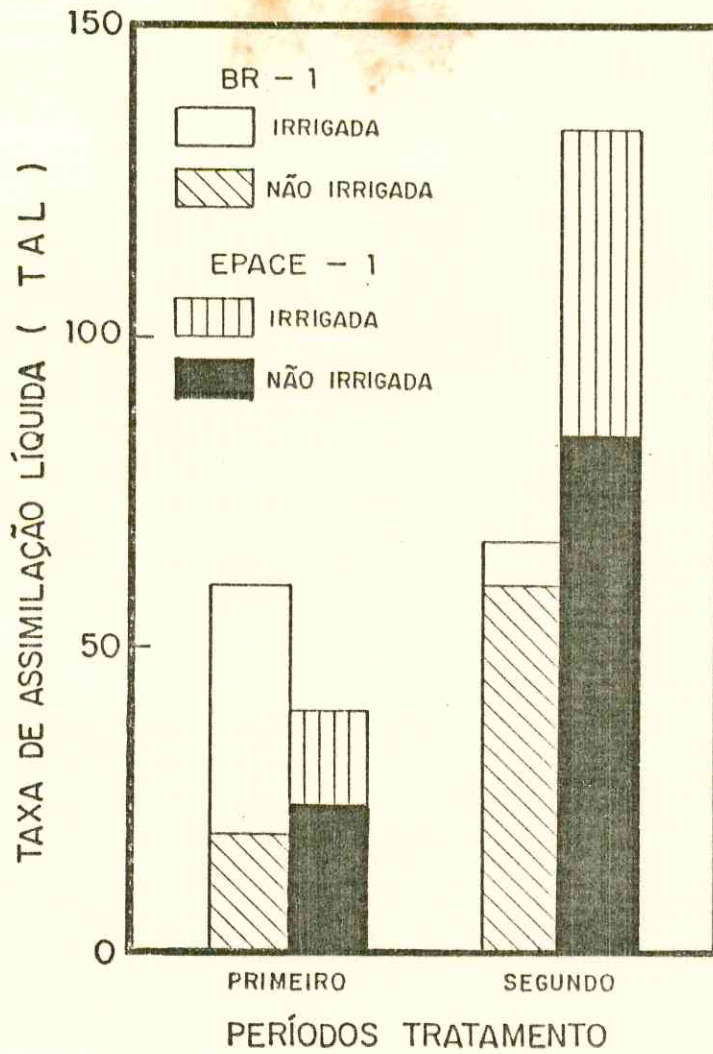


FIGURA 11 - Variações na taxa de assimilação líquida das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. Primeiro período de 0º ao 7º dia (irrigação suspensa) e segundo período de 7º ao 14º dia (reiniciada a irrigação).

expressa pela cultivar EPACE-1 (TABELA 12 e FIGURA 12). Consequentemente, a cultivar EPACE-1, demonstrou que na fase vegetativa foi muito vulnerável ao estresse hídrico, em termos de crescimento da área foliar total, nas condições de execução deste experimento.

A partir do reinício da rega, até o término do período experimental (sete dias), a cultivar EPACE-1 passou de $3,27 \text{ dm}^2$ para $4,08 \text{ dm}^2$, crescendo $0,81 \text{ dm}^2$, correspondendo a uma expansão foliar de 24,7%. No mesmo espaço de tempo correspondente e nas mesmas condições experimentais a BR-1 passou de $2,95 \text{ dm}^2$ para $5,02 \text{ dm}^2$, ou seja 70,1% de expansão foliar.

5.13 - Crescimento da área de folhas trifoliadas da cultivar BR-1

Na cultivar BR-1, no tratamento irrigado o crescimento da área foliar das 4as e 5as folhas trifoliadas estudadas, superou o crescimento das mesmas folhas consideradas, no tratamento não irrigado (TABELA 13 e FIGURA 13).

No espaçamento de tempo de 48 horas onde ocorreu a maior expansão da área foliar entre o 5º e 7º dia do período experimental, a 4a folha trifoliada no tratamento irrigado, passou de $54,34$ para $121,67 \text{ cm}^2$ crescendo $67,33 \text{ cm}^2$ correspondendo a uma expansão de cerca de 123,9%. No mesmo espaço de tempo correspondente, no tratamento não irrigado, a 4a folha trifoliada passou de $75,11$ para $99, \text{cm}^2$ crescendo

TABELA 12 - Variações no crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Crescimento Total da Área Foliar (dm ²)			
	BR-1		EPACE-1	
	Irrigada	Não Irrigada	Irrigada	Não Irrigada
- 5	0,88	-	1,46	-
- 3	1,21	-	1,94	-
- 1	1,44	-	2,61	-
1 (2)	2,09	1,51	3,11	2,89
3	2,52	2,09	3,72	3,05
5	3,07	2,58	4,22	3,23
7 (3)	3,86	2,95	5,05	3,27
9	4,29	3,50	5,38	3,63
11	5,32	4,46	5,66	3,87
13	5,74	5,02	6,26	4,08

