

EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NO CONSÓRCIO
MILHO X FEIJÃO VIGNA

LUIZ HENRIQUE DE OLIVEIRA LOPES

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
EM FITOTECNIA, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1987

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia com Área de Concentração em Fitotecnia, 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.

LUIZ HENRIQUE DE OLIVEIRA LOPES

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 12 / 10 / 1987.

Prof. Francisco José Alves Fernandes Távora, Ph.D.
Orientador

Prof. Clairton Martins do Carmo, MS.
Conselheiro

Prof. Luis Carlos Uchôa Saunders, Doutor
Conselheiro

Prof. Fanuel Pereira da Silva Ph.D.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

À memória do meu pai **PEDRO DE OLIVEIRA LOPES**
de quem primeiro recebi sábios ensinamentos
de como cultivar a terra;

Ao labor e convicção religiosa de minha mãe
SANTANA, que nas vicissitudes da luta diária
jamais negligencia a oração;

Aos meus filhos **PEDRO HENRIQUE**, **CATARINA** e
GUILHERME, razão maior da minha existência
hoje.

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - pela oportunidade de participar deste treinamento;

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA - através dos Drs. RENIVAL ALVES DE SOUZA e EDSON LUSTOSA DE POSSÍDIO, pelo imprescindível apoio durante todas as fases do curso;

Ao Professor FRANCISCO JOSÉ ALVES FERNANDES TÁVORA pela reconhecida capacidade de transmitir seus conhecimentos e pela segura orientação e oportunas sugestões no decorrer da elaboração desta pesquisa;

Aos Professores CLAIRTON MARTINS DO CARMO e LUIZ CARLOS UCHÔA SAUNDERS pelas sugestões formuladas e o valioso trabalho de revisão;

Ao Dr. MANOEL ABÍLIO DE QUEIROZ e aos meus filhos PEDRO HENRIQUE DE GOES LOPES, CATARINA DE GOES LOPES e GUILHERME DE GOES OLIVEIRA LOPES, pelo apoio, estímulo constante e confiança, de modo especial na fase final deste trabalho;

Aos Pesquisadores do CPATSA: JOSÉ MONTEIRO SOARES, MOACIR JOSÉ DE LIMA e CARLOS ALBERTO V. LIMA, em razão da inestimável colaboração na montagem do esquema de irrigação, de monitoramento de água na planta e análise estatística;

Às funcionárias da biblioteca do CPATSA pela decisiva colaboração no processo de levantamento da bibliografia;

Ao Mestre Rural FRANCISCO BARBOSA DOS ANJOS, pela constante e abnegada participação em todas as etapas do trabalho de campo.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE TABELAS</u>	vi
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	ix
<u>RESUMO</u>	xi
<u>ABSTRACT</u>	xii
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	4
2.1 - <u>Efeito da Deficiência Hídrica na Fisiologia da Planta</u>	4
2.2 - <u>Deficiência Hídrica em Cultura Solteira</u> ..	12
2.3 - <u>Deficiência Hídrica em Cultura Consorciada</u>	21
3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	24
4 - <u>RESULTADO E DISCUSSÃO</u>	32
4.1 - <u>Água no Solo e na Planta</u>	32
4.2 - <u>Evolução da Matéria Seca</u>	41
4.3 - <u>Floração e Eficiência Reprodutiva em Feijão Vigna</u>	48
4.4 - <u>Rendimento do Feijão Vigna</u>	55
4.5 - <u>Rendimento do Milho</u>	59
4.6 - <u>Uso Eficiente da Terra - UET</u>	61
5 - <u>CONCLUSÕES</u>	64
6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	66

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Características físico-hídricas do latossolo unidade 37 AA. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	25
2	Dados de análise do solo na camada de 0-20cm do local onde foi realizado o experimento. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	26
3	Lâmina de água (mm) aplicada no milho e feijão Vigna cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	37
4	Potencial hídrico foliar (MPa) observado em milho e feijão Vigna cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	38
5	Matéria seca (t/ha) de milho, feijão Vigna e do consórcio destas culturas obtida em plantas submetidas a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	42
6	Análise de variância da matéria seca (t/ha) de milho, feijão Vigna cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	43
7	Análise de variância da matéria seca (t/ha)	

TABELA

Página

	produzida pelo consórcio milho x feijão Vigna submetidos a deficiência hídrica. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	45
8	Valores de taxa de crescimento da cultura (TCC) observados em milho, feijão Vigna e no consórcio destas culturas, submetidas a deficiência hídrica. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	46
9	Análise de variância da taxa de crescimento de cultura (TCC) observada em milho, feijão Vigna e no consórcio destas culturas. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	47
10	Produção semanal de flores por planta observada em feijão Vigna cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983 ...	49
11	Análise de variância do número de flores por planta, relação vagem/flor e grãos por vagem transformados em \sqrt{x} e de peso de 100 sementes observado em feijão Vigna cultivado isoladamente e em consórcio com milho. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	50
12	Número médio de vagens por planta, relação vagem/flor, grãos por vagem e peso de 100 sementes (g) observados em feijão Vigna cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	53
13	Rendimento (kg/ha) de feijão Vigna obtido em sistema de cultivo isolado e consorciado com	

TABELA

Página

	milho, submetido a deficiência hídrica em fa ses distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	56
14	Análise de variância da produção de feijão Vigna e do milho cultivados isoladamente e em consórcio, Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	57
15	Rendimento (kg/ha) de milho obtido em cultivo isolado e em consórcio com feijão Vigna, sub metido a deficiência hídrica em fases distin tas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambu co, Brasil, 1983	60
16	Valores do Uso Eficiente da Terra (UET) obti dos com as culturas do milho e feijão Vigna submetidos a deficiência hídrica em fases dis tintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernam buco, Brasil, 1983	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Curva de retenção de água no latossolo unida de 37 AA do Campo Experimental de Bebedouro. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	27
2	Temperatura (°C) máxima, média e mínima observada no Campo Experimental de Bebedouro no período de novembro/82 a abril/83. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	33
3	Evaporação do tanque classe A (mm/dia) no período de novembro/82 a abril/83 no Campo Experimental de Bebedouro. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	34
4	Precipitação pluviométrica (mm) observada no período de novembro/82 a abril/83 no Campo Experimental de Bebedouro. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	35
5	Variação do teor de água no solo (% peso seco) na primeira fase de "deficit" hídrico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	39
6	Variação do teor de água no solo (% peso seco) na segunda fase do "deficit" hídrico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	40
7	Flutuação do número médio de flor/planta em feijão vigna cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983	51
8	Número médio de flor/planta e de vagem/planta	

FIGURA

Figura

observados em feijão *Vigna* cultivado isolada
mente e em consórcio com milho, submetido a
deficiência hídrica em fases distintas do ci
clo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil,
1983

54

RESUMO

Milho (*Zea mays* L.), cultivar Jatinã C-3 anão e feijão Vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar Pitiúba, cultivados isoladamente e em consórcio foram submetidos a estresse hídrico em duas fases distintas do ciclo biológico. O trabalho foi realizado em condições de campo, no período de novembro de 1982 a março de 1983, em Petrolina, Pernambuco, Brasil.

O nível de estresse foi determinado em função das características físico-hídricas do solo onde o experimento foi conduzido. A reposição da lâmina de água para elevar o solo à capacidade de campo era feita quando a tensão da água no solo atingia -0,3 a -0,4 MPa nas parcelas estressadas e -0,02 a -0,03 MPa nas parcelas controle. A variação do teor de água na planta e no perfil do solo foi monitorada através do potencial hídrico foliar e método gravimétrico, respectivamente.

O efeito do estresse hídrico às plantas foi avaliado determinando-se a matéria seca aos 30, 45 e 60 dias após o plantio, taxa de crescimento da cultura - TCC - e produção de grãos e componentes de produção nos dois sistemas de cultivo.

O milho mostrou-se muito sensível ao "deficit" de água, com efeito mais pronunciado na fase reprodutiva. A redução no rendimento do cereal foi mais expressiva em cultivo isolado. A produtividade do feijão Vigna não foi afetada pelo nível de estresse hídrico imposto, sendo seriamente prejudicada pelo sistema de cultivo consorciado, devido a elevada redução no número de vagem/planta. O consórcio milho com feijão Vigna relativamente foi mais eficiente em condições de deficiência hídrica.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) were grown in sole crop and in intercropping submitted to water stress at different growth stages. The experiment was carried out during November/1982 to March/1983 at Bebedouro Research Station, in Petrolina, state of Pernambuco, Brazil. Moisture stress limit was based in relation to soil physic-hydraulic characteristics. Plots were irrigated when soil moisture tension declined from about -0,3 to -0,4 MPa and -0,02 to -0,03 MPa respectively for deficit and control treatments. Both soil water and plant water status were monitored. The effect of water stress in maize and cowpea plants was estimated by dry matter accumulation at 30, 45 and 60 days after sowing, crop growth rate (CGR), seed yield and yield components. The cereal yield was highly affected at the reproductive phase. Moreover yield reduction was high in sole cropping. Cowpea seed yield was not affected by water stress, but cropping system had significant effect on seed yield due to the low number of pods per plant. The maize x cowpea intercropping was more efficient in terms of land equivalent ratio when water stress was present.

1 - INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo consorciado é amplamente utilizado nas regiões tropicais, constituindo-se uma modalidade de exploração da terra capaz de maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais, de modo especial a energia radiante e nutrientes. A maneira de arranjar espacialmente as culturas e a determinação do número de espécies componentes do sistema consorciado variam de região para região. Já a decisão do produtor na escolha do modelo mais apropriado para sua condição é influenciada por vários fatores, especialmente os de segurança. Outros aspectos, como tradição familiar, limitação de recursos de capital e de terra também contribuem para que o produtor estabeleça uma estratégia própria de utilização e manejo do sistema consorciado.

Calcula-se que cerca de 40% da superfície da terra se encontram na região árida ou semi-árida, onde a água é fator limitante para a produtividade das culturas. Na maioria das situações o fracasso das colheitas é devido à extrema irregularidade das precipitações ao longo do período chuvoso e não à quantidade total de água proveniente das chuvas durante o ciclo fenológico das culturas.

O reflexo observado no rendimento das plantas provocado pelo inadequado suprimento de água varia em função da intensidade e da fase fenológica na qual a deficiência hídrica ocorre.

Nas condições do Nordeste brasileiro, uma complexa interação entre o homem e o meio é responsável pelo surgimento de padrões os mais variados possíveis no que diz respeito à modalidade de aproveitamento do solo, da água e da planta. Nas áreas de menor índice pluviométrico, predomina a exploração de culturas de subsistência, quase sempre consorciadas entre si ou com o algodoeiro perene (*Gossypium hirsutum* v. *marie-galante* Hutch). Neste contexto, merece

destaque a exploração do milho (*Zea mays* L.), do feijão Vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) como culturas de subsistência. A importância social destas culturas para a população rural é por demais significativa, constituindo-se uma fonte básica da alimentação humana e de ocupação de mão-de-obra.

É comum nas áreas semi-áridas do Nordeste a ocorrência de escassez de água dentro do período chuvoso. Esta irregularidade na distribuição das chuvas proporciona deficiência hídrica em fases do desenvolvimento das culturas reconhecidamente mais sensíveis à falta de umidade. Por outro lado, torna-se inviável qualquer tentativa de ajustar as datas de plantio de modo a minimizar o efeito das estiagens, dado o próprio caráter aleatório do início do período chuvoso. Deste modo, nas condições de cultivo sob dependência de chuva, a obtenção de bons níveis de produtividade está intimamente associada à época de ocorrência da deficiência hídrica em relação ao ciclo fenológico das culturas.

O rendimento obtido no Nordeste, tanto do milho como do feijão Vigna, é variável de região para região, em decorrência de variações ambientais, especialmente de solo e distribuição de chuvas. Além disso, as informações disponíveis com relação ao rendimento destas culturas não fazem distinção do sistema de exploração utilizado, e levam, deste modo, a uma superestimação da área efetivamente ocupada. De acordo com a FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1984) o rendimento médio do milho e do feijão Vigna no Nordeste, no ano de 1984, foi de 598 e 395 kg/ha, respectivamente

Níveis razoáveis de produtividade são alcançados em áreas irrigadas, nas quais o suprimento adequado de água e o emprego de melhor tecnologia de produção proporcionam condições favoráveis para exteriorização do potencial produtivo do milho e do feijão Vigna.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da deficiência hídrica no rendimento do milho e do feijão Vigna cultivados em consórcio. Objetiva, também, obter

informações sobre o desempenho relativo desta modalidade de exploração da terra, quando as culturas componentes do sistema sofrem restrições de disponibilidade de água em fases distintas do seu ciclo fenológico.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A água constitui um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento das plantas. Embora represente um recurso natural muito abundante no globo terrestre, frequentemente determina perdas extraordinárias no rendimento das explorações agrícolas, principalmente nas regiões tropicais, em virtude da irregularidade das precipitações pluviométricas.

O efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e produção das plantas depende da intensidade e da fase fenológica na qual a deficiência ocorre.

2.1 - Efeito da Deficiência Hídrica na Fisiologia da Planta

O crescimento e desenvolvimento da planta resulta da iniciação progressiva de primórdios de tecidos e órgãos e da diferenciação e expansão das células componentes, até que a forma própria da planta seja atingida. Associada a estes fenômenos, ocorre no vegetal uma série de atividades metabólicas envolvendo a absorção de nutrientes, a síntese e transporte de metabólitos e materiais estruturais.

KRAMER (1963), estabelece que a água desempenha quatro funções gerais na fisiologia da planta, a saber:

- (a) é responsável pela atividade fisiológica dos tecidos;
- (b) atua como reagente hidrolítico na fotossíntese e degradação do amido;
- (c) é o solvente no qual sais, açúcares e outros solutos se movimentam de célula para célula ou de órgão para órgão;

(d) é essencial na manutenção da turgidez da planta, necessária para o alongamento celular e crescimento do vegetal.

Tendo em vista que os processos fisiológicos ocorrem em meio aquoso e que a água está envolvida como agente de transporte ou reagente nestes processos, compreende-se facilmente que a deficiência hídrica provoca efeitos adversos para muitas atividades fisiológicas, proporcionando redução no crescimento e produção da planta.

De acordo com SLATYER (1969), os primórdios vegetativos e reprodutivos dos meristemas apical e o alongamento das células deles diferenciadas, são bastante sensíveis à deficiência de água. Há evidência de que este efeito na iniciação dos primórdios apresenta alguma similaridade com o efeito da dormência, uma vez que a iniciação pode ser suspensa sem afetar a potencialidade de posterior desenvolvimento, desde que a falta de água não seja tão severa ou demasiadamente prolongada.

Sob condições naturais, a deficiência hídrica não se desenvolve rapidamente, mas de modo gradual. Desta maneira, os processos fisiológicos mais sensíveis à escassez de água são afetados inicialmente, e estas alterações podem desencadear muitas subsequentes mudanças nas reações da planta. HSIAO (1973), resume os principais processos afetados pela deficiência hídrica, correlacionando-os com a redução do potencial hídrico no tecido celular necessária para que o processo seja afetado. De acordo com este autor, o efeito da redução de água na planta se manifesta inicialmente no alongamento celular, vindo logo em seguida, como bastante sensível, a síntese da parede celular e das proteínas. Pequena variação no potencial hídrico do tecido celular determina alterações nestes processos. Ainda segundo o mesmo autor, redução do potencial hídrico em torno de 10 bares proporciona alteração no mecanismo que controla o movimento dos estômatos, na assimilação de CO_2 , na acumulação de ácido abscísico, prolina, açúcares em geral e na respiração.

GARDNER & NIEMAN (1964) estabeleceram que de modo

contrário ao que acontece com a iniciação dos primórdios, onde é possível ocorrer completa paralisação, a divisão celular se processa durante o período de escassez de umidade, embora com menor intensidade.

