

00532

197

FL-00532

FOL  
532

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD).

FAO-PROJETO / BRA/74/008

USO DE ALGUNS MÉTODOS E RESULTADOS DE PESQUISAS DE  
IRRIGAÇÃO EM PROGRAMAS DE PESQUISAS PARA AS ÁREAS  
DE SEQUEIRO. 1/

*Agustin A. Millar*

Agustin A. Millar. 2/

---

1/ Documento de orientação para os pesquisadores da EMBRAPA. Con-  
tribuição do Projeto FAO/BRA/74/008 do Programa das Nações  
Unidas para o Desenvolvimento

2/ Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>., Ph.D., Especialista em Pesquisa de Irrigação, Pro-  
jeto BRA/74/008, FAO/PNUD. 3<sup>a</sup> Diretoria Regional da CODEVASF  
e CPATSA/EMBRAPA, Petrolina-PE.

38668 ✓

## I N D I C E

MATERIA	PÁGINA
I. Introdução	1
II. Informação sobre resistencia à seca	3
1. Efeito da seca e tolerância	4
2. Medições das resistencias à seca e desidratação	5
III. Uso da informação de déficit fenológico de água das culturas	
1. Tolerância à seca por adaptação	6
2. Tolerância à seca por indução	13
3. Déficit fenológico de água e regime pluviométrico	15
IV. Alguns experimentos básicos e uso da informação	
1. Experimento discriminatório do nível de tolerância à seca das culturas	16
2. Experimento de Linha de Aspersão (line source)	16
V. Referencias bibliográficas	20

Uso de alguns metodos e  
197 FL-00532



38668-1

## I. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1.548.672 Km<sup>2</sup>, perfazendo 18,2% do território nacional.

Nesta região encontra-se o chamado "polígono das secas", nome dado pela alta ocorrência de secas. Na Figura 1 mostra-se um mapa do Nordeste, indicando a frequência de incidência de secas (SUDENE, 1973). Observa-se que a maior parte dos Estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Piauí, as secas incidem com frequência de 81 a 100%.

No Nordeste semi-árido, as chuvas são concentradas num único período (três a cinco meses), variando as médias de uma área a outra, com distribuição muito irregular. O coeficiente de variação nas áreas mais secas é superior a 50%. As temperaturas médias anuais variam pouco de um para outro, situando-se entre 23 a 27°C. A média anual de insolação é da ordem de 2800 horas/ano, com umidade relativa média da ordem de 50% e a evaporação média anual ultrapassa os 2000 mm.

Nesta região, se desenvolve principalmente uma agricultura de subsistência, muito dependente do regime pluviométrico, onde as culturas principais são: milho, feijão, algodão, mandioca, solteiras ou em consórcio (EMBRAPA, 1974).

A cultura do milho constitui atividade econômica das mais importantes em decorrência da expressiva participação na formação do produto agrícola e de sua utilização na alimentação humana e animal. Em área cultivada ocupa o 2º lugar, e em valor da produção corresponde ao 5º lugar, após, algodão, mandioca, cana de açúcar e feijão. A produção de milho no Nordeste se encontra principalmente nos Estados do Ceará, Pernambuco e Bahia, representando 52,5% da área total regional. Nas regiões onde a má distribuição ou a insuficiência das chuvas impedem a produção regular e racional de milho, os sistemas de produção consorciados tem sido utilizados a fim de diminuir os riscos do agricultor.

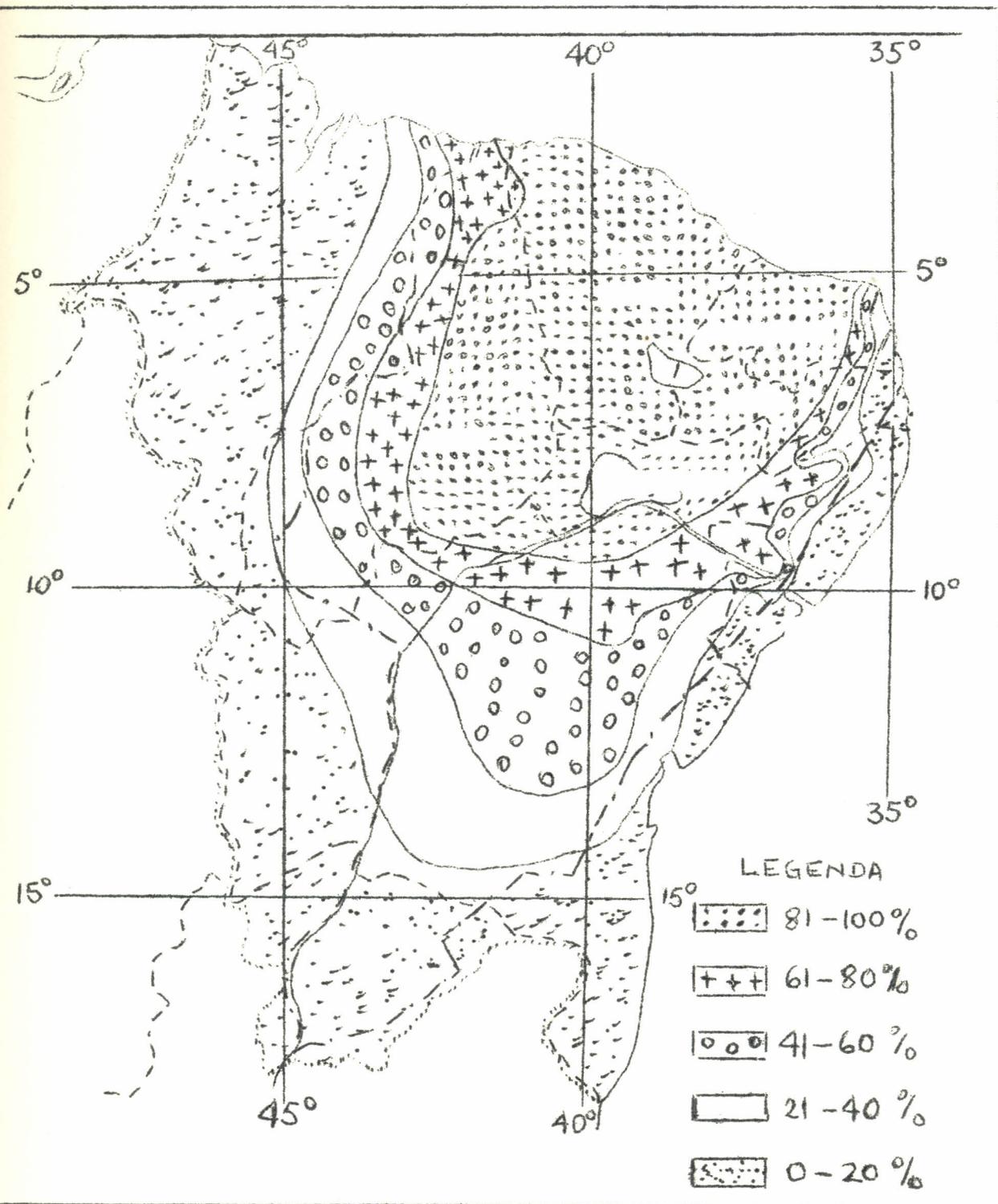


FIGURA 1. Frequência de incidência de secas no Nordeste (SUDENE, 1973).

