



IICA — Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura

MANEJO RACIONAL DA IRRIGAÇÃO: USO DE INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE DIFERENTES CULTURAS



Diretor-Geral

Francisco Morillo Andrade

Subdiretor-Geral

Quentin West

Diretor do Escritório no Brasil

José Irineu Cabral

Chefe do Projeto

Agustín A. Millar

117

BINAGRI
Biblioteca Nacional de Agricultura

DOCUMENTO MICROFILMADO Série Publicações Miscelâneas Nº 461
ISBN 0534 - 5391



IICA – Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura

Projeto PRODIGES/IBRA/72/020
Sistema Nacional de Informação
Documentação Agrícola

MANEJO RACIONAL DA IRRIGAÇÃO: USO DE INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE DIFERENTES CULTURAS



AGUSTÍN A. MILLAR 1/

Brasília - DF-Brasil
Janeiro de 1984

F06

IICA 0500473

1/ Eng. Agrônomo, Ph.D., Especialista em Irrigação e Drenagem, Escritório do IICA no Brasil, Caixa Postal 09-1070, Brasília-DF.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. INFORMAÇÃO GENÉRICA APRESENTADA NA LITERATURA	9
3. INFORMAÇÕES BÁSICAS DAS CULTURAS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO	15
3.1. Metodologia de Análise Utilizada por Millar (1976)	15
3.1.1. Informação de Produtividade (rendimento) das culturas	15
3.1.2. Definição do potencial matricial do solo e profundidade efetiva.	16
3.1.3. Definição do nível de produção real em função do nível de manejo da irrigação	16
3.2. Rendimento Relativo em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo) e da fenologia da cultura.	18
3.2.1. Grãos	
a. Trigo e cevada	18
b. Milho	18
c. Feijão	19
3.2.2 Hortaliças	
a. Cebola	19
b. Batatinha	19
c. Alface	19
d. Tomate	19
e. Outras culturas	20
3.2.3. Forrageiras	
a. Alfafa	20
b. Trêvo	20
c. Forrageiras anuais	20
d. Forrageiras perenes	20
3.2.4. Culturas industriais	
a. Algodão	20

This One



J62Z-L4C-G4Y3

Digitized by Google

4

3.3. Quadro-resumo de níveis de manejo da irrigação para atingir diferentes níveis de rendimento da cultura	21
3.4. Uso da informação em qualquer região com áreas irrigadas. .	21
3.4.1 Dados adicionais necessários	21
3.4.2. Exemplo de uso da informação em uma região semi-árida (Vale do São Francisco, Nordeste)	23
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

APRESENTAÇÃO

A agricultura irrigada no Brasil encontra-se em fase de franco desenvolvimento, saindo de sua concentração no Nordeste e Extremo Sul, para expandir-se a todo o País.

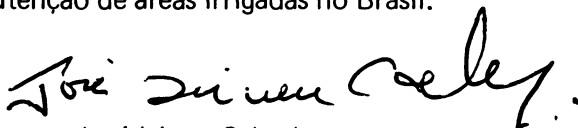
Com a finalidade de aumentar os índices de produção e produtividade das áreas irrigadas, faz-se necessário enfatizar o uso racional e eficiente dos recursos de solo e água.

Para o manejo adequado e eficiente da irrigação, é indispensável dispor de informações sobre as características hídricas do solo, evapotranspiração e resposta das culturas ao manejo da irrigação.

Nesta publicação apresentam-se as informações referentes à resposta de várias culturas a diferentes níveis de manejo da irrigação, bem como a metodologia de uso e manejo dos dados da relação solo/água/planta/clima para maximizar a produtividade das culturas em condições operacionais.

Na forma como é apresentada, a informação aqui reunida permite sua utilização expedita por agentes de assistência técnica e pesquisadores, constituindo-se, também, em um elemento importante para a tomada de decisão pelos Chefes de Perímetros Irrigados e Distritos de Irrigação.

Esta publicação constitui mais uma contribuição do IICA em apoio às ações dos órgãos governamentais e do setor privado, que executam a operação e manutenção de áreas irrigadas no Brasil.



José Irineu Cabral
Diretor do Escritório do IICA no Brasil

1. INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas irrigadas e a qualidade dos produtos agrícolas aumentaram rapidamente a partir de 1945, principalmente devido ao uso de sementes melhoradas, uso eficiente de fertilizantes, uso racional e eficiente da água de irrigação, melhoria do controle fitossanitário, etc.

Dos fatores complementares da produção, a água é o fator que limita a produtividade das culturas com maior frequência, portanto, o controle da umidade no solo, através do manejo da água de irrigação, é crítico para o êxito da agricultura irrigada.

Em geral, as culturas, com maior ou menor intensidade, respondem às condições variáveis da umidade do solo. Todavia, para realizar um manejo adequado e eficiente da irrigação, é fundamental o conhecimento quantitativo do efeito da falta de irrigação sobre a produtividade das culturas.

Nesta publicação apresentam-se as informações básicas de algumas culturas para realizar um manejo racional e eficiente da irrigação. As informações apresentadas foram obtidas por Millar (1976), usando uma metodologia de análise, que permitiu-lhe utilizar informação mundial e determinar níveis de manejo da irrigação para diferentes culturas, a fim de maximizar o nível de produção real.

2. INFORMAÇÃO GENÉRICA APRESENTADA NA LITERATURA

Na literatura existe um grande volume de resultados de pesquisas realizadas com a finalidade de definir o efeito dos níveis de umidade sobre a produtividade das culturas (Haise e Hagan, 1967; Salter e Goode, 1967; Taylor, 1965). Este tipo de informação tem possibilitado definir o nível de manejo da irrigação das culturas — através do potencial matricial ou sucção do solo — para obter produtividade máxima.

Na Tabela 1 apresentam-se os níveis de potencial matricial nos quais deve-se aplicar a irrigação para obter produtividade máxima em diferentes culturas quando cultivadas em solos profundos e em condições adequadas de drenagem e fertilidade.

Da informação contida na Tabela 1, verifica-se que a maioria das culturas requerem irrigação antes de atingir um potencial matricial no solo de $-0,7$ bar na zona efetiva do sistema radicular. Algumas culturas, como morango, aipo, cana-de-açúcar, requerem uma aplicação de irrigação a altos níveis de potencial matricial no solo (baixa sucção).

A informação da Tabela 1 permite definir somente os níveis ótimos para manejo da irrigação, porém, normalmente, as condições de operação (equipamentos, método de irrigação, clima, solos, e mão-de-obra) impedem realizar o manejo da irrigação em condições ótimas.

Ainda que a Tabela 1 apresente uma informação básica que permita definir o nível potencial de produtividade, é de maior importância conhecer o efeito de níveis de manejo da irrigação fora da condição ótima, para poder definir o nível de manejo da irrigação a que poder-se-ia adequar o produtor, para obter uma "produtividade máxima", de acordo com as suas possibilidades, definidas pelas condições de operação e clima.

A informação necessária para manejo da irrigação ajustada às

TABELA 1. Potencial matricial (sucção) do solo ao qual dever-se-ia aplicar a irrigação para obter produtividade máxima em várias culturas.

Cultura	Potencial Matricial (bar)	Referência Bibliográfica
Hortaliças		
Repolho	- (0,60 - 0,70)	Vittum et al. (1963) e Pew (1958)
Ervilha	- (0,30 - 0,50)	Taylor (1965)
Aipo	- (0,20 - 0,30)	Haise e Hagan (1967)
Alface	- (0,40 - 0,60)	Vissar (1959) e Pew (1958)
Milho doce	- (0,50 - 1,0)	Vittum et al. (1963)
Cebola	- (0,45 - 0,65)	Pew (1958)
Batatinha	- (0,30 - 0,50)	Vittum et al. (1963) e Pew (1958)
Cenoura	- (0,55 - 0,65)	Pew (1958)
Couve-flor	- (0,60 - 0,70)	Pew (1958)
Tomate	- (0,80 - 1,50)	Vittum et al. (1958), Vettum et al. (1963)
Pepino	- (1,0 - 3,0)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Cenoura (semente)	- (4,0 - 6,0)	Hawthorne (1951)
Cebola (semente)	- 1,50	Haise e Hagan (1967)
Sementes		
Trigo	- (0,80 - 1,50)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Trigo (maturação)	- (3,0 - 4,0)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Milho (vegetativo)	- 0,50	Taylor (1965)
Milho (maturação)	- (8,0 - 12,0)	Taylor (1965)
Cereais menores (vegetativo)	- (0,40 - 0,50)	Taylor (1965)
Cereais menores (maturação)	- (8,0 - 12,0)	Taylor (1965)
Feijão	- (0,75 - 2,0)	Vittum et al. (1963)
Frutas e Frutais		
Morango	- (0,20 - 0,30)	Haise e Hagan (1967)
Cantaloupe	- (0,35 - 0,40)	Marsh (1961) e Pew (1958)
Banana	- (0,30 - 1,50)	Schmueli (1953)
Videira (novas)	- (0,40 - 0,50)	Haise e Hagan (1967)
Videira (formadas)	- 1,0	Haise e Hagan (1967)
Limoeiro	- 4,0	Haise e Hagan (1967)
Laranjeira	- (0,20 - 1,0)	Stolzy et al. (1963)
Abacate	- 0,50	Richards et al. (1962)
Melão	- (0,30 - 0,80)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Forrageiras		
Sorgo	- (0,60 - 1,3)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Alfafa	- 1,50	Taylor (1965)
Alfafa para sementes		
Prefloração	- 2,0	Taylor et al. (1958)
Floração	- (4,0 - 8,0)	Taylor et al. (1958)
Maturação	- (4,0 - 15,0)	Taylor et al. (1958)
Capim	- (0,30 - 1,0)	Vissar (1959)
Trevo	- (0,30 - 0,60)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Plantas Industriais		
Tabaco	- (0,30 - 0,80)	Jones et al. (1960)
Cana-de-açúcar	- (0,25 - 0,30)	Anônimo (1954)
	- (0,80 - 1,50)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Beterraba açucareira	- (0,40 - 0,60)	Taylor (1965)
Algodão	- (1,0 - 3,0)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Cartamo	- (1,0 - 2,0)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Soja	- (0,50 - 1,50)	Doorenbos e Pruitt (1975)

condições operacionais (não ótimas) não pode obter-se dos dados da Tabela 1, porém Millar (1976) definiu uma metodologia e sistemática de análise de resultados de pesquisa, que permite determinar o manejo da irrigação para qualquer situação operacional. Esses resultados serão apresentados mais adiante nesta publicação.

Por outro lado, vários trabalhos realizados têm permitido definir aqueles períodos das culturas em que a falta de água produz uma queda pronunciada na produtividade. Esse período é conhecido como "período crítico da cultura".

Na Tabela 2 apresentam-se os períodos críticos para diferentes culturas. Para fins de manejo da irrigação e tomada de decisão esta informação é valiosa, porém, incompleta.

Para ter todos os antecedentes necessários, é preciso não somente conhecer o efeito da falta de irrigação durante o período crítico, mas também antes e após esse período. A falta de irrigação também produz redução na produtividade, em menor escala, em outros períodos do ciclo fenológico da cultura, sendo esta uma informação muito importante para o manejo das culturas irrigadas.

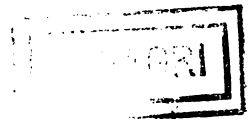
Esta última informação não está disponível na literatura, porém Millar (1976) publicou uma metodologia que permite definir quantitativamente o nível de redução da produtividade da cultura em qualquer fase do ciclo fenológico. Os resultados são incluídos nesta publicação.

TABELA 2. Períodos críticos ao déficit de água de algumas culturas.

Cultura	Período Crítico	Referência Bibliográfica
Hortaliças		
Repolho	Durante a formação da cabeça e seu crescimento	Janes e Drinkwater (1979), Vitum et al. (1963), Drew (1966)
Ervilha	Início floração e durante aumento da vagem	Salter (1962, 1963)
Alface	Antes da colheita	Sale (1966)
Cebola	Durante a formação da cabeça Durante a formação do bulbo	Singh e Alderfer (1966) Lis et al. (1967), Singh e Alderfer (1966)
Cebola (semente)	Floração	Salter e Goode (1967)
Batatinha	Após formação do tubérculo	Winter (1960), Taylor e Rognerud (1959)
	Estolonização e início tuberização	Schruchttemeyer (1960), Lis et al. (1964)
	Floração e tuberização	Nijensohn et al. (1966)
	Floração à colheita	Doorenbos e Pruitt (1975)
Couve-flor	Sem período crítico. Irrigação frequente desde o plantio	Salter (1961), Doorenbos e Pruitt (1975)
Tomate	Floração	Grassi et al. (1967)
	Formação de flores e crescimento rápido dos frutos	Salter e Goode (1967)
Rabanete	Durante formação e crescimento da raiz	Singh e Alderfer (1966)
Grãos		
Trigo	Espiga e formação do grão Duas semanas antes da polinização	Lehane e Staple (1962) Doorenbos e Pruitt (1975)
Cevada	Espiga a grão no estado leitoso Grão no estado leitoso	Jensen, Millar e Bauer (1967) Wells e Dubetz (1966)
Aveia	Início emergência da espiga Emergência espiga a espiga completa	Van der Paauw (1949)
Milho	Antes de formação do pólem e durante a formação da espiga	Doorenbos e Pruitt (1975) Denmead e Shaw (1960) Robins e Domingo (1953) Runge e Odell (1958) Howe e Rhoades (1955)
	Período de polinização é crítico se não houver déficit prévio	Doorenbos e Pruitt (1975)
Feijão	Floração e formação da vagem Floração e formação da vagem > déficit cedo > maturação Período maturação > cedo se não houver déficit prévio	Kattan e Fleming (1956) Doorenbos e Pruitt (1975)
Frutas e Frutais		
Morango	Desenvolvimento fruto à maturação	Doorenbos e Pruitt (1975)
Melão	Floração à colheita	Doorenbos e Pruitt (1975)
Videira	Início crescimento. Após formação do grão	Kasimatis (1967), Vaadia e Kasimatis (1961)
Cítricos	Floração e formação do fruto Alta floração pode-se induzir-se com corte da irrigação antes da floração (limoeiro)	Salter e Goode (1967)
Damasqueiro	Período de floração e desenvolvimento dos botões florais	Doorenbos e Pruitt (1975)
Cerejeira e Pessegueiro	Período de crescimento rápido antes da maturação	Uris (1964) Hildreth, Magness e Mitchell (1941)
FORAGEIRAS		
Alfafa	Imediatamente após os cortes para	

Alfafa (semente)	ensilagem	Doorenbos e Pruitt (1975)
Sorgo	Início período de floração Raízes secundárias e perfilhamento > espiga floração e formação do grão > período de enchimento c grão	Doorenbos e Pruitt (1975)
Plantas Industriais		
Cana-de-açúcar	Período de máximo crescimento vegetativo	Doorenbos e Pruitt (1975)
Beterraba açucareira (sementes)	Floração e desenvolvimento da semente 3 – 4 semanas após a emergência	Salter e Goode (1967) Doorenbos e Pruitt (1975)
Linho (fibra)	Período vegetativo de pré-floração	Salter e Goode (1967)
Linho (semente)	Durante e após a floração	Salter e Goode (1967)
Algodão	Floração e formação capulho > estágios anteriores > após formação capulho Início da floração Pré-floração	Doorenbos e Pruitt (1975) Marini e Horwitz (1963) Salter e Goode (1967)
Girassol	Formação das flores e maturação das sementes	Salter e Goode (1967)
Soja	Período de maior crescimento vegetativo e floração	Salter e Goode (1967)
Oliveira	Imediatamente antes da floração e durante o crescimento do fruto Últimos períodos da maturação dos frutos	Doorenbos e Pruitt (1975) Spiegel (1955)

Projeto PNUD/FAD/CI.A.721020
Sistema Nacional de Informação e
Documentação Agrícola



3. INFORMAÇÕES BÁSICAS DAS CULTURAS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO

3.1. Metodologia de análise utilizada por Millar (1976)

A sistemática de análise da informação utilizada por Millar (1976) consiste em obter da literatura dados de pesquisa para as diferentes culturas. Esses dados foram classificados e reduzidos à formas operativas e comparáveis, como se descreve a seguir:

3.1.1 Informação de produtividade (rendimento) das culturas

Para obter a informação em uma forma que possa constituir-se em um elemento de decisão para programadores e operadores de distritos e projetos de irrigação, optou-se por reduzir todos os dados de pesquisa disponíveis, tanto para níveis de umidade no solo como aqueles dados de ciclos fenológicos, na forma de **rendimentos relativos**. Como rendimento relativo deve entender-se o rendimento em determinadas condições (rendimento real) respeito às condições ótimas (rendimento potencial). No caso desta publicação, rendimento potencial corresponde àquele obtido em condições ótimas de umidade.

A informação de rendimento expressa em forma relativa apresenta várias vantagens, porque permite utilizar dados expressos em diferentes unidades (kg/ha, g/vaso, kg/parcela, etc.) de diversas variedades, produzidas em climas variados e provenientes de diferentes anos.