A divisão celular não apresenta o mesmo grau de sensibilidade à falta de água observado na iniciação dos primórdios. PETINOV (1965) observou que folhas de plantas submetidas à deficiência hídrica podiam conter o mesmo número de células em comparação com folhas de plantas-controle. Segundo ele tal fenômeno sugere que a capacidade de retomar a divisão celular pode não ser afetada. De acordo com o mesmo autor, a carência de água afeta o crescimento da folha, reduzindo tanto o ritmo da divisão celular quando do alongamento. No entanto, admite que o efeito é mais pronunciado no alongamento celular. Trabalhando com plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.), o referido autor observou que desde a iniciação dos primórdios até a diferenciação dos vasos condutores, todas as células estão em processo de contínua divisão. Sob restrições de umidade, a diferenciação ocorre mais rapidamente, induzindo à maturação precoce do tecido. Em condições regulares de disponibilidade de água, o alongamento celular continua por mais tempo.

TERRY et alii (1971), trabalhando com beterraba açucareira (*Beta vulgaris* L.), impuseram deficiência hídrica às plantas, variando o potencial osmótico da solução nutritiva e reduzindo o potencial matricial do solo na zona de absorção das raízes, conduzindo o trabalho em dois experimentos independentes. Os autores determinaram indiretamente o número de células em folhas de plantas com deficiência de água e em plantas-testemunha, concluindo que mesmo com pequena limitação de água, na ordem de -25 mb, houve redução significativa da divisão celular.

Observações realizadas por KIRKHAM et alii (1972) em cotilédones de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivados em solução nutritiva, indicaram influência da pressão de turgescência na divisão e alongamento celular. Ficou evidenciado também que a pressão de turgescência crítica para au

mentar a divisão celular foi bem maior que a necessária para incrementar a taxa de alongamento celular.

Para HSIAO (1973), não está ainda bem esclarecido se há efeito direto da deficiência hídrica na divisão celular. Espera-se que a célula meristemática possa atingir um tamanho mínimo, antes que ocorra a divisão celular, e que algum alongamento deve acontecer em seguida a cada divisão antes da próxima mitose.

O alongamento do caule e a expansão da folha de muitas espécies vegetais sofrem redução quando ocorre deficiência hídrica em curtos períodos diurnos motivada pela defasagem entre transpiração e absorção, segundo os trabalhos de LOOMIS (1934).

ANDERSON & KERR (1943), citados por KRAMER (1949), constataram alongamento celular em maçãs jovens de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* Hutch), mesmo em situação de limitada disponibilidade de água para a planta. Segundo os mesmos autores, este fato sugere que tecidos jovens, com grande atividade fisiológica, podem absorver água dos tecidos mais velhos, especialmente quando estes tecidos perdem sua pressão de turgescência.

WILSON (1948), trabalhando com plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), observou alongamento da parte superior do caule, enquanto a parte inferior apresentava redução causada pela desidratação.

BURSTRON (1955), citado por KRAMER (1963), considera a fase vegetativa da planta como particularmente vulnerável à falta de água, em razão do estreito condicionamento entre o crescimento e a pressão de turgescência. Considera também que a perda da turgidez provoca paralização no alongamento celular, com marcante efeito no porte da planta.

SLATYER (1969) sugere que a taxa de alongamento celular mantém razoável proporcionalidade com a pressão de turgescência e que este alongamento pode cessar com a pressão de turgescência ainda a nível de alguns bares.

A baixos potenciais de água, BOYER (1970) observou que a expansão da folha foi consideravelmente mais afetada

que a fotossíntese. O trabalho foi realizado em condições controladas de temperatura, luz e umidade, usando milho, soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e girassol (*Heliantus annuus* L.) como plantas indicadoras. Este comportamento está provavelmente associado com as diferentes funções da água em cada um dos processos. Quando a expansão foliar era intensa, uma pequena redução no potencial hídrico foliar provocava considerável inibição na expansão da folhas. A -4 bares, o girassol não apresentava expansão foliar, ao passo que em soja e em milho este indicador atingia 25 a 20% do total, respectivamente, obtido em situação favorável de água.

Para HSIAO & ACEVEDO (1974), após a divisão celular e estando a célula metabolicamente preparada para expandir-se, é necessária a existência de uma pressão hidrostática interna - pressão de turgescência - para que a expansão ou alongamento celular se processe. Concluem esses autores que, tendo em vista o importante papel da pressão de turgescência na expansão da célula, o alongamento celular é extremamente sensível a pequenas reduções na disponibilidade de água para a planta.

O efeito da deficiência hídrica nos processos assimilatórios dos vegetais, especialmente na fotossíntese, tem despertado a atenção de muitos pesquisadores.

As espécies vegetais diferem bastante na sua habilidade de resistir à falta de água antes que sua fotossíntese seja seriamente prejudicada. Igualmente apresentam diferenças na sua capacidade de recuperação após cessar a escassez de umidade.

ASHTON (1956) estudou o efeito de ciclos alternados de disponibilidade ótima e deficitária de água na taxa fotossintética em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Evidenciou alteração sensível na fotossíntese quando o teor de umidade no solo variou entre os limites de capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Constatou, por outro lado, que a taxa fotossintética permanece invariável até que expressiva deficiência de água se verifique e que, próximo ao ponto de murcha permanente, o processo de fotossíntese é

paralisado. Identificou, ainda, que, após a reidratação, a fotossíntese não atinge os níveis anteriores imediatamente, mas somente transcorridas várias horas ou mesmo alguns dias.

BRIX (1962), em experimento com plantas de tomate avaliou a influência de diferentes níveis de potencial hídrico foliar nas taxas de fotossíntese e respiração. Suas observações indicam que, ao nível de -9 bares, não houve efeito nos dois processos. No entanto, ao atingir -14 bares, a atividade fotossintética foi paralisada e a respiração decresceu 30%.

BOYER (1971), avaliando a capacidade de recuperação da fotossíntese em plantas de girassol submetidas a baixo potencial hídrico foliar, observou que a fotossíntese e a transpiração foram inibidas com valores de potencial hídrico inferiores a -8 bares. Sob baixa intensidade luminosa, a inibição parece devida à redução da atividade fotoquímica da folha, enquanto o fechamento dos estômatos é responsável em situações de alta luminosidade.

LAUDE (1971) observou que o efeito da falta de água no processo fotossintético é reflexo do fechamento dos estômatos, da redução da área foliar e do próprio nível de atividade.

SLATYER (1973) é de opinião que a queda no nível fotossintético, em parte é devida à diminuição na absorção de CO₂ e também em razão da desidratação do aparato fotossintético.

BEGG & TURNER (1976) afirmam que a redução na fotossíntese, devida à insuficiente disponibilidade de água para a planta, decorre da modificação da taxa de absorção de CO₂ pelos estômatos.

De conformidade com CHANG (1977), a deficiência de água influi diretamente nos processos fotossintéticos porque o protoplasma desidratado possui baixa capacidade de fotossintetizar e, indiretamente, em razão da perda de turgidez da folha e conseqüente fechamento dos estômatos, dificultando a penetração de CO₂. A capacidade de recuperação

da fotossíntese, segundo aquele autor, varia de acordo com a espécie vegetal, condições de solo e clima e modo de aplicação da água.

O efeito da deficiência hídrica na respiração ainda não pode ser precisamente avaliado, tendo em vista a falta de distinção entre respiração escura e fotorrespiração, sobretudo em espécies nas quais este último processo é mais acentuado.

HAGAI & LOOMIS (1954) avaliaram o efeito da umidade na respiração de sementes de milho, concluindo que a sua taxa aumenta exponencialmente quando o teor de umidade varia de 8% a 24%. Embora a respiração das sementes normalmente seja mais influenciada por variações no teor de água do que a das folhas, a desidratação severa destas provoca redução na respiração como resultado da hidrólise do amido a açúcar.

YAROSH (1959), citado por CRAFTS (1968) comparou índices de respiração em algodoeiro cultivado sob condições normais e deficitárias de água, concluindo que o processo respiratório atingiu maior nível em plantas com limitação de água.

Nos trabalhos desenvolvidos por GREENWAY & HILLER (1967), a respiração em *Chlorella pyrenoidosa* não apresentou a mesma sensibilidade à deficiência hídrica quanto nas plantas superiores, sendo reduzida somente com potencial osmótico externo de -20 bares.

Segundo HSIAO (1973), diferenças entre os níveis de intensidade ou até mesmo da duração podem determinar resultados conflitantes nos trabalhos de avaliação do efeito da carência hídrica nos processos respiratórios dos vegetais. BEGG & TURNER (1976) evidenciaram que em muitas espécies vegetais a respiração escura é reduzida sempre que a insuficiência de umidade provoca fechamento dos estômatos e de crescimento no nível fotossintético, salientando que a redução da respiração é menor que a da fotossíntese.

Algumas espécies vegetais fecham seus estômatos bem antes que outras, em idêntica situação de escassez de água,

constituindo tal comportamento reação do mecanismo de autorregulação do consumo de água pela planta para melhor enfrentar as adversidades ambientais.

STALFELT (1955), citado por HSIAO (1973), em detalhadas observações microscópicas, mostrou que o teor ótimo de água na planta para proporcionar abertura dos estômatos pode ser inferior ao valor encontrado em tecidos em plena turgescência.

PALAS et alii (1967), trabalhando com algodoeiro, procuraram medir o efeito da deficiência de água na resistência estomática e nos processos fotossintéticos e respiratórios. De conformidade com as observações daqueles pesquisadores, o número de estômatos abertos diminui com a redução do teor de umidade no solo em todos os níveis de luminosidade testados. Ao contrário do que foi observado por KANEMASU (1969), não houve diferença de resposta dos estômatos quanto à posição em que eles se situam. As observações deste último autor, que trabalhou com feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), indicam diferença na resistência estomática em função da localização na face foliar. Os estômatos localizados na face superior da folha aumentaram progressivamente sua resistência quando o potencial hídrico atingiu valores de -8 a -9 bares. Para os estômatos situados na lâmina inferior, só após valores de -11 a -12 bares de potencial hídrico foi constatado aumento da sua resistência.

SANNCHÉZ-DIAZ & KRAMER (1971) mostraram que plantas de milho e sorgo (*Sorghum bicolor* Moench), cultivadas em condições de suprimento deficitário de água, apresentam reações diferentes com respeito ao fechamento dos estômatos. Em plantas de milho, o fechamento dos estômatos ocorre bem antes do que em sorgo, mesmo assim, a perda relativa de água foi maior para a primeira cultura. Sob condições normais de umidade, a resistência estomática é menor em milho do que em sorgo. Observaram, também, que em ambas as espécies a reabertura dos estômatos inicia logo após a reidratação das plantas, e por volta do segundo dia atinge valores bem próximos daqueles encontrados em plantas-controle.

HENZELL et alii (1975) submeteram 23 genótipos de sorgo à deficiência de água e avaliaram a reação de cada cultivar através das variações na resistência estomática. Observaram que os estômatos localizados na parte inferior da folha foram mais sensíveis à falta de água em todas as cultivares. Ainda segundo os mesmos autores, houve significativa variação no comportamento dos genótipos com relação à sensibilidade à escassez hídrica.

Vários estudos foram conduzidos com o objetivo de avaliar as interações entre deficiência hídrica na planta e metabolismo de proteínas. YAROSH (1958), citado por VAADIA et alii (1961), observou que a taxa líquida de conversão de aminoácido em proteína foi sensivelmente reduzida em plantas de algodão submetidas à deficiência de água. Aquele autor sugere que o fenômeno pode ser explicado em função da redução na síntese e aumento na hidrólise das proteínas. GATES & BONNER (1959), trabalhando com plantas de tomate, concluíram que o nível de RNA em folhas de plantas submetidas à deficiência de água sofreu sensível redução em relação às plantas-controle.

A especialidade das enzimas está associada a sua estrutura, e modificações nestas estruturas decorrem de variações no conteúdo de água, de conformidade com as observações de LAUDE (1971). Para SULLIVAN & EASTIN (1974), a variação de comportamento das plantas sob condições de carência hídrica pode estar bastante relacionada com a estabilidade de várias enzimas e proteínas estruturais.

2.2 - Deficiência Hídrica em Cultura Solteira

O efeito da escassez de água no solo no que concerne ao desenvolvimento das culturas é um problema de ordem científica que tem preocupado muitos pesquisadores. Desde que VEIHMEYER (1927), citado por STANHILL (1957), mostrou ser impossível manter constante o nível de água em torno

das raízes de uma planta em transpiração, o assunto tem sido abordado em termos de variação da umidade capaz de ser tolerada pela cultura sem provocar efeito adverso na produção. Este último autor, em minucioso trabalho de revisão sobre o assunto, conclui que de 80 trabalhos envolvendo deficiência de água, 66 apresentaram respostas à variação do conteúdo de umidade do solo. Para todos os trabalhos que apresentam resultado positivo, os melhores rendimentos sempre estavam associados a níveis ótimos de umidade do solo.

ROBINS & DOMINGO (1953) avaliaram a influência da escassez de água no rendimento do milho, impondo restrição de disponibilidade de água no solo em diferentes fases do ciclo da cultura. Observaram que a deficiência hídrica imposta na fase de polinização resulta em 22% de redução no rendimento de grãos. A redução foi mais intensa, atingindo o nível de 50%, quando a deficiência durou 6 dias nesta mesma fase.

DENMEAD & SHAW (1960), realizaram interessante trabalho objetivando medir a influência da deficiência hídrica no desenvolvimento e produção do milho. Através de uma série de combinações de tratamentos, impuseram deficiência hídrica nos estágios de desenvolvimento vegetativo, de florescimento e de desenvolvimento das espigas. Suas conclusões indicam que a carência de água no período vegetativo determinou redução no alongamento do colmo e, conseqüentemente, acarretou plantas de menor porte que as plantas-controle. A variação só foi estatisticamente significativa, quando a escassez de umidade se prolongou até o período de florescimento. Igual comportamento foi observado com respeito ao tamanho de espiga. Dos parâmetros avaliados, a produção de grãos, mais do que qualquer outro, foi sensivelmente influenciada pela carência de água. Esta, reduziu significativamente a produção de grãos, sendo que a redução foi mais pronunciada quando a falta de umidade ocorreu na época de florescimento. A queda no nível de rendimento de grãos foi de 25, 50 e 21% respectivamente, para carência hídrica nas fases inicial, de florescimento e de desenvolvimento das

espigas. Trabalhando com milho híbrido prolífico e não prolífico, BARNES & WOOLLEY (1969) aplicaram tratamentos restritivos nas condições de umidade do solo em diferentes períodos do ciclo biológico da cultura. Verificaram que a limitação no teor de água no solo causou elevado índice de abscisão foliar em ambos os híbridos. Quando a deficiência hídrica foi imposta do período de florescimento até o de polinização, houve retardamento na emergência dos estilestomas. O híbrido prolífico se mostrou mais tolerante à falta de água do que o não prolífico. Esta reação, segundo os autores, parece ser devida à habilidade do material prolífico em desenvolver melhor a primeira espiga do que em compensar com uma segunda.

Os trabalhos desenvolvidos por CLASSEN & SHAW (1970) suportam a tese de que recursos hídricos escassos na fase vegetativa do milho não determinam redução significativa no rendimento das plantas. Indicam, por outro lado, que a carência de água na época de florescimento contribui para reduzir sensivelmente a produção de grãos, influenciando concomitantemente o número e peso desses grãos. Para esses autores, a ocorrência de escassez de água no solo na época de florescimento do milho não influenciou o desenvolvimento da área foliar a ponto de refletir negativamente na produção de grãos. Suas conclusões mostram estreito relacionamento entre a matéria seca final produzida para cada componente e a época em que se verifica a escassez de água, especialmente se a carência ocorre no início do ciclo considerado.

De acordo com DOWNEY (1971), mantendo-se plantas de milho em solo com deficiência de umidade a produção de matéria seca total é bastante prejudicada. Quando a falta de água ocorreu na fase inicial da cultura o reflexo foi observado apenas na parte vegetativa das plantas. Houve influência tanto na parte vegetativa como no rendimento de grãos quando a deficiência de água foi imposta na fase de florescimento. As plantas submetidas a restrições de umidade na época de meiose da inflorescência masculina apresentaram raquis e brotações superiores raquílicas, determinando, tam

bém, espiguetas abortadas. Redução de 50% no rendimento dos grãos foi observada quando a carência hídrica foi imposta na fase correspondente ao enchimento dos grãos.