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

(2) A irrigação foi suspensa 24 horas antes desta coleta

(3) Reinício da irrigação

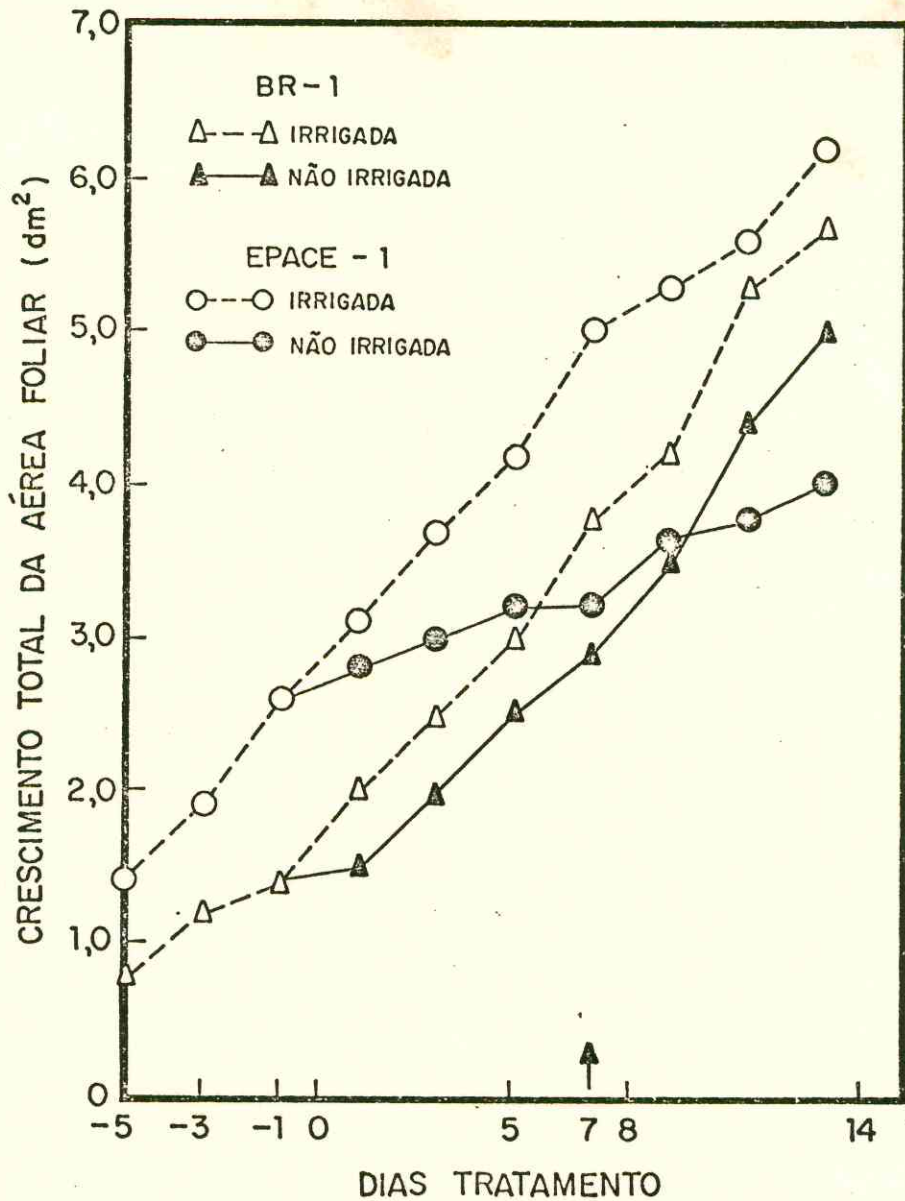


FIGURA 12 - Variações no crescimento da área foliar total das cultivares BR-1 e EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

23,94 cm², ou seja, uma expansão de cerca de 31,9%.

Também, a 5a folha trifoliada no espaço de tempo de 48 horas de maior crescimento entre 11º e 13º dia do período experimental, no tratamento irrigado, passou de 66,07 para 150,13 cm² crescendo 84,06 cm² ou cerca de 127,2%. Em espaço de tempo correspondente, no tratamento não irrigado, a 5a folha trifoliada passou de 52,06 para 113,36 cm² crescendo 61,30 cm² ou cerca de 117,7%.

Constatou-se uma maior taxa de expansão na folha mais jovem, 5a trifoliada, bem como uma elevada capacidade de recuperação após o reinício da irrigação, apesar do decréscimo acentuado no seu crescimento de área anteriormente provocado pelo estresse hídrico.

5.14 - Crescimento da área de folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1

Na cultivar EPACE-1, no tratamento irrigado o crescimento da área foliar das 5as e 6as folhas trifoliadas estudadas, superou o crescimento das mesmas folhas consideradas, no tratamento não irrigado (TABELA 14 e FIGURA 14).

No espaço de tempo de 48 horas no qual ocorreu o maior crescimento da área foliar entre o 1º e o 3º dias do período experimental, a 5a folha trifoliada no tratamento irrigado, passou de 20,13 para 54,58 cm² com um aumento de 34,45 cm² ou cerca de 171,1%. No mesmo espaço de tempo correspondente, no tratamento não irrigado a 5a folha trifolia-

TABELA 13 - Variações no crescimento da área foliar nas 4as e 5as folhas trifoliadas da cultivar BR-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Folha Trifoliada	Crescimento da Área Foliar (cm ²)	
		BR-1	
		Irrigada	Não Irrigada
3 (2)	4a	12,28	54,34
5	4a	54,34	75,11
7 (3)	4a	121,67	99,05
7	5a	9,59	32,43
9	4a	137,98	112,63
9	5a	36,52	43,99
11	4a	165,96	124,86
11	5a	66,07	52,06
13	4a	165,96	131,35
13	5a	150,13	113,36

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

(2) A irrigação foi suspensa 72 horas antes desta coleta

(3) Reinício da irrigação

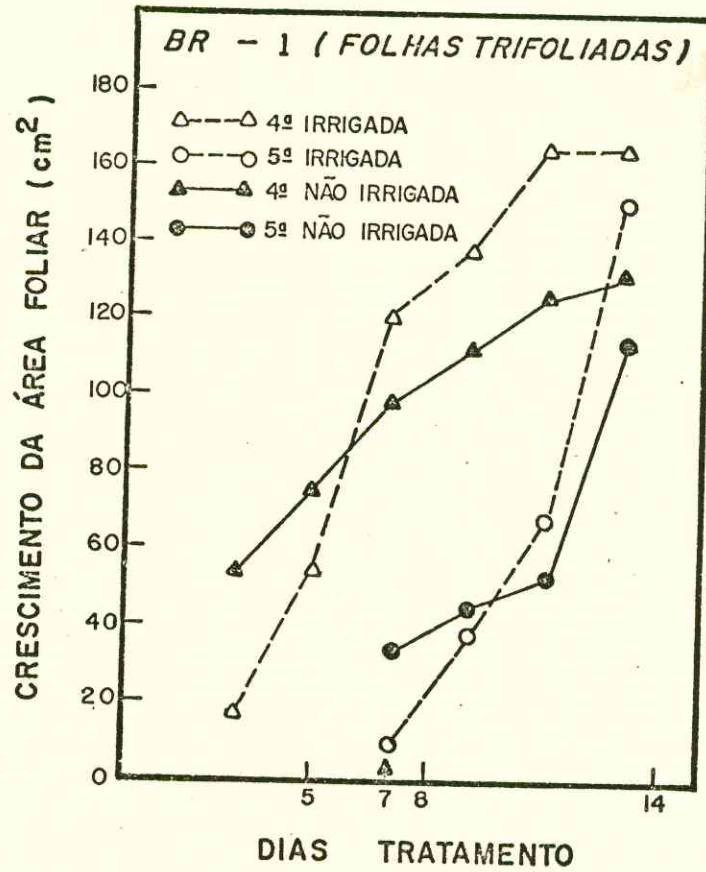


FIGURA 13 - Variações no crescimento da área foliar nas 4as e 5as folhas trifoliadas da cultivar BR-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta in dica o reinício da irrigação.

TABELA 14 - Variações no crescimento da área foliar nas 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1 nos tratamentos irrigado e não irrigado (1).

Período Experimental (Dias)	Folha Trifoliada	Crescimento da Área Foliar (cm ²)	
		EPACE-1	
		Irrigada	Não Irrigada
1 (2)	5a	20,13	19,48
3	5a	54,58	33,68
5	5a	74,39	34,49
5	6a	43,82	14,44
7 (3)	5a	86,26	34,58
7	6a	79,74	15,47
9	5a	86,52	53,92
9	6a	92,90	27,68
11	5a	90,62	63,20
11	6a	93,12	39,71
13	5a	90,62	65,35
13	6a	100,29	41,56