No caso da relação rendimento relativo versus potencial matricial do solo, toda a informação deve seguir uma mesma relação, independente da variedade e clima, porém em alguns casos apresenta-se dispersão dos dados. Esta deve-se, principalmente, ao fato que na proximidade do nível de umidade pré-fixado (indicador de aplicação de irrigação) este coincide com parte do período crítico, causando uma redução extra nos rendimentos. Outros problemas referem-se à dificuldade em definir os níveis de umidade a partir dos dados publicados,

especialmente quando não é apresentada a curva de retenção de água do solo utilizado.

A definição do ciclo fenológico, tanto em tempo como em períodos, para conformar a relação rendimento relativo versus ciclo fenológico, obteve-se dos dados existentes para as diferentes culturas. Isto não implica em dados absolutos, já que, por razões de variedades, latitude e clima, apresentam-se diferenças no tempo para atingir determinado período ou para completar o ciclo. O importante neste caso é que independente dos fatores que afetam o ciclo, a cultura sempre deverá passar pelos diferentes estágios do seu ciclo de crescimento.

3.1.2. Definição do potencial matricial do solo e profundidade efetiva

A informação dos níveis de umidade do solos, nos quais deve-se aplicar a irrigação, nem sempre era apresentada em termos de potencial matricial ou sucção. A informação mais comumente encontrada foi na forma de percentagem de água aproveitável, atingida antes de aplicar a irrigação. Nesses casos, e quando incluía-se a curva de retenção de água no solo, convertia-se o nível de água disponível a potencial matricial (sucção).

Naqueles casos em que era conhecido somente o nível de água disponível, pré-fixado para a aplicação da irrigação, utilizou-se a Figura 30-2 de Haise e Hagan (1976) (Figura 1), que relaciona níveis de água disponível e potencial matricial para diferentes texturas do solo.

A profundidade efetiva considerada, na maioria dos casos, correspondeu àquela onde concentrava-se a maior proporção do sistema radicular.

3.1.3. Definição do nível de produção real em função do nível de manejo da irrigação (definido como potencial matricial ou sucção do solo)

Utilizando a relação entre rendimento relativo e potencial matricial do solo, definiram-se os níveis de manejo da irrigação (em termos de potencial matricial ou sucção) para cada cultura, nos quais dever-se-ia aplicar a irrigação para assegurar um nível de produtividade, pré-determinados em 100 (potencial), 90, 80, 70, 60 e 50%.

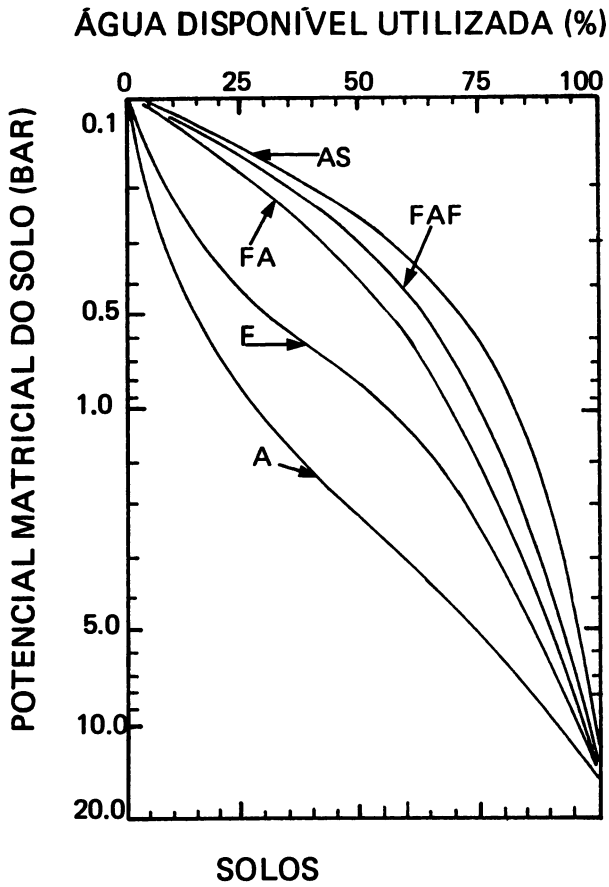


Figura 1. Relação entre níveis de água disponível e potencial matricial para diferentes texturas do solo.

3.2. Rendimento relativo em função do nível de manejo da irrigação, potencial matricial do solo e da fenologia da cultura

A sistemática de análise dos resultados de pesquisa mundiais, utilizada por Millar (1976), para experimentos de níveis de água versus rendimento e de déficit de água em estágios específicos do ciclo fenológico das culturas permite definir **quantitativamente** o seguinte:

- redução do rendimento a qualquer nível de manejo da irrigação entre 0 e -10 bares de potencial matricial do solo;
- redução do rendimento por efeito da falta de água em qualquer estágio do ciclo vegetativo da cultura;
- nível de produtividade real, em relação ao potencial, que pode-se obter sob determinadas condições de demanda atmosférica (clima); e
- intervalo de irrigação, baseado na demanda de água da cultura e potencial matricial, para definir o nível de produtividade real que pode-se atingir através do manejo da irrigação.

Com este tipo de informação é possível tomar decisões que permitam o melhor aproveitamento da água disponível, equipamentos e mão-de-obra, de tal forma que possa equacionar-se a distribuição da água e o manejo da irrigação para obter o nível máximo de produção real.

A seguir, apresentam-se dois tipos de gráficos para definir o manejo da irrigação de diferentes culturas:

- GRÁFICO A: Rendimento relativo da cultura em função do manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).
- GRÁFICO B: Rendimento relativo da cultura em função do déficit fenológico de água.

3.2.1. Grãos

a. Trigo e Cevada

Figura 2. Rendimento relativo de trigo e cevada em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 3. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de trigo e cevada.

b. Milho

Figura 4. Rendimento relativo do milho em função do

nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 5. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do milho.

c. Feijão

Figura 6. Rendimento relativo do feijão em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 7. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do feijão.

3.2.2. Hortaliças

a. Cebola

Figura 8. Rendimento relativo de cebola em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 9. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de cebola.

b. Batatinha

Figura 10. Rendimento relativo da batatinha em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 11. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo da batatinha.

c. Alface

Figura 12. Rendimento relativo de alface em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 13. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de alface e repolho.

d. Tomate

Figura 14. Rendimento relativo do tomate em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 15. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do tomate.

e. Outras culturas

Figura 16. Rendimento relativo de vagem em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo ao qual aplicou-se a irrigação).

Figura 17. Rendimento relativo do melão em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

3.2.3. Forrageiras

a. Alfafa

Figura 18. Rendimento relativo de alfafa (sementes e matéria seca) em função do manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

b. Trevo

Figura 19. Rendimento relativo de trevo branco, rosado e ladino, em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

c. Forrageiras anuais

Figura 20. Rendimento relativo de forrageiras anuais em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 21. Efeito do déficit fenológico no rendimento relativo de sorgo granífero.

d. Forrageiras perenes

Figura 22. Rendimento relativo de forrageiras perenes em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

3.2.4. Culturas Industriais

a. Algodão

Figura 23. Rendimento relativo do algodão em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo no qual aplicou-se a irrigação).

Figura 24. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do algodão.

3.3. Quadro-resumo de níveis de manejo da irrigação para atingir diferentes níveis de rendimento da cultura

Na Tabela 3 apresenta-se um Quadro-resumo das diferentes culturas anteriormente mencionadas, mostrando o nível de rendimento possível de obter quando maneja-se a irrigação no nível indicado de potencial matricial do solo.

Analisando os dados da Tabela 3, verifica-se que existem culturas cujos rendimentos são mais afetados que outros em um mesmo nível de manejo da irrigação. Assim, formando uma escala de sensibilidade à falta de água, temos:

Alface > Batatinha > Alfafa (matéria seca) > Milho

Por outro lado, uma escala das culturas que apresentam menor resposta à falta de água (mais resistentes) seria a seguinte:

Alfafa (semente) > Algodão > Melão > Tomate > Trigo

A informação da Tabela 3 indica que a produção de culturas como algodão poderia ser manejada em condições de sequeiro, sendo que a informação de períodos críticos poder-se-ia usar em combinação com a distribuição de chuvas. Naquelas regiões onde a pluviosidade concentra-se em determinados períodos, seria possível manejar a época de plantio da cultura com o objetivo de fazer coincidir o período crítico da cultura com aquele período onde a análise de dados de chuva mostra mais de 75% de probabilidade de receber uma lâmina de água significativa, que substituiria a irrigação.

3.4. Uso da informação em qualquer região com áreas irrigadas

3.4.1. Dados adicionais necessários

Os dados anteriormente apresentados constituem as informações básicas para o manejo da irrigação. Contudo, para a sua aplicação numa situação específica, determinada por solos, clima, método de irrigação, devem-se conhecer alguns parâmetros locais da área irrigada, qual sejam:

- a. curva de retenção de água do solo, (conteúdo volumétrico de água em função do potencial matricial do solo);
- b. profundidade efetiva do sistema radicular da cultura; e
- c. evapotranspiração da cultura, por estágios ou média do ciclo vegetativo.

TABELA 3. Nível de rendimento de diferentes culturas quando manejadas no nível de irrigação indicado em termos de potencial matricial do solo.

Cultura	Potencial	Nível de Rendimento (%)				
		90	80	70	60	50
		Nível de Manejo da Irrigação (bar)				
Grãos						
Trigo (cevada)	- 0,50	- 1,75	- 3,2	- 4,6	- 6,3	- 8,5
Milho	- 0,50	- 0,90	- 1,6	- 2,4	- 3,4	- 4,9
Feijão						
Hortaliças						
Cebola	- 0,50	- 1,6	- 2,1	- 2,9	- 3,7	- 5,0
Batatinha	- 0,25	- 0,65	- 1,1	- 1,6	- 2,0	- 2,5
Tomate	- 0,50	- 2,0	- 3,0	- 5,0	- 10,0	-
Alface	- 0,15	- 0,3	- 0,5	- 0,75	- 1,1	- 1,5
Vagem	- 0,40	- 2,4	- 3,3	- 4,0	- 4,5	- 4,95
Malhão	0,50	- 2,2	- 3,6	- 6,0	- 9,5	-
Forrageiras						
Alfafa (matéria seca)	- 0,40	- 0,9	- 1,15	- 1,65	- (3 - 4)	-
Alfafa (sementes)	- (4 - 5)	- 7,5	- 9,1	- (10 - 11)		-
Trevo (matéria seca)	- 0,50	- 2,15	- 3,1	- 4,0	- 5,0	-
Forrageiras anuais	- 0,40	- 1,0	- 1,75	- 3,0	- 4,25	-
Forrageiras perenes	- (0,25 - 1,0)	- 2,75	- 3,75	- 4,6	-	-
Plantas Industriais						
Algodão	- 0,60	- 2,5	- 7,5	- 9,75	-	-

Com esses dados realiza-se um balanço de água iniciando com o perfil de solo, representado pela profundidade efetiva do sistema radicular, em condições de capacidade de campo (aproximadamente $-0,1$ bar e $-0,33$ de potencial matricial para solos arenosos e argilosos, respectivamente).

Com a informação anterior gera-se um gráfico, tendo o potencial matricial do solo em função do tempo após a irrigação e introduzindo como variável a extração de água pela cultura (evapotranspiração). No caso de solos arenosos é necessário levar em consideração as perdas por percolação, fora da profundidade efetiva do sistema radicular.

Os detalhes dos procedimentos metodológicos são apresentados por Millar e Choudhury (1980).

3.4.2. Exemplo de uso da informação em uma região semi-árida (Vale do São Francisco, Nordeste)

Com a finalidade de demonstrar com um exemplo prático de como seria a situação de manejo da irrigação em uma região semi-árida, realizou-se um balanço de água para dois solos de importância, Oxisol (solo arenoso) e Vertisol (solo argiloso) do Vale do São Francisco no Nordeste do Brasil.

No exemplo, considerou-se uma profundidade do perfil do solo de 40 cm e dados médios de evapotranspiração de diferentes culturas. Utilizando as curvas de retenção de água dos solos, definiu-se a variação no potencial matricial de água no solo devido às perdas por evapotranspiração.

Na Figura 25 mostra-se o balanço de água para o Vertisol em função do tempo após aplicada a irrigação. A Figura 26 mostra a mesma situação para o Oxisol.

Com a informação da Tabela 3, obtida da relação entre rendimento relativo e nível de manejo da irrigação, definido em termos de potencial matricial do solo, para diferentes culturas, determinou-se o **intervalo de irrigação** que seria necessário utilizar para obter um determinado nível de rendimento. Na análise foram consideradas as culturas mais comuns da região e valores de evapotranspiração comuns para regiões semi-áridas quando a cultura cobre totalmente o solo.

A situação de manejo da irrigação de alfafa, milho, tomate, cebola, algodão e melão no Vertisol apresenta-se na Figura 27. Verifica-se que para obter um mesmo nível de rendimento nestas culturas, por exemplo 90%, o intervalo de irrigação seria na seguinte ordem:

Melão > Algodão > Tomate > Cebola > Milho > Alfafa

O anterior implica que as últimas culturas são mais sensíveis à falta de água, precisando uma maior frequência das irrigações. Como indicado anteriormente, na análise considerou-se um perfil de 40 cm de solo onde concentrar-se-ia o maior percentual de raízes. Se existe extração de água em maior profundidade, a situação mudará especialmente no intervalo de irrigação.

Na Figura 28 apresenta-se a relação entre o nível de rendimento e o intervalo de irrigação no Oxisol para diferentes culturas, comuns na região semi-árida. Verifica-se que neste solo é extremamente crítica a oportunidade de aplicação da irrigação, especialmente em culturas sensíveis à falta de água como o milho e a batatinha. No caso do milho, a demora de um dia na aplicação da irrigação pode representar uma redução de 30% no rendimento. Esta mudança no rendimento devido às pequenas variações no intervalo de irrigação, deve-se, principalmente, à forma da curva de retenção de água do Oxisol o qual também verifica-se no balanço de água da Figura 26.

A situação anterior é diferente no caso do Vertisol (Figura 27) onde, devido a curva de retenção de água mais normalizada (menos pronunciada), a variação no intervalo de irrigação não afeta marcadamente os rendimentos.

Desta informação conclui-se que para obter rendimentos perto do nível potencial é necessária uma alta frequência das irrigações (reduzido intervalo de irrigação) o qual normalmente é impossível de manejar com a metodologia gravitacional de aplicação da irrigação às culturas. Do anterior deduz-se que somente com métodos modernos de irrigação, como gotejamento, pode-se obter rendimentos a nível potencial.

Em qualquer caso, a informação apresenta um elemento de decisão ao produtor ou operador da área irrigada, adequar-se ao nível de produção em termos de rendimentos mais de acordo com as suas possibilidades operacionais, representadas, principalmente, pelo equipamento e disponibilidade de mão-de-obra treinada. Colocada de outra forma, há um elemento de decisão para adequar a produção à eficiência de manejo da irrigação.