Apesar da região nordestina, vista globalmente, não apresentar condições ecológicas favoráveis ao feijão encontram-se algumas áreas com aptidão agroclimática para a leguminosa (EMBRAPA, 1974). Uma destas áreas é a região de Irecê na Bahia, onde a produção de feijão esta sujeita a ocorrência e distribuição pluviométrica. A produção de feijão no Nordeste representa 32,2% da produção nacional.

A cultura de algodão concentra-se exatamente na região semi-árida do Nordeste. Sendo a seca um evento bastante comum na região, ocorrem grandes oscilações nas produções. Aproximadamente 65% da área colhida da produção nacional de algodão concentra-se no Nordeste.

A produção de mandioca representa 42% da produção nacional, ocupando 1º lugar no fornecimento de calorias à dieta alimentar das populações de baixa renda. No volume de produção ocupa o 2º lugar, superada unicamente pela cana de açúcar, e o 6º em área cultivada.

A produção de alguns produtos agrícolas no Nordeste contribui com uma alta parcela na produção nacional. Contudo, o fator hídrico, principalmente a baixa pluviometria e a má distribuição das chuvas, é o fator mais limitante na produção agrícola no polígono das secas.

Existe uma grande necessidade de tornar a produção agrícola menos dependente dos fatores climáticos. Para lograr isto, precisa-se obter a máxima eficiência de uso dos recursos, especialmente hídricos, e a introdução das variedades mais adaptadas e resistentes à seca. O algodão mocó é um caso característico de adaptabilidade à região, sendo característico da caatinga, até agora, não se tem procurado tirar partido de sua já comprovada resistência à seca (EMBRAPA/CNPA, 1976).

Neste trabalho, se discutem aspectos relacionados com a tolerância à seca das culturas e o uso de alguns métodos e resultados de pesquisa com irrigação em programas de pesquisas em sequeiro.

## II. INFORMAÇÃO SOBRE RESISTÊNCIA À SECA

### 1. Efeito da seca e tolerância

Define-se como plantas resistentes à seca aquelas nas quais no processo de ontogênese são capazes de adaptar-se ao efeito da seca, e podem normalmente crescer, desenvolvendo-se e reproduzir-se em condições deficitárias de água devido a um número de propriedades adquiridas no processo de evolução sob a influência de condições ambientais e seleção natural (Henckel, 1964).

Segundo muitos autores, a resistência à seca é uma propriedade, formada e desenvolvida no processo de ontogênese e está baseada em toda a descendência anterior.

Durante o período de seca se produz uma desidratação das células e tecidos, e aumento da temperatura devido à falta de esfriamento por transpiração.

As plantas, respondem à desidratação progressiva mudando o estado químico coloidal do protoplasma. Segundo Henckel (1974) a desidratação causa a mesma alteração no sistema coloidal como acontece nas células idosas, baixando a capacidade de armazenar água e a habilidade de expansão.

A seca causa várias mudanças bioquímicas na planta. A desidratação causa a hidrólise do amido, e segundo Henckel (1964), as plantas tolerantes à seca mantem o processo de síntese num nível mais alto durante a seca que sob condições normais.

Usando carbono marcado tem-se demonstrado que a translocação de carboidratos de folhas de trigo para a espiga em plantas irrigadas procedia a uma velocidade 2,5 vezes maior que em plantas sem irrigação. A desidratação inibe o processo de translocação de carboidratos solúveis.

As plantas em condições de desidratação tem taxa de respiração mais alta que plantas irrigadas. Por outra parte, o efeito da seca causa cambios severos no metabolismo do nitrogênio, sendo que a síntese de proteínas é inibida.

As propriedades químico-coloidais do protoplasma tais como viscosidade, elasticidade, pressão osmótica e quantidade de água "ligada" (firmemente retida) são características importantes em tolerância à seca. Estas propriedades variam com o ciclo vegetativo da planta, de tal forma que se apresentam estágios fenológicos que são mais críticos, onde se produzem cambios bioquímicos a nível do protoplasma que afetam seriamente a produtividade. Por exemplo, em cereais o período mais crítico é o estágio de formação das células sexuais. Estes períodos críticos da planta à falta de água são conhecidos para a maioria das culturas irrigadas (Millar, 1976; Salter e Goode, 1967). Esta informação constitui material de muita importância, pela aplicabilidade imediata em programas de pesquisas com culturas de sequeiro, o qual será discutido neste trabalho.

## 2. Medições das resistências à seca e deshidratação

Segundo Levitt (1951), o método de medição da resistência à seca depende muito do significado que seja dado ao termo resistência. Na literatura se evidencia uma separação entre os termos de resistência à seca e resistência à deshidratação (Iljim, 1957 ; Levitt, 1951).

Alguns pesquisadores usam câmaras para resistência à seca com condições controladas de temperatura e umidade relativa. Nessas, colocam-se plantas e determina-se a perda de água até um ponto em que não tem recuperação. Outros procuram o ponto de murchamento. Segundo Iljim (1957), estes métodos não medem tolerância à seca, sendo uma medição de resistência à deshidratação.

Outros tem tentado a medição de resistência à seca mediante a determinação de sobrevivência em condições limitadas de água (Levitt, 1951).

Alguns pesquisadores tem definido resistência à seca como a relação do rendimento sob condições limitadas de água e o rendimento sob condições ótimas de irrigação. Este é um tipo de informação que está disponível através de experimentos de níveis de umidade. Esta metodologia de regime de irrigação está sendo utilizada no CIMMYT, e também no Brasil, para procurar material genético com potencial produtivo para condições limitadas de água (Fisher, 1976).

Existe outro tipo de informação obtida em culturas irrigadas, que tem aplicabilidade imediata nos programas de pesquisa para áreas de sequeiro, e que não está sendo eficientemente utilizada. Este diz referencia à resposta fenológica, em termos de produtividade, a períodos de seca. Sendo que a planta apresenta períodos críticos à falta de água, eles podem ser utilizados como índices de resistência à seca e produtividade. Os aspectos envolvidos neste caso serão descritos posteriormente com detalhes.

No que diz respeito a resistência à desidratação, as plantas apresentam uma série de respostas fisiológicas ao déficit de água, que tem constituído a base de vários métodos usados nos estudos das relações solo-água-planta.