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

(2) A irrigação foi suspensa 24 horas antes da coleta

(3) Reinício da irrigação

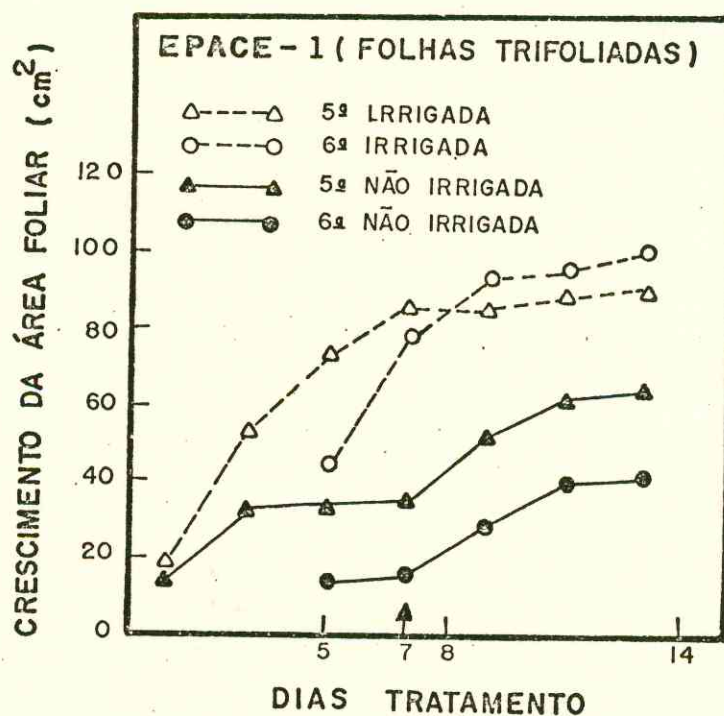


FIGURA 14 - Variações no crescimento da área foliar nas 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1, nos tratamentos irrigado e não irrigado. A seta indica o reinício da irrigação.

da passou de 19,48 para 33,68 cm² aumentando 14,20 cm² ou cerca de 72,9%.

A 6a folha trifoliada no espaço de tempo de 48 horas de maior expansão no tratamento irrigado entre o 5º e o 7º dia do período experimental, passou de 43,82 para 79,74 cm², aumentando 35,92 cm² ou cerca de 82,0%. No mesmo espaço de tempo correspondente, no tratamento não irrigado, a 6a folha trifoliada passou de 14,44 para 15,47 cm² crescendo 1,03 cm² ou cerca de 7,1%.

Constatou-se que o estresse hídrico afetou seriamente a expansão foliar da cultivar EPACE-1, pois, enquanto a 5a folha trifoliada irrigada cresceu cerca de 171,1%, no intervalo correspondente, a mesma folha estressada cresceu somente cerca de 72,9%. Já a 6a folha trifoliada irrigada cresceu 82,0%, quando, estressada no mesmo intervalo cresceu apenas cerca de 7,2%.

Evidenciou-se então, a elevada vulnerabilidade da cultivar EPACE-1, quando submetida ao estresse hídrico e sua baixa capacidade de recuperar-se após o reinício da irrigação, para as condições experimentais deste trabalho.

6 - DISCUSSÃO

Quando plantas da caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivares BR-1 e EPACE-1, foram submetidas ao estresse hídrico sofreram sensíveis reduções em seus valores do potencial hídrico em relação as plantas do tratamento irrigado sendo que a cultivar BR-1 atingiu menor valor no 5º dia do período experimental e a cultivar EPACE-1 no 7º dia (TABELA 1 e FIGURA 1). As plantas da cultivar BR-1 no tratamento irrigado, sofreram pequenas alterações, sendo o valor mais baixo obtido no 5º dia, cuja redução se desenvolveu provavelmente a uma alta demanda evaporativa ocorrida na casa de vegetação, que é do tipo aberto e dependente da luminosidade natural e temperatura ambiente.

As plantas da cultivar BR-1 submetidas ao estresse hídrico apresentaram a mesma tendência de variação do potencial hídrico observado naquelas do tratamento irrigado, alcançando contudo, sempre valores mais baixos. Já as plantas estressadas da cultivar EPACE-1 e do tratamento irrigado, mantiveram os mesmos valores de potencial hídrico até o 5º dia do período experimental, quando sofreram uma redução no 7º dia de estresse. Após o reinício da irrigação, as plantas recuperaram o seu potencial hídrico para valores aproximadamente iguais aos observados no tratamento irrigado. Esses dados sugerem que quando a EPACE-1 foi submetida a baixos níveis de disponibilidade de água no solo (7º dia do estresse), não apresentou mecanismos que evitassem a desidratação dos tecidos.

dos, ao contrário do observado na cultivar BR-1 nas mesmas condições experimentais. Contudo, após o reinício da irrigação, a cultivar EPACE-1, teve os seus tecidos reidratação aos níveis do observado no tratamento irrigado, indicando que não houve danos irreversíveis nos processos fisiológicos de absorção e transporte de água. Estatisticamente não houve diferença significativa entre os fatores de variação análise dos (TABELA 15), em relação ao potencial hídrico.

Os teores de clorofila total nas folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o tratamento irrigado aumentaram até o 5º dia, quando sofreram uma acentuada redução no 7º dia, apresentando pequenas variações até o final do período experimental (TABELA 2 e FIGURA 2). Esta redução é explicada, considerando-se que o mesmo tenha sido coletado sempre da 2ª folha a partir do ápice, como decorrência do envelhecimento natural da planta, o teor de clorofila total nesta mesma folha, sofreu redução quando as plantas atingiram 32 dias após a germinação.

Em feijão *Phaseolus vulgaris*, valores de potencial hídrico inferiores a $-0,5$ MPa podem retardar o aparecimento de clorofila pela redução da taxa de formação do complexo proteína-clorofila a/b e diminuir o acúmulo de clorofila b ALBERT et al. (1975). Trabalhando em casa de vegetação com algodão (*Gossypium hirsutum* L.) cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193, DE PAULA (1985) observou que a cultivar Deltapine smooth leaf, menos tolerante ao estresse hídrico, apresentou uma pequena recuperação na concentração de proteína após o reinício da irrigação, enquanto que na cultivar Mocó-9193, não houve recuperação. Quando ambas as cultivares

foram estressadas, apresentaram uma redução progressiva na concentração de clorofila das folhas e, como observado na concentração de proteínas esta redução não apresentou em magnitude o decréscimo nos valores de potencial hídrico. Trabalhando também em casa de vegetação, BOUTY (1985) observou que plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) cultivares Jaguaribe e Pitiúba apresentaram os maiores decréscimos de seus potenciais hídricos e teores relativos de água no 10º dia do período experimental, alcançando contudo, valores próximos ao do tratamento irrigado, após o reinício da irrigação. Esta constatação indicou que não houve danos irreversíveis nos processos fisiológicos de absorção e transporte de água em ambas as cultivares, naquelas condições experimentais.

No tratamento estressado do presente trabalho, os teores de clorofila total em ambas as cultivares, apresentaram valores sempre inferiores aos observados no tratamento irrigado.

Estatisticamente, o fator de variação (cultivar x irrigação) não apresentou diferença significativa, entretanto, os outros fatores analisados foram significativamente diferente em relação ao teor de clorofila total (TABELA 16).

As variações isoladas dos teores de clorofila a e b das cultivares BR-1 e EPACE-1 (TABELAS 3 e 4, FIGURAS 3 e 4), sofreram as mesmas tendências observadas na clorofila total (TABELA 2 e FIGURA 2).