De conformidade com MILLAR (1974), a falta de água no período compreendido entre o aparecimento da inflorescência feminina e o término da polinização, afeta marcadamente o rendimento do milho e constitui a fase mais crítica à deficiência hídrica. A redução nos rendimentos é menor para outras fases fenológicas. Ainda segundo o mesmo autor, o efeito da insuficiência de umidade no solo no rendimento do milho começa a ser evidente a partir de aproximadamente 20 dias após a emergência, alcançando a máxima intensidade de letéria durante o período reprodutivo e diminui sua ação no civa quando o grão está próximo de atingir a maturidade fisiológica.

Os trabalhos de KRISHNAMURTHY et alii (1975) evidenciam que o comportamento de diferentes genótipos de milho foi idêntico frente às restrições de umidade no solo. Não encontraram diferenças de rendimento de grãos entre plantas submetidas à escassez de água na fase vegetativa e plantas-controladas. De modo contrário, a restrição de água na fase de pendramento e enchimento de grãos reduziu bastante a produção de grãos, determinando diminuição de 29% no número de espigas por hectare e de 12% no peso de grãos por espiga, além de concorrer para que a esterilidade das plantas atingisse 38%. Outros componentes da produção também foram influenciados, proporcionando diminuição de 19% no número de grãos por espiga e de 5% no peso de 1000 sementes. A alta esterilidade observada e a incompleta formação de grãos nas espigas quando a carência de água ocorre na fase de florescimento foram, segundo os autores, consequência do longo espaço de tempo transcorrido entre o início do aparecimento das inflorescências masculina e feminina, resultando em indisponibilidade de pólen para fertilização. SORIANO & GINZO (1975) submeteram dois híbridos duplos de milho a períodos sem rega de 3, 5 e 6 dias durante a fase de florescimento das plantas, trabalhando em condições de laboratório. Cons

tataram que a deficiência moderada de água proporcionou em ambos os híbridos variação de -24 a -27 bares de potencial hídrico foliar. Com deficiência hídrica severa, o comportamento foi diferenciado, obtendo-se valores de -80 e -43 bares. Após 24 horas do início da reidratação, ambos os materiais apresentaram valores de potencial hídrico foliar similares aos das plantas-testemunha. A produção de matéria seca foi similar para o tratamento controle e deficiência moderada. A deficiência severa respondeu por reduções de 44% e 63% na produção de matéria seca e 77% e 53% no rendimento de grãos nos dois híbridos utilizados.

Estudando o efeito da deficiência hídrica imposta ao milho nas fases de desenvolvimento floral e de enchimento de grãos, NARRO FARIAS (1977), observou que o parâmetro mais influenciado foi o número de grãos por espiga, em vista do pouco desenvolvimento das espiguetas na extremidade da espiga, da inabilidade do estilo-estigma em romper a palha na parte apical e a não formação dos grãos. Os valores máximos de índice de Área Foliar-IAF - foram de 5,6; 4,6; 4,4 e 4,4 respectivamente para os tratamentos controle, deficiência leve, moderada e severa.

JURGENS et alii (1978), em trabalhos de avaliação da produção de matéria seca em milho cultivado sob condições limitadas de água na fase de enchimento de grãos, concluíram que os parâmetros mais influenciados foram a produção de grãos, peso de grãos e percentagem de óleo. O teor de proteína, contrariamente, aumentou. HARDER et alii (1982), trabalhando com híbridos precoce e tardio de milho, impuseram deficiência hídrica em uma única vez ou combinando períodos de dois ou três ciclos de "deficit", em níveis moderado e severo. A deficiência ocorreu na fase posterior ao aparecimento do estilo-estigma. O final da fase de "deficit" foi determinada pela combinação dos dados de umidade do solo, resistência estomática e sintoma visual de murcha. Os autores concluíram que a deficiência hídrica nos dois híbridos resultou em redução do rendimento em torno de 30%.

KATTAN & FLEMING (1956) submeteram plantas de fei

jão comum à deficiência de água em 3 fases distintas, a saber: da germinação à primeira antese; no período de florescimento, e na fase de desenvolvimento das vagens. Os resultados encontrados pelos autores indicam que a injúria provocada pelas restrições de água aumenta com a idade da planta e que a capacidade de recuperação do vegetal após a eliminação da escassez de água é mais evidente em plantas jovens. Observaram, também, que a limitação de água na fase de desenvolvimento das vagens, mesmo quando precedida de condições normais de irrigação, condicionou menor produção de grãos, menor tamanho de vagem, além de afetar a qualidade das sementes.

ROBINS & DOMINGO (1956) realizaram investigações com plantas de feijão comum, procurando avaliar o efeito da deficiência de água imposta em diferentes períodos do ciclo fenológico da cultura sobre a produção e seus componentes, realizando o trabalho experimental em dois anos seguidos. No primeiro ano constataram redução de 20% no rendimento de grãos quando a deficiência hídrica ocorreu antes do florescimento das plantas e o estresse visível perdurou por 15 dias. Igual redução foi verificada com estresse hídrico nas fases de florescimento e de maturação, imposto durante 18 e 15 dias respectivamente. Os resultados do segundo ano não evidenciaram influência na produtividade da leguminosa quando a duração da carência hídrica foi de 8, 6 e 10 dias, aplicada respectivamente nas fases vegetativa, reprodutiva e de maturação. Para aqueles pesquisadores o decréscimo de produção observada na primeira etapa do trabalho foi decorrente da redução do número de vagem/planta e de grãos por vagem.

BERNARDO *et alii* (1970), baseados em 3 valores de tensão de água no solo e trabalhando com feijão comum, encontraram diferença de produção estatisticamente significativa. Constataram que a produção das plantas diminuiu gradativamente quando a tensão máxima de água permitida no solo variou de 0,50; 0,65 e 0,75 atmosferas.

HORNER & MOJTEHEDI (1970), em experimento de níveis

de umidade, usando como indicador as culturas de feijão comum, feijão Vigna e grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), estabeleceram tratamentos de irrigação baseados no consumo de 1/3, 2/3 e toda a água disponível. Os resultados do trabalho indicaram que não houve vantagem em manter o nível de umidade acima do nível médio, e que as três culturas apresentaram resposta similar aos diferentes níveis de umidade. Para o feijão comum e Vigna, a maior redução no rendimento das plantas foi verificada quando a deficiência hídrica ocorreu durante o florescimento e desenvolvimento das vagens.

O "deficit" de água na planta pode ser caracterizado diretamente pelas medidas do potencial hídrico foliar, mas os níveis que limitam o desenvolvimento das plantas não são bem conhecidos e precisam ser determinados para cada espécie ou cultura. Trabalhando com feijão Vigna, HILLER *et alii* (1972) determinaram o potencial de água do solo e foliar em três fases do ciclo fenológico, procurando estabelecer a relação entre os parâmetros medidos e o crescimento e produção das plantas. Constataram ampla variação do desenvolvimento e rendimento da cultura em função da carência hídrica avaliada através dos parâmetros considerados. Os dados evidenciam que a taxa de crescimento foi progressivamente reduzida com o aumento da escassez de água na fase inicial, não tendo sido constatado nenhum efeito quando a restrição de água foi imposta na fase de desenvolvimento das vagens.

Trabalhando também com feijão Vigna, CLARK & HILLER (1973) observaram que tanto a matéria seca como o número de vagens foram sensivelmente influenciados pela deficiência de água. A diferença de produção de matéria seca entre as plantas-controle e aquelas submetidas à deficiência hídrica foi da ordem de 42%. Observaram, também, que no final do ciclo vegetativo a variação do potencial hídrico foliar foi de -3 a -9 bares em plantas-controle, enquanto em plantas desenvolvidas sob condições limitadas de água esta variação foi de -7 a -10 bares. Para aqueles pesquisadores, o poten

cial hídrico foliar é um bom parâmetro indicador do "status" de água na planta, e sua precisão é maior na fase vegetativa do que na época de desenvolvimento das vagens.

DOSS et alii (1974) observaram em soja que a maior redução no rendimento da cultura ocorreu com deficiência de umidade no período compreendido entre o florescimento e a fase final de enchimento das vagens.

SING et alii (1975) encontraram que diferentes regimes de irrigação afetaram apreciavelmente o rendimento de grãos de feijão e que o melhor rendimento da cultura foi conseguido ao irrigar-se com 35% de água disponível.

MIRANDA & BALMAR (1977) constataram que a redução no rendimento do feijão comum se situou entre 25-30% quando a cultura foi submetida à escassez de umidade nas fases de crescimento, floração e formação de vagens. Observaram, também, que os parâmetros, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, não sofreram influência, mas que o peso de 1.000 grãos foi sensivelmente prejudicado pela insuficiência de água.

Em soja, SIONIT & KRAMER (1977) aplicaram tratamentos de carência de água em quatro épocas do ciclo fenológico, considerando as fases de indução floral, floração, início de formação das vagens e enchimento dos grãos. O período de restrição de umidade terminava quando o potencial hídrico foliar atingia valores em torno de -23 bares. Os sintomas de murchamento foram observados com potencial hídrico foliar variando de -12 a -16 bares. Todos os tratamentos envolvendo deficiência de água reduziram a produção. No entanto, esta foi mais prejudicada quando a deficiência aconteceu nas fases de formação das vagens ou enchimento dos grãos. O peso de 100 sementes não sofreu qualquer influência, apresentando valores similares aos obtidos em plantas-controle. As plantas submetidas à deficiência de água na fase de floração produziram menor quantidade de flores e menor número de vagens. Com relação ao rendimento das plantas os autores encontraram que a deficiência de água na fase de enchimento dos grãos foi responsável pela menor produção.

SILVA (1978), estudou o efeito de diferentes níveis de água sobre a produção e componentes da produção em feijão Vigna e concluiu que o número de grãos por vagem e o peso de 100 grãos não foram influenciados pela variação da lâmina de água aplicada à cultura.

MAGALHÃES et alii (1979), detectaram grande influência da deficiência hídrica no número de vagens por planta, em feijão comum, sendo que o maior efeito foi observado para a situação de restrição de água na fase de início de floração. Não observaram, por sua vez, influência no número de grãos por vagens. A máxima produção obtida correspondeu ao tratamento que consistia em irrigar a -0,2 bar de tensão de água no solo durante todo o ciclo fenológico. O tratamento que proporcionou menor rendimento consistia em irrigar a -5 bares de tensão de água no solo durante a fase de floração.

WIEN et alii (1979) submeteram soja e feijão Vigna à deficiência de água, suspendendo a irrigação por período de duas semanas, determinando nesta fase os valores de potencial hídrico foliar e resistência estomática. Para aqueles autores, o comportamento das duas espécies de leguminosa foi bem diferente. O potencial hídrico foliar em soja de cresceu mais intensamente que em feijão Vigna, atingindo, no final do período de carência -22 bares. Embora o potencial hídrico foliar em plantas de feijão Vigna submetidas a condições limitadas de umidade tenha sido consistentemente inferior em relação ao das plantas testemunhas, não foi observada tendência de diminuição dos valores deste indicador em resposta ao prolongamento do período com insuficiência de umidade. Não encontraram correlação entre a taxa de expansão e potencial hídrico foliar em feijão Vigna, indicando, assim, que o potencial hídrico não pode ser correlacionado com o desenvolvimento da planta e que nesta espécie não seria ele um bom indicador do "status" de água. A produção de grãos e o número de grãos por vagem em feijão Vigna não foram afetados pelas restrições de umidade, havendo, no entanto, redução no número de vagens por planta. De modo

contrário, o rendimento da soja caiu cerca de 50%, principalmente pela diminuição no número de vagens por planta.

Segundo TURK et alii (1980), a sensibilidade do feijão Vigna a condições adversas de água em diferentes fases do ciclo fenológico não está ainda bem esclarecida e que esta leguminosa possui alto potencial de produção em condições de insuficiência de umidade na fase vegetativa, desde que as condições ambientais na fase seguinte sejam favoráveis para uma rápida recuperação. A queda no rendimento de grãos foi de 44% e no número de vagens por planta de 49%, quando a escassez de água ocorreu no estágio de florescimento.

De acordo com GUNTON & EVENSON (1980), o estágio de florescimento no feijão comum é o mais sensível à falta de água. A razão para esta especial sensibilidade não está ainda bem esclarecida.

TURK & HALL (1980) afirmam que a insuficiência de água no solo, na fase vegetativa do feijão Vigna, resulta em substancial diminuição no IAF, havendo no entanto, rápida recuperação deste índice em resposta ao restabelecimento das condições ótimas de umidade. Suas pesquisas não evidenciaram correlação entre a área foliar existente no final do período vegetativo e a produção de grãos.

2.3 - Deficiência Hídrica em Culturas Consorciadas

O uso do sistema de cultivo consorciado, além de atenuar os riscos inerentes à exploração agrícola em áreas sujeitas às incertezas climáticas, de modo especial à irregularidade das precipitações pluviométricas, proporciona melhor aproveitamento dos recursos ambientais, dentre estes a energia radiante, nutrientes e água (NATARAJAN & WILLEY, 1980, WILLEY & OSIRU, 1972).

As informações bibliográficas relativas ao efeito da falta de água no rendimento das culturas exploradas em

regime de consorciação são limitadas e algumas vezes conflitantes.

FISHER (1977), durante três anos consecutivos, estudou o comportamento do sistema de consórcio milho com feijão comum, conduzindo seus trabalhos em épocas de estação chuvosa de curta e longa duração. As observações do autor relativas ao Uso Eficiente da Terra - UET - indicam claramente que o desempenho relativo do sistema milho com feijão é menos eficiente sob condições de menor disponibilidade de água para as plantas.

LOPES et alii (1978), em trabalhos com milho e feijão Vigna em condições de consórcio, verificaram que em alguns tipos de arranjo o rendimento relativo do sistema foi mais eficiente quando houve deficiência de chuva na época de floração das plantas.

De conformidade com NATARAJAN & WILLEY (1980), há evidência de que a exploração de culturas em sistema consorciado pode proporcionar vantagem relativa em situação de deficiência hídrica. Os autores utilizaram as culturas de amendoim, sorgo e milho, impondo a deficiência de água pela suspensão de irrigação por período de 40 dias. Sob condições restritivas de disponibilidade de água, em um dos experimentos, a vantagem do sistema de consórcio variou entre 20-25% em relação ao desempenho das culturas exploradas isoladamente. Pouca ou nenhuma vantagem foi constatada para os tratamentos com adequado uso de irrigação. Em outro experimento, foram testados dois níveis de arranjo nas associações de milho-amendoim, sorgo-amendoim e sorgo - milho, com intervalo de irrigação de 10 a 20 dias. A quantidade total de água aplicada, considerando os dois intervalos de rega, foi de 335 e 535mm respectivamente. Para o consórcio milho com amendoim a vantagem relativa foi de 33% sob condições de menor disponibilidade de água, e de 24% quando não houve restrição deste recurso. A associação sorgo - amendoim e sorgo-milho não apresentou diferenças de comportamento significativo entre as duas situações de disponibilidade de água. Trabalho envolvendo as culturas de milho e feijão ex

ploradas em sistema de consórcio e isoladamente, foi realizado por STEWART (1982), no Kenya. Objetivava obter informações que permitissem orientar os pequenos produtores na sua decisão de qual sistema utilizar, face a uma situação adversa e incerta de chuva. Na análise dos dados o autor levou em consideração tanto o rendimento de grãos de cada cultura como o retorno econômico que cada sistema proporcionou. A avaliação do sistema, inferida através do parâmetro Uso Eficiente da Terra - UET - revelou valores crescentes para aquele indicador adimensional em resposta ao aumento da lâmina de água aplicada durante o ciclo das culturas. Este fato levou o autor a admitir a desvantagem do consórcio sob condições limitadas de umidade no solo. Desde que não haja restrição de água durante o ciclo das culturas o consórcio milho com feijão pode determinar vantagem de 5 a 36% em relação ao plantio isolado.