Entre os métodos mais usados pode ser citado o Conteúdo Relativo de Água (Barrs, 1968; Millar et al., 1968), Potencial de Água (Rawlins, 1966; Barrs, 1968; Millar et al., 1971), Resistência Estomática à difusão de vapor (Kanemasu et al., 1969; Millar et al. 1971; Queiroz Filho et al., 1975), Potencial ou Pressão Osmótica (Barrs, 1968). Segundo Levitt (1964), os melhores métodos são aqueles que permitem comparar, nas mesmas unidades, as medições na planta e na atmosfera. Estes métodos baseados em medidas na planta apresentam o problema de uma alta dependência aos fatores climáticos (Millar et al., 1971; Millar, 1972; Queiroz Filho et al., 1975).

### III. USO DA INFORMAÇÃO DE DÉFICIT FENOLÓGICO DE ÁGUA DAS CULTURAS.

#### 1. Tolerância à seca por adaptação

No CIMMYT e no Brasil se tem usado a introdução de regimes de irrigação (níveis alto, médio e baixo) para selecionar variedades com tolerância à seca. Este é um procedimento válido, só que não discrimina o efeito isolado dos estágios fenológicos da planta.

Anteriormente, mencionou-se que as plantas têm períodos críticos onde o efeito do déficit de água reduz marcadamente a produtividade das culturas. Nas Figuras 2, 3 e 4 apresenta-se informação de rendimento relativo em função do ciclo fenológico para milho, sorgo granífero e algodão, respectivamente. Estas Figuras foram preparadas por Millar (1976), a partir de informação experimental, para uso em manejo da irrigação.

As figuras 2, 3 e 4 mostram que existem certos períodos, conhecidos como críticos, onde a falta de água produz uma queda acentuada nos rendimentos ou produtividade. Assim por exemplo, em milho a falta de água entre os estágios de início da inflorescência feminina e término da polinização causa uma redução de 50% na produção. No caso do sorgo, o período mais crítico a água é entre perfilhamento e início da espiga, ou seja antes do período de polinização, onde se produz um abatimento de 25% nos rendimentos quando falta água. No caso do algodão a falta de água é mais crítica no estágio entre início e término da floração. A falta de água neste período causa uma redução de 40% nos rendimentos.

A informação anterior é muito importante para o manejo da irrigação e uso de água complementar. Mas, como é que esta informação poder-se-ia utilizar em programas relacionados com a agricultura de sequeiro?

Em primeiro lugar, esta informação poder-se-ia usar para selecionar variedades tolerantes à seca. Na revisão de literatura encontrou-se que alguns pesquisadores definem resistência à seca como a relação do rendimento sob condições limitadas de água e o rendimento sob condições ótimas de irrigação. Isto é o que precisamente mostram as Figuras 2, 3 e 4, com a diferença que nestas se mostra a resposta da planta para os diferentes estágios do ciclo fenológico.

A metodologia consistiria em submeter todas as variedades disponíveis a déficit de água somente no período mais crítico, obtendo-se a produtividade no final do ciclo. Aquelas variedades que são capazes de suportar o déficit e dar uma maior produtividade es

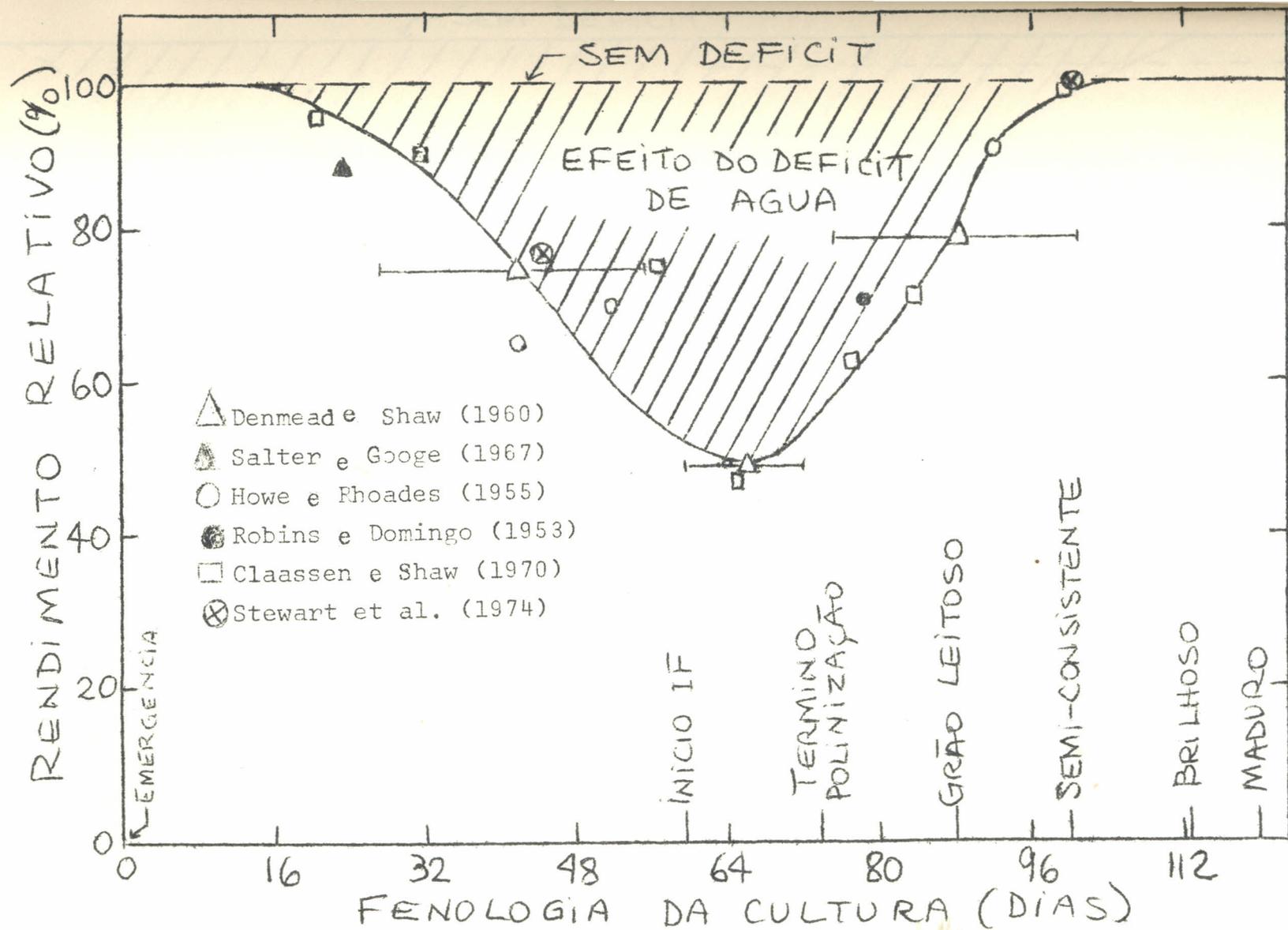


FIGURA 2. Efeito do déficit de água sobre o rendimento do milho (Millar, 1976)