O teor de proteína das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, no tratamento irrigado, mostraram essencialmente a mesma tendência de variação com significativas reduções

observadas no 7º dia do período experimental (TABELA 5 e FIGURA 5). As plantas de ambas as cultivares no tratamento irrigado, apresentaram a mesma tendência de variação. Estes dados indicam que o estresse hídrico sofrido pelas cultivares não foi capaz de induzir alterações fisiológicas profundas na fisiologia da planta, no que se refere a indução de uma senescência precoce. As variações observadas no teor de clorofila reforçam estas observações: a síntese de proteínas é considerado como um dos processos mais sensíveis ao estresse hídrico em plantas (SHAH & LOOMIS, 1965). Esta observação foi obtida através do estudo de aminoácidos incorporados às proteínas em formação nos tecidos previamente estressado (BEN-ZIONI et al., 1967). Pode-se explicar a diminuição do teor de proteínas nos tecidos foliares estressados devido a um processo de hidrólise e uma redução na síntese de proteínas graças a um decréscimo considerável de energia livre disponível, resultante da redução das atividades respiratórias e fotossintéticas. A diminuição do teor de ATP, induzida pelo decréscimo destes dois processos metabólicos leva a uma redução na síntese de proteínas.

Pela análise de variância os fatores de variação (cultivar x irrigação e irrigação x tempo) não apresentaram diferenças, entretanto, os outros fatores foram significativamente diferentes em relação aos teor de proteína (TABELA 19).

O teor de lipídios totais das folhas das plantas das cultivares BR-1 e EPACE-1, apresentaram no tratamento irrigado a mesma tendência de variação, sofrendo redução até o 7º dia mantendo a partir de então valores aproximadamente constantes até o 14º dia do período experimental. As plantas

estressadas de ambas as cultivares apresentaram as mesmas tendências de variação sendo contudo valores sempre menores do que os observados no tratamento irrigado (TABELA 6 e FIGURA 6). Entretanto, essas reduções foram mínimas, reforçando as observações de que o estresse hídrico desenvolvido não foi capaz de induzir degradações significativas nos teores de lipídios das membranas celulares.

O modelo mosaíco-fuido, proposto por SINGER & NICHOLSON (1972), descreve a membrana como uma dupla camada de anfipáticos contendo lipídios complexos associados com proteínas. A dupla camada de lipídios fornece a impermeabilidade para as moléculas polares e grandes moléculas não polares, enquanto que as proteínas catalizam os processos de transporte e transmissão das reações. Os lipídios formam a maior parte da área de superfície das membranas. Estudo das camadas duplas de lipídios e das proteínas das membranas, mostraram que o estado físico dos lipídios exerce forte influência sobre a estrutura e função das proteínas. Embora tais estudos forneçam uma base para o entendimento do mecanismo de interação entre lipídios e proteínas, eles precisam ser suplementados com maiores informações sobre as relações entre a estrutura dos lipídios e a função das membranas para fornecerem um melhor entendimento do significado fisiológico dessas interações. Alterações na composição dos lipídios das membranas levam a modificações na permeabilidade das mesmas, o que também pode alterar o nível dos metabólicos celulares. Em plantas submetidas ao estresse hídrico, a destruição da clorofila pode ser devida à peroxidação dos lipídios, pois é conhecida a ocorrência nestas plantas de hidroperóxidos de

ácidos graxos. Desta forma, o declínio do conteúdo de clorofila pode ser em parte, devido a peroxidação dos lipídios das membranas dos cloroplastos (PEISER & YANG, 1978).

Estatisticamente os fatores de variação (TABELA 20) (cultivar x irrigação, cultivar x tempo e irrigação x tempo) não apresentaram diferença, os demais fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao teor de lipídios totais.

O nível de peroxidação de lipídios das folhas de ambas as cultivares sob condições de estresse hídrico foram sempre maiores que as das cultivares mantidas irrigadas. A cultivar BR-1 sob estresse hídrico, apresentou uma estabilidade no nível de peroxidação a partir do 5º dia experimental, enquanto, que a cultivar EPACE-1 apresentou certa oscilação.

As cultivares mantidas irrigadas apresentaram a mesma tendência de redução no nível de peroxidação de lipídios até p 7º dia do período experimental. No 8º dia a cultivar BR-1 ainda manteve tendência de redução enquanto a EPACE-1, aumentou em cerca de 55,2% em relação ao 7º dia experimental. Já no 14º dia experimental, o nível de peroxidação de lipídios das folhas da cultivar BR-1 irrigada aumentou em cerca de 33,9% em relação ao 8º dia experimental e, cujo valor absoluto alcançado torna-se aproximadamente igual ao da cultivar EPACE-1 nas mesmas condições experimentais (TABELA 7 e FIGURA 7). No tratamento não irrigado, ambas as cultivares, apresentaram sempre valores de peroxidação de lipídios mais altos do que aqueles observados no tratamento irrigado. Estes dados estão coerentes com as observações verificadas, relativos ao teor de lipídios totais. Por conseguinte a uma

redução de lipídios, correspondente a um aumento no nível de peroxidação de lipídios.

A peroxidação de lipídios é um processo complexo que ocorre em animais e vegetais. Ela envolve a formação e propagação de radicais lipídios, a liberação de oxigênio, um rearranjo de duplas ligações em lipídios insaturados e a eventual destruição dos lipídios das membranas, produzindo uma grande variedade de resíduos, incluindo álcoois, cetonas, aldeídos e ésteres. A peroxidação do ácido lenoleico por exemplo, resulta na formação de até vinte produtos de degradação (GARDNER et al., 1974).

A análise de variância (TABELA 21) indicou que os fatores (cultivar e tempo), não apresentaram diferença estatística, entretanto, os outros fatores analisados foram significativamente diferentes em relação ao nível de peroxidação dos lipídios.

No tratamento irrigado de ambas as cultivares houve um aumento progressivo no peso específico das folhas durante todo o período experimental, com a cultivar EPACE-1 sempre apresentando valores mais altos do que aqueles da cultivar BR-1 (TABELA 8 e FIGURA 3). O estresse hídrico reduziu o peso específico das folhas para valores sempre menores do que aqueles observados no tratamento irrigado para ambas as cultivares.

Estudando o efeito do estresse hídrico em três estádios de desenvolvimento da cultura do caupi, TURK & HALL (1980) verificaram que a redução da área foliar no estágio vegetativo ocorreu concomitantemente ao incremento do peso específico da folha e que a correlação negativa entre este parâmetro

e a pressão interna no xilema poderia ser um bom indicativo da manutenção do "status" de água da planta.

A análise de variância da amostra (TABELA 22) demonstrou que o fator de variação (cultivar x irrigação) não apresentou diferença significativa, os demais fatores, entre tanto, foram estatisticamente diferente em relação ao peso específico.

A relação parte aérea/raiz aumento progressivamente durante o período experimental para ambas as cultivares, no tratamento irrigado. Esta mesma tendência foi observada no tratamento estressado, com as plantas apresentando valores inferiores, mas, próximo aos do irrigado (TABELA 9 FIGURA 9). Constatou-se então, que a raiz foi mais sensível ao estresse hídrico do que a parte aérea.

Os fatores de variação (cultivar x irrigação, cultivar x tempo e irrigação x tempo), não apresentaram diferenças significativamente (TABELA 23), os outros fatores, entre tanto, foram estatisticamente diferente na relação parte aérea/raiz.