ZAFFARONI et alii (1983) estudaram o efeito de sistemas isolados e consorciados de milho e feijão comum sobre a umidade do solo, determinando o teor de água nas profundidades de 20 e 40cm. Concluíram que não houve diferença entre os sistemas na modificação da umidade do solo no perfil considerado. Em condições de baixa disponibilidade de água, os valores mais altos de umidade foram obtidos nas parcelas com as culturas consorciadas e naquelas correspondentes ao feijão isolado.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período de novembro de 1982 a março de 1983, no Campo Experimental de Bebedouro, localizado no Projeto de Irrigação do Bebedouro, base física na qual o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA/EMBRAPA, desenvolve atividades de pesquisa na área de irrigação. O campo experimental encontra-se à margem esquerda do Rio São Francisco, distante 45 km da cidade de Petrolina, latitude $09^{\circ}05'$, longitude $41^{\circ}07'W$ de Greenwich, com altitude de 365m.

De acordo com HARGREAVES (1974), o clima da região é muito árido, com precipitação anual de 350mm, concentrada no período de janeiro a abril. A temperatura anual atinge máxima de $39^{\circ}C$ e mínima de $12^{\circ}C$, com média de $26,3^{\circ}C$. A umidade relativa média anual é de 61,0%.

Na classificação climática de Köppen o clima da região é do tipo BSH'W (FAO, 1967).

De acordo com PEREIRA & SOUZA (1957), o solo da área experimental é classificado como latossolo, unidade 37AA, tendo como material originário sedimentos terciários, relevo plano e boa drenagem, pedregosidade So e lençol freático ausente.

As características físicas e químicas do solo foram determinadas no Laboratório de Solos do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA/EMBRAPA, e constam nas TABELAS 1 e 2.

A curva característica de retenção de umidade foi determinada utilizando o equipamento de prato e panela de pressão, segundo metodologia proposta por RICHARDS (1949), e é mostrada na FIGURA 1. Para determinação da densidade aparente foi utilizado cilindro de volume conhecido, de acordo com BLAKE (1965).

O experimento foi conduzido em parcelas subdividi

TABELA 1 - Características físico-hídricas do latossolo unidade 37 AA. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Características	Profundidade (cm)		
	0-30	30-60	60-90
Granulometria			
Areia grossa (%)	4	5	3
Areia fina (%)	87	81	79
Silte (%)	4	5	6
Argila (%)	5	9	12
Classificação da Textura (USDA)			
	Areia	Areia Franco	Franco Arenoso
Capacidade de campo (%)	8,94	9,00	9,20
Densidade do solo	1,62	1,68	1,64
Retenção de Água a 15atm (%)	1,84	2,52	3,07
Água Disponível (cm)	3,45	3,27	3,00

FONTE: CHOUDHURY & MILLAR (1981).

TABELA 2 - Análise do solo na camada de 0-20cm do local onde foi realizado o experimento. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Características do solo	Unidade	Valor
pH em H ₂ O	1:2,5	5,0
C.E. a 25°C	mmhos/cm	0,57
Ca ⁺⁺	meq/100 ml	1,8
Mg ⁺⁺	meq/100 ml	1,2
K ⁺⁺	meq/100 ml	0,35
Na ⁺⁺	meq/100 ml	0,01
S	meq/100 ml	3,36
Al ⁺⁺⁺	meq/100 ml	0,05
P	ppm	19,20

FONTE: Laboratório de Solos do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. Petrolina-PE.

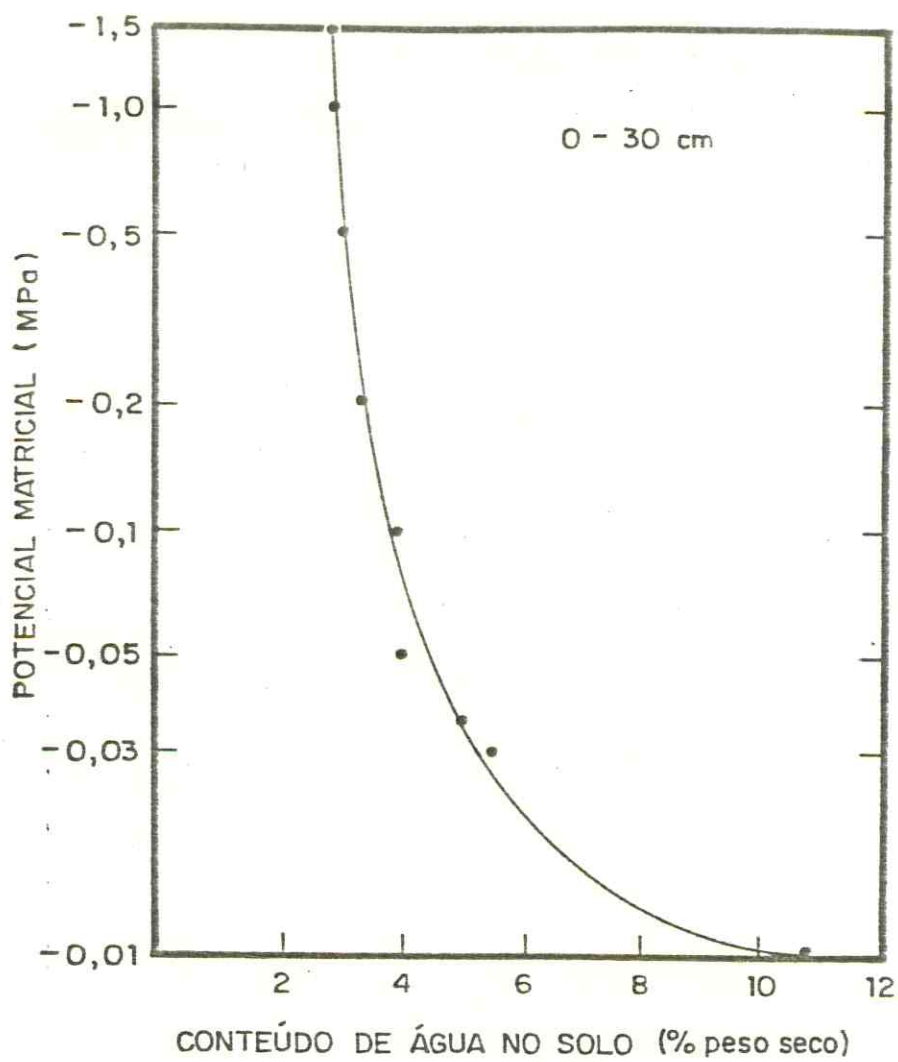


FIGURA 1 - Curva de retenção de água no latossolo 37 AA do Campo Experimental de Bebedouro. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

das, com blocos ao acaso, repetidos 4 vezes. Nas parcelas ficaram os tratamentos de níveis de umidade e nas subparcelas os sistemas de cultivo consorciado e isolado. Os tratamentos que constituíram as parcelas correspondiam a deficiência de água na fase compreendida entre a emergência das plântulas até 40 dias ("Deficit" na 1ª fase); deficiência de água no período de 40 a 70 dias ("Deficit" na 2ª fase) e dotação normal de água ao longo do ciclo das culturas (Controle).

O trabalho foi implantado com as culturas de milho e feijão Vigna, cultivados isoladamente e no sistema de consórcio. O arranjo espacial utilizado correspondia a uma relação fixa de 1 fileira de milho para 1 de feijão Vigna no sistema consorciado. Neste sistema cada subparcela era constituída por 3 fileiras de milho e 3 de feijão Vigna sistematicamente alternadas. No plantio isolado a subparcela continha 6 fileiras.

Para o milho foi usada a cultivar Jatinã C-3 anão e para o feijão Vigna a cultivar Pitiúba. Em ambos os sistemas de cultivo a população da leguminosa permaneceu fixa, correspondendo a 40 mil plantas por hectare, variando apenas o espaçamento entre plantas nos dois sistemas. No plantio isolado foi de 0,50m e de 0,25m no consorciado. A população de milho foi diferente nos dois sistemas. Em condições de cultura isolada a população da gramínea foi de 40 mil plantas por ha e 25 mil em situação de consórcio. No primeiro caso o espaçamento entre plantas era de 0,50m e de 0,40m no caso de cultivo isolado. Cada fileira tinha comprimento de 10m.

Foram deixadas 2 plantas por cova em todos os tratamentos. O espaçamento entre fileiras permaneceu constante, sendo de 1m em todas as situações.

A área onde o trabalho foi conduzido recebeu aração e gradeação convencional. Após a abertura dos sulcos estes foram nivelados e adubados com 30 kg/ha de N, 80 kg/ha de P₂O₅ e 40 kg/ha de K₂O. Foi aplicado nitrogênio em cobertura, aos 25 e 40 dias após o plantio, dirigido exclusivamen

te à cultura do milho. Em cada aplicação foi colocado o equivalente a 25 kg do nutriente por hectare.

A deficiência hídrica imposta às culturas foi determinada em função das características físico-hídricas do solo onde o experimento foi conduzido. A reposição da lâmina d'água suficiente para elevar o solo à capacidade de campo era feita quando a tensão de água no solo na parcela atingia valor compreendido entre -0,3 a -0,4 MPa. As parcelas testemunhas eram irrigadas sempre que o potencial matricial do solo alcançava valor entre -0,02 a -0,03 MPa.

O controle de umidade do solo foi processado através do método gravimétrico. As amostras de solo para determinação do teor de umidade foram obtidas junto à linha d'água no talude oposto ao plantio, com tradagens às profundidades de 0-30 e 30-60cm, em número de 6 para cada parcela, coletadas a cada 3 dias.

A aplicação de água nos sulcos de plantio foi feita através de conjunto moto-bomba equipado com tubulação de aço zincado de 70mm de diâmetro e mangueira plástica de 22mm de diâmetro. Na extremidade da mangueira plástica foi adaptado um hidrômetro para aferição do volume de água a ser aplicado no sulco.

As determinações do "status" de água na planta foram feitas com equipamento de bomba de pressão, efetuando-se as leituras do potencial hídrico foliar sempre no horário matutino, entre 6 e 7 horas. As mensurações foram feitas em plantas submetidas a restrição de umidade e em plantas-controle até 42 dias após o plantio, com intervalo mínimo de 3 dias e máximo de 7 dias. Não foram efetuadas determinações até estágio mais desenvolvido das culturas por dificuldades operacionais relativas às leituras do potencial hídrico foliar do milho. Em condição de carência hídrica as irrigações aconteceram sempre 1 dia após a amostragem do "status" de água na planta. O potencial hídrico foliar em milho foi determinado segundo método descrito por DE ROO (1969).

A matéria seca de plantas de milho e de feijão Vig

na foi determinada aos 30, 45 e 60 dias após o plantio, tomando-se 2 plantas em todas as subparcelas do experimento, colocando-as em estufa regulada para atingir temperatura de 65°C - 70°C, permanecendo nesse ambiente durante 72 horas. Foi considerada apenas a parte aérea do vegetal.

A partir de 40 dias após o plantio, diariamente foram contadas as flores abertas de feijão Vigna na área útil de cada subparcela onde a leguminosa estivesse presente. Esse procedimento continuou até o sexagésimo sétimo dia após o plantio.

Foram realizadas duas colheitas no feijão Vigna, a primeira aos 80 dias e a segunda aos 96 dias após a data de plantio. Foram contadas todas as vagens viáveis de cada subparcela na época das colheitas para determinação do número médio de vagens por planta e correlacioná-lo com a produção total de flores, objetivando estimar a eficiência reprodutiva do feijão Vigna em resposta aos tratamentos impostos. Ao acaso foram retiradas 20 vagens para determinação do número médio de grãos por vagem e peso médio de 100 grãos.

A colheita do milho ocorreu aos 135 dias depois de plantado.

Por ocasião da colheita de ambas as culturas foram coletadas amostras de grãos com peso uniforme de 100 gramas, para determinação da umidade do grão, corrigindo-se o rendimento final para umidade de 15,5% e 13%, respectivamente para o milho e feijão Vigna.

Os dados relativos a rendimento, matéria seca e peso de 100 grãos foram analisados estatisticamente sem sofrerem transformação. Os valores correspondentes a número médio de flores por planta, vagem por planta e grãos por vagem foram transformados para \sqrt{x} , segundo GOMES (1963).

O uso eficiente da terra foi determinado para cada cultura isoladamente e em consórcio, expresso através do indicador adimensional UET (Uso Eficiente da Terra). Este parâmetro, segundo WILLEY (1979a), é definido como a área relativa da cultura isolada necessária para obter produção equivalente a verificada em consórcio, considerando condições

idênticas de ambiente e tecnologia. Algebricamente o UET é expresso pela fórmula:

$$\text{UET} = \frac{\text{Ac}}{\text{Ai}} + \frac{\text{Bc}}{\text{Bi}}$$

Onde:

Ac = Produção da cultura A consorciada.

Ai = Produção da cultura A isolada.

Bc = Produção da cultura B consorciada.

Bi = Produção da cultura B isolada.

Valores de UET total inferiores a unidade indicam desvantagem do consórcio em relação ao cultivo isolado das culturas consideradas, ao passo que valor superior à unidade indica vantagem para o sistema de consórcio.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época escolhida para condução do trabalho não é a mais recomendada para a exploração da cultura do milho na região. Os meses de novembro e dezembro apresentam conforme mostra a Figura 2, valores relativamente altos de temperatura, com acentuada diferença entre os valores máximo e mínimo. Corresponde também a um período de intensa evaporação diária (Figura 3) e que coincidiu com a fase em que a cultura do milho desenvolve seu grande período de crescimento (FERRAZ, 1966). No entanto, face à própria natureza dos tratamentos, o trabalho de campo necessitava ser conduzido em época de menor probabilidade de ocorrência de chuva. A precipitação pluviométrica observada no período de imposição do "deficit" hídrico (Figura 4) foi baixa nos meses de dezembro e janeiro e apresentou valores expressivos nos dois meses subsequentes. A incidência de chuva nesta fase não comprometeu a natureza do trabalho, pois apenas a precipitação de dezembro ocorreu no período de restrição de água às plantas.

Por outro lado, a área onde o experimento foi implantado apresenta restrições físico-químicas para que o milho possa exteriorizar todo seu potencial produtivo. Trata-se de solo bastante arenoso, com baixa capacidade de retenção de água (Tabelas 1 e 2). Apresenta, porém, boas condições de drenagem, sem vestígio de influência do lençol freático até a profundidade de 2,0m.