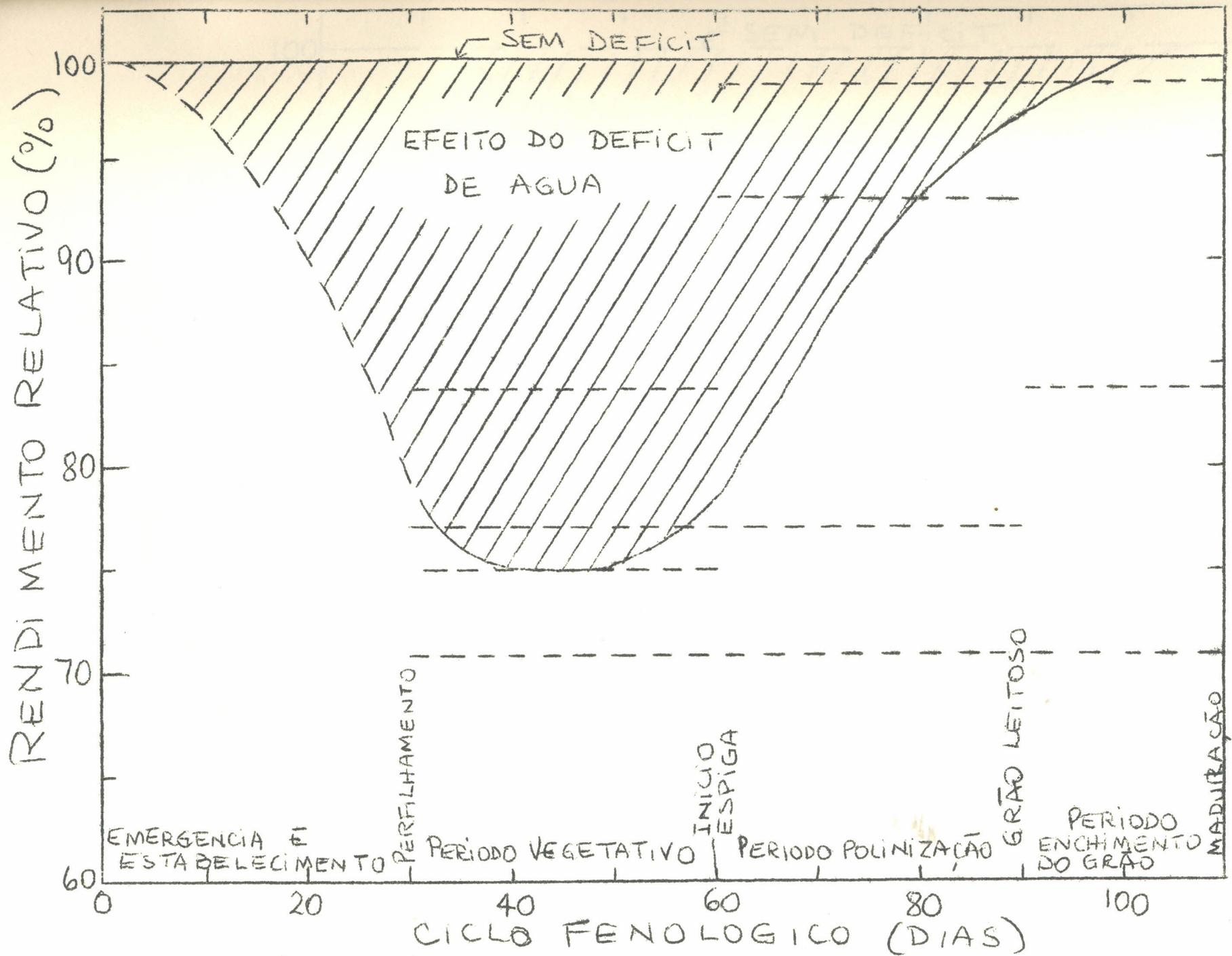
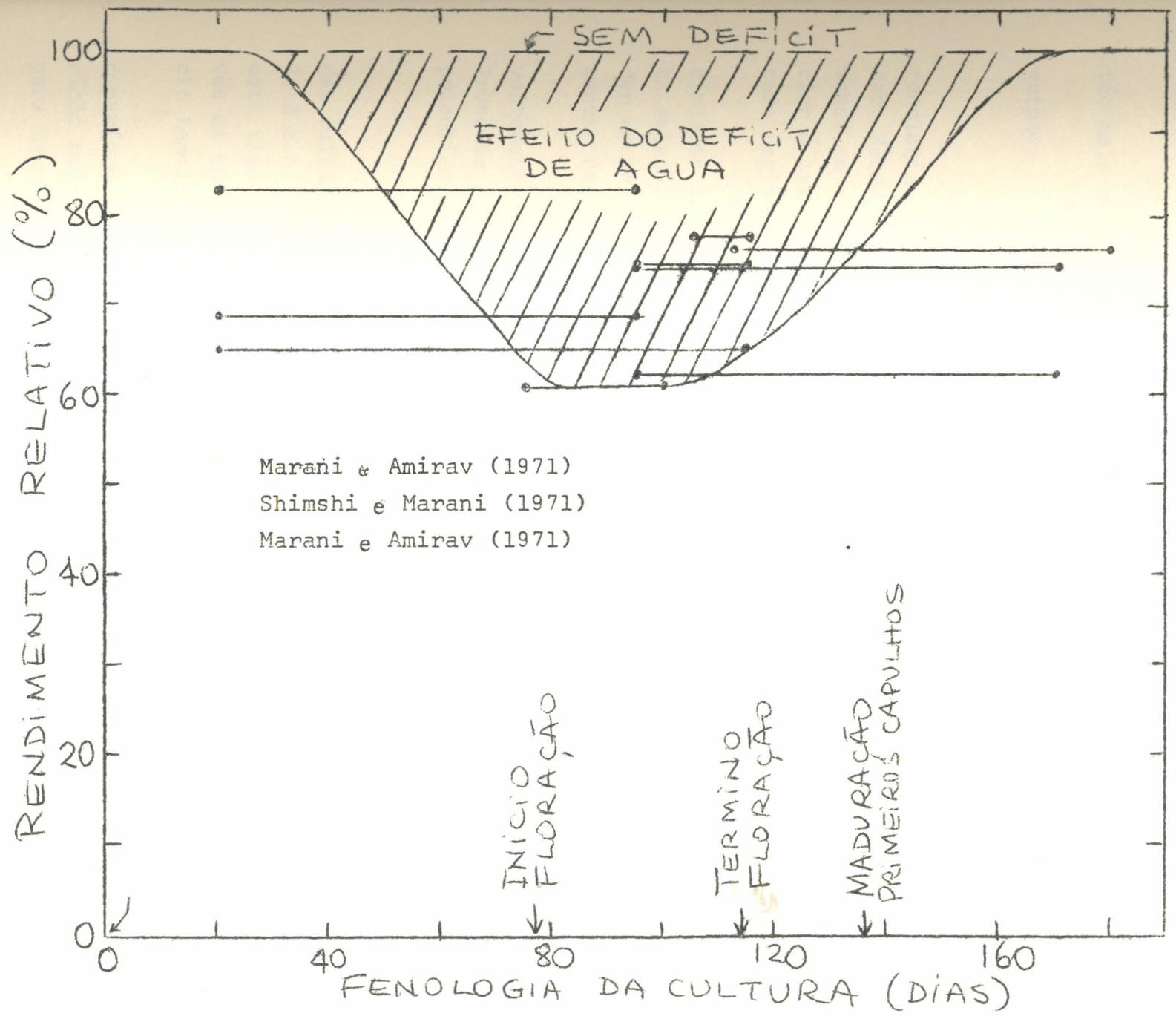