A taxa de crescimento relativo do período experimental do dia 0º a 7º, da cultivar BR-1, no tratamento irrigado, apresentou maior valor do que aquela observada na cultivar EPACE-1 no mesmo período experimental (TABELA 10 e FIGURA 10). No entanto, em termos relativo a cultivar EPACE-1, sofreu uma menor redução do que a cultivar BR-1, quando estressada. No segundo período 7º a 14º dia, a cultivar EPACE-1, no tratamento irrigado apresentou uma maior taxa de crescimento relativo. Embora, a taxa de crescimento relativo da EPACE-1, no tratamento estressado tenha sido superior ao observado na

cultivar BR-1, para o mesmo tratamento, a redução observada foi relativamente muito mais elevada. Podemos concluir que independente da cultivar, uma maior taxa de crescimento relativo, no tratamento irrigado, torna a planta relativamente mais vulnerável ao estresse hídrico.

Estudando em casa de vegetação os efeitos do estresse hídrico na cultivar de algodão CRUZETA-SERIDÓ-9193 e na cultivar herbácea IAC-12-2 FERREIRA et al. (1979) encontraram maior vulnerabilidade aos efeitos do estresse hídrico da cultivar herbácea IAC-12-2. Foi evidenciado que as taxas de crescimento relativo das plantas irrigadas da cultivar CRUZETA-SERIDÓ-9193 foram superiores às da cultivar IAC-12-2, nos dois períodos estudados 0º a 7º dia e 7º ao 14º dia. Também nas plantas irrigadas as taxas de crescimento relativo foram maiores na cultivar CRUZETA-SERIDÓ-9193, em relação a IAC-12-2 nos mesmos períodos experimentais.

A taxa de assimilação líquida no primeiro e segundo períodos experimentais para ambas as cultivares, tanto irrigada como não irrigada, apresentou a mesma tendência na variação daquela observada na taxa de crescimento relativo. Por conseguinte, a cultivar EPACE-1, quando estressada apresentou uma maior taxa de assimilação líquida (TABELA 11 e FIGURA 11).

Os efeitos do estresse hídrico estudados por FERREIRA et al. (1979), em casa de vegetação na cultivar de algodão arbóreo CRUZETA-SERIDÓ-9193 e na cultivar herbácea IAC-12-2, demonstraram que as taxas de assimilação líquida nas plantas irrigadas da cultivar IAC-12-2, apresentaram valores superiores aos da CRUZETA-SERIDÓ-9193, nos dois períodos experimen-

tais 0º a 7º dia e 7º ao 14º dia após a suspensão da irrigação.

No presente estudo, considerando que não houve diferença significativa entre os tratamentos, em relação a taxa de assimilação líquida entre as cultivares BR-1 e EPACE-1 e baseando-se na taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida, a cultivar EPACE-1 apresentou uma leve superioridade na sua capacidade de tolerância ao estresse hídrico, na fase vegetativa. As reduções na taxa de crescimento da área foliar total da cultivar EPACE-1 (TABELA 12 e FIGURA 12), por não estarem associados a alterações fisiológicas profundas, não foram capazes de afetarem significativamente a taxa de crescimento relativo e a taxa de assimilação líquida desta cultivar.

A área foliar total da cultivar EPACE-1 no tratamento irrigado, apresentou-se maior do que aquela observada na cultivar BR-1, para as mesmas condições experimentais (TABELA 12 e FIGURA 12). Quando ambas as cultivares foram estressadas, houve uma redução na área foliar total. Mesmo o reinício da irrigação, não modificou significativamente a taxa de crescimento relativo em ambas as cultivares, sendo este efeito mais evidente na cultivar EPACE-1. Consequentemente, a cultivar EPACE-1 demonstrou que na fase vegetativa é muito vulnerável ao estresse hídrico em relação ao crescimento da área foliar total.

No caupi, o decréscimo nos potenciais do xilema induziu uma progressiva redução do índice de área foliar, matéria seca dos brotos e número de folhas jovens sendo que a área foliar total foi afetada com maior intensidade nas fo-

lhas jovens (TURK & HALL, 1980b). Apresentaram ainda estes autores que, embora possam ter causado uma redução na produção de grãos, essas respostas das plantas à seca podem ser responsáveis pela sua alta capacidade de tolerância a falta de água.

O crescimento da área das 4as e 5as folhas trifoliadas no tratamento irrigado da cultivar BR-1, superou o crescimento observado no tratamento não irrigado (TABELA 13 e FIGURA 13). Constatou-se que o estresse hídrico provocou um decréscimo acentuado no crescimento da área foliar mais jovem (5a trifoliada). Entretanto, com o restabelecimento da irrigação, essa mesma folha demonstrou uma grande capacidade de recuperar a sua expansão de área. Essa elevada capacidade de recuperação, não foi constatada nas 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1 no tratamento não irrigado (TABELA 14 e FIGURA 14). A vulnerabilidade da cultivar EPACE-1 ao estresse hídrico ficou evidenciada também no crescimento da área foliar total (TABELA 12 e FIGURA 12).

O crescimento da área das 5as e 6as folhas trifoliadas no tratamento irrigado da cultivar EPACE-1, superou com taxas elevadas o crescimento dessas mesmas folhas no tratamento não irrigado (TABELA 14 e FIGURA 14), a exemplo do que ocorreu com a cultivar BR-1 nas mesmas condições experimentais (TABELA 13 e FIGURA 13). Entretanto, constatou-se ainda, por comparação, que as folhas jovens da cultivar EPACE-1 não possuía a mesma capacidade apresentada pela cultivar BR-1 em recuperar o crescimento da área foliar após o restabelecimento da irrigação. Essa vulnerabilidade da cultivar EPACE-1, quando submetida as condições de estresse hídrico,

foi também constatada no estudo do crescimento da sua área foliar total (TABELA 12 e FIGURA 12). Não obstante, essa vulnerabilidade ao estresse hídrico apresentada pela cultivar EPACE-1 no crescimento da sua área foliar total e expansão da área das suas 5as e 6as folhas trifoliadas, por não estar associada a alterações fisiológicas profundas, não foi capaz de afetar significativamente as taxas de crescimento relativo e de assimilação líquida dessa cultivar (TABELAS 10 e 11; e FIGURAS 10 e 11).