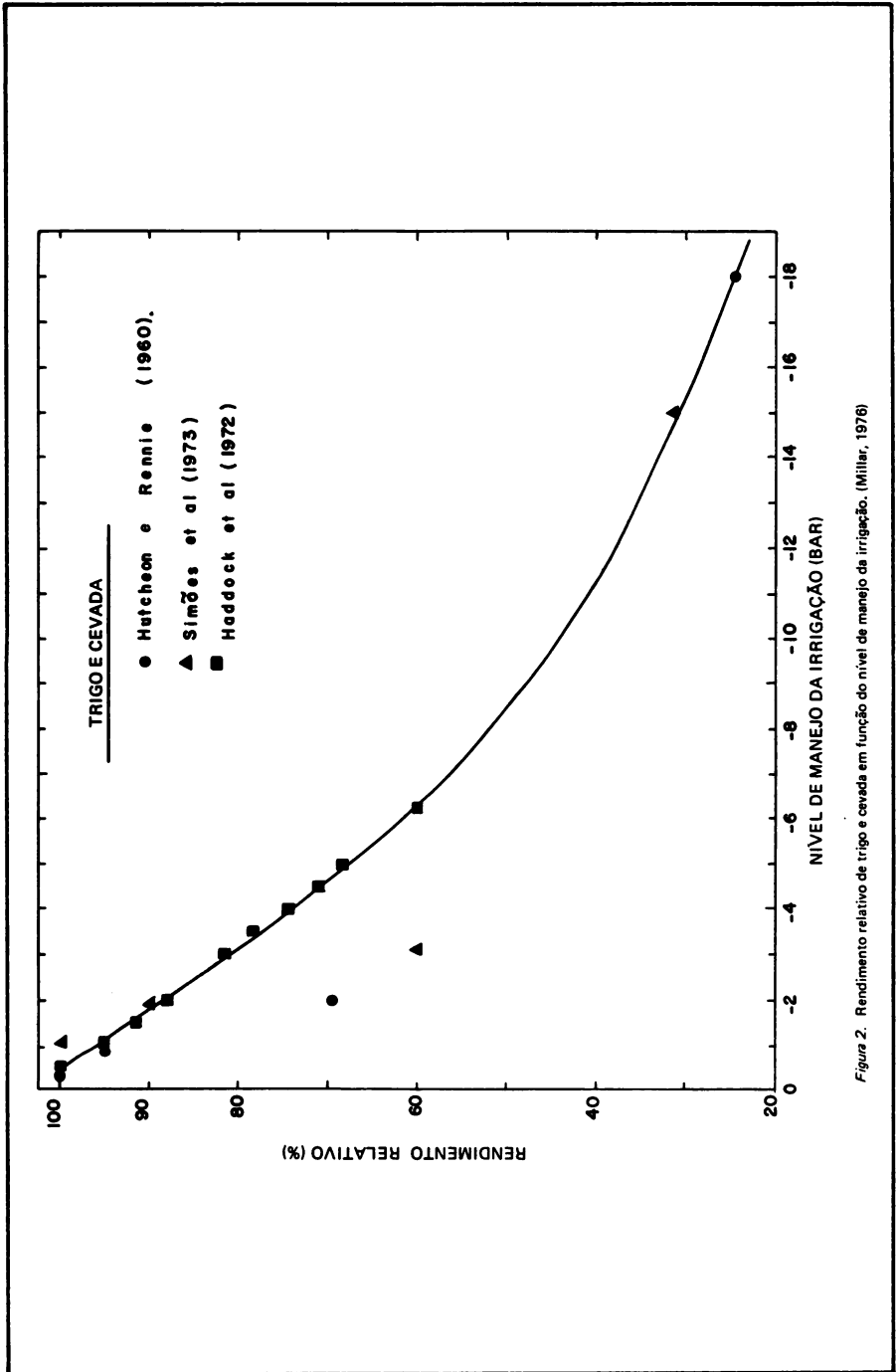


Figura 2. Rendimento relativo de trigo e cevada em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

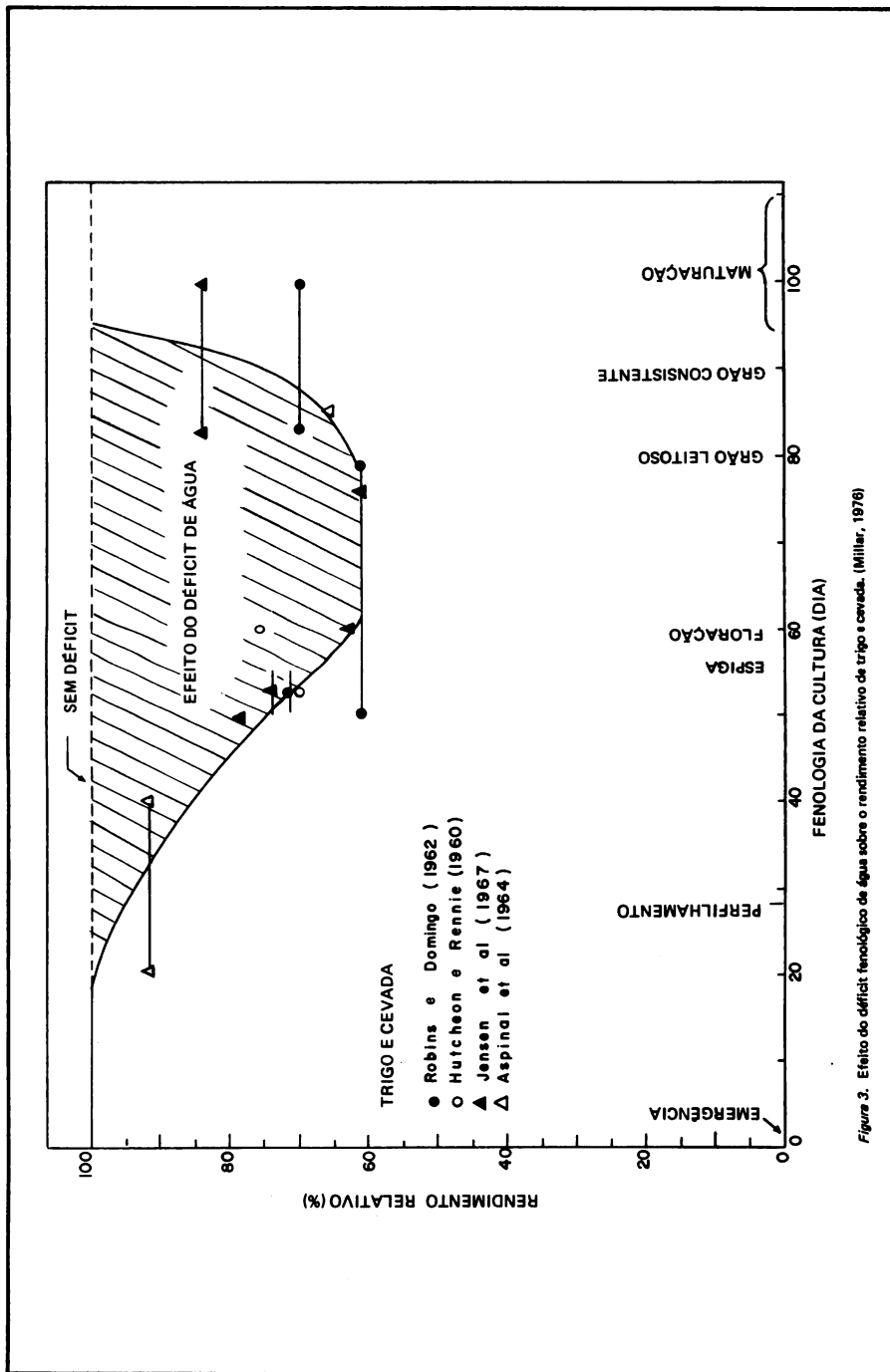


Figura 3. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de trigo e cevada. (Millar, 1976)

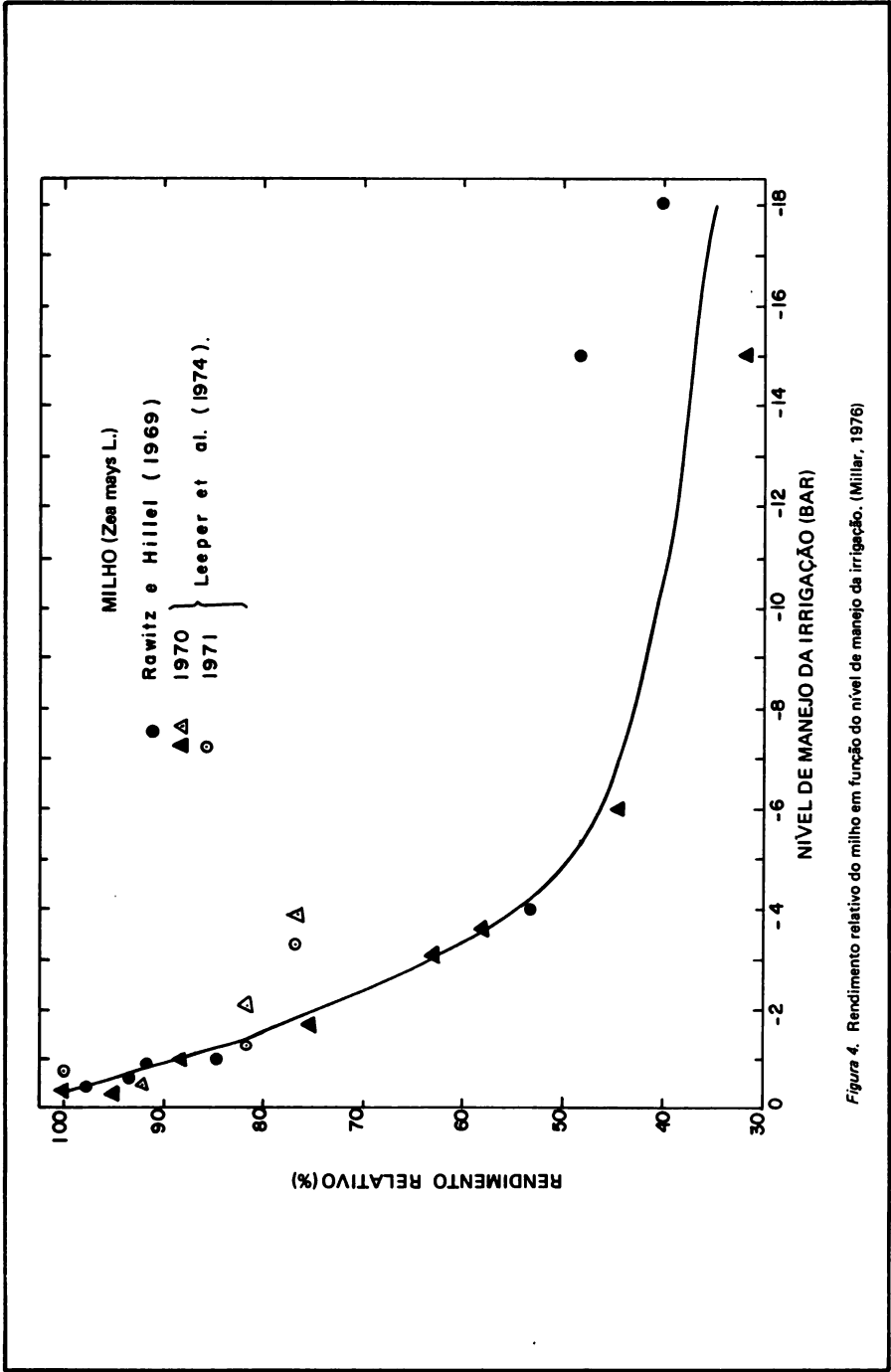


Figura 4. Rendimento relativo do milho em função do nível de manejo da irrigação. (Muller, 1976)

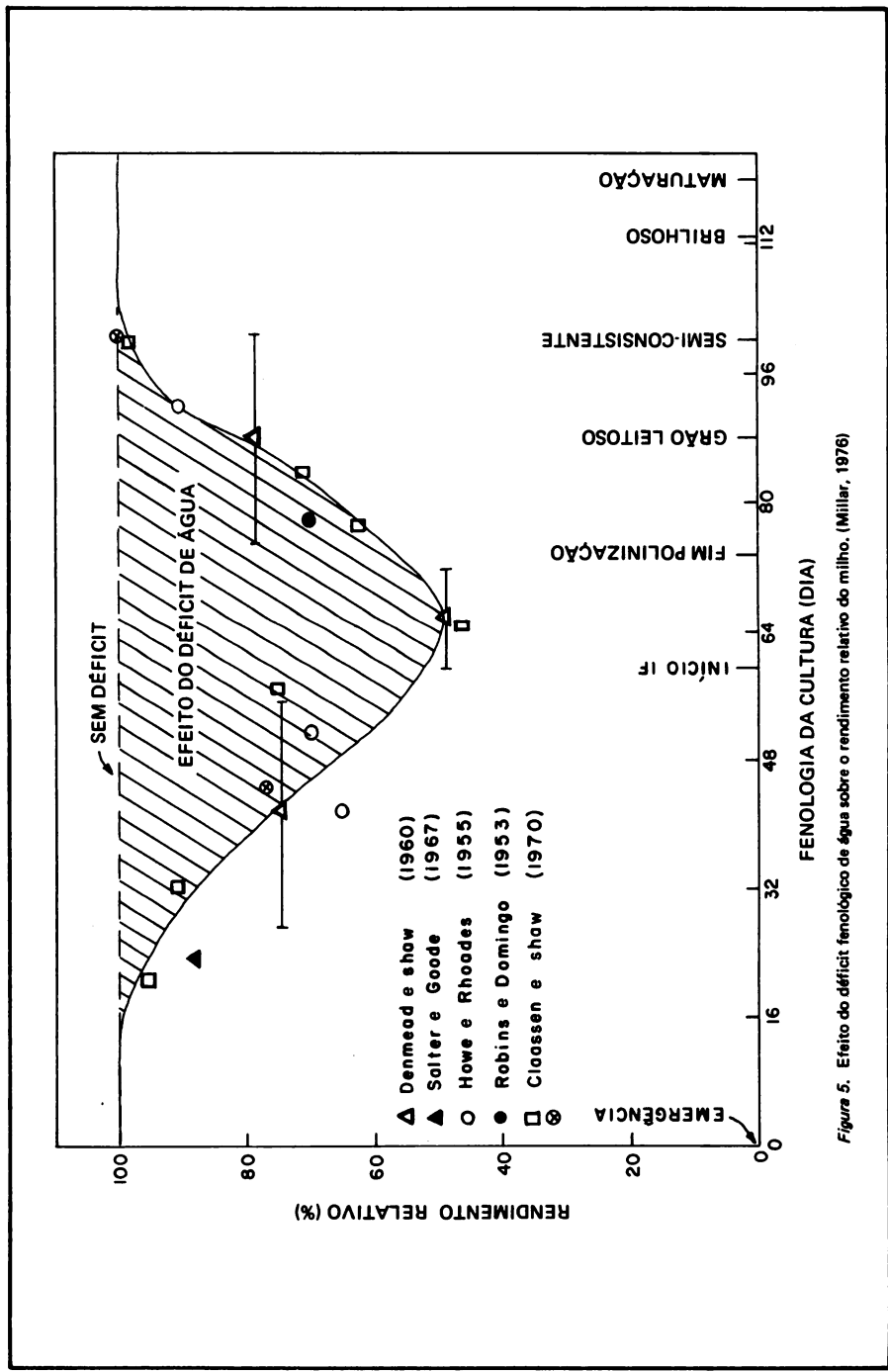


Figura 5. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do milho. (Millar, 1976)

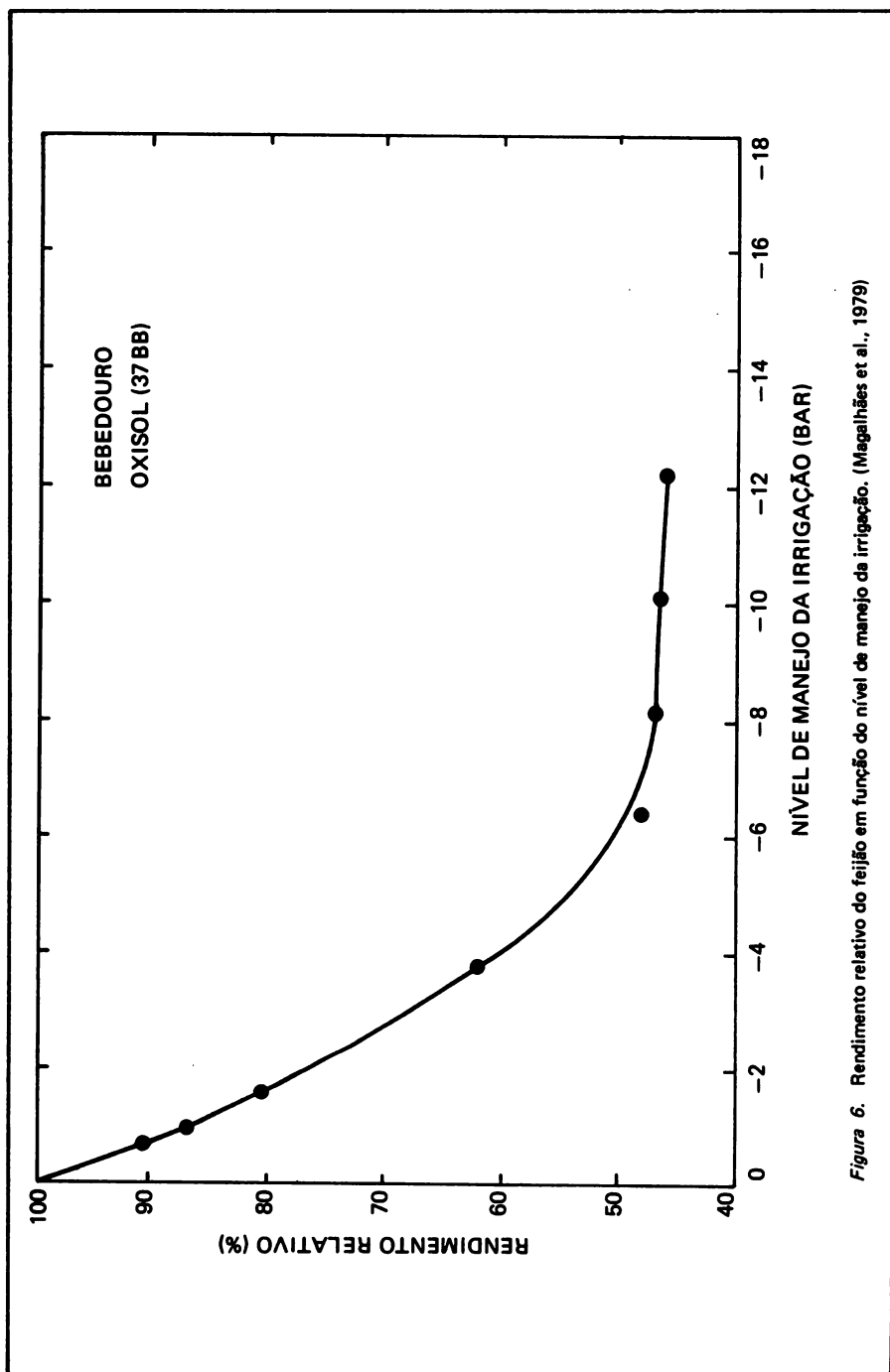


Figura 6. Rendimento relativo do feijão em função do nível de manejo da irrigação. (Magalhães et al., 1979)