4.1 - Água no Solo e na Planta

Toda cultura, durante seu ciclo de desenvolvimento, consome um enorme volume de água, sendo que cerca de 98% deste volume apenas passa pela planta, perdendo-se poste

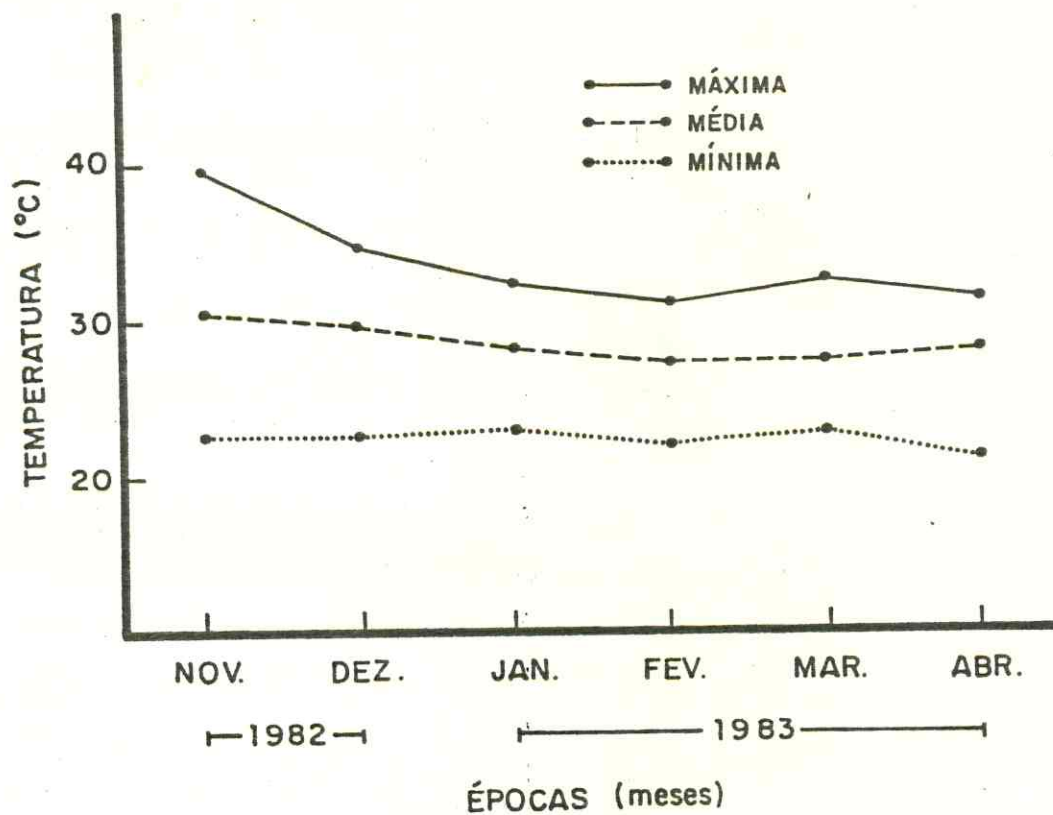


FIGURA 2 - Temperatura - °C - máxima, média e mínima observada no Campo Experimental de Bebedouro, no período de novembro/82 a abril/83. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

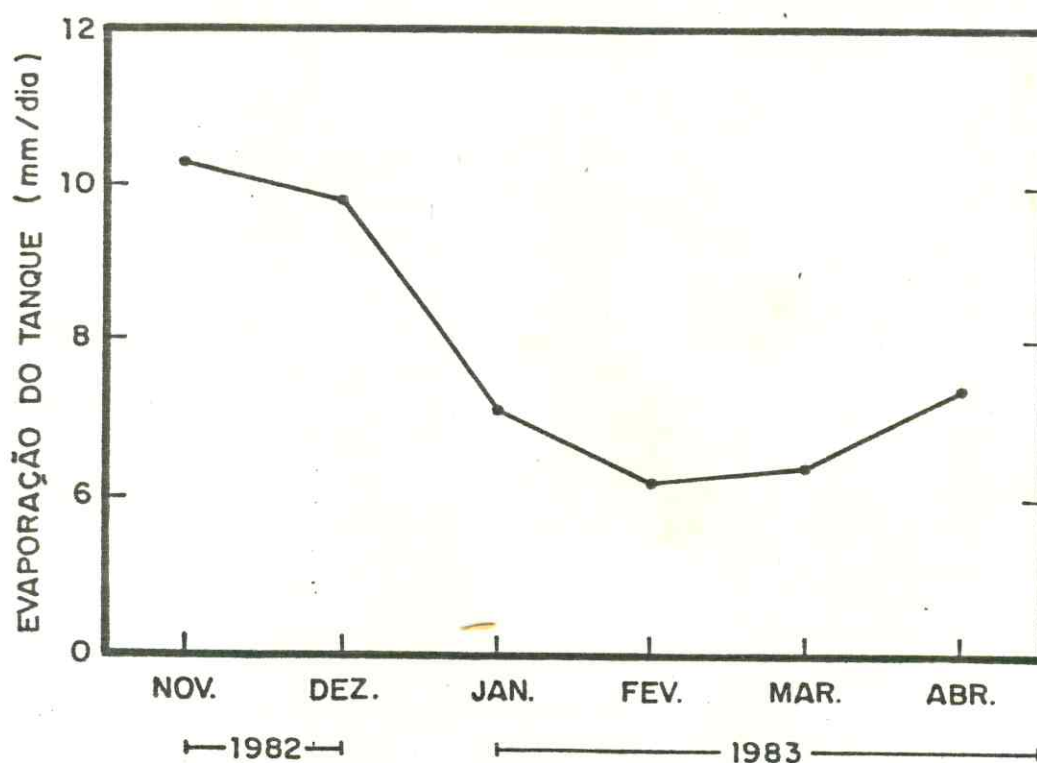


FIGURA 3 - Evaporação do tanque classe A - mm/dia no período de novembro/82 a abril/83, no Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

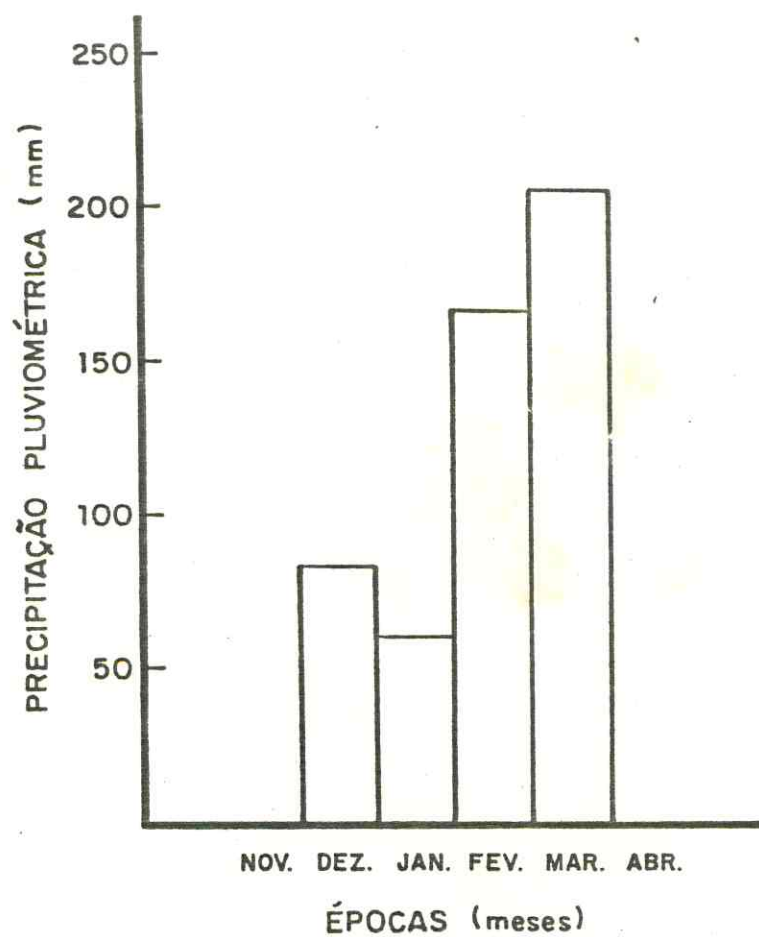


FIGURA 4 - Precipitação pluviométrica - mm - observada no período de novembro/82 a abril/83 no Campo Experimental de Bebedouro. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

riormente na atmosfera pelo processo de transpiração (REI CHARDT, 1978).

O solo é reservatório natural desta água, fornecendo-a às plantas à medida que dela o vegetal necessita.

A evolução do conteúdo de água no solo e na planta pode ser observada através das Tabelas 3 e 4 e Figuras 5 e 6. A Figura 5 mostra as diferenças de umidade no solo nos tratamentos com deficiência hídrica e controle, na fase entre o plantio e 40 dias após. Nesta fase o tratamento controle recebeu 5 irrigações e o com deficiência hídrica 2, com lâminas de água respectivamente de 102,8mm e 75,0mm, ou seja, 27% menos. Percebe-se que sem restrição de água a redução da umidade do solo ocorre mais intensamente que sob condições de racionamento, indicando maior taxa de evapotranspiração para as plantas-controle. Comportamento similar ocorreu para a deficiência hídrica na 2ª fase (Figura 6). Nesta fase ocorreu chuva em duas épocas (Figura 4), mas conforme a Figura 6, foi possível impor condição de deficiência hídrica. O tratamento controle recebeu 4 irrigações enquanto o contrastante foi irrigado apenas 2 vezes, com lâminas de água correspondendo a 257,5mm e 203,2mm no período considerado.

Pelos dados da Tabela 3 constata-se que houve acentuada diferença nos quantitativos de irrigação aplicados nos tratamentos com restrição de água na 1ª fase e controle, com valor de 71,6mm, correspondendo a 27,8mm em novembro e 43,8mm em dezembro. Quando a deficiência hídrica ocorreu na 2ª fase a diferença foi de 35,6mm em dezembro e 18,7mm em janeiro, globalizando 54,3mm.

Os dados relativos a potencial hídrico foliar (Tabela 4) permitem avaliar o comportamento destas espécies frente a situação de restrição de água, no que se relaciona com o seu "status" na planta. Este parâmetro não constituiu objeto de avaliação sistemática ou para o qual se pretendesse testar hipóteses, mas aferido para indicar se a deficiência hídrica imposta através do controle de umidade no solo determinou deficiência de água na planta.

TABELA 3 - Lâmina de água (mm) aplicada no milho e feijão Vigna cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Tratamentos	M e s e s						Total
	Novembro		Dezembro		Janeiro		
	Irrigação	Chuva	Irrigação	Chuva	Irrigação	Chuva	
"Deficit" na 1ª fase	75,0	-	98,7	82,8	115,0	60,0	431,5
"Deficit" na 2ª fase	102,8	-	106,9	82,8	96,3	60,0	448,8
Controle	102,8	-	142,5	82,8	115,0	60,0	503,1

TABELA 4 - Potencial hídrico foliar (MPa) observado em milho e feijão Vigna cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Data da Determinação	Tratamento com "deficit"				Tratamento controle			
	Milho		Feijão Vigna		Milho		Feijão Vigna	
	Isolado	Conso <u>rcia</u> do	Isolado	Conso <u>rcia</u> do	Isolado	Conso <u>rcia</u> do	Isolado	Conso <u>rcia</u> do
20 nov.	-0,89		-0,72					
23 "	-0,95		-0,92		-0,82		-0,76	
26 "	-1,02		-0,98		-0,99		-0,87	
02 dez.	-1,10		-1,02		-1,01		-0,79	
07 "	-1,15		-1,04		-0,87		-0,55	
14 "	-0,83		-0,74		-0,75		-0,56	
16 "	-1,04	-0,93	-0,80	-0,76	-0,86	-0,71	-0,75	-0,67
21 "	-1,09	-0,96	-0,88	-0,81	-0,67	-0,53	-0,55	-0,52

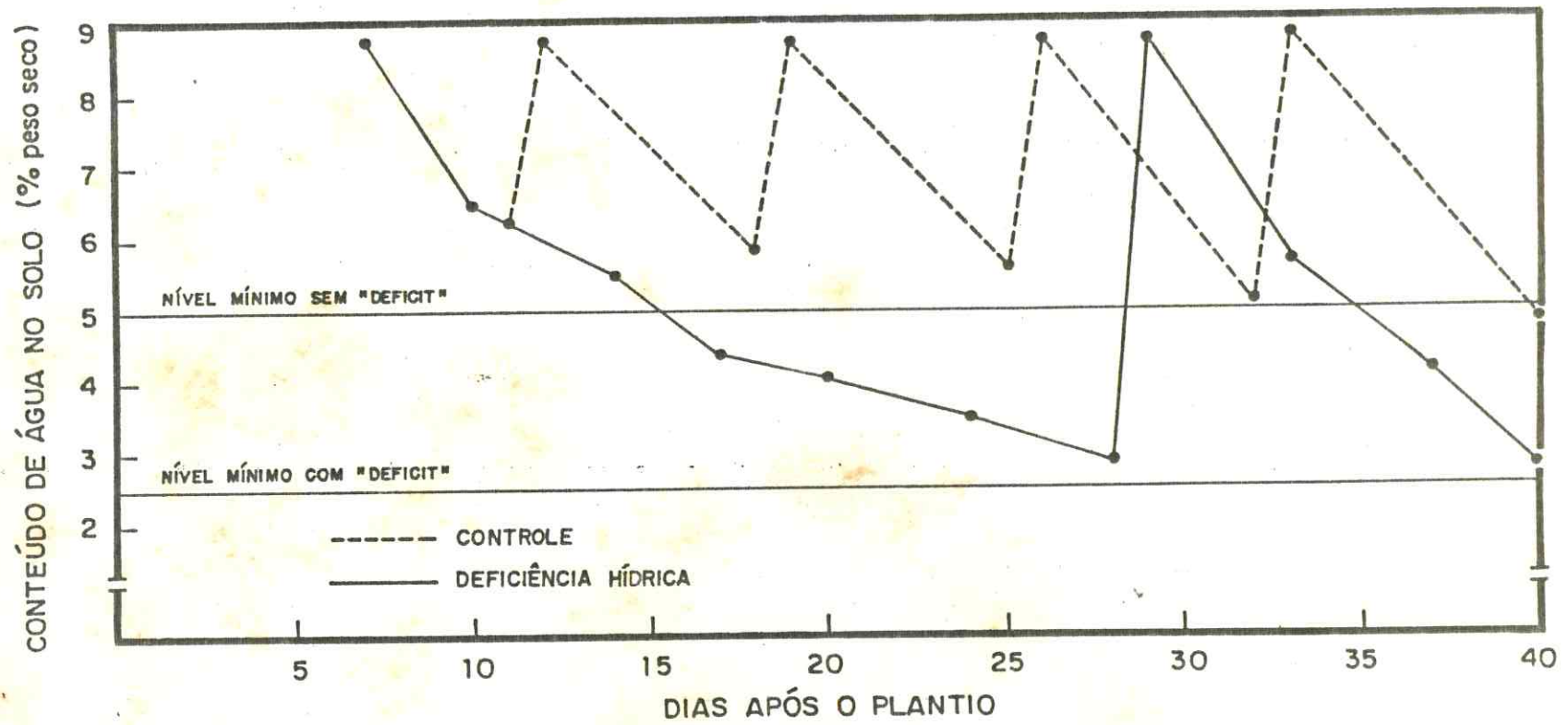


FIGURA 5 - Variação do teor de água no solo (% peso seco) na primeira fase de "deficit" hídrico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

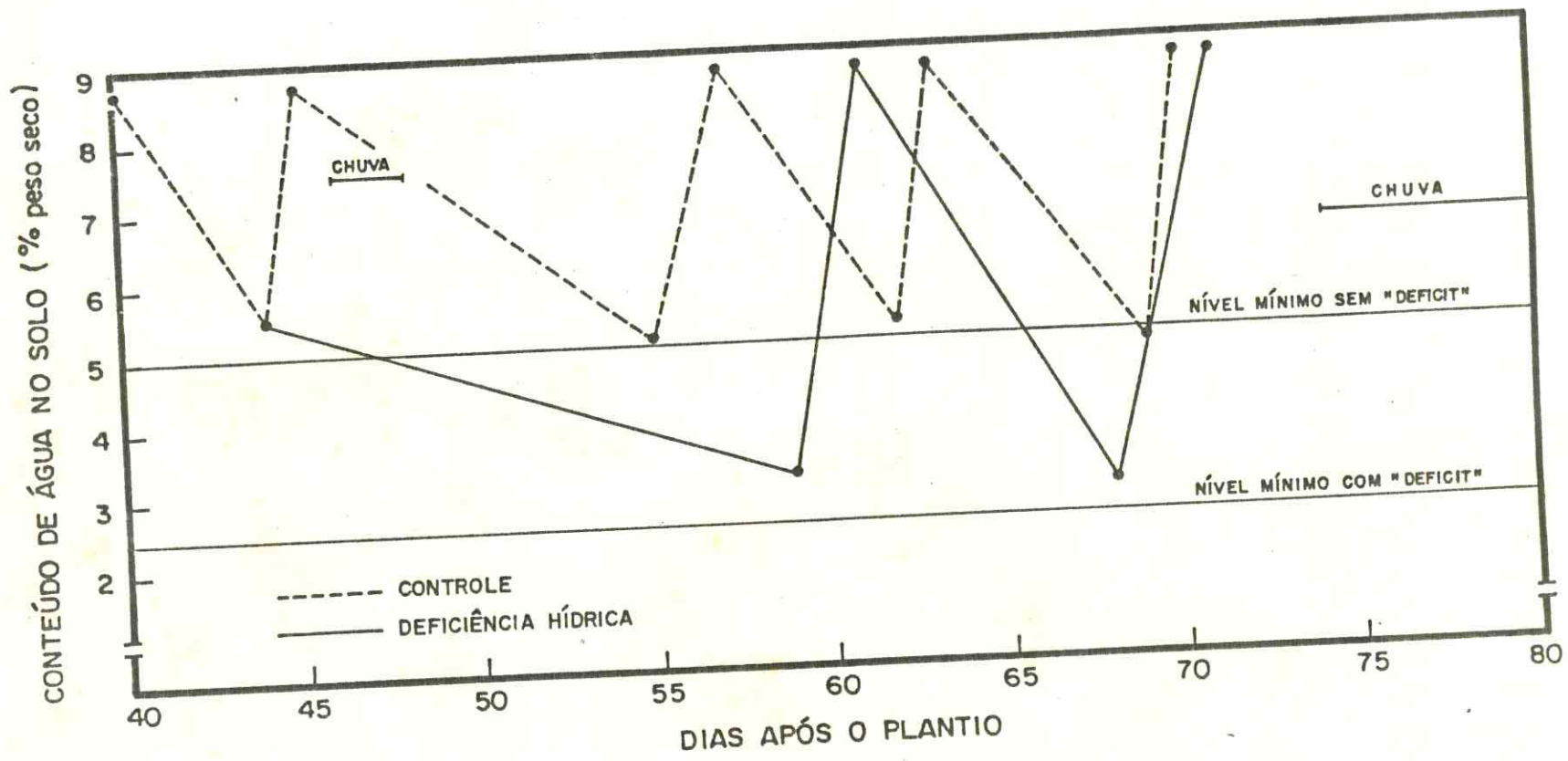


FIGURA 6 - Variação do teor de água no solo (% peso seco) na segunda fase de "deficit" hídrico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

O potencial hídrico foliar em milho sistematicamente situou-se em posição mais negativa comparado com o obtido em feijão Vigna, independentemente de o tratamento estar ou não submetido a restrição de água e do sistema de cultivo utilizado. Apesar do pequeno número de observações em situação de consórcio, o potencial hídrico foliar observado sempre foi mais elevado quando as culturas estavam associadas. As diferenças encontradas para este parâmetro não foram expressivas quando se compara os valores relativos às plantas controle àquelas desenvolvidas em parcelas com deficiência hídrica.