7 - CONCLUSÕES

- (a) As cultivares BR-1 e EPACE-1 quando submetidas ao estresse hídrico, sofreram sensíveis reduções em seus valores de potencial hídrico em relação ao tratamento irrigado. Não houve entretanto, diferenças significativas para as cultivares estudadas com relação às variações de potencial hídrico, durante todo o período experimental. Após o reinício da irrigação, as plantas de ambas as cultivares recuperaram o seu potencial hídrico para valores aproximadamente iguais aos observados no tratamento irrigado, indicando, que não houve danos irreversíveis nos processos fisiológicos de absorção e transporte de água;
- (b) A exemplo da cultivar BR-1, o teor de clorofila nas folhas das plantas do tratamento estressado da cultivar EPACE-1, também apresentou valores sempre inferiores aos observados no tratamento irrigado. Para as duas cultivares estudadas os teores de clorofila, de suas folhas, durante o tratamento irrigado, aumentaram até o 5º dia, quando sofreram uma acentuada redução no 7º dia, apresentando pequenas variações até o final do período experimental. Estas reduções são explicadas, considerando-se que o mesmo tendo sido coletado sempre da 2ª folhas a partir do ápice, como decorrência do envelhecimento natural da planta, o teor de clorofila nesta mesma folha, sofreu reduções quando as plantas atingiram 32 dias após a

germinação;

(c) O teor de proteína das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, no tratamento irrigado, mostraram essencialmente a mesma tendência de variação com significativas reduções observadas no 7º dia do período experimental, o que também ocorreu com o teor de clorofila nas mesmas condições experimentais. As plantas de ambas as cultivares, submetidas ao estresse hídrico apresentaram a mesma tendência de variação no teor de proteína, embora tenha sido sempre menor que o das irrigadas. Estes danos indicam que o estresse hídrico sofrida pelas cultivares não foi capaz de induzir alterações fisiológicas profundas na fisiologia das plantas, no que se refere a indução de uma senescência precoce. As variações observadas no teor de clorofila reforçam estas observações;

(d) As folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1, apresentaram no tratamento irrigado a mesma tendência de variação no teor de lipídios totais, sofrendo redução até o 7º dia, mantendo a partir de então valores aproximadamente constantes até o 14º dia do período experimental. Quando estressadas, ambas as cultivares apresentaram a mesma tendência de variação sendo contudo valores sempre menores do que os observados no tratamento irrigado. Entretanto, essas reduções foram mínimas, reforçando as observações de que o estresse hídrico desenvolvido não foi capaz de induzir degradações significativas nos teores de lipídios das membranas celulares;

- (e) Os níveis de peroxidação de lipídios das folhas das cultivares BR-1 e EPACE-1 sob condições de estresse hídrico foram sempre maiores que os das plantas mantidas irrigadas. Este aumento no nível de peroxidação dos lipídios ocorreu concomitante com a redução nos teores de lipídios totais. A cultivar BR-1 sob estresse hídrico, apresentou uma estabilidade no nível de peroxidação de lipídios a partir do 5º dia experimental, enquanto que a cultivar EPACE-1 apresentou certa oscilação;
- (f) Houve um aumento progressivo no peso específico das folhas de ambas as cultivares no tratamento irrigado durante todo o período experimental, com a cultivar EPACE-1 sempre apresentando valores mais altos do que aqueles da cultivar BR-1. O estresse hídrico reduziu o peso específico das folhas para valores menores do que aqueles observados no tratamento irrigado para ambas as cultivares;
- (g) Para as duas cultivares estudadas os valores da relação parte aérea/raiz aumentou progressivamente durante todo o período experimental, no tratamento irrigado. Esta mesma tendência foi observada no tratamento estressado, com as plantas apresentando valores inferiores, porém, próximo aos do irrigado. Os dados indicam que a parte aérea foi mais sensível ao estresse hídrico do que a raiz. Na parte aérea exposta ao ar o potencial de turgescência provavelmente foi reduzido para valores abaixo do crítico;

- (h) Durante todo o período experimental as cultivares BR-1 e EPACE-1 apresentaram valores de taxa de crescimento relativo sempre maiores no tratamento irrigado em relação ao estressado. No primeiro período experimental, a cultivar BR-1 no tratamento irrigado, apresentou uma maior taxa de crescimento relativo, do que aquela observada na cultivar EPACE-1. No entanto, em termos relativos, para o tratamento não irrigado a cultivar EPACE-1, nos tratamentos irrigado e não irrigado, apresentou uma maior taxa de crescimento relativo. Para a cultivar EPACE-1 no tratamento estressado, a redução observada na taxa de crescimento relativo em relação ao tratamento irrigado, foi significativamente mais elevado do que a redução observada na cultivar BR-1, nas mesmas condições experimentais. Pode-se concluir que independente da cultivar, uma maior taxa de crescimento relativo, no tratamento irrigado, torna a planta relativamente mais vulnerável ao estresse hídrico;
- (i) A taxa de assimilação líquida no primeiro e segundo período experimentais para ambas as cultivares, tanto irrigada como não irrigada, apresentou a mesma tendência da variação daquela observada na taxa de crescimento relativo. Por conseguinte, a cultivar EPACE-1, quando estressada, apresentou uma maior taxa de assimilação líquida;
- (j) O crescimento da área foliar total da cultivar EPACE-1, no tratamento irrigado, apresentou-se maior do que aquele observado na cultivar BR-1. Ambas as cultivares, quan

do estressadas, sofreram redução no crescimento da área foliar total, O reinício da irrigação, não modificou significativamente a taxa de crescimento relativo em ambas as cultivares, sendo este efeito mais evidente na cultivar EPACE-1. Entretanto, baseando-se na taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida, a cultivar EPACE-1, apresentou uma leve superioridade na capacidade de tolerância ao estresse hídrico, na fase vegetativa. As reduções no crescimento da área foliar total da cultivar EPACE-1, por não estarem associados a alterações fisiológicas profundas, não foram capazes de afetarem significativamente a taxa de crescimento relativo e a taxa de assimilação líquida dessa cultivar;

- (k) O crescimento da área das 4as e 5as folhas trifoliadas da cultivar BR-1 e 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1, no tratamento irrigado, superou o crescimento observado no tratamento não irrigado em ambas as cultivares. Constatou-se que o estresse hídrico provocou um decréscimo acentuado no crescimento da área das folhas tanto da cultivar BR-1 como da cultivar EPACE-1. Entretanto, com o restabelecimento da irrigação as 4as e 5as folhas trifoliadas da BR-1, demonstraram uma grande capacidade de recuperar a sua expansão de área. Por comparação, constatou-se que as 5as e 6as folhas trifoliadas da cultivar EPACE-1, não possuía a mesma capacidade apresentada pela cultivar BR-1 em recuperar o crescimento de sua área foliar após o restabelecimento da irrigação. Não obstante, essa vulnerabilidade ao estresse hídrico apre-

sentada pela cultivar EPACE-1 no crescimento da sua área foliar total e expansão da área das suas 5as e 6as folhas trifoliadas, por não estar associada a alterações fisiológicas profundas, não foi capaz de afetar significativamente as taxas de crescimento relativo e de assimilação líquida dessa cultivar;

- (1) De acordo com as determinações procedidas neste experimento, podemos concluir que as cultivares BR-1 e EPACE-1 apresentam grande tolerância protoplasmática ao estresse hídrico. As reduções observadas nos parâmetros ligados à produtividade biológica (taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e crescimento das folhas trifoliadas) podem ser atribuídas a uma diminuição do potencial hídrico, provavelmente com relação ao potencial de turgescência para valores abaixo do mínimo necessário para promover o crescimento celular. Provavelmente, ocorreu fechamento dos estômatos e redução da taxa fotossintético.

8 - LITERATURA CITADA

ALBERT, R.S.; FISCUS, E.L. & NAYLOR, A.W. The effects of water stress on the development of the photosynthetic apparatus in greening leaves. Plant Physiol. 55:317-321, 1975.

ALLEN, C.F. & GOOD, P. Acyl lipid in photosynthetic systems. Methods in Enzimology. 23:523-547, 1971.