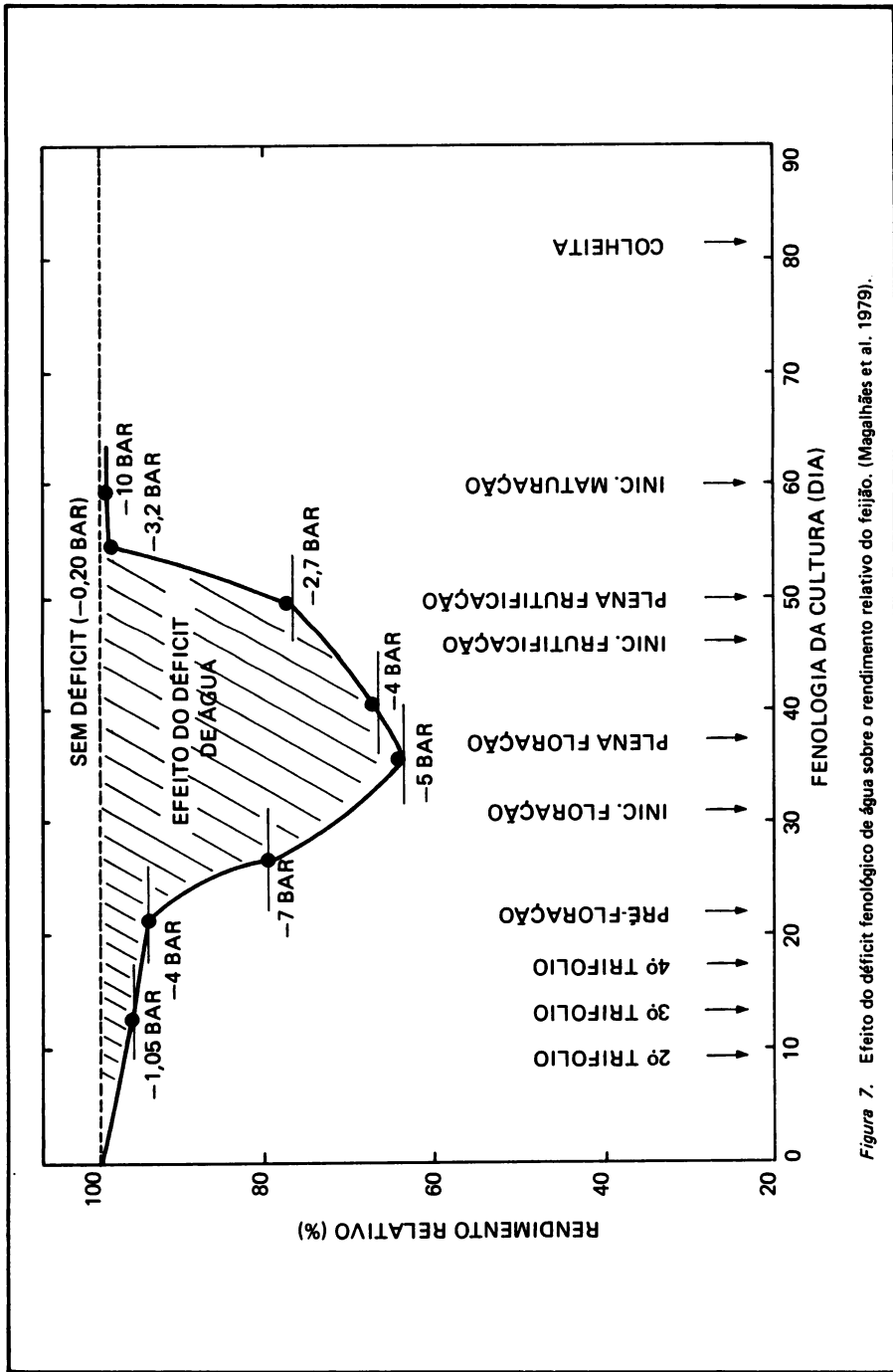


Figura 7. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do feijão. (Magalhães et al. 1979).

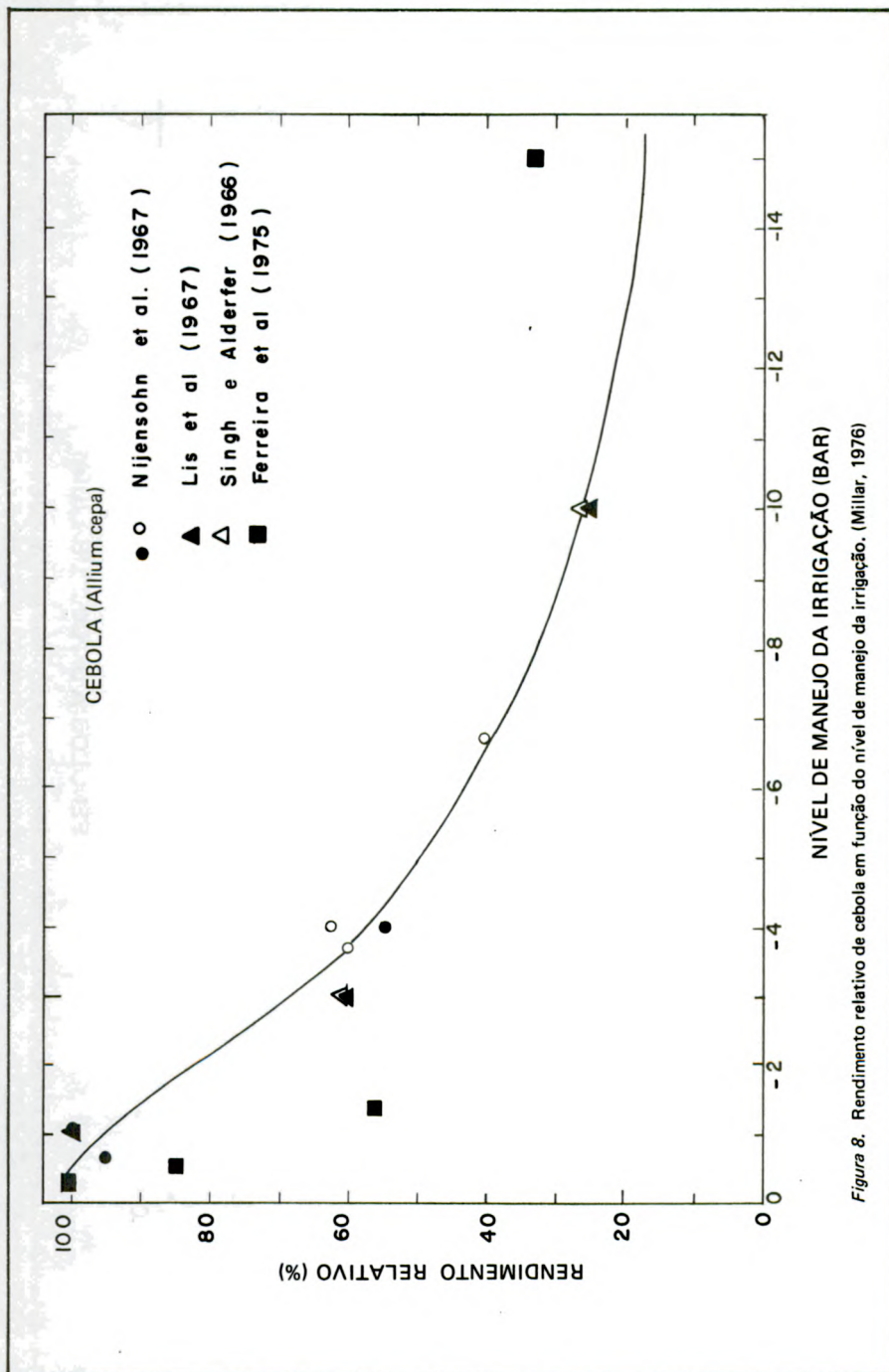


Figura 8. Rendimento relativo de cebola em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

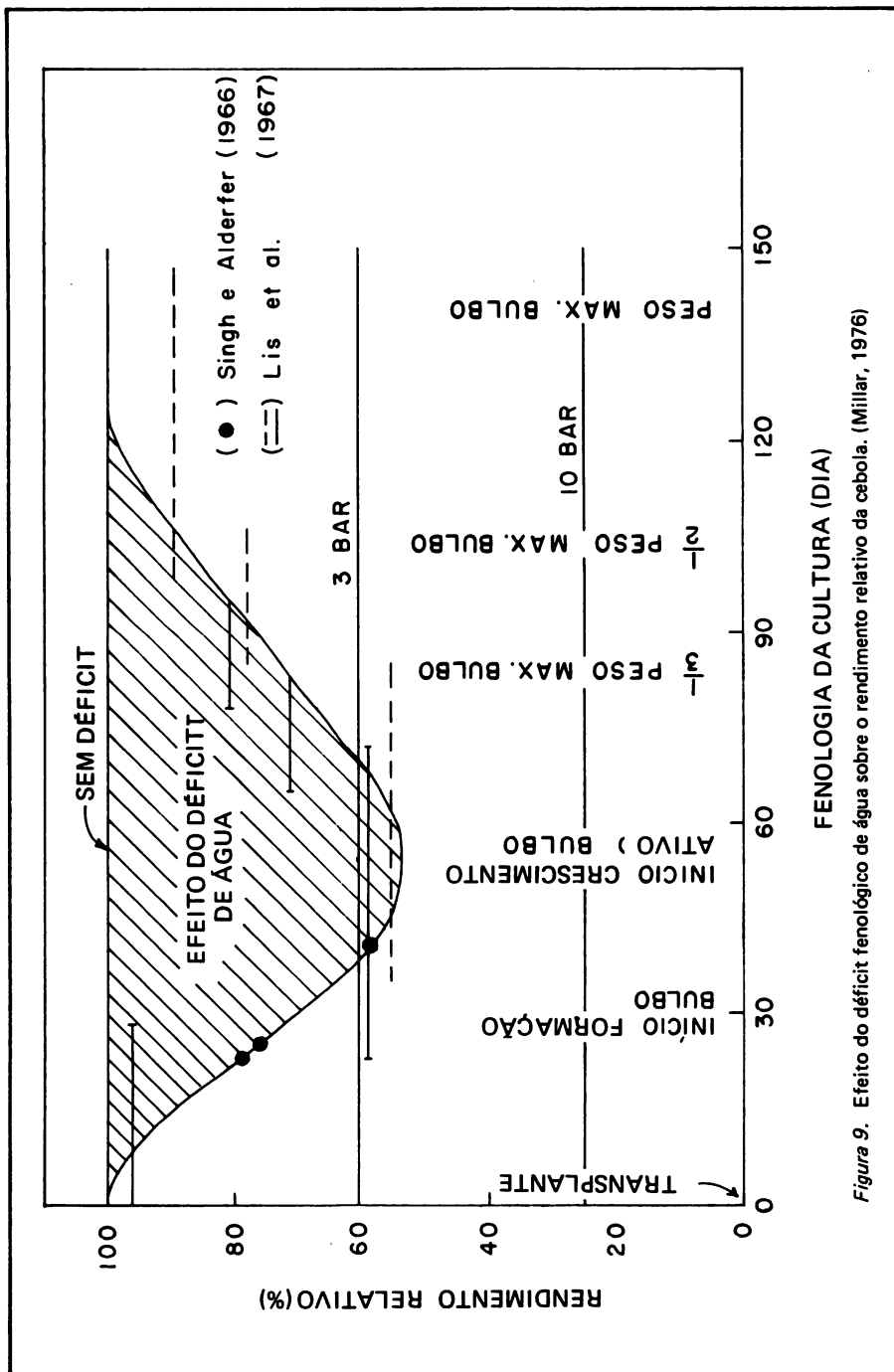


Figura 9. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo da cebola. (Millar, 1976)

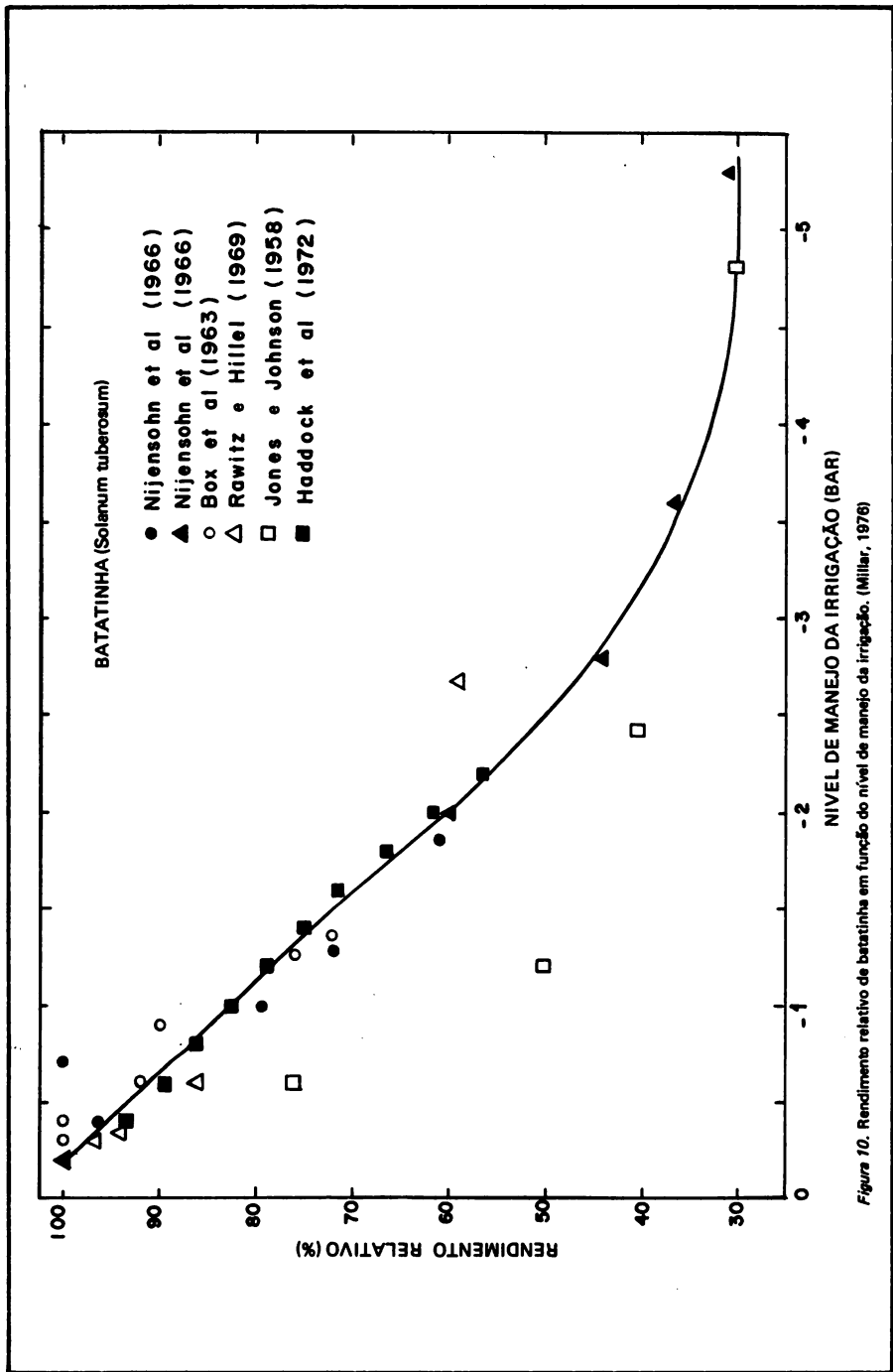


Figura 10. Rendimento relativo de batatinha em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