Os valores mais negativos observados em feijão Vigna concordam com os de WIEN et alii (1979), tendo em vista que os valores do potencial hídrico foliar de plantas estressadas sempre permaneceram inferiores aos das plantas controle. Igualmente apresentam semelhança com as observações de CLARK & HILLER (1973), quanto aos valores máximos de potencial hídrico foliar observados em plantas de feijão Vigna submetidas a deficiência hídrica e sob condições ótimas de umidade no solo.

4.2 - Evolução da Matéria Seca

A Tabela 5 apresenta a matéria seca do milho e do feijão Vigna determinada aos 30, 45 e 60 dias pós-plantio, nos sistemas exclusivos e consorciados, submetidos a três regimes hídricos.

O plantio consorciado causou expressiva redução na matéria seca do milho nas três épocas de amostragem. O feijão Vigna, ao contrário do milho, não apresentou diferenças significativas na produção de matéria seca entre os sistemas de plantio (Tabelas 5 e 6).

O regime hídrico determinou efeito significativo em todas as épocas para o milho e o feijão Vigna, excetuando-se aos 60 dias para a leguminosa (Tabela 6). Não se obser

TABELA 5 - Matéria seca (t/ha) de milho, feijão Vigna e do consórcio destas culturas obtida em plantas submetidas a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Épocas	Tratamento	Milho			Feijão			Consórcio
		Isolado	Consoiciado	Médias	Isolado	Consoiciado	Médias	
30 dias	"Deficit" 1ª fase	0,25	0,16	0,21a	0,17	0,23	0,19a	0,39a
	"Deficit" 2ª "	0,62	0,36	0,49 b	0,42	0,34	0,38 b	0,70ab
	Controle	0,71	0,36	0,53 b	0,35	0,40	0,37ab	0,76 b
45 dias	"Deficit" 1ª fase	1,18	0,72	0,95a	0,79	0,71	0,75a	1,43a
	"Deficit" 2ª "	1,55	0,89	1,22ab	1,21	1,11	1,16 b	2,00a
	Controle	1,86	1,12	1,49 b	1,22	1,13	1,17 b	2,25a
60 dias	"Deficit" 1ª fase	2,58	1,62	2,10a	2,76	2,85	2,81a	4,47a
	"Deficit" 2ª "	4,82	2,98	3,90 b	2,68	3,08	2,88a	6,06 b
	Controle	5,37	2,93	4,15 b	2,99	2,97	2,98a	5,90ab

Dentro da mesma época médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tukey (milho 30 dias) = 0,27; (milho 45 dias) = 0,30; (milho 60 dias) = 1,65

Tukey (feijão 30 dias) = 0,20; (feijão 45 dias) = 0,40

Tukey (consórcio 30 dias) = 0,37; (consórcio 60 dias) = 1,58

TABELA 6 - Análise da variância da matéria seca (t/ha) de milho e de feijão Vigna cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Causas de Variação	G.L.	V a r i â n c i a s					
		30 dias		45 dias		60 dias	
		Milho	Feijão Vigna	Milho	Feijão Vigna	Milho	Feijão Vigna
Regime hídrico (RH)	2	0,2525**	0,0871*	0,5751**	0,4738*	9,9707*	0,0616n.s.
Resíduo (a)	6	0,0040	0,0167	0,0383	0,0659	1,1553	0,2282
Sistema de Cultivo (SC)	1	0,3408**	0,0009n.s.	2,3002**	0,0504n.s.	18,3050**	0,1442n.s.
Interação RH x SC	2	0,0331n.s.	0,0109n.s.	0,0424n.s.	0,00015n.s.	1,1083n.s.	0,0960n.s.
Resíduo (b)	9	0,0095	0,0086	0,0439	0,0644	0,6721	0,2241
	(a)	15,4	40,6	16,0	24,9	31,8	16,5
C.V. (%)	(b)	23,8	29,2	17,1	24,6	24,2	16,4

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

n.s. - Não significativo.

vou significância para a interação regime hídrico x sistema de cultivo, o que permite inferir que a deficiência hídrica imposta às culturas afetou de modo uniforme a produção de matéria seca, independente do sistema de plantio.

Observa-se nas três épocas de amostragem que o milho apresentou sistematicamente redução na produção de matéria seca quando a deficiência hídrica foi aplicada. A redução é mais expressiva se a escassez de água ocorre na primeira fase.

A produção de matéria seca do feijão Vigna foi influenciada pelo regime hídrico apenas quando a restrição de água é aplicada na primeira fase, aos 30 e 45 dias após o plantio. Aos 60 dias não foram observadas diferenças entre os tratamentos.

A análise da variância da matéria seca do consórcio (Tabela 7) evidencia efeito significativo do regime hídrico aos 30 e 60 dias após o plantio. Nestas datas de amostragem constata-se uma grande redução na produção da matéria seca quando a deficiência de água foi aplicada na primeira fase. Não foi observado efeito depressivo na matéria seca produzida com restrição hídrica na segunda fase, em relação ao tratamento controle.

Nos dois períodos de crescimento estudados - 30-45 e 45-60 dias após o plantio - maiores valores de TCC - Taxa de Crescimento da Cultura - foram observados nos tratamentos consorciados em relação às respectivas culturas cultivadas isoladamente, independente do regime hídrico a que estiveram submetidas, embora nem todos os contrastes tenham atingido significância estatística (Tabelas 8 e 9).

O regime hídrico influenciou significativamente a taxa de crescimento da cultura em milho apenas no período de 45-60 dias. Não afetou a TCC do feijão Vigna e do consórcio nas duas épocas de observação. Por outro lado o sistema de cultivo exerceu efeito altamente significativo na TCC em ambas as fases de observação. A interação RH x SC foi significativa só no 2º período.

Apesar da redução verificada na TCC do milho, do

TABELA 7 - Análise da variância da matéria seca (t/ha) produzida pelo consórcio milho com feijão Vigna aos 30, 45 e 60 dias após o plantio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Causas de Variação	G.L.	Variâncias		
		30 dias	45 dias	60 dias
Bloco	3	0,0184	0,3188	0,1571
Regime hídrico	2	0,1617*	0,6251n.s.	3,0556*
Resíduo	6	0,0228	0,1644	0,5317
C.V. (%)		24,5	21,6	13,3

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

n.s. - Não significativo.

TABELA 8 - Taxa de crescimento da cultura (TCC)* observada em milho, feijão Vigna e no consórcio destas culturas, submetidas a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Épocas	Tratamentos	Milho	Feijão	Consórcio
30-45 dias	"Deficit" 1. ^a fase	4,92a	4,19a	6,99a
	"Deficit" 2. ^a fase	6,93ab	5,30a	8,69 b
	Controle	7,55ab	5,83a	9,66 b
45-60 dias	"Deficit" 1. ^a fase	A 9,59a	A11,63a	A22,77 b
	"Deficit" 2. ^a fase	B19,26a	A 9,81 b	A24,54a
	Controle	B23,38a	A11,80 b	A24,35a

* Expressa em grama/m²/dia.

Dentro da mesma época médias em coluna precedidas da mesma letra maiúscula e seguidas pela mesma letra minúscula em linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 9 - Análise da variância da Taxa de Crescimento da Cultura - TCC - observada em milho, feijão Vigna e no consórcio destas culturas, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Causas de Variação	G.L.	Variâncias	
		30-45 dias	45-60 dias
Regime Hídrico (RH)	2	18,0935n.s.	81,9944*
Resíduo (a)	6	4,2002	13,6477
Sistema de Cultivo (SC)	2	35,0352**	492,0541**
Interação RH x SC	4	1,0751n.s.	63,4643*
Resíduo (b)	18	2,5970	12,4538
C.V. (%)	(a)	30,5	21,1
	(b)	24,0	20,2

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

n.s.- Não significativo.

feijão Vigna e do consórcio em relação ao controle, o "deficit" na primeira fase não foi estatisticamente significativo no período entre 30-45 dias após o plantio. Entretanto, aos 45-60 dias pós-plantio a TCC do milho com estresse na primeira fase foi significativamente inferior aos valores observados com deficiência hídrica na segunda fase e controle. Em situação adequada de umidade (tratamento com controle) o milho em plantio isolado sempre apresentou maiores valores de TCC em relação ao feijão Vigna no mesmo sistema de plantio, nos dois períodos de avaliação (Tabela 8).

4.3 - Floração e Eficiência Reprodutiva do Feijão Vigna

A Tabela 10 mostra os valores relativos a produção semanal de flores por planta em função da época de ocorrência da deficiência hídrica e do sistema de cultivo empregado. A análise de variância deste parâmetro considerando a produção média total por planta encontra-se na Tabela 11, na qual se constata efeito altamente significativo somente para sistema de cultivo.

A análise dos dados inseridos na Tabela 10 mostra uma marcante influência do sistema de cultivo na produção de flores/planta. Durante todo o período de observação, sistematicamente as plantas consorciadas produziram flor a uma taxa bem inferior a observada em cultura pura. Dentro de cada sistema de cultivo a produção média global para o "deficit" nas fases 1, 2 e testemunha corresponde a valores muito próximos, com amplitude insignificante.

A flutuação semanal da produção de flores/planta do feijão Vigna expressa na Figura 7, no intervalo entre 40 e 67 dias após o plantio, revela a ocorrência de uma acentuada variação entre os tratamentos a partir da segunda semana, com intensidade máxima no final do período de acompanhamento. Este comportamento foi similar tanto para o feijão Vigna na consorciado como isolado. O pique de floração ocorreu na

TABELA 10 - Produção semanal de flores por planta observada em feijão Vigna cultivado isoladamente e em consórcio submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Tratamento	Isolado					Consortiado				
	Semana				Total	Semana				Total
	1ª	2ª	3ª	4ª		1ª	2ª	3ª	4ª	
"Deficit" 1ª fase	7,60	12,79	6,36	8,65	35,40	3,81	6,73	3,90	5,31	19,75
"Deficit" 2ª fase	8,50	15,00	8,24	4,51	36,25	4,24	8,89	5,75	2,41	21,29
Controle	7,98	14,71	8,14	6,70	37,53	3,99	7,67	5,01	4,07	20,74

TABELA 11 - Análise da variância de número de flores e de vagens por planta, relação vagem/flor e grãos por vagem transformados em \sqrt{x} e peso de 100 sementes observada em feijão Vigna cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Causas de Variação	G.L.	V a r i â n c i a s				
		Flor por planta	Vagem por planta	Grãos por vagem	Peso de 100 semen- tes	Relação vagem/flor
Regime Hídrico (RH)	2	0,0423n.s.	0,0787n.s.	0,0312n.s.	0,2112n.s.	0,0024n.s.
Resíduo (a)	6	0,1330	0,0649	0,0101	0,7340	0,0021
Sistema de Cultivo (SC)	1	13,7865**	8,0504**	0,0004n.s.	0,0017n.s.	0,0043n.s.
Interação RH x SC	2	0,0124n.s.	0,0254n.s.	0,0079n.s.	0,3179n.s.	0,0011n.s.
Resíduo (b)	9	0,1239	0,1826	0,0165	0,6314	0,0063
C.V. (%)	(a)	6,91	7,52	2,59	4,92	7,27
	(b)	6,67	12,62	3,30	4,57	12,59

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade. - n.s. - Não significativo.

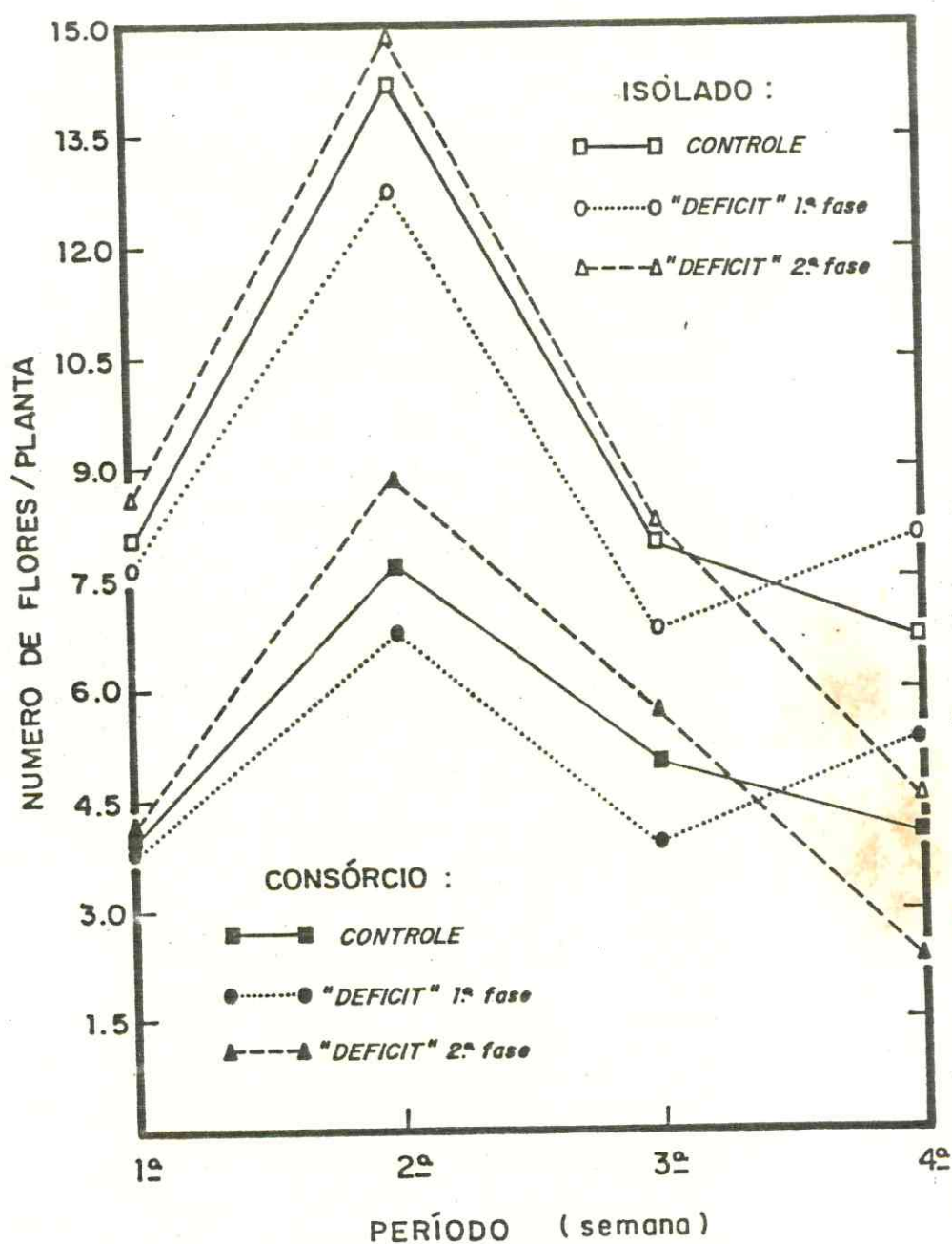


FIGURA 7 - Flutuação do número médio de flor/planta em feijão *Vigna* cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

segunda semana de observação, ou seja, no intervalo de 47-53 dias, decrescendo na terceira semana até valores bem semelhantes aos da primeira, situando-se o tratamento com "deficit" na 1ª fase consistentemente em posição inferior aos demais tratamentos, como resposta da planta à restrição de água imposta até os 40 dias. A última semana corresponde a um período de plena recuperação do vegetal estressado na 1ª fase, visivelmente externada pela inversão no seu ritmo de produção de flores, superando os demais tratamentos, qualquer que seja o sistema de exploração adotado. Igualmente corresponde ao período em que o efeito da deficiência hídrica na 2ª fase se manifesta, pois só a partir da quarta semana é que este tratamento exterioriza produção de flores bem abaixo do tratamento controle.

Na literatura consultada não foi encontrada referência de observação deste parâmetro plotado contra épocas de ocorrência de restrição hídrica ou sistema de cultivo.

O arranjo espacial entre as duas culturas pode ter determinado um sombreamento excessivo ao feijão Vigna, estimulando-o a um desenvolvimento exagerado das plantas em busca da energia radiante, comprometendo sua capacidade produtiva. A competição intra-específica proporcionada pela redução do espaçamento entre plantas no sistema consorciado pode, talvez, explicar também este comportamento.

O número de vagem/planta, a exemplo do que ocorreu com o número de flor/planta não foi influenciado pelo regime hídrico. De forma idêntica o plantio consorciado determinou uma grande redução no número de vagem/planta (Tabelas 11 e 12 e Figura 8). A eficiência reprodutiva expressa pela relação vagem/flor produzidas, não sofreu efeito significativo do regime hídrico ou do sistema de plantio. Nas plantas-controle a relação não se alterou considerando os dois sistemas de cultivo, ao passo que o consórcio com o milho proporcionou ligeira redução, porém não significativa, principalmente quando a deficiência foi aplicada na segunda fase.

Na literatura consultada não se encontrou referência a trabalhos envolvendo a relação entre os dois parâme

TABELA 12 - Número médio de vagens por planta, relação vagem/flor, grãos por vagem e peso de 100 sementes (g) observados em feijão Vigna cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Tratamentos	Vagem/planta		Relação vagem/flor		Grãos/vagem		Peso de 100 sementes	
	Isolado	Consoiciado	Isolado	Consoiciado	Isolado	Consoiciado	Isolado	Consoiciado
"Deficit" 1ª fase	14,8	7,5	0,41	0,38	15,4	14,8	17,4	17,6
"Deficit" 2ª fase	15,8	7,7	0,43	0,36	14,6	14,6	17,4	17,0
Controle	16,2	8,9	0,43	0,43	15,2	15,8	17,4	17,6

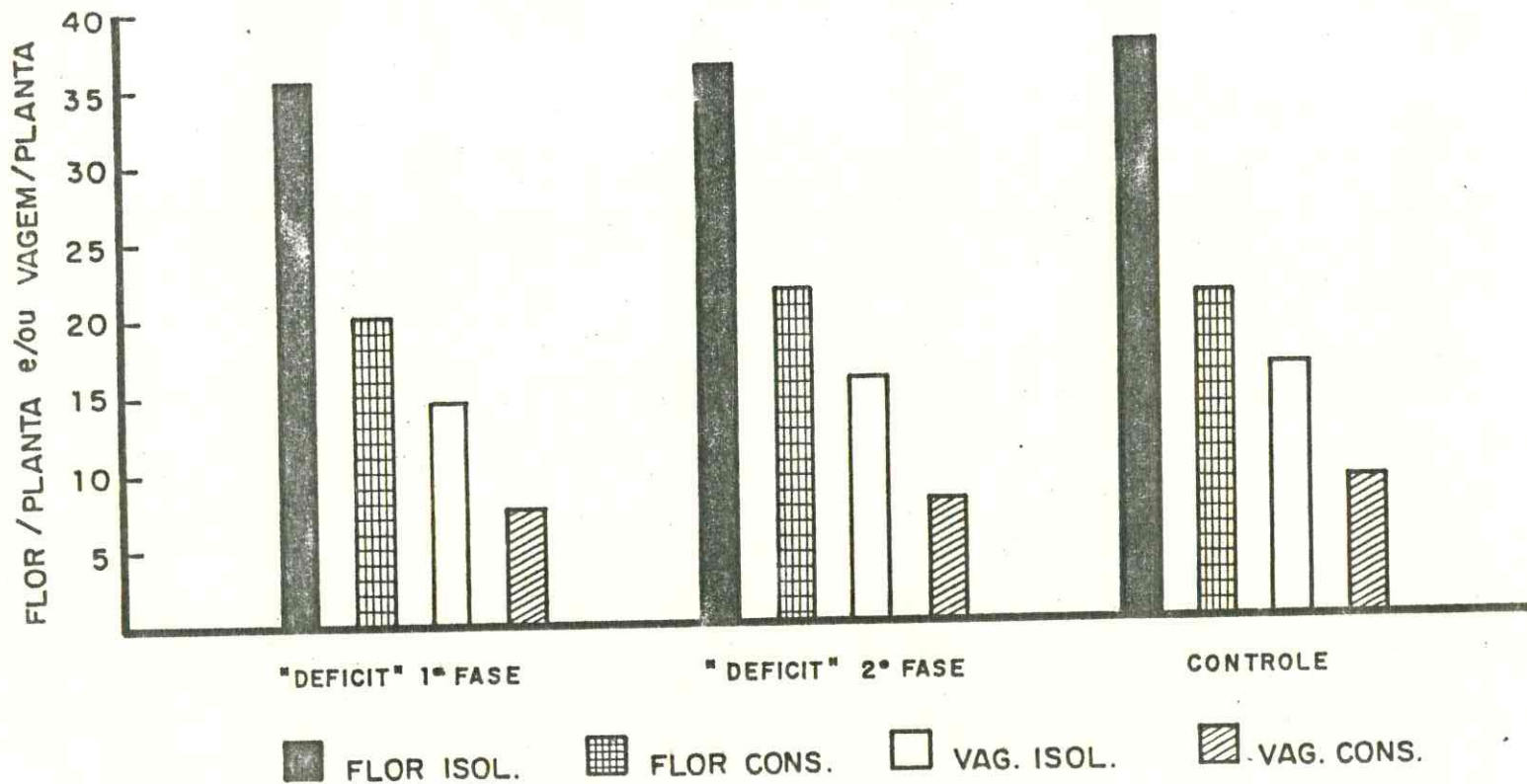


FIGURA 8 - Número médio de flor/planta e de vagem/planta observados em feijão *Vigna* cultivado isoladamente e em consórcio com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983:

tros em plantas de feijão Vigna.

4.4 - Rendimento do Feijão Vigna

A Tabela 13 mostra os dados de produção média do feijão Vigna obtidos nos dois sistemas de cultivo dentro de cada regime hídrico. Os valores correspondentes aos componentes de produção encontram-se na Tabela 12.

As reduções causadas pela imposição da deficiência hídrica na produtividade do feijão Vigna nas duas épocas, foram inexpressivas nos dois sistemas de cultivo, não atingindo significância estatística (Tabelas 13 e 14).

A leguminosa não apresentou significativa sensibilidade a escassez de água em fases distintas do seu ciclo biológico, nas condições em que o trabalho foi conduzido. Os resultados observados se assemelham bastante com os de WIEN et alii (1979).

O feijão Vigna possui elevado potencial de produção sob condições de restrição de água e de acordo com TURK et alii (1980), o efeito adversos só se torna marcante se as condições ambientais após cessar o período de "deficit" hídrico não forem favoráveis, o que não ocorreu neste trabalho.

Analisando os dados da Tabela 13 constatou-se que o efeito do consórcio no rendimento do feijão foi expressivo, independentemente do regime hídrico, com valores percentuais de redução muito próximos para todos os tratamentos. O baixo rendimento verificado no sistema de cultivo consorciado se deve a elevada queda no número médio de vagem/planta (Tabela 12), em comparação com o sistema isolado, uma vez que a população de leguminosa permaneceu invariável em ambos os sistemas de cultivo. Para manter fixa a densidade do feijão Vigna foi necessário reduzir o espaçamento entre plantas no sistema consorciado, determinando alta competição intra-específica, refletindo na menor eficiência da plan

TABELA 13 - Rendimento (kg/ha) de feijão Vigna obtido em sistema de cultivo isolado e consorciado com milho, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Tratamentos	Rendimento			
	Isolado	Redução (%)	ConSORCIADO	Redução (%)
"Deficit" na 1ª fase	1258	10,1	615	6,8
"Deficit" na 2ª fase	1308	6,5	564	14,5
Controle	1400	-	660	-

TABELA 14 - Análise da variância da produção de feijão Vigna e milho cultivados isoladamente e em consórcio, submetidos a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Causas de Variação	G.L.	Variâncias	
		Feijão Vigna	Milho
Regime Hídrico (RH)	2	23375n.s.	923563**
Resíduo (a)	6	31667	15357
Sistema de Cultivo (SC)	1	3017504**	3248704**
Interação RH x SC	2	6430n.s.	315478**
SC ₁ (RH)	1		174813**
SC ₂ (RH)	1		2303269**
Resíduo (b)	9	27346	11847
C.V. (%)	(a)	18,39	11,97
	(b)	17,09	10,51

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

n.s. - Não significativo.

ta em produzir flores.

A variação do número de vagens por planta dentro de cada sistema de cultivo não foi expressiva (Tabela 12). A redução máxima ocorreu com "deficit" na primeira fase, sendo respectivamente de 8,6% e 15,9% para os sistemas isolado e consorciado. Sistemáticamente os valores relativos ao sistema de cultivo consorciado se situaram bem próximos da metade dos valores observados em cultura pura.

Os dados apresentados concordam com os de MIRANDA & BALMAR (1977), porém divergem de MAGALHÃES et alii (1979), que observaram grande influência do "deficit" de água na produção de vagem por planta em feijão comum. Igualmente divergem de WIEN et alii (1979), TURK & HALL (1980) e CLARK e HILLER (1973), que detectaram efeito da deficiência hídrica na produção de vagem por planta em feijão Vigna. O nível de deficiência hídrica utilizado no trabalho determinou sensível restrição de umidade às plantas de milho, ao passo que para o feijão Vigna a deficiência de água imposta não proporcionou acentuada alteração na fisiologia da planta, tendo em vista a habilidade desta espécie vegetal em tolerar melhor períodos de escassez de água no solo. Deste modo a variação na produção de vagens por planta dentro de cada sistema de cultivo seria mínima, considerando a capacidade da leguminosa em melhor se adaptar a situação desfavorável de umidade no solo através de mecanismos de auto-regulação.

Os valores correspondentes a número médio de grãos por vagem e peso de 100 sementes encontram-se na Tabela 12. A análise da variância (Tabela 11) não evidenciou significância entre as causas de variação para estes dois parâmetros, embora se observe (Tabela 12) que o "deficit" na 2ª fase tenha sempre apresentado valores mais baixos em qualquer dos sistemas de cultivo utilizados.

Os dados apresentados estão de acordo com os obtidos por SIONIT & KRAMER (1977) e SILVA (1978), referentes às culturas de soja e feijão Vigna respectivamente, diver

gindo porém, de ROBINS & DOMINGO (1956) que encontraram influência da deficiência hídrica imposta na fase de florescimento de feijão comum no número médio de grãos por vagem. MAGALHÃES et alii não observaram efeito significativo de deficiência hídrica no número de grãos por vagem em feijão comum.

4.5 - Rendimento do Milho

Os dados de produção média obtidos nos dois sistemas de cultivos encontram-se na Tabela 15. A análise da variância mostra valores significativos para sistema de cultivo, época de imposição da deficiência hídrica e para a interação entre estes dois fatores (Tabela 14). O desdobramento da interação entre sistema de cultivo e época de ocorrência do "deficit" de água determinou valor significatiyo de F ao nível de 1% de probabilidade para os dois sistemas de cultivo dentro de épocas de imposição da carência de água.

A escassez de água imposta exerceu influência negativa no rendimento do milho, sendo que o efeito foi menor em condições de consórcio, corroborando com a idéia de que em condições adversas o cultivo consorciado proporciona maior estabilidade de produção. As médias de produção de grãos relativas a "deficit" na 1ª fase e controle estaticamente se equivaleram, enquanto entre controle e "deficit" na 2ª fase isto não se verificou. Quando a cultura foi explorada isoladamente não se constatou igualdade estatística entre médias obtidas em função do regime hídrico, ou seja, cada tratamento foi diferente dos demais.

A cultura do milho mostrou-se particularmente sensível a escassez de água no solo na fase compreendida entre 40 e 70 dias após o plantio (Tabela 15), independentemente

TABELA 15 - Rendimento (kg/ha) de milho obtido em sistema de cultivo isolado e em consórcio com feijão Vigna, submetido a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Tratamentos	Rendimento			
	Isolado	Redução (%)	Consortiado	Redução (%)
"Deficit" 1ª fase	B 1387a	28,8	AB712 b	9,6
"Deficit" 2ª fase	C 875a	55,1	B503 b	36,1
Controle	A 1948a		A 788 b	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em linha, e precedidas pela mesma letra maiúscula, em coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tukey (sistema de cultivo dentro de regime hídrico) = 246

Tukey (regime hídrico dentro de sistema de cultivo) = 261

do sistema de cultivo utilizado. Em condições de cultivo isolado o efeito adverso nesta fase da cultura foi bem mais pronunciado que em consórcio, reduzindo em 55,1% a produção de grãos em relação ao tratamento controle, enquanto que sob regime de associação com o feijão a redução verificada foi de 36,1%. Condições desfavoráveis de umidade no solo na primeira fase da cultura proporcionaram redução de 28% em cultivo isolado e 9,6% quando as duas culturas foram cultivadas associadamente. A redução média considerando os dois períodos foi de 28,8% e 22,8% respectivamente para cultivo isolado e consorciado. Os dados relativos a efeito da restrição de água no rendimento do milho estão de acordo com os obtidos por DENMEAD & SHAN (1960), CLASSEN & SHAW (1971), DOWNEY (1971), MILLAR (1974), KRISHNAMURTHY et alii (1975) e HARDER et alii (1982).

De acordo com NATARAJAN & WILLEY (1980), o consórcio pode proporcionar vantagem relativa sob condições de deficiência hídrica. Admitem os autores a complexidade do assunto, em função principalmente das alterações proporcionadas pelas combinações da cultura e com o arranjo espacial dentro de cada combinação.

No arranjo espacial de 1 fileira de milho para 1 de feijão Vigna e nos níveis de densidade utilizados no trabalho, a redução do rendimento do milho determinada pelo consórcio foi mais elevada em condições de suprimento adequado de água. O decréscimo verificado foi de 59% quando se compara o rendimento do tratamento controle nos dois sistemas de cultivo. Variação menor foi observada em situação de restrição de umidade com média de 45%.

4.6 - Uso Eficiente da Terra - UET

Analisando-se a Tabela 16 nota-se que em termos de eficiência de uso da terra o consórcio não apresentou vantagem relativa sobre as culturas isoladas quando as plantas

TABELA 16 - Valores do Uso Eficiente da Terra - UET - obtidos com as culturas de milho e feijão Vigna submetidas a deficiência hídrica em fases distintas do ciclo biológico. Petrolina, Pernambuco, Brasil, 1983.

Tratamentos	Uso Eficiente da Terra - UET		
	Milho	Feijão	Consórcio
"Deficit" 1ª fase	0,50	0,49	1,00
"Deficit" 2ª fase	0,57	0,44	1,01
Controle	0,40	0,48	0,88

foram submetidas a escassez de umidade no solo em quaisquer das fases. Em termos relativos, a utilização da terra com uso do consórcio, expressa pelo somatório da razão entre a produção da cultura consorciada e isolada, apresenta a mesma eficiência independentemente do "deficit" ocorrer na fase 1 ou fase 2. Comportamento diferente foi observado com relação ao tratamento onde não se verificou restrição de umidade. Isto é, em condições de dotação normal de água ao longo do ciclo biológico, a eficiência de aproveitamento da terra foi inferior no sistema de cultivo consorciado, correspondendo a 88% da eficiência observada para os outros tratamentos.

Os dados observados não estão de acordo com os de STEWART (1982), que encontrou valores crescentes de UET em resposta ao aumento da lâmina de água aplicada. Por outro lado, assemelham-se com os obtidos por NATARAJAN & WILLEY (1980), pois estes autores detectaram variação acentuada no UET do consórcio sorgo com amendoim, com valor mais elevado para a situação de deficiência de umidade.

No presente trabalho a pressão de população nos dois sistemas não foi mantida fixa, sendo maior no sistema de consórcio. Este fato pode ter determinado maior competição inter e intra-específica, com reflexo geral no rendimento das culturas consorciadas, contribuindo para minimizar a relação produção em consórcio/produção da cultura pura.

5 - CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o trabalho foi executado, as seguintes conclusões podem ser evidenciadas:

- 1 - O comportamento do milho e do feijão Vigna em condições idênticas de restrição de umidade no solo, no nível adotado nesta pesquisa foi sensivelmente diferente;
- 2 - Restrição de umidade no solo apenas no período vegetativo do milho determinou menor redução no seu rendimento em comparação com as perdas decorrentes de escassez de água na fase reprodutiva. A redução foi mais expressiva em situação de cultivo isolado;
- 3 - O nível de estresse hídrico adotado neste trabalho não proporcionou efeito depressivo no rendimento do feijão Vigna. Entretanto, a produção de grãos da leguminosa foi sensivelmente influenciada pelo sistema de cultivo, em função da redução do número de vagens por planta verificada nas parcelas consorciadas;
- 4 - A produção de flores foi mais elevada nas plantas cultivadas isoladamente que em consórcio. O número de grãos por vagem e peso de grãos não foram influenciados pelos tratamentos impostos;
- 5 - A eficiência reprodutiva do feijão Vigna expressa pela relação entre o número total de flores produzidas e o número total de vagens viáveis não foi influenciada pelo sistema de cultivo ou por estresse de água no nível trabalhado;
- 6 - O consórcio de milho e feijão Vigna em condições de suprimento adequado de água ao longo do ciclo biológico das culturas mostrou-se menos eficiente que o cultivo

isolado, usando como instrumento aferidor o UET - Uso Eficiente da Terra. Este parâmetro foi superior em condições de deficiência hídrica;

- 7 - O sistema de consórcio proporcionou melhor estabilidade à produção do milho;

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHTHON, F.M. Effects of a series of cycles of alternating low and high soil water contents on the rate of apparent photosynthesis in sugar cane. Plant Physiology, 31:266-74, 1956.
- BARNES, D.L. & WOOLLEY, D.G. Effects of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of a single-eared and two-eared corn hybrid. Agronomy Journal, 61:788-90, 1969.
- BEGG, J.E. & TURNER, N.C. Crop water deficit. Advances in Agronomy, 28:161-217, 1976.
- BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D; GUERINI, H. & CARVALHO, J.B. de. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Seiva, Viçosa, 30(71):7-13, 1970.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D. WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy; 1965. v. 1, Cap. 30, 374-90. (ASA. Agronomy, 9).
- BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiology, 46:233-5, 1970.
- BOYER, J.S. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period low leaf water potentials. Plant Physiology,

47:816-20, 1971.

- BRIX, H. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and lobololy pine seedlings. Physiologia Plantarum, 15:10-20, 1962.
- CHANG, J.H. Water in relation to plant growth. In: _____.. Climate and agriculture; and ecological survey. Chicago, Aldine, 1977. Cap. 12. p. 118-28.
- CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. Petrolina, PE. Pesquisa em Irrigação no Trópico Semi-Árido: solo, água, planta. Petrolina, PE., 1981. p.1-14. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).
- CLARK, R.N. & HILLER, E.A. Plant measurement of crop water deficits. Crop Science, 13:466-9, 1973.
- CLASSEN, M.N. & SHAW, R.S. Water deficit effects on corn. I. Vegetative Components. Agronomy Journal, 62:649-52, 1970.
- CLASSEN, M.N. & SHAW, R.S. Water deficit effects on corn. II. Grain Components. Agronomy Journal, 62:652-5, 1970.
- CRAFTS, A.S. Water deficit and physiological processes. In: KOZLOWSKI, T.T. Water deficits and plant growth; plant water consumption and response. New York, Academic Press, 1968. Cap. 3, 85-133.

✓ DENMEAD, D.T. & SHAW, R.S. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agronomy Journal, 52:272-4, 1960.

DE ROO, H.C. Leaf water potentials of sorghum and corn, estimated with the pressure bomb. Agronomy Journal, 61: 969-70, 1969.

✓ DOSS, B.D.; PEARSON, R.W. & ROGERS, .T. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agronomy Journal, 66:297-9, 1974.

✓ DOWNEY, L.A. Effect of gypsum and drought stress on maize (*Zea mays* L.). I. Growth, light absorption and yield. Agronomy Journal, 63:569-72, 1971.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. RJ. Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, 1979, lv. il.

FAO, Roma, Itália. Climate. In: _____ . Survey of the São Francisco river basin-Brazil; water and power resources, irrigation requirements and drainage. Rome. 1967. V. 3, Cap. 2, p.4-19.

FERRAZ, E.C. Fisiologia In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTÁSSA, São Paulo, ed. Cultura e Adubação do Milho. São Paulo, 1966. p.369-79.

FISHER, N.M. Studies in mixed cropping. I Seasonal differences in relative productivity of crop mixtures and pure stand in the Kenya highlands. Experimental Agriculture, 13: 177-84, 1977.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Rio de Janeiro, RJ. Anuário Estatístico do Brasil - 1984. Rio de Janeiro, 1984. p.458-62.

GARDNER, W.R; & NIEMAN, R.H. Lower limit of water availability to plants. Science, 143:1460-2, 1964.

GATES, C.T. & BONNER, J. The response of the young tomato plant to a brief period of water shortage. IV. Effects of water stress on the ribonucleic acid metabolism of tomato leaves. Plant Physiology, 34:49-55, 1959.

COMES, F.P. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1963. p.199-228.

GREENAWAI, H. HILLER, H.G. Effects of low potentials on respiration and glucose and acetate uptake, by *Chlorella pyrenoidosa*. Planta, 75:253-74, 1967.

GUNTON, J.L. & EVERSON, J.P. Moisture stress in navy beans. I. Effects of withholding irrigation at different phenological stages on growth and yield. Irrigation Science. 24:49-58, 1980.

HAGAI, H. & LOOMIS, W.E. Respiration on maize grain. Plant Physiology, 29:49-55, 1954.

✓ HARDER, H.J.; CARLSON, R.E. & SHAW, R.H. Yield, yield components, and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. Agronomy Journal 74(2): 275-8, 1982.

HARGREAVES, G.H. Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil. Logan, Utah State University, 1974.

HENZELL, R.G.; MCCREE, K.J.; BAVEL, C.H.M. van & SCHERTZ, K.F. Method for screening sorghum genotypes for stomatal sensitivity to water deficits. Crop Science, 15:516-8, 1975.

HILLER, E.A.; BAVEL, C.H.M. Van; HOSSAN, M.N. & JORDAN, W. R. Sensitivity of southern peas to plant water deficit at three growth stages. Agronomy Journal, 64:60-44, 1972.

HORNER, G.M. & MOJTHEHEDI, Yield of grain legumes as affected by irrigation and fertilizer regimes. Agronomy Journal, 62:449-50, 1970.

HSIAO, T.C. Plant response to water stress. Annual Review of Plant Physiology, 24:519-70, 1973.

HSIAO, T.C. & ACEVEDO, E. Plant response to water deficits, water-use efficiency, and resistance. Agricultural Meteorology, 14:59-84, 1974.

JURGENS, S.R.; JOHNSON, R.R. & BOYER, J.S. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. Agronomy Journal, 70:678-82, 1978.

KANEMESU, E.T. & TANGER, C.B. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf-water potential. Plant Physiology, 44:1547-52, 1969.

KATTAN, A.A. & FLEMING, J.W. Effects of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth and composition of snap beans. American Society for Horticultural Science, 68:329-42, 1956.

KIRKHAN, M.B.; GARDNER, W.R. & GERLOFF, G.C. Regulation of division and cell enlargement by turgor 12, p. 118-28, pressure. Plant Physiology, 49:961-2, 1972.

KRAMER, J.P. Absorption deficits and their effects on plant. In: _____ . Plant and soil and water relationships. New York, McGraw-Hill, 1949. Cap. 11, p.266-94.

KRAMER, J.P. Water stress and plant growth. Agronomy Journal, 55:31-5, 1963.

KRISHNAMURTY, K.; BOMMEGOWDA, A.; JAGANNATH, M.K.; PRASAD, T.V.R.; VENUGOPAL, N.; JAYARAM, G.L. & RACHUNATHI, G. Impact of moisture stress on the structure of yield in maize (*Zea mays* L.) I. Effect on grain yield and its components. Mysore Journal of Agricultural Sciences. 9: 1-6, 1975.

LAUDE, H.M. Drought influence on physiological processes and subsequent growth. In: LARSON, K.U. & EASTIN, J.D. Drought injury and resistance in crops. Madison, Crop Science Society of America, 1971. p.45-66. (CSSA. Special Publication, 2).

LOOMIS, W.E. Daily growth of maize. American Journal of Botany, 21:1-6, 1934.

LOPES, L.H. de O.; NASPOLINI FILHO, V. & QUEIRÓZ, M.A. de. Avaliação preliminar do consórcio milho x feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) em área de baixa precipitação. s.n.t. Trabalho apresentado na 12^a Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Goiânia, GO., 1978.

- MAGALHÃES, A.A.; MILLAR, A.A. & CHOUDHURY, E.N. Efeito do deficit fenológico de água sobre a produção do feijão. Turrialba, 29:269-73, 1979.
- MILLAR, A.A. Efecto del deficit de água em diversos períodos del ciclo de crescimento sobre los rendimientos de algunos cultivos. s.l., s.ed., 1974. 31 p.il.
- MIRANDA, O. & BALMAR, C. Deficit hídrico y frecuencia de riego en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica, 37:111-7, 1977.
- NARRO-FARIAS, E.A. Evolution of dry matter distribution and yield of maize (*Zea mays* L.) as affected by water stress under field conditions. Dissertation Abstracts International - B, 38(1):23-4, 1977.
- NATARAJAN, M. & WILLEY, R.W. Some studies on the effects of moisture availability on intercropping yield advantages. s.n.t. 10p. il. Trabalho apresentado no Second Symposium on Intercropping in Semi-Arid Areas, Morogoro, Tanzania, 1980.
- PALAS, J.E.; MICHEL JUNIOR, B.E. & HARRIS, O.C. Photosynthesis, transpiration, leaf temperature and stomatal activity of cotton plants under varying water potentials. Plant Physiology, 42:76-88, 1976.
- PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, R.A. de. Mapeamento Detalhado da área de Bebedouro, Petrolina, PE.; Relatório. Recife, SUDENE, 1968. 56p. mapas em anexo.
- PETINOV, N.S. The physiology of irrigated agricultural plants. Field Crop Abstracts, 18:1-8, 1965.

REICHARD, K. A água na produção agrícola. São Paulo, McGraw-Hill, 1978, p.1-3.

RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Science, 68:95-112, 1949.

ROBINS, J.S. & DOMINGO, C.E. Some effects of severe soils moisture deficits at specific growth stages in corn. Agronomy Journal, 45:618-21, 1953.

ROBINS, J.S. & DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans (*P. vulgaris*). Agronomy Journal, 48:67-70, 1956.

SANCHEZ-DIAZ, M.F. & KRAMER, P.J. Behavior of corn and Sorghum under stress and during recovering. Plant Physiology, 48:613-6, 1971.

SILVA, M.A. da. Efeito da lâmina de água e da adubação nitrogenada sobre a produção de feijão-de-corda (*Vigna sinensis*(L.) Savi), utilizando o sistema de irrigação por "Aspersão em linha". Viçosa, MG., Universidade Federal de Viçosa, 1978. 53p. Tese Mestrado.

SING, S.; LAMBA, P.S. & SHARMA, H.C. Effect of varying levels of irrigation on the yield and water use of cowpea (*Vigna sinensis* L.). Annals of Arid Zone, 14(2): 100-8, 1975.

SIONIT, N. & KRAMER, P.J. Effect of stress during different stages of growth of soybean. Agronomy Journal, 69:274-8, 1977.

- SLATYLER, R.O. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C.Y. & BAVEL, C.H.M. van. Physiological aspects of crop yield: proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1969. Cap. 4, p.53-88.
- SLATYLER, R.O. The effects of internal water status on plant growth, development yield. In: Plant response to climatic factors: proceeding. Paris, UNESCO, 1973. p.177-91.
- SORIANO, A. & GINZO, D. Yield response of two maize cultivars following short periods of water stress at tasseling. Agricultural Meteorology, 15:273-84, 1975.
- STANHIL, G. The effect of differences in soil moisture status on plant growth: a review and analysis of soil moisture regime experiments. Soil Science, 84:205-14, 1975.
- STEWART, J.I. Crop yield and returns under different soil moisture regimes. Muguga, Kenya. Kenyan Agricultural Research Institute, Agriculture Research Department, s.d. 19p. Trabalho apresentado no Third. FAO/SIDA Seminar on Field Food Crops in Africa and the Near East, Nairobi, Kenya, 1982.
- SULLIVAN, C.Y. & EASTIN, J.D. Plant response to water stress. Agricultural Meteorology, 14:113-27, 1974.
- TERRY, N.; WALDRON, L.J. & ULRILCH, A. Effects of moisture stress on the multiplication and expansion of cells in leaves of sugar beet. Planta, 97:281-9, 1971.

- TURK, K.J.; HALL, A.F. & ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. Agronomy Journal, 72(3):413-20, 1980.
- TURK, K.J.; HALL, A.F. & ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. III. Influence of drought on plant and relation with seed yield. Agronomy Journal, 72(3):428-33, 1980.
- VAADIA, Y.; RANEY, F.C. & HAGAN, R.M. Plant water deficits and physiological processis. Annual Review of Plant Physiology, 12:265-92, 1961.
- WIEN, H.C.; LITTLETON, E.J. & AYANABA, A. Drought stress of cowpea and soybean under tropical conditions. In: MUSSEL, H. & STAPLES, R. Stress physiology on crop plants. New York, J. Wiley, 1979, p.283-301.
- WILLEY, R.W. & OSIRU, D.S.O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. Journal of Agricultural Science. 79:517-29, 1972.
- WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs; 1. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts, 32(1):2-5, jan. 1979.
- WILSON, C.C. Diurnal fluctuations of growth in lenght of tomato stem. Plant Physiology, 23:156-7, 1948.
- ZAFFARONI, E.; GALVÃO, A. de O. & BELTRÃO, E.M. Efeito de sistemas consorciados e isolados com milho e feijão na umidade do solo. s.n.t., s.p. (no prelo).