BEN-ZIONI, A.; ITAI, C. & VAADIA, V. Water and salt stresses, kinetin and protein synthesis in tobacco leaves. Plant Physiol. 42:361-365. 1967.

BOUTY, F.A.C. Relações hídricas e produtividade biológica de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sob condições de estresse hídrico. Fortaleza, UFC. 73 p. 1985 (Tese de Mestrado).

BUEGE, J.A. & AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. Methods in Enzimology. 52:302-310, 1978.

CLOUGH, B.F. & MILTHORPE, F.L. Effects of water deficits on leaf development in tobacco. Aust J. Plant. Physiol. 2:291-300, 1975.

DE PAULA, F.A.C. Alterações bioquímicas e fisiológicas em cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) quando sub-

metidas ao estresse hídrico. Fortaleza, UFC, 62 p. 1985
(Tese de Mestrado).

DIXON, H.H. Transpiration and the ascent of the sap in plants. McMillan, 1914.

FERREIRA, L.G.R. Effects of water deficit on proline accumulation and growth of two cotton genotypes of different drought resistances. Z. Pflanzenphysiol. Bd.S. 93:189-199, 1979.

GARDNER, H.W.; KLEIMAN, R. & WEISLEDER, D. Plant lipids: composition and distribution. Lipids. 9:696, 1974.

HALL, A.E.; FOSTER, K.W. & WEINES, J.G. Crop adaptation to semi-arid environments. Agriculture in Semi-Arid Environments. (Eds. A.E. Hall, G.H. Cannel and H.W. Lawton). Econolical Studies Series, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg, New York, 34:18-178, 1979.

HENKEL, P.A. Drought resistances in plants: Methods of recognition and of intersification. In. UNESCO. Plant-Water Stresses. 16 p., 1961.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Annual Rev. Plant Physiol. 24:519-570, 1973.

HSIAO, T.C.; ACEVEDO, E.; FERERES, E. & HENDERSON, D. W. Stress metabolism: Water stress, growth an osmotic

adjustment philos. Trans. R. Soc. London. B. 273:479-500, 1976.

HSIAO, T.C.; O'TOOLE, T.C.; YANBAO, E.B.; & TURNER, N.C.
Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Physiol. 75:338-341, 1984.

JONES, M.M. & RAWSON, H.M. Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis leaf conductance, water use efficiency and osmotic potential in sorghum. Plant. Physiol. 45:103-111, 1979.

KOZLOWSKI, T.T. Shrinkage and swelling of plant tissues. In: _____. Water deficits and plant growth. New York. Academic Press, V.1. cap. 1., 1972.

KRAMER, J.P. Tension hídrica y crecimiento de las plantas. In: Relaciones hídricas de los suelos y plantas: una síntesis moderna. México. Centro Nacional de Ayuda Técnica, 394-442, 1974.

KRAMER, P.T. Water relations of plants. Academic Press, New York, 489 p., 1983.

LEVIT, J. Responses of plants to environment stresses. Vol. II, Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York, 1980.

LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, M.T.; FARRAL, A.L. & RANDALL, R.J.

Protein measurements with folin reagents. J. Biol. Chem.
193:265-275, 1951.

LUDLOW, M.M. Adaptative significance of stomatal responses
to water stress. In: TURNER, N.C.; KRAMER, P. eds.
Adaptation of plants to water and high temperature stress.
Wiley-Interscience, New York. 123-138, 1980.

MARKHART, A.H. Comparative water relations of *Phaseolus*
vulgaris L. and *Phaseolus acutifolius* Gray. Plant Physiol.
77:113-117, 1985.

MAY, L.H. & MILTHORPE, F.L. Drought resistance of Crop Plants.
Yield Crop Abst. 15(3):171-79, 1962.

McKINEY, G. Absorption of light chlorophyll solution. J. Biol.
Chem. 140:315-322, 1941.

MEDERSKI, H.L. & JEFFERS, D.L. Yield response of soybean
varieties grown at two soil moisture stress levels. Agron.
J. 65(3):410-12, 1973.

MILLAR, A.A.; GARDNER, W.R. Effects of the soil and plant
water potentials on the dry matter production of snap
beans. Agron. J. 64(5):559-62, 1972.

PARSONS, L.R. & HOWE, K. Effects of water stress on the
water relations of *Phaseolus vulgaris* and the drought
resistant *Phaseolus acutifolius*. Plant. Physiol. 60:179-
202, 1984.

- PEISER, G.D. & YANG, S.F. Lipid peroxidation in chloroplasts membranes. Phytochemistry. 17:79-84, 1978.
- PENMAN, H.L. Vegetation and hidrology. Tech comun. Commonow. Bur. Soils. 53:124 p., 1963.
- PHOGAT, B.S.; SINGH, D.P. & SINGH, P. Responses of cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp and Mung Bean *Vigna radiata* (L.) wilczek to irrigation. I. Effects on soil-plant water relations, evapotranspiration, yield an water use efficiency. Irrig. Sci. 5:47-60, 1984.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulare-their use and abuse. Crop. Sci. 7:171-175, 1967.
- RAISON. J.K. Membrane lipids; structure and functions. Biochemistry of plants. Vol. 4 (Ed. P.K. Stumpf, University of California). Academic Press, New York, pp. 57-81, 1980.
- RAWSON, H.M.; BEGG, J.E. & WOODWARD, R.C. The effects of atmospheric humidity on photosynthesis, transpiration and water efficiency of leaves of several plant species Plants. Physiol. 134:5-510, 1977.
- SANDS, R. & CORELL, R.L. Water potentials and leaf elongation in radiata pine and wheat. Plant. Physiol. 37:393-297, 1976.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T. HEMMINGTSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves

- mangrove and some other plants. Proc. Natl. Acad. Sci. 52:119-425, 1964.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGTSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Sap. Pressure in vascular Plants. Science. 148:339-346, 1965.
- SHAH, C.B. & LOOMS, R.S. Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. Plant Physiol. 18:240-254, 1965.
- SINGER, S.T. & NICHOLSON, G.L. The fluid mosaic model of the structure of cell membrane. Science. 175:720-731, 1972.
- SLATYER, R.O. Plant-water relationships. Academic Press, New York, 339 p., 1967.
- SMART, R.E. & BINGHMA, G.E. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol. 53:258-260, 1974.
- STOUT, D.G. & SIMPSON, G.M. Drought resistance of *Sorghum bicolor* L. Drought avoidance mechanisms related to leaf water status. Can. J. Plant. Sci. 58:213-224, 1978.
- STEELE, W.M. & MEHRA, K.L. Structure, evolution, and adaptation to farming systems and environments in vigna. In: Advance in Legume Science. (Eds. J.R. Summerfield & A.H. Bunting). Royal Botanic Gardens. London, England, 393-404, 1980.

SWINDALE, L.J. & BIDINGER, F.R. The human consequences of drought and crop research priorities for their alleviation. The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants. (Ed. L.G. Paleg & D. Aspinall) Academic Press. Sydney. Austrália, 492 p., 1981.

TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. Water relations of cotton: I Root growth and water use as related to top growth and soil water content. Agron. Journal. 66:584-588, 1974.

TEARE, I.D. & PEET, M.M. eds. Crop water relations. Wiley-Interscience, New York. 158-185, 1983.