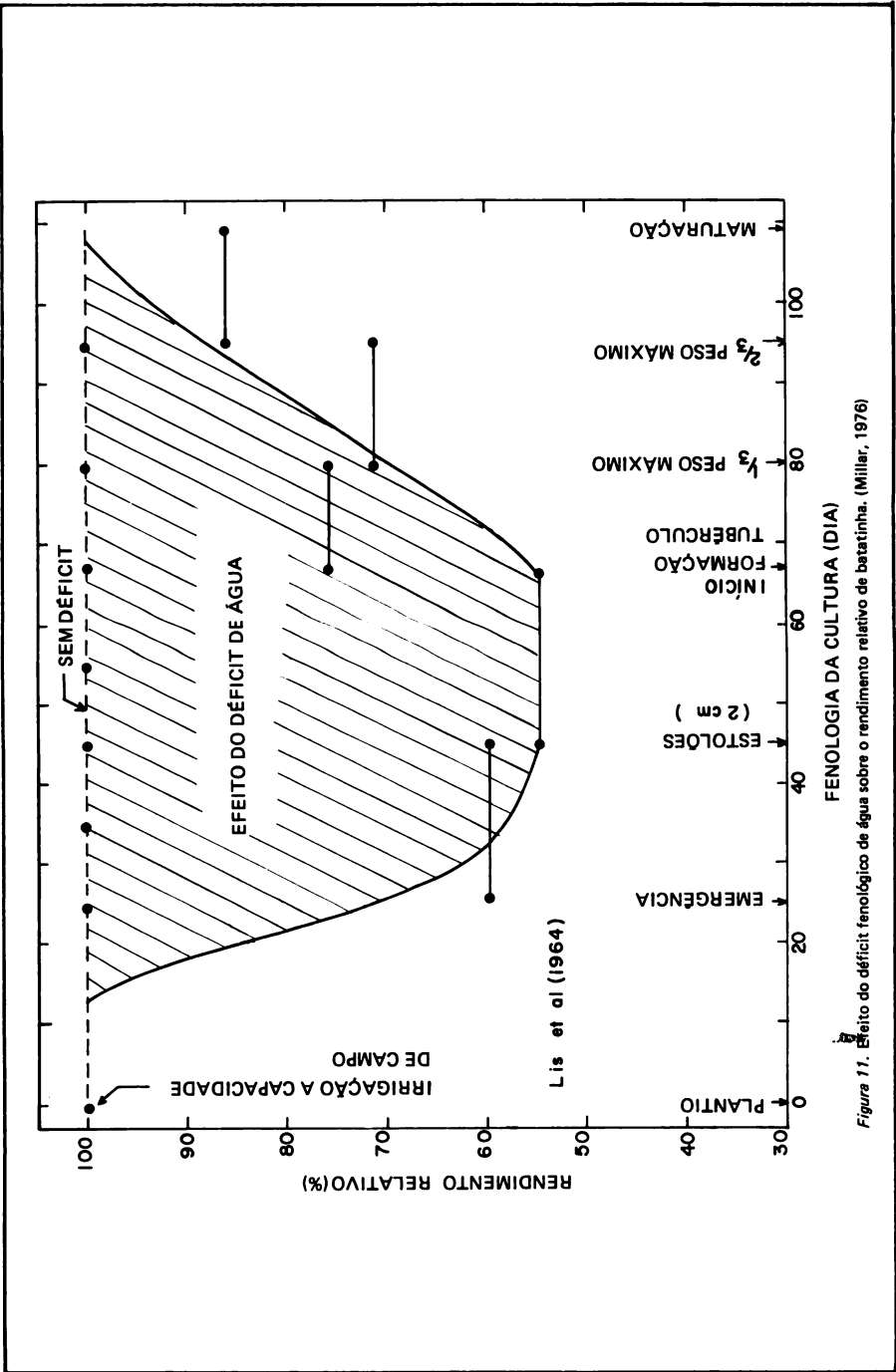


Figura 11. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de batatinha. (Millar, 1976)

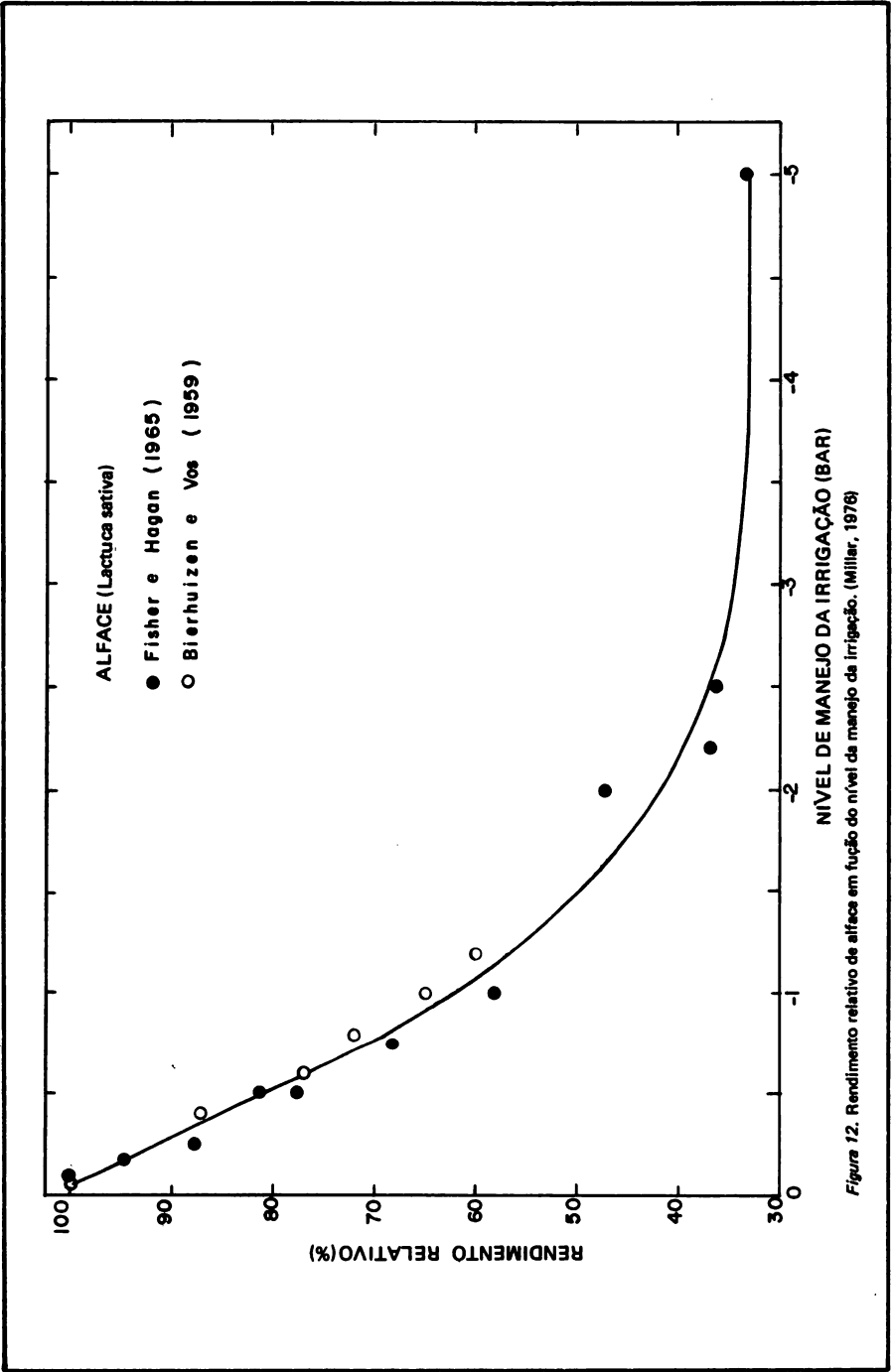


Figura 12. Rendimento relativo de alfaca em função do nível de manejo de irrigação. (Miller, 1978)

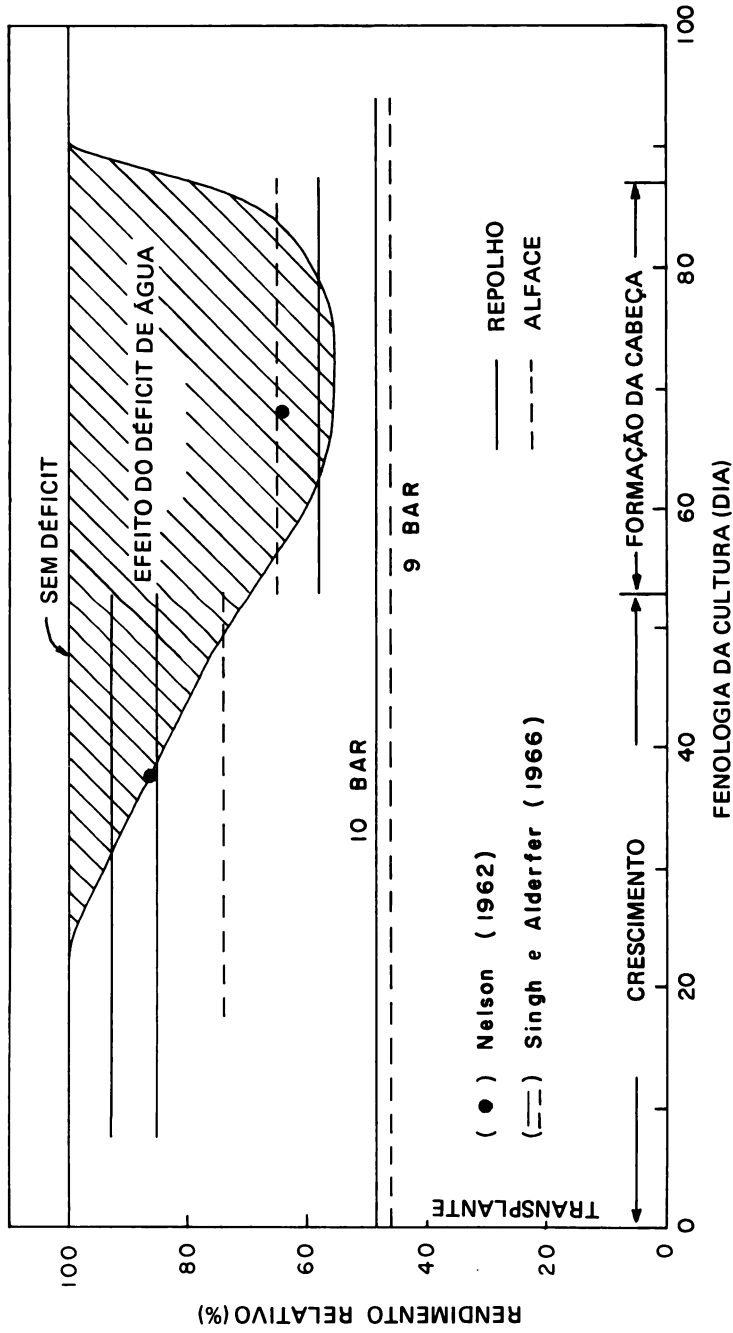


Figura 13. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de alfalfa. (Millar, 1976)

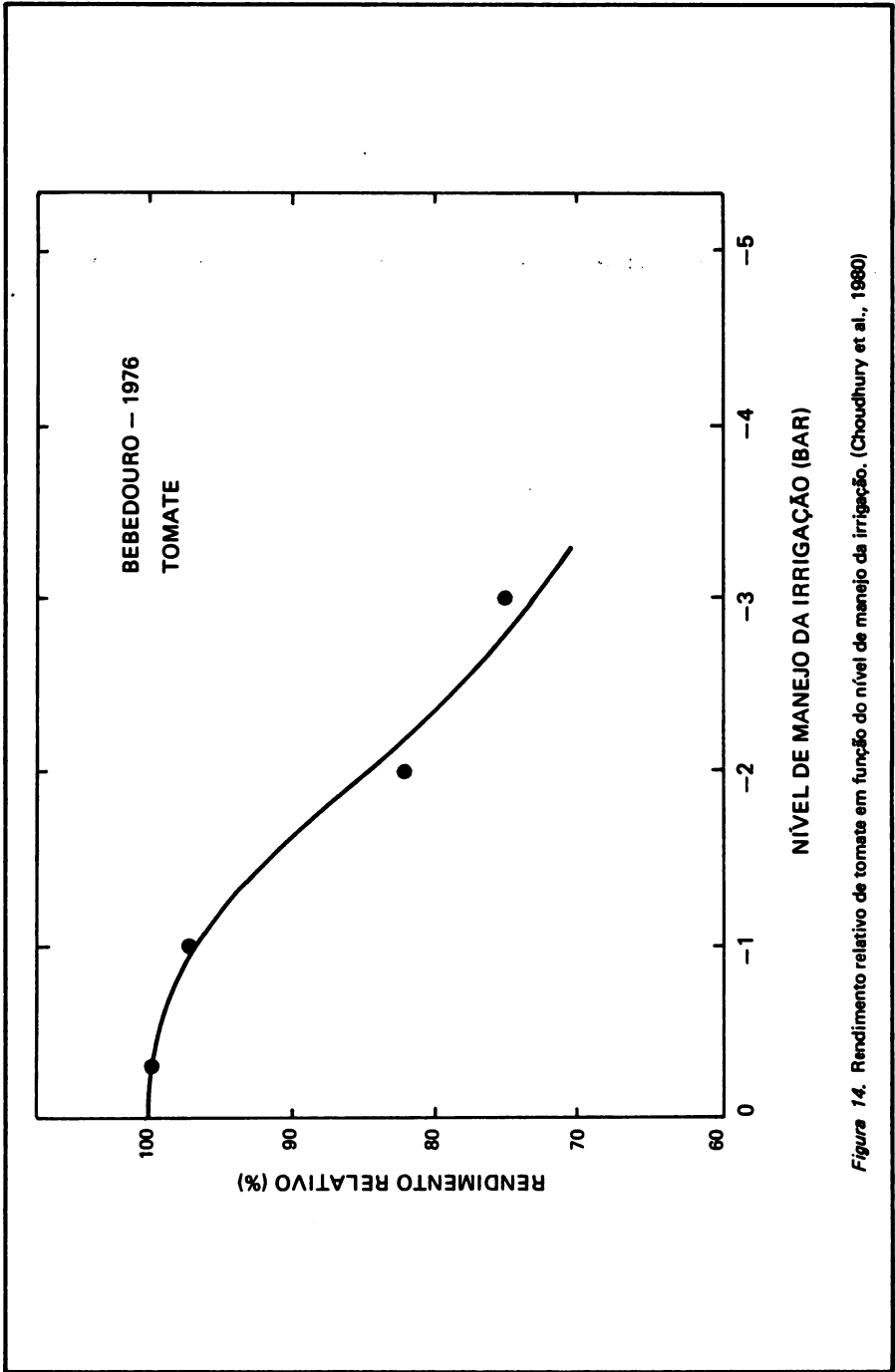


Figura 14. Rendimento relativo de tomate em função do nível de manejo da irrigação. (Choudhury et al., 1980)

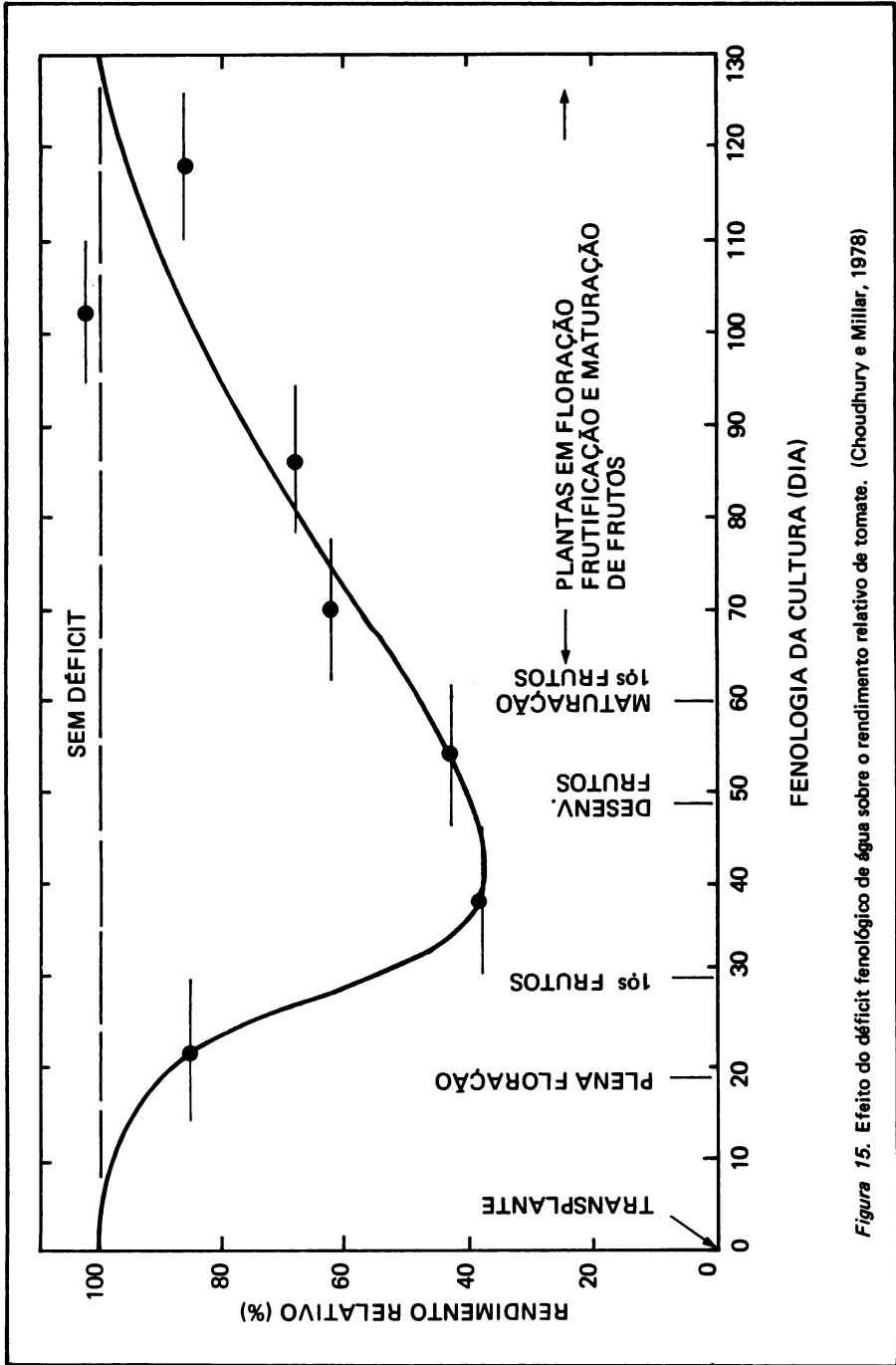


Figura 15. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de tomate. (Choudhury e Millar, 1978)

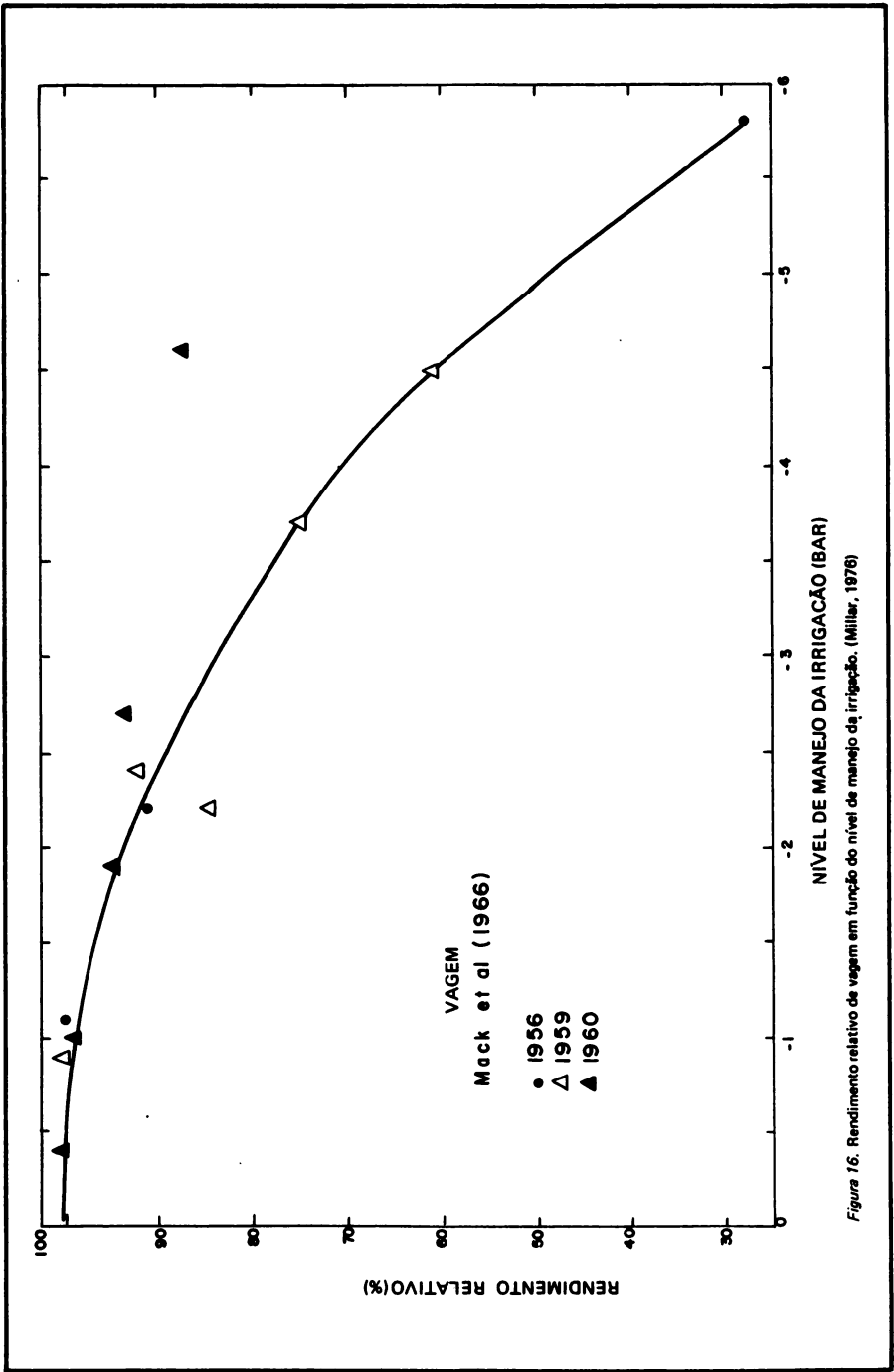


Figura 16. Rendimento relativo de vagem em função do nível de manejo da irrigação. (Miller, 1976)

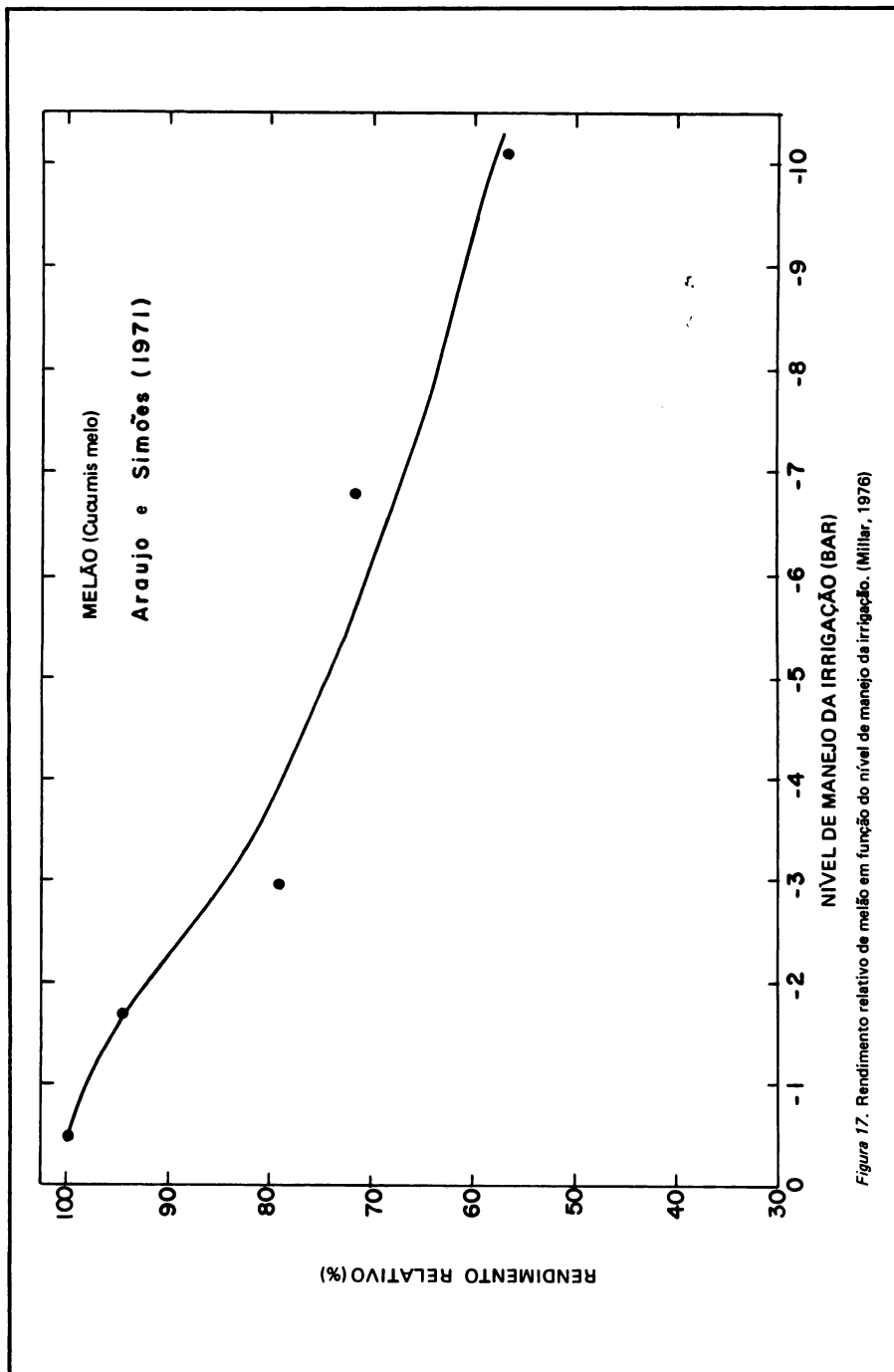


Figura 17. Rendimento relativo de melão em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

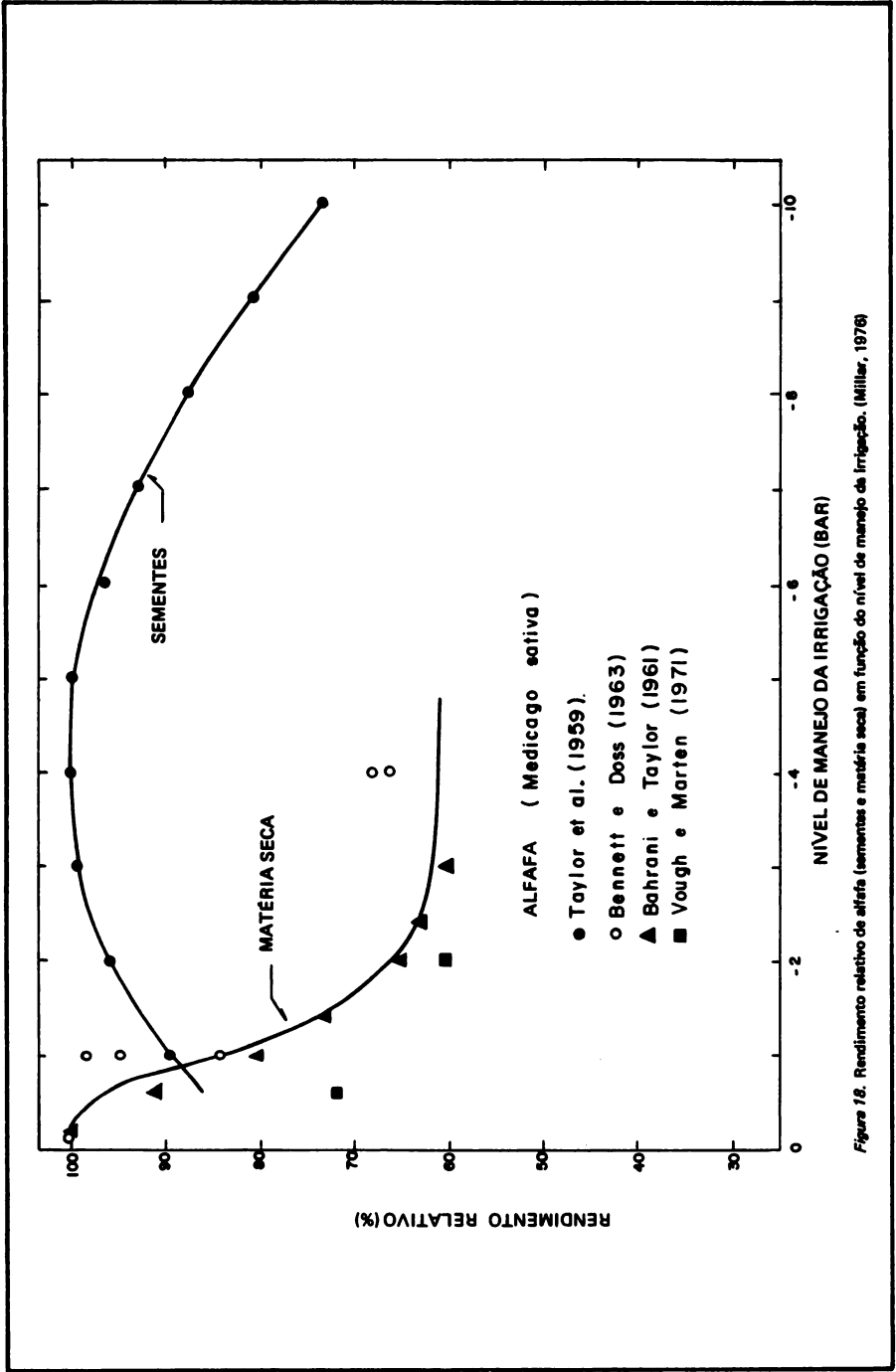
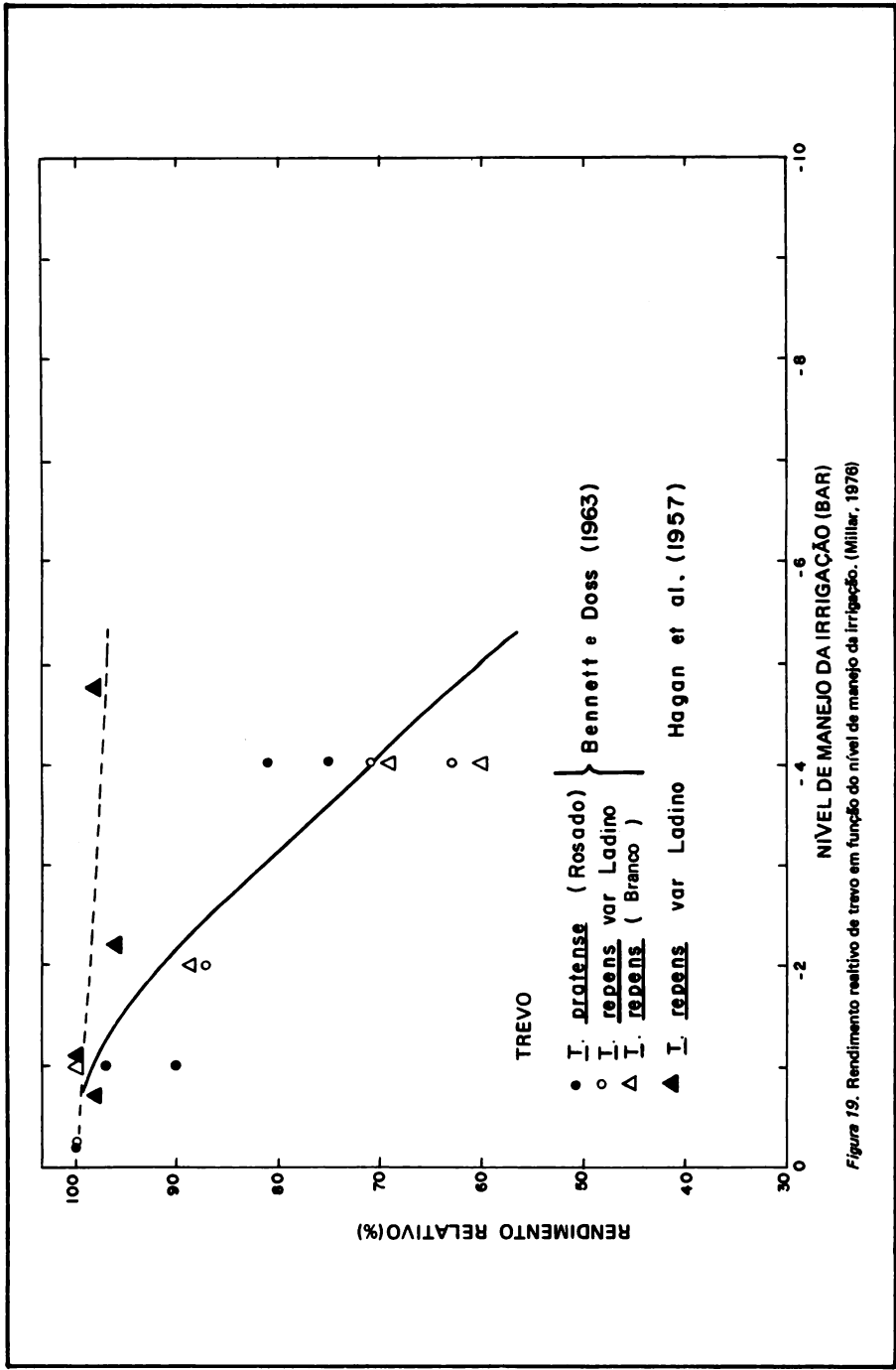


Figura 18. Rendimento relativo de alfafa (sementes e matéria seca) em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1978)



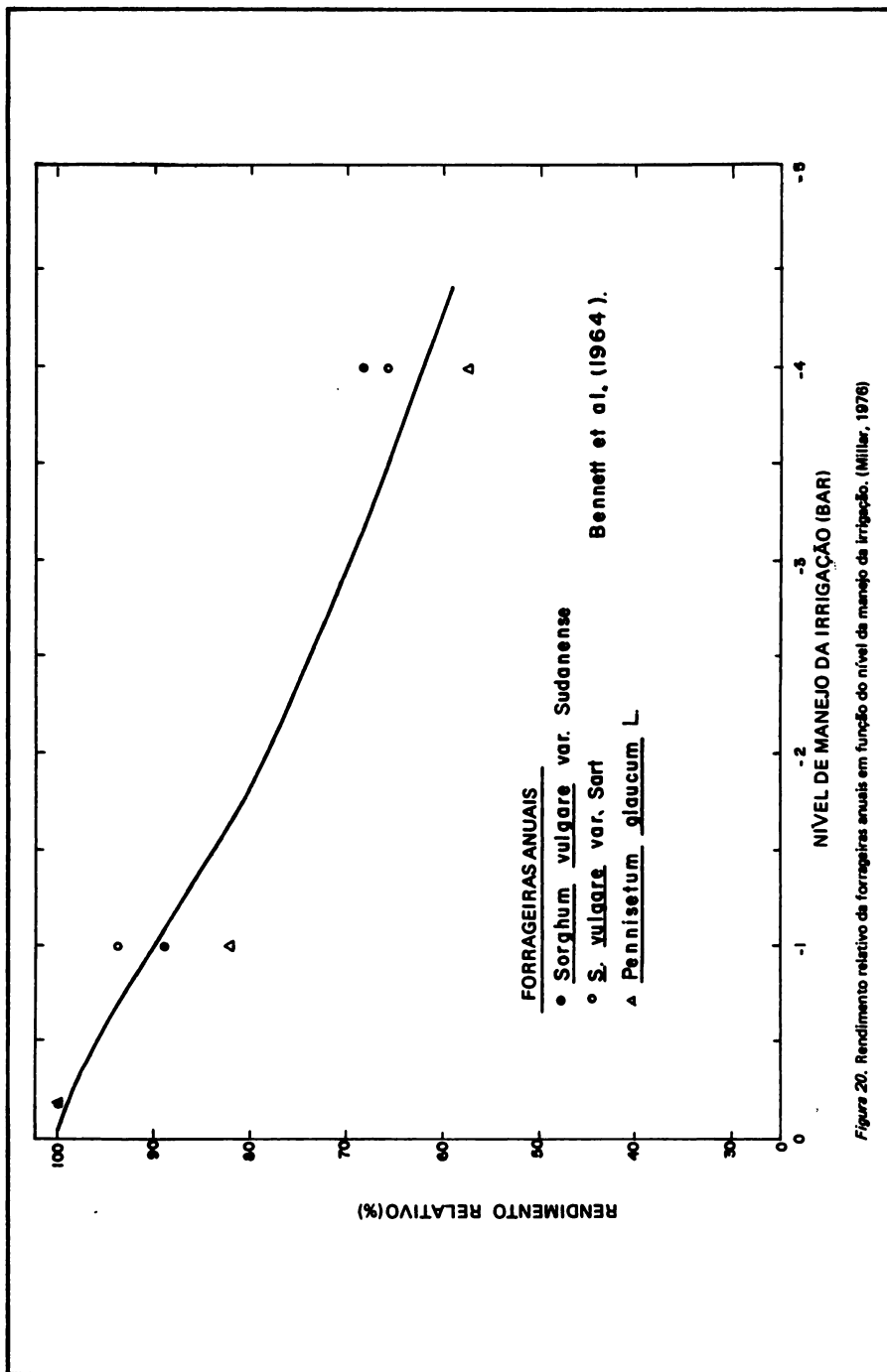


Figura 20. Rendimento relativo da forrageiras anuais em função do nível de manejo de irrigação. (Miller, 1976)

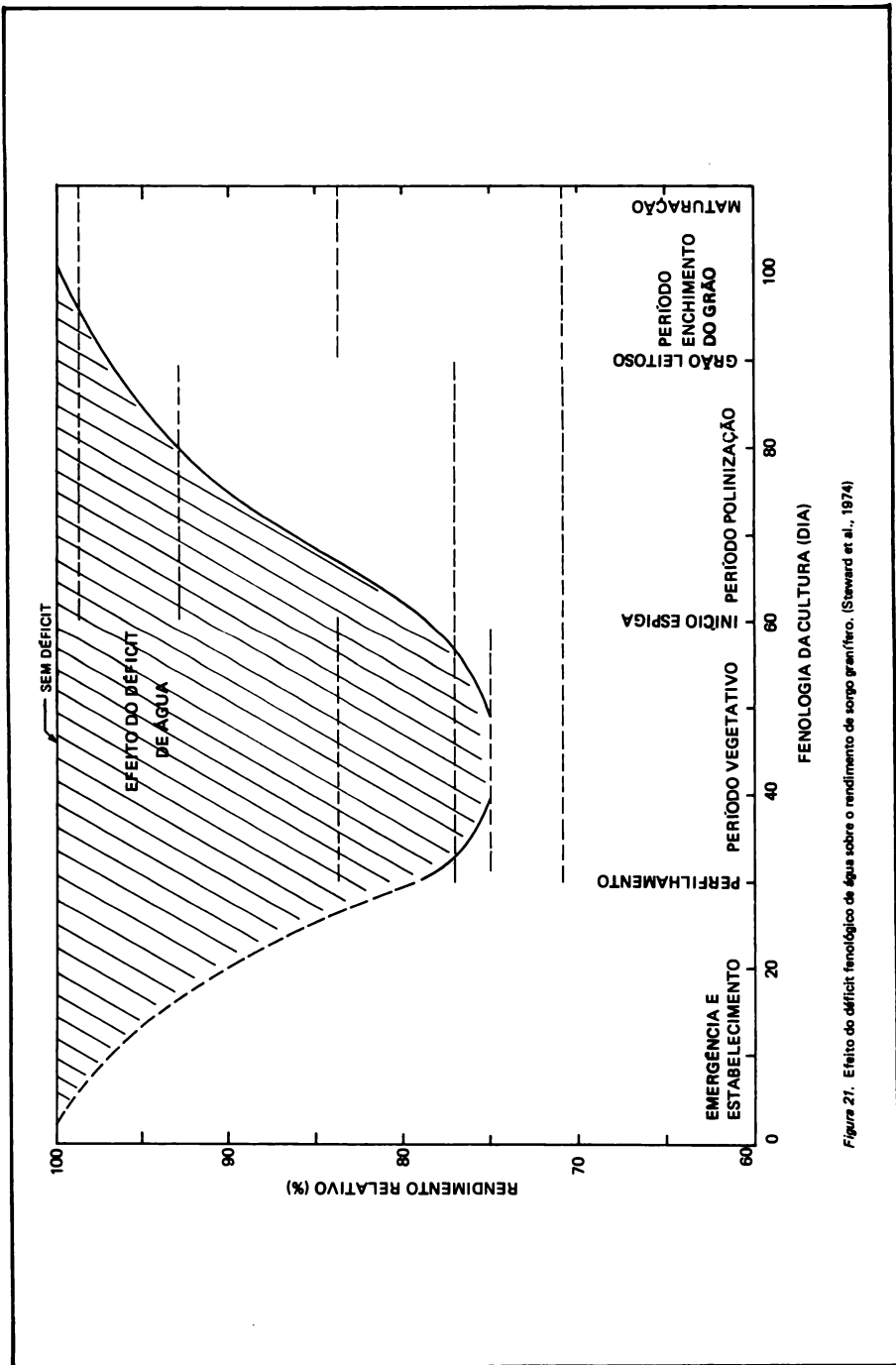


Figura 27. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento de sorgo gran/fero. (Steward et al., 1974)

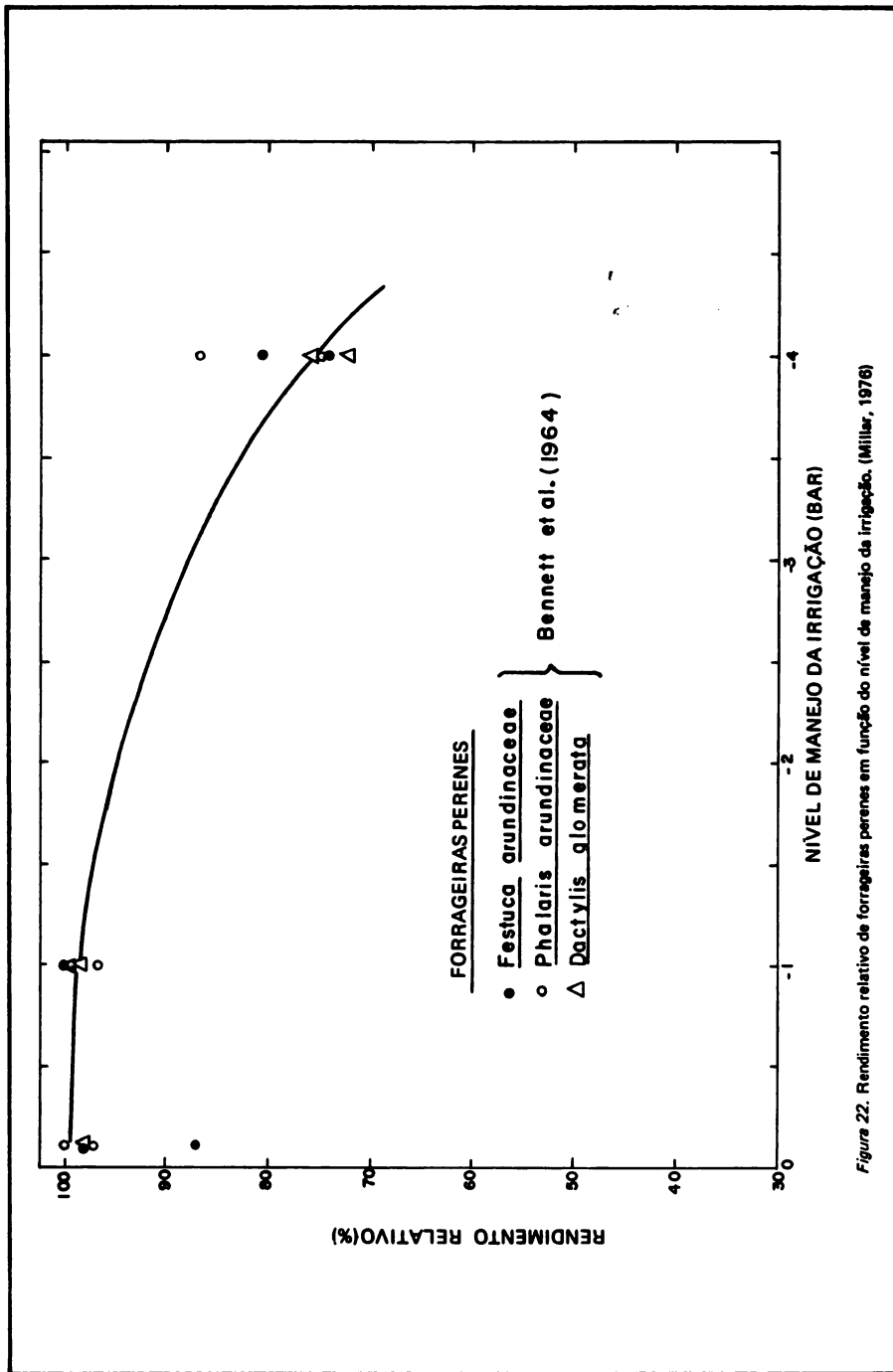


Figura 22. Rendimento relativo de forrageiras perenes em função do nível de manejo da irrigação. (Miller, 1976)

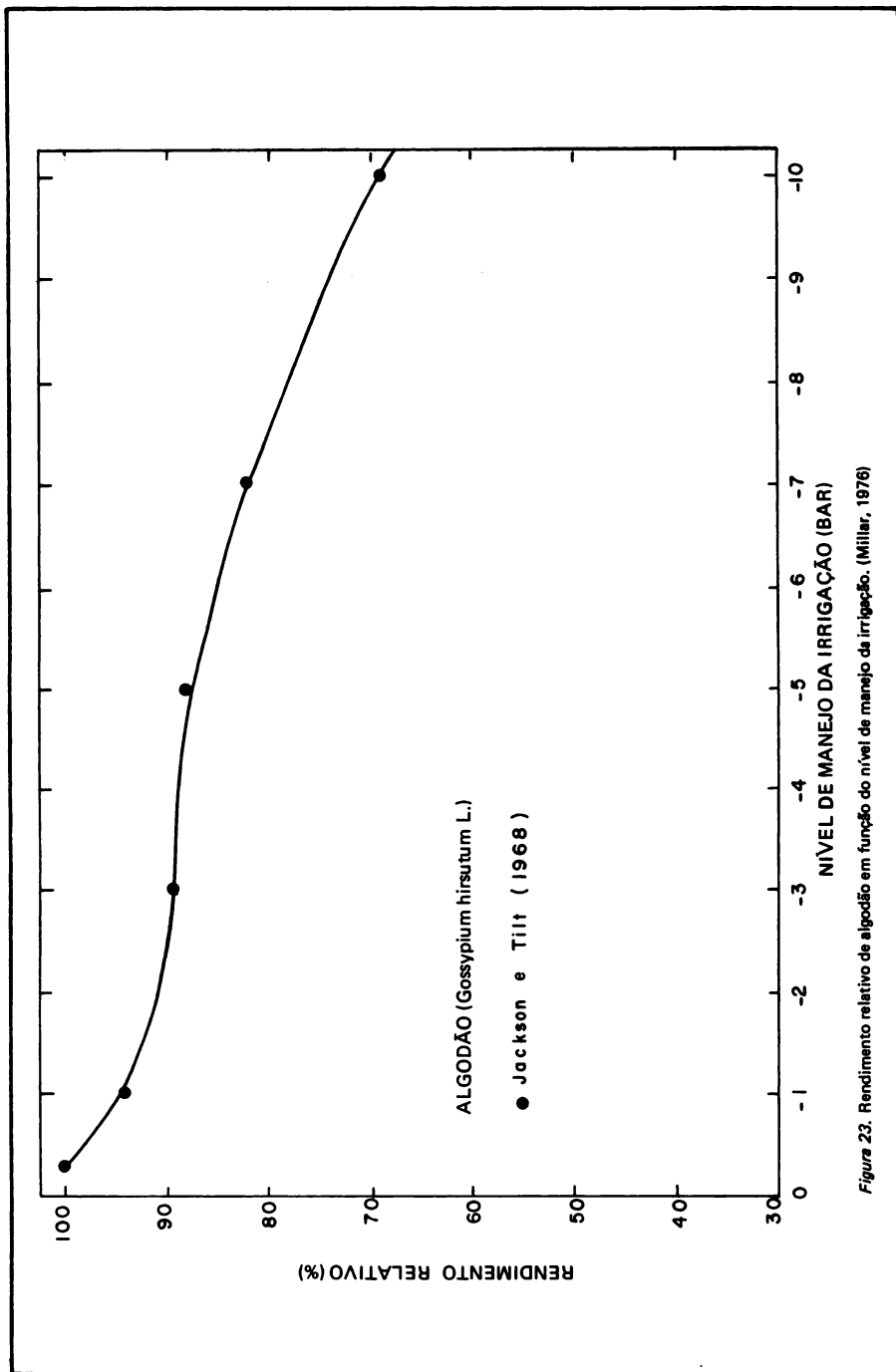


Figura 23. Rendimento relativo de algodão em função do nível de manejo da irrigação. (Miller, 1976)

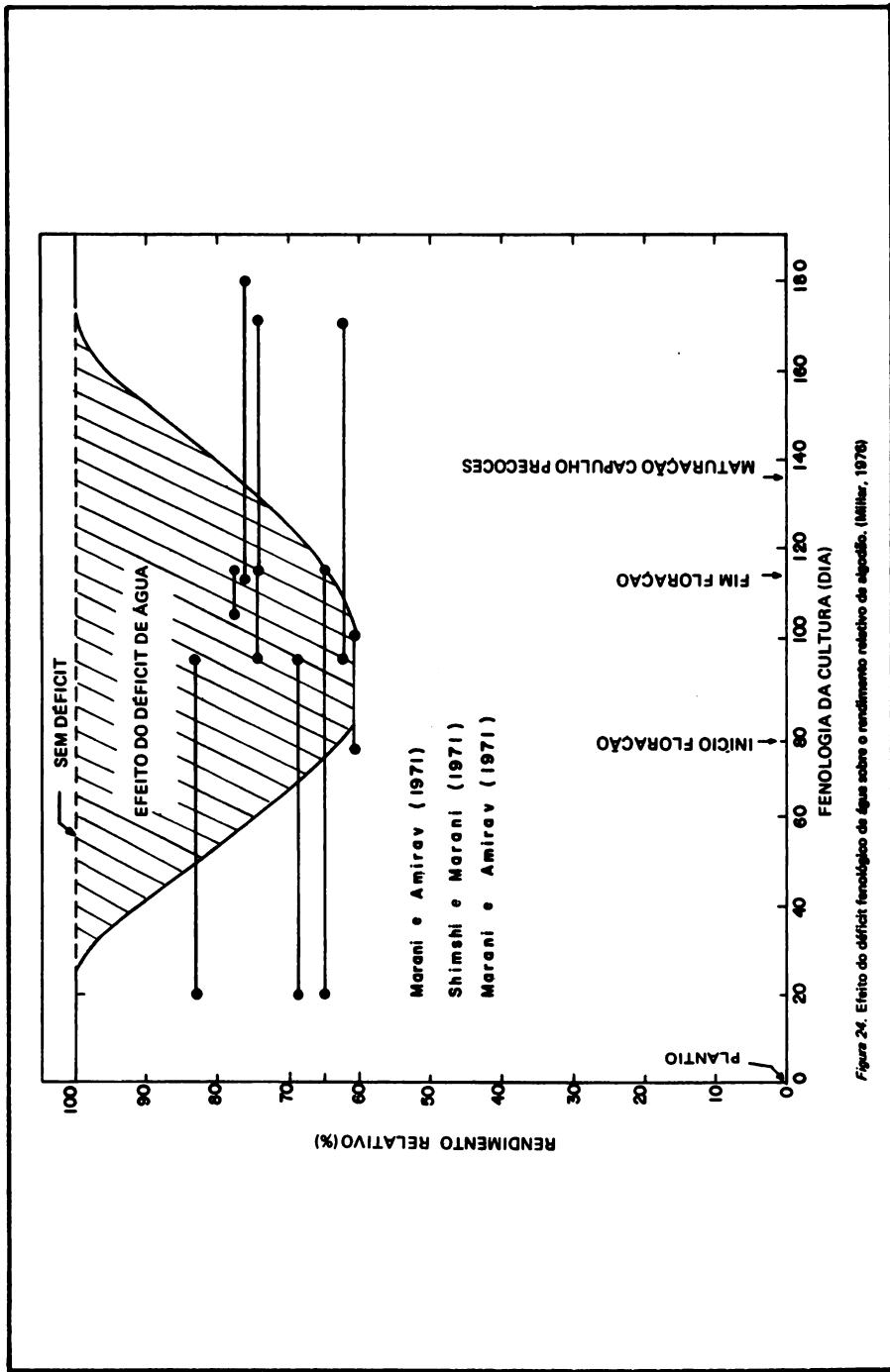


Figura 24. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de algodão. (Mikar, 1978)

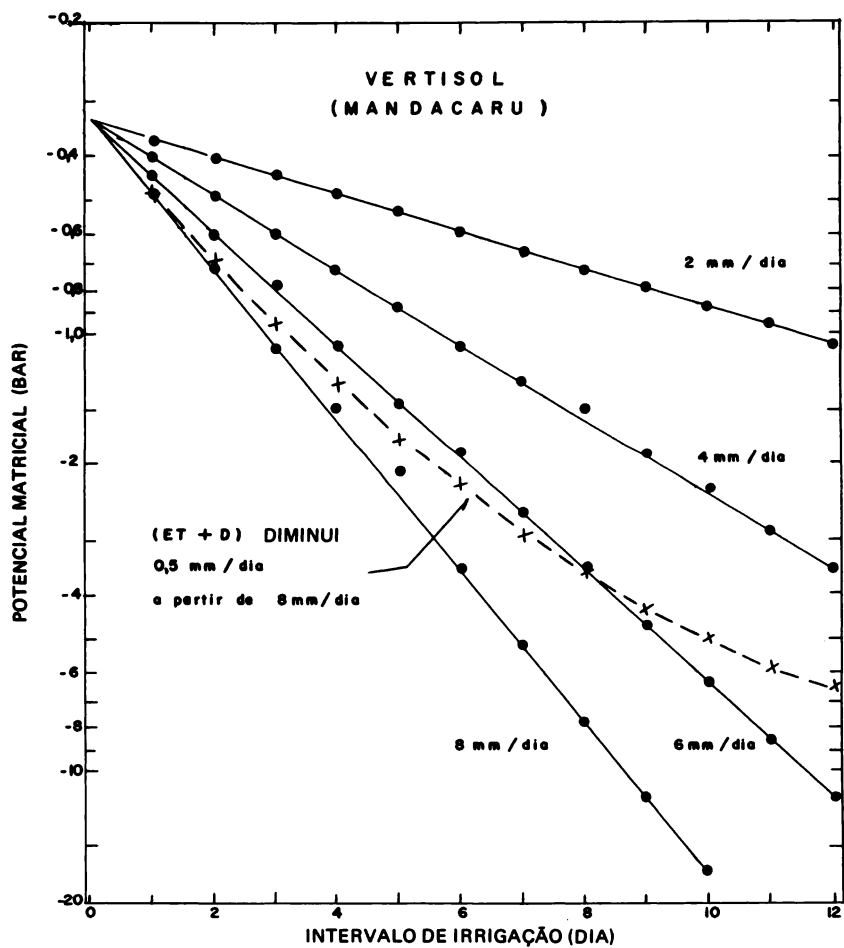


Figura 25. Variação do potencial matricial do solo, Vertisol, em função do tempo após a irrigação para diferentes demandas de água. (Millar, 1976)

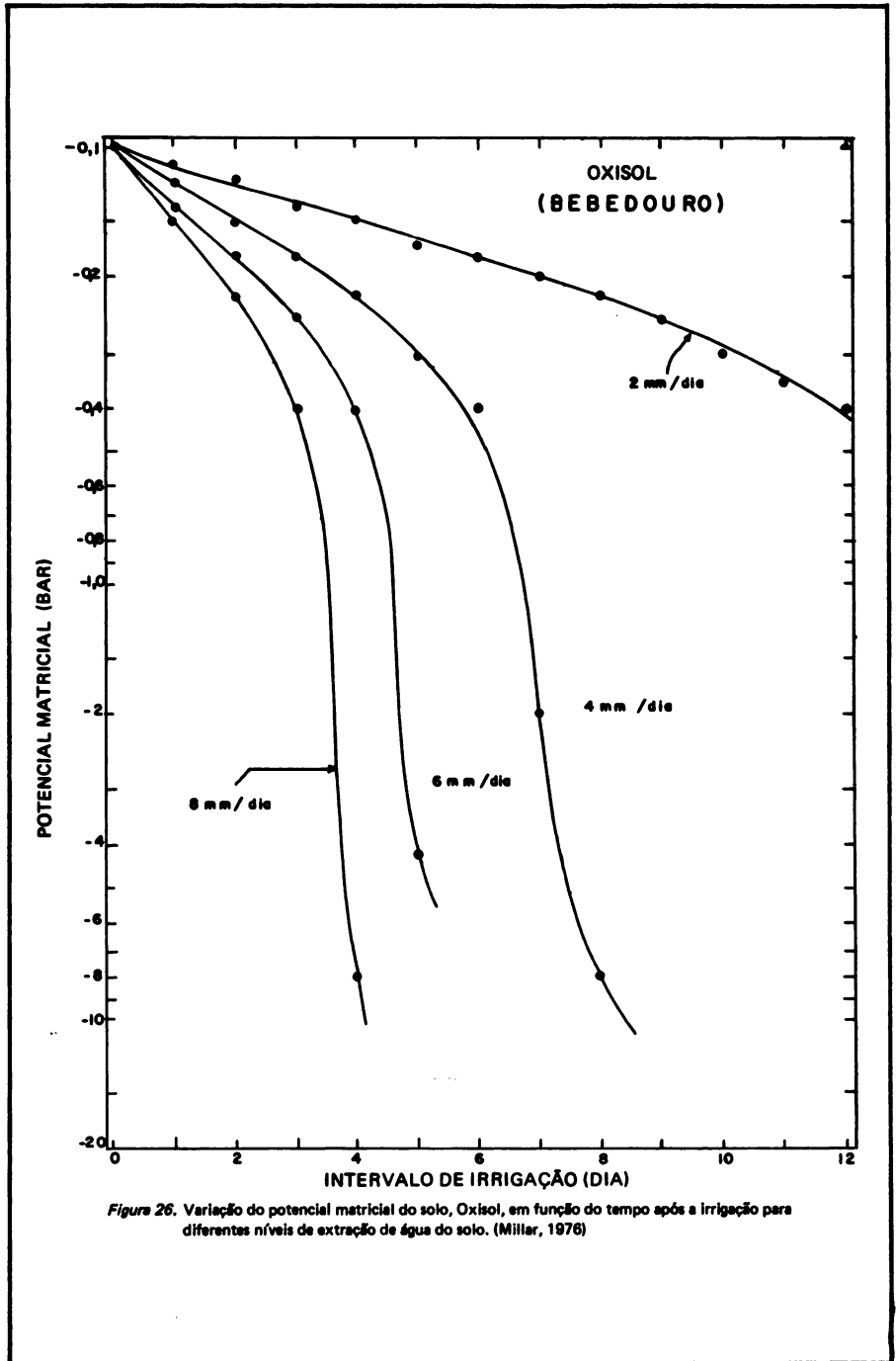


Figura 26. Variação do potencial matricial do solo, Oxisol, em função do tempo após a irrigação para diferentes níveis de extração de água do solo. (Miller, 1976)

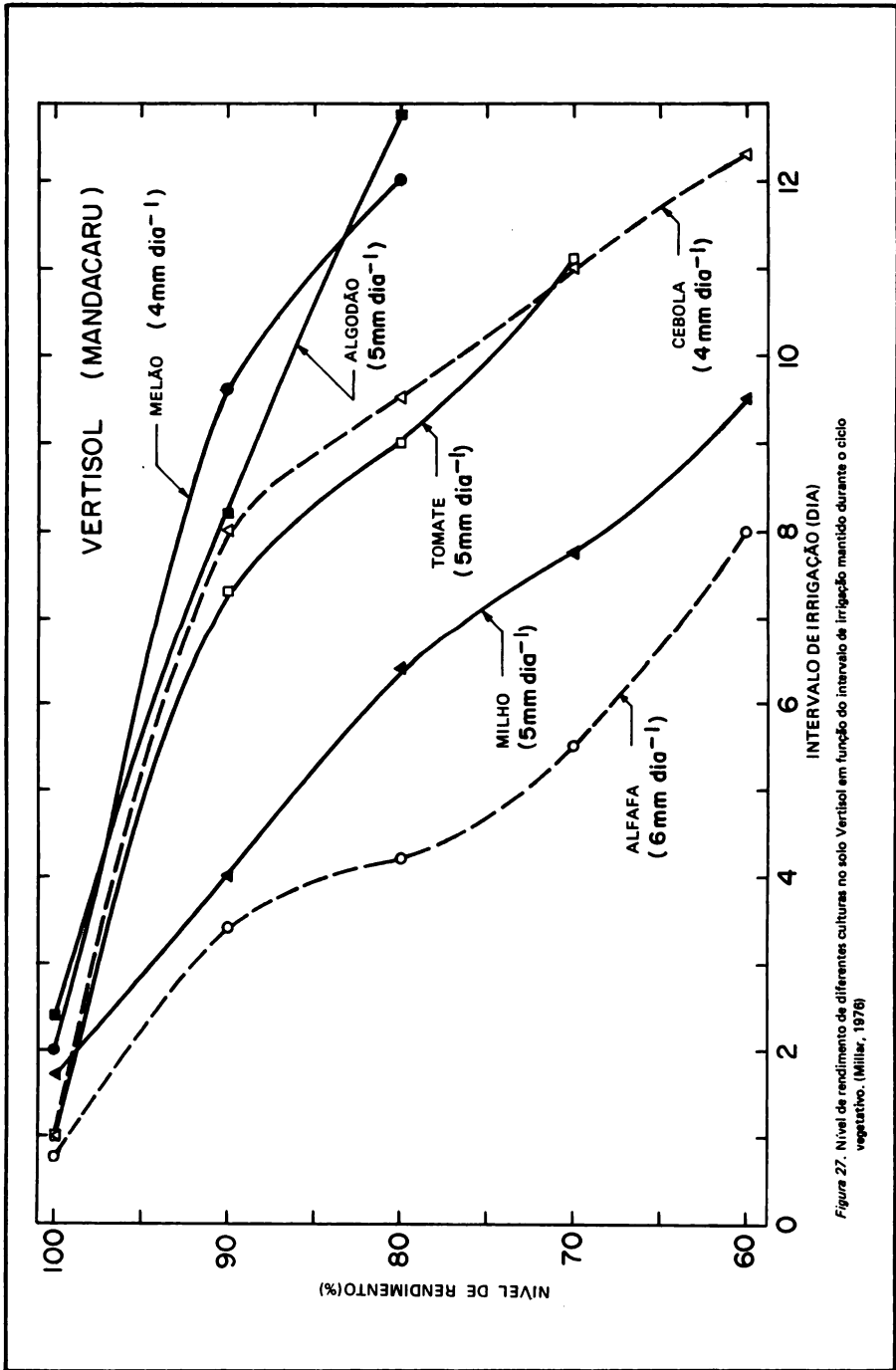


Figura 27. Nível de rendimento de diferentes culturas no solo Vertisol em função do intervalo de irrigação mantido durante o ciclo vegetativo. (Millar, 1978)

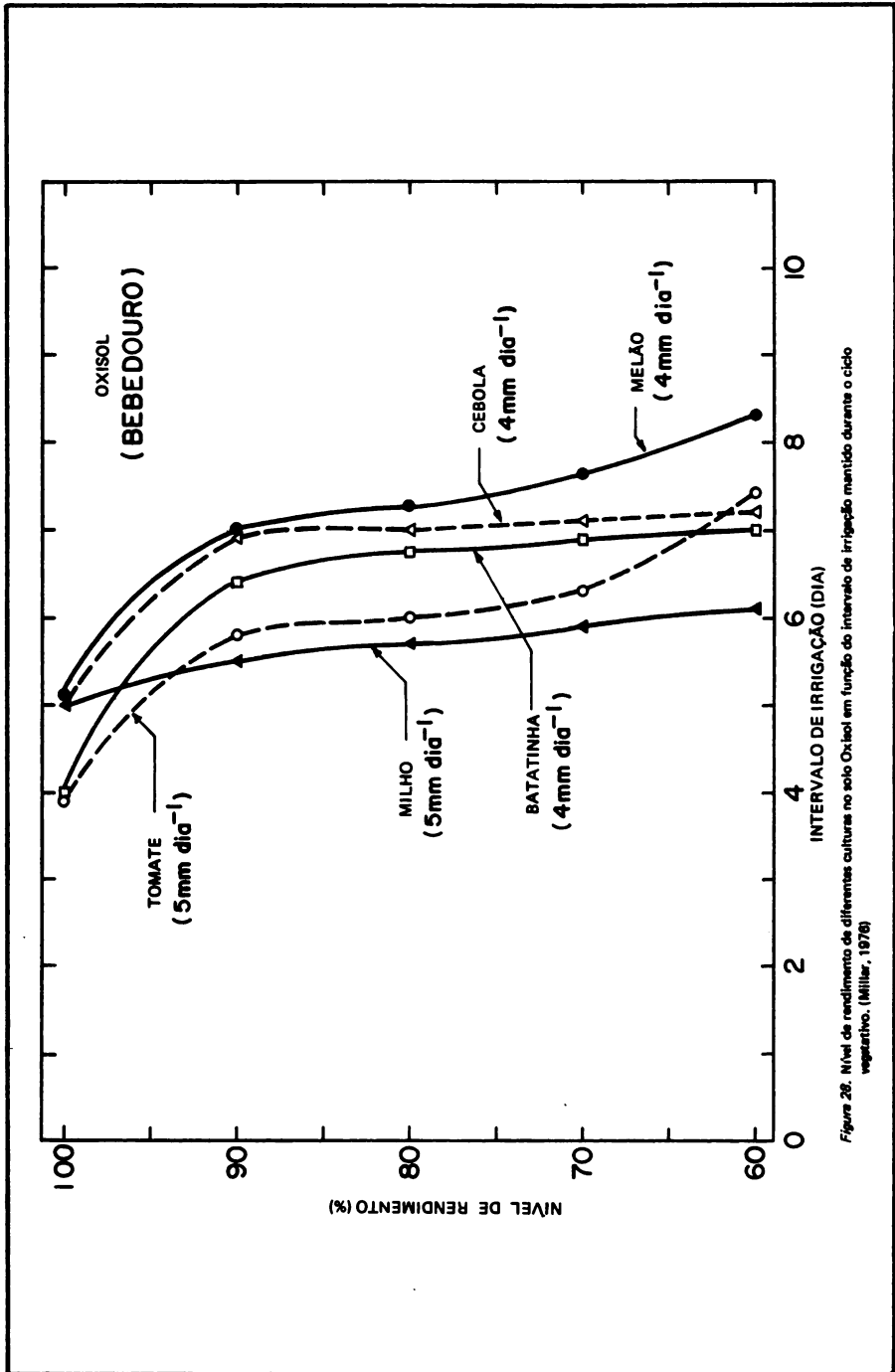


Figura 28. Nível de rendimento de diferentes culturas no solo Oxisol em função do intervalo de irrigação mantido durante o ciclo vegetativo. (Mittler, 1978)

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, T. A., A. A. MILLAR, E. N. CHOUDHURY e M. M. CHOUDHURY.** Análise da produção de cebola sob diferentes regimes de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 15(2):233-236. 1980.
- ANÔNIMO.** How much and When to irrigate. *Farm Management*, p. 32-34. 1954.
- ARAÚJO, ANTONIO ROBERTO de e A. JOSÉ SIMÕES.** Efeito da irrigação na produção de melão. Petrolina, PE, Departamento de Recursos Naturais, Divisão de Estudos Integrados. (relatório Técnico Estação Experimental de Mandacaru). 1971.
- ASPINALL, D., P. E. NICHOLLS and L. H. MAY.** The effects of soil moisture stress on the growth of barley. I. Vegetative development and grain yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 15:729-745. 1964.
- BAHRANI, B. and S. A. TAYLOR.** Influence of soil moisture potencial and evaporative demand on the actual evapotranspiration from an alfalfa field. *Agronomy Journal*. 53:233-237. 1961.
- BENNETT, O. L. and B. D. DOSS.** Effects of soil moisture regime on yield and evapotranspiration from cool-season perennial forage species. *Agronomy Journal* 55(3):275-278. 1963.
- BENNETT, O. L., B. D. DOSS, D. A. ASHLEY, V. J. KILMER and F. C. RICHARDSON.** Effects of soil moisture regime on yield, nutrient content and evapotranspiration for three anual forage species. *Agronomy Journal* 56(2):195-198. 1964.
- BIERHUIZEN, J. F. and N. M. de VOS.** The effects of soil moisture on the growth and yield of vegetable crops. Report, Conference on Supplemental Irrigation, Comission VI (Copenhagen). *Int. Soc. Soil Sci. Tech. Bull.* 2:83-92. 1959.
- BLASSER, R. E., W. H. SKRDLA and H. TAYLOR.** Ecological and physiological factors in compounding forage seed mixtures. *Advances in Agronomy* 4:179-219. 1952.
- BOX, J. E., H. SLETTEN, J. H. KYLE and POPE.