FIGURA 3. Efeito do déficit de água sobre o rendimento do sorgo granífero (Steward et al., 1974)

FIGURA 4. Efeito do déficit de água sobre o rendimento de algodão (Millar, 1976).



tão mais adaptadas, portanto são mais tolerantes à seca.

Resumindo, a metodologia a seguir deverá considerar o seguinte:

a. Definição da fenologia da cultura

Este procedimento parte da base do conhecimento prévio da fenologia da planta nas condições ambientais onde serão introduzidas. Normalmente, e dependendo do clima as plantas demoram mais ou menos em atingir determinados estágios fenológicos. Devido ao anterior é extremamente importante fixar a fenologia da cultura para cada região ecológica.

O conhecimento da fenologia permitirá a separação de variedades precoces e tardias. Isto é muito importante porque como esta seleção deve fazer-se em condições de irrigação, permite suspender as regas no tempo adequado para atingir o período crítico no momento certo.

Por outro lado, para condições de sequeiro um maior aproveitamento do curto período de chuvas, como no caso da região de Irecê na Bahia, a combinação dos fatores de resistência à seca e precocidade são muito importantes.

b. Definição do período crítico ao déficit de água

Na literatura existe informação suficiente para a maioria das culturas que permitem obter gráficos similares aos das Figuras 2, 3 e 4, (Slater e Goode, 1967; Millar, 1976). Quando não existe este tipo de informação dever-se-a obter os dados necessários através de um experimento com déficits de água diferidos ao longo do ciclo fenológico da cultura.

Através da informação gráfica, como na Figura 2, obtem-se o período mais crítico para produtividade, o qual deve ser o "período teste" para as variedades que serão submetidas à competição para tolerância à seca.

c. Manejo da competição para tolerância à seca

O manejo da competição de variedades para tolerância à seca se mostra esquematicamente na Figura 5, para milho. Um grande

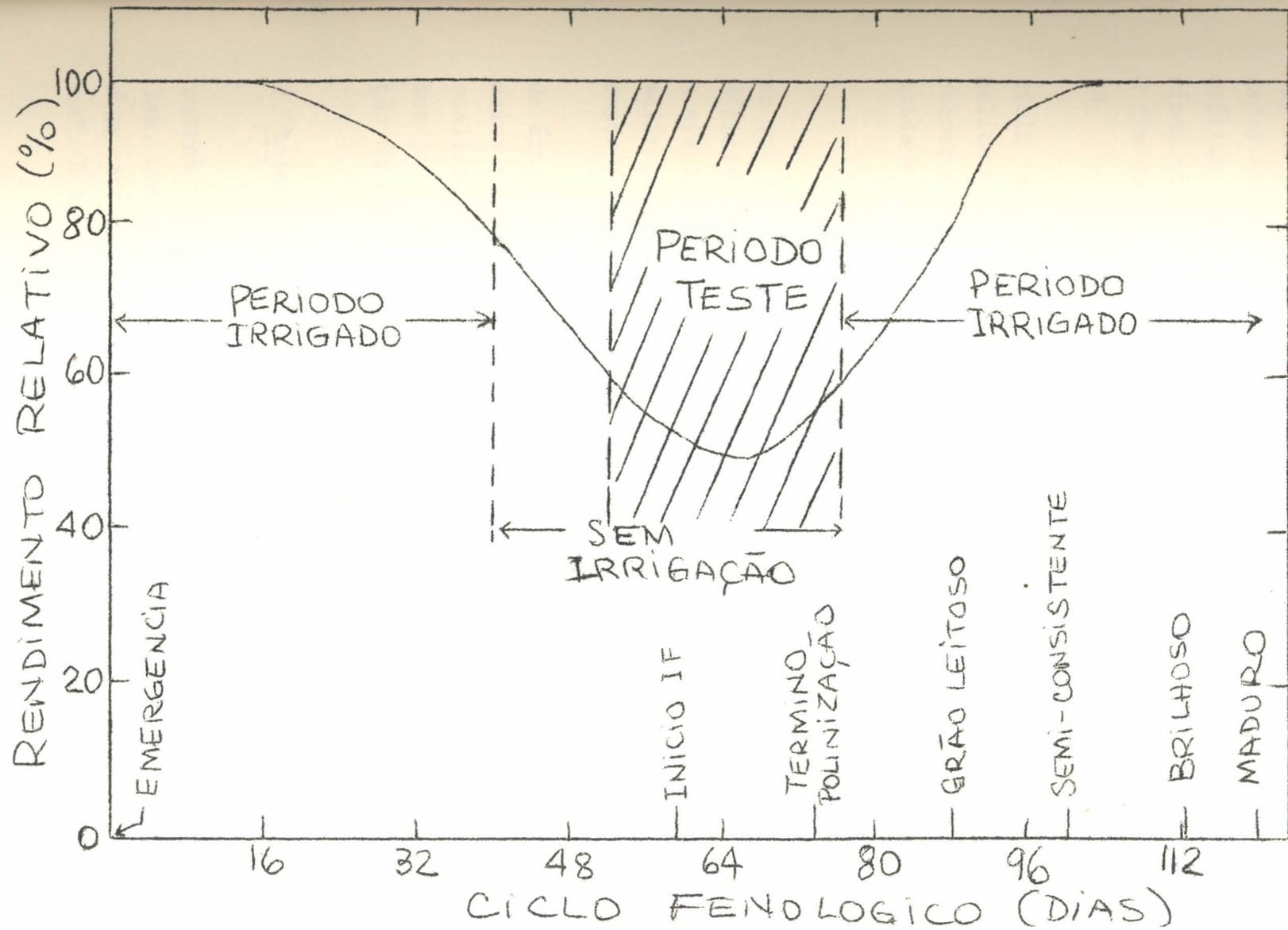


FIGURA 5. Representação esquemática, usando a curva de resposta para milho, para o manejo da competição de variedades para tolerância à seca.

número de variedades com ciclo fenológico homogêneo se mantem irrigadas até aproximadamente 10 dias antes do início do período mais crítico à água, definido como "período teste". Durante todo este período as plantas são mantidas sem irrigação. Logo que for atingido o fim do "período teste" se coloca irrigação novamente até a colheita.

Para o bom desenvolvimento desta etapa é importante que o ciclo fenológico da cultura seja detalhadamente conhecido com a finalidade de suspender a irrigação no momento oportuno. Visando conhecer o nível do déficit imposto, recomenda-se à determinação da umidade do solo antes de voltar a irrigar.

#### d. Seleção das variedades mais tolerantes à seca

Esta se faz exclusivamente baseada na produtividade. Sendo que as diferentes variedades se submetem a um período único de déficit, o qual provoca cambios marcados nos processos bioquímicos a nível de célula e que afetam a produtividade, as variedades de maior produtividade são as mais adaptadas àquela condição de água super imposta.

A metodologia anterior, não discrimina o nível de déficit de água, medido no solo, por exemplo, até onde as variedades de maior produtividade poderão suportar. Para obter isto é necessário realizar outros tipos de experimentos, e neste caso com as variedades já definidas como as mais tolerantes, o qual se descreve na seção de experimentos.

## 2. Tolerância à seca por indução

Além da metodologia anterior descrita podem-se utilizar outras alternativas que visem aumentar a resistência à seca. Uma delas, que não é sub-produto de experimentos de irrigação, mas que é do caso comentar aqui poder-se-ia chamar "métodos de indução à seca". Este método é ampliamente discutido por Henckel (1964).

O método consiste no seguinte:

- Colocar as sementes de molho em água durante 48 horas
- Logo deixar secar as sementes ao ar, na sombra
- A temperatura durante a secagem deve estar entre 15-25°C
- O conteúdo de água final na semente varia. Por exemplo, deve atingir 45% em trigo, 60% em girasol, e 30% em milheto.

A desidratação das sementes após o período de molhado confere uma alta resistência à seca sem interferir com a germinação, crescimento e rendimento. Todos estes processos são afetados quando plantas, de sementes não tratadas, são submetidas a déficit durante o período de crescimento (Henckel, 1964).

O tratamento de molhado-secado provoca uma grande reorganização fisiológica induzida pelo processo de desidratação. Este processo provoca um aumento significativo na propriedade hidrofílica dos coloides protoplasmáticos. Também afeta a viscosidade hidrofílica, a elasticidade protoplasmática e a pressão osmótica, as quais são características importantes em tolerância à seca. Estas mudanças tem-se manifestado em plantas de tomate, capim, girasol, milho, trigo, milho expostas ao trabalho (Henckel, 1964).

O aumento na capacidade hidrofílica, viscosidade e presão osmótica, aumentam a capacidade de retenção de água da planta durante o período de déficit.

Henckel (1964), apresenta informação demonstrando que o rendimento e a resistência à seca em milho aumentou com o tratamento de indução e a aplicação de fertilizantes fosforados.

Henckel (1964) resumindo diz: "os resultados de muitos anos de trabalho sobre tolerância à seca em plantas leva à conclusão que o procedimento que aumenta a resistência à seca, também aumenta significativamente a produtividade sob condições áridas, e como tal pode-se aplicar tanto as condições irrigadas como de sequeiro. Finalmente, o método pode ser usado em melhoramento para obter novas variedades resistentes à seca".

### 3. Déficit fenológico de água e regime pluviométrico

Numa publicação anterior, Millar (1976), já esquematizou como poder-se-ia utilizar a informação da resposta fenológica da planta em condições de regime pluviométrico. O procedimento consistiria em obter um máximo aproveitamento da distribuição das chuvas. Naquelas regiões onde a pluviometria se concentra em determinados períodos seria possível manejar a época de sementeira da cultura com a finalidade de fazer coincidir a período crítico com aquele período onde uma análise de dados de chuva mostre mais de 75% de probabilidade de ocorrência de uma lâmina adequada de água.

Para obter o máximo proveito da situação em condições de sequeiro, as seguintes informações são necessárias a nível de região.

- Conhecimento do ciclo fenológico das culturas cultivadas em condições de sequeiro.
- Profundidade do solo explorado pelas culturas (profundidade efetiva).
- Balanço hidrológico, com especial referência à quantidade de água armazenada no perfil de solo, e a profundidade de armazenamento.
- Distribuição, frequência e probabilidade de ocorrência de chuvas de uma lâmina determinada.

Em regiões como a de Irecê na Bahia, a combinação de variedades de feijão precoces e tolerantes à seca, com um conhecimento mais aprimorado do balanço hidrológico ajudaria notavelmente a programar mais adequadamente a produção da região.

## IV. ALGUNS EXPERIMENTOS BÁSICOS E USO DA INFORMAÇÃO

Alguns experimentos básicos realizados com propósitos de gerar informação para manejo da irrigação poder-se-iam usar para gerar informações para as áreas de sequeiro.

A seguir se discutem dois tipos de experimentos que fornecem informações úteis para o manejo da agricultura de sequeiros e que vêm sendo usados no CPATSA/EMBRAPA.

### 1. Experimento discriminatório do nível de tolerância à seca das culturas.

Para a realização deste experimento se precisa do conhecimento do ciclo fenológico da cultura.

Fazendo uso de uma "faixa fenológica em torno ao período mais crítico" se provocam diferentes tratamentos de déficit com diferentes números de dias de déficit.

A informação básica para a condução deste experimento se mostra esquematicamente na Figura 6, para o caso de milho. O número de dias de déficit após o nível de  $\psi_m = -0,5$  bar está indicado dentro de um círculo.

Neste caso precisa-se levar um controle da umidade no solo com a finalidade de definir o nível do potencial matricial atingido no momento da liberação do déficit de água.

No fim do ciclo mede-se a produtividade dos diferentes tratamentos, e pode-se graficar dois tipos de figuras: a) Produtividade em função do número de dias de déficit, após o nível de  $\psi_m = -0,5$  bar, e b) Produtividade em função do nível de potencial matricial no solo. Esta informação permitirá definir as possibilidades das variedades mais tolerantes à seca em regiões com diferentes regimes pluviométricos.

### 2. Experimento de aspersão em linha (line source)

Este tipo de experimento foi desenvolvido pela Universidade de Utah (Bauder et al., 1975; Hanks et al., 1976).

Na Figura 7 se mostra uma representação esquemática do experimento. O esquema de campo consiste em colocar uma linha central de aspersão, introduzindo-se a variável de fertilidade no sentido da linha de aspersão, e a variável de umidade no solo se produz pela diferente distribuição de água a partir do eixo do asper

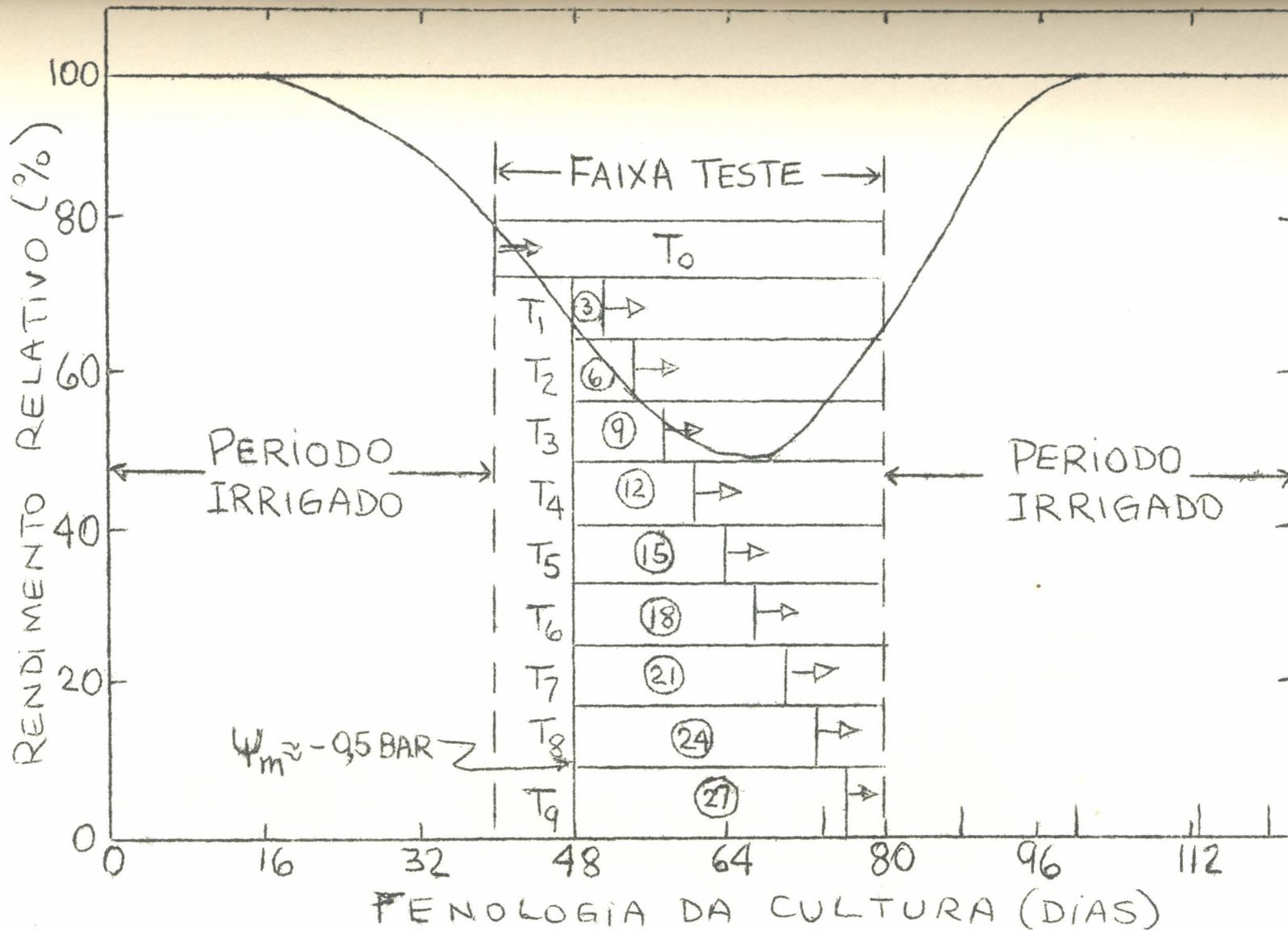


FIGURA 6. Representação esquemática, usando a curva de resposta para milho, dos tratamentos para discriminação da  $t_0$  tolerância à seca

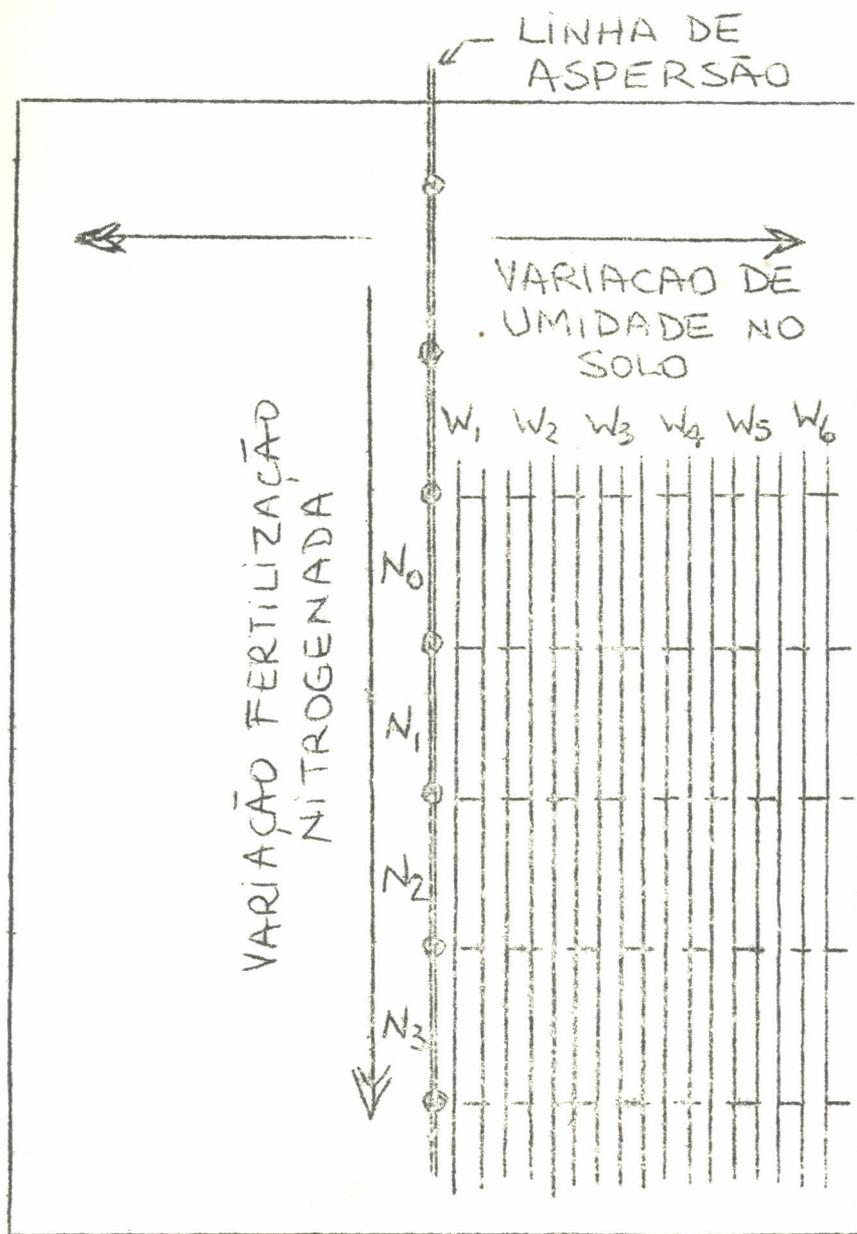


FIGURA 7. Representação esquemática do experimento de aspersão em linha (line source) desenvolvido pela Universidade de Utah (Bander et al., 1975; Hanks et al., 1976).

sor. O campo com a cultura se maneja em forma contínua, sem separação entre parcelas.

As medições mais comuns referem-se à determinação da umidade do solo que deve ser feita pelo método gravimétrico ou sonda de neutrones, distribuição de água pelos aspersores, e produtividade. Maiores detalhes sobre o experimento, controle e medições são apresentadas por Bauder et al., (1975) e Hanks et al. (1976).

Deste experimento obtém-se uma série de informações de utilidade nos programas de agricultura de sequeiro, por exemplo: a) Produtividade da cultura em função da lâmina de água recebida para diferentes condições de adubação nitrogenada, b) Efeito do nível de umidade do solo na produtividade para diferentes níveis de adubação, c) Efeito da adubação nitrogenada na produtividade para diferentes níveis de umidade.

Os resultados deste experimento, especialmente o item a, é muito importante para delimitar as áreas, dentro da região de sequeiro, que permitiriam o adequado desenvolvimento de uma determinada cultura.

Sendo que esta delimitação é baseada no balanço hidrológico e na resposta da cultura, os resultados do experimento devem ser usados em combinação com o estudo de probabilidade de chuvas e armazenamento de água no solo discutidos sob o título de déficit fenológico de água e regime pluviométrico.

V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRS, H, D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. pp. 235-368. In: T.T. Kozlowski (ed). Water deficits and plant growth. I. Development, Control, and measurement. N. York, Academic Press. Inc.
- BAUDER, J.W., R.J. HANKS, and D.W. JAMES. 1975. Crop production function determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. Soil Science Society of America Journal 39:1187-1192.
- CLAASSEN, M.M. and R.H. SHAW. 1970. Water deficit effects on corn. II. Yield components. Agronomy Journal 62 (5): 625-655.
- DENMEAD, O.T. and R.H. SHAW. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agronomy Journal 52: 272-273.
- EMBRAPA. 1975. Programa de fortalecimento da pesquisa agropecuária (PPA), Volume III. Brasília, EMBRAPA/DPE. (Anexos 10 a 18).
- EMBRAPA. 1976. Algodoeiro Mocê. Suas perspectivas na luta contra os efeitos das secas no Nordeste brasileiro. Campina Grande, PB. CNPA/EMBRAPA. 20p. (xerox).
- FISHER, KENNETH S. 1976. Potential for genetic improvement in the performance of maize grown under limited moisture. México, CIMMYT. 10p. (xerox).
- HANKS, R.J., J. KELLER, V.P. RASMUSSEN and G.D. WILSON. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Science Society of America Journal 40:426-429.

- HENCKEL, P.A. 1974. Physiology of plants under drought. Annual Review of Plant Physiology 15: 363-386.
- HOWE, O.W. and H.F. RHOADES, 1955. Irrigation practice for corn production in relation to stage of plant development. Soil Science Society of America Proceedings 19: 94-98.
- ILJIM, W.S. 1957. Drought resistance in plant and physiological processes. Annual Review of Plant Physiology 8: 257-274.
- KANEMASU, E.T., G.W. THURTELL, and C.B. TANNER. 1969. The design, calibration and field use of stomatal diffusion porometer. Plant Physiology 44: 881-885
- LEVITT, J. 1951. Frost, drought, and heat resistance. Annual Review of Plant Physiology 2: 245-268.
- LEVITT, J. 1964. Drought. pp 57-66. In: ASA (ed), Forage plant physiology and soil-range relationships. Wisconsin, American Society of Agronomy, (Special Publication).
- MARANI, A. and A. AMIRAV. 1971. Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. I. The coastal Plain Region. Experimental Agriculture 7: 213-224.
- MARANI, A. and A. AMIRAV. 1971. Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. III. The Bet-Shean Valley. Experimental Agriculture 7: 289-301.
- MILLAR, A.A., M.E. DUYSEN and G.E. WILKINSON. 1968. Internal water balance of barley under soil moisture stress. Plant Physiology 43 (6): 968-972.

- MILLAR, A.A., R.E. JENSEN, A. BAUER and E.B. NORUM. 1971. Influence of atmospheric and soil environmental parameters on the diurnal fluctuations of leaf water status of barley. Agricultural Meteorology 8: 93-105.
- MILLAR, A.A., W.R. GARDNER and S.M. GOLTZ. 1971. Internal water status and water transport in seed onion plants. Agronomy Journal 63: 779-784.
- MILLAR, A.A. 1972. Thermal regime of grapevines. Journal of Enology and Viticulture 23(4): 173-176.
- MILLAR, A.A. 1976. Resposta de los cultivos al déficit de água como informação básica para el manejo del riego. Brasília, CODEVASF/FAO/USAID/ABID. 62p. (Conferencia apresentada no Seminário sobre Manejo de Água, Brasília, Maio 3-5, 1976).
- PARKER, J. 1968. Drought- resistance mechanisms. pp. 195-234. In: T.T. Kozlowski (ed), water deficits and plant growth. I. Development, control, and measurement. N. York, Academic Press Inc.
- QUEIROZ FILHO, S.C. de, A.A. MILLAR E PAULO DE TARSO ALVIM. 1975. Micrometeorologia da videira sob condições de deficiência hídrica. Anais do Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem III (em prelo).
- RAWLINS, S.L. 1966. Theory for thermocouple psychrometers used to measure water potential in soil and plant samples. Agricultural Meteorology 3: 293-310.
- ROBINS, J.S. and C.E. DOMINGO, 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages of corn. Agronomy Journal 45: 618-621.

SALTER, P.J. and J.E. GOODE. 1967. Crop response to water at different stages of growth. Bucks, England, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal. 246p.

SHIMSHI, D. and A. MARANI. 1971. Effect of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. II. The Northern Negev Region. Experimental Agriculture 7: 225-239.

STEWART, J.I. et al. 1974. Irrigating corn and grain sorghum with limited water. Michigan, American Society of Agriculture Engineers. 32p. (pre-print).

SUDENE. 1972. Recursos naturais do Nordeste. Investigaçãõ e potencial. Recife, MINTER/SUDENE/DRN. 109p. (sumário).