TURK, J.K.; HALL, A.E.M. & ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I Influence of drought on seed yield. Agron. J. 72:413-20, 1980-a.

TURK, K.J. & HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. II Influence of drought on plant water and relations with seed yield. Agron. J. 72:421-27, 1980-b.

TURK, K.J. & HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. III Influence of drought on plant and relations with seed yield. Agron. J. 72:428-33, 1980-c.

TURK, J.K. & HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. IV Influence of drought on water use and relations with growth and seed yield. Agron. J. 72:434-39, 1980-d.

WIEN, H.C. & SUMMERFIELD, R.J. Adaptation of cowpea in west

Africa effects of photoperiod and temperatur responses
in cultivars of diverse origin. In: Advances in Legume
Science. (Eds. R.J. Summerfield & A.H. Bunting) Royal
Botanic Gardens, London, England, 405-417, 1980.

9 - A N E X O

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

TABELA 15 - Análise de variância do potencial hídrico (MPa) das culti
vares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l	SQ	QM	F
Cultivar	1	0,098	0,098	2,649 n.s.
Irrigação	1	0,098	0,098	2,649 n.s.
Cultivar x Irrigação	1	0,002	0,002	0,054 n.s.
Tempo	4	0,292	0,073	1,973 n.s.
Cultivar x Tempo	4	0,112	0,028	0,757 n.s.
Irrigação x Tempo	4	0,192	0,048	1,297 n.s.
Resíduo	4	0,148	0,037	1,297 n.s.
T O T A L	19	0,942	-	CV = 22,11%

n.s. - não significativa.

TABELA 16 - Análise de variância do teor de clorofila total ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	21,8614	21,8614	157,9153	***
. Irrigação	1	38,33685	38,33685	276,92504	***
. Cultivar x Irrigação	1	0,00012	0,00012	0,000867	n.s.
. Tempo	4	1446,29858	361,57463	2611,8258	***
. Cultivar x Tempo	4	66,27427	16,568568	119,68266	***
. Irrigação x Tempo	4	27,88117	6,9702925	50,349743	***
. Resíduo	4	0,55375	0,1384375		
T O T A L	19	1601,206			CV = 0,94%

n.s. = não significativa a 5%

*** = significativa a 0,1%

TABELA 17 - Análise de variância do teor de clorofila a ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	10,22450	10,22450	154,58292	***
. Irrigação	1	18,50888	18,50888	279,83341	***
. Cultivar x Irrigação	1	0,19209	0,19209	2,90403	n.s.
. Tempo	4	695,22317	173,80579	2627,74774	***
. Cultivar x Tempo	4	31,75105	7,93776	120,01003	***
. Irrigação x Tempo	4	12,32357	3,08089	46,57962	***
. Resíduo	4	0,26457	0,06614		
T O T A L	19	768,48782		CV = 0,58%	

*** = significativo a 0,1%

n.s.= não significativo

TABELA 18 - Análise de variância do teor de clorofila b ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	2,19122	2,19122	12,37927	*
. Irrigação	1	3,52800	3,52800	19,93136	*
. Cultivar x Irrigação	1	0,17672	0,17672	0,99838	n.s.
. Tempo	4	142,40833	35,60208	201,13320	***
. Cultivar x Tempo	4	7,60453	1,90113	10,7441	*
. Irrigação x Tempo	4	3,46095	0,86524	4,88814	n.s.
. Resíduo	4	0,70803	0,17701		
T O T A L	19	160,07778		CV = 5,14%	

n.s. = não significativo

* = significativo a 5%

*** = significativo a 0,1%

TABELA 19 - Análise de variância do teor de proteína ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	3,18402	3,18402	76,424	***
. Irrigação	1	1,16162	1,16162	27,882	**
. Cultivar x Irrigação	1	0,31250	0,31250	7,501	n.s.
. Tempo	4	54,44417	13,61104	326,698	***
. Cultivar x Tempo	4	1,95923	0,48981	11,756	**
. Irrigação x Tempo	4	0,50583	0,12646	3,035	n.s.
. Resíduo	4	0,16665	0,04166		
T O T A L	19	61,73402			CV = 2,77%

n.s. = não significativa a 5%

** = significativa a 1%

*** = significativa a 0,1%

TABELA 20 - Análise de variância do teor de lipídios totais ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F
. Cultivar	1	0,00113	0,00113	11,842 *
. Irrigação	1	0,00181	0,00181	19,000 *
. Cultivar x Irrigação	1	0,00025	0,00025	2,579 n.s.
. Tempo	4	0,02728	0,00682	71,789 **
. Cultivar x Tempo	4	0,00190	0,00048	5,000 n.s.
. Irrigação x Tempo	4	0,00052	0,00013	1,368 n.s.
. Resíduo	4	0,00038	0,00010	
T O T A L	19	0,03327		CV = 2,27%

n.s. = não significativo a 5%

* = significativo a 5%

** = significativo a 1%

TABELA 21 - Análise de variância do nível de peroxidação de lipídios ($\text{mg.g}^{-1}\text{PS}$) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	0,00392	0,00392	0,13	n.s.
. Irrigação	1	24,81992	24,81992	81,736	**
. Cultivar x Irrigação	1	0,03042	0,03042	0,100	**
. Tempo	4	26,39073	6,59768	21,727	n.s.
. Cultivar x Tempo	4	12,13683	3,03421	9,992	*
. Irrigação x Tempo	4	9,10253	2,27563	7,494	*
. Resíduo	4	1,21463	0,030366		
T O T A L	19	73,69898			CV = 18,72%

n.s. = não significativo a 5%

* = significativo a 5%

** = significativo a 1%

TABELA 22 - Análise de variância do peso específico das folhas (g.dm^{-2}) das cultivares BR-1 e EPACE-1, durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	0,01800	0,01800	240,000	***
. Irrigação	1	0,00648	0,00648	86,400	***
. Cultivar x Irrigação	1	0,00000	0,00000	0,000	n.s.
. Tempo	4	0,10180	0,02545	339,333	***
. Cultivar x Tempo	4	0,00580	0,00145	19,333	**
. Irrigação x Tempo	4	0,00242	0,00061	8,067	*
. Resíduo	4	0,00030	0,00008		
T O T A L	19	0,1348		CV 2 2,42%	

n.s. = não significativa a 5%

* = significativa a 5%

** = significativa a 1%

*** = significativa a 0,1%

TABELA 23 - Análise de variância da relação parte aérea/raiz das cultivares BR-1 e EPACE-1 durante o período experimental.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	
. Cultivar	1	3,55324	3,55324	25,561	**
. Irrigação	1	1,29541	1,29541	9,319	*
. Cultivar x Irrigação	1	0,08844	0,08844	0,636	n.s.
. Tempo	4	32,76613	8,19153	58,929	***
. Cultivar x Tempo	4	0,64933	0,16233	1,168	n.s.
. Irrigação x Tempo	4	0,63407	0,15852	1,140	n.s.
. Resíduo	4	0,55603	0,13901		
T O T A L	19	39,54265		CV = 13,2%	

n.s. = não significativo a 5%

* = significativo a 5%

** = significativo a 1%

*** = significativo a 0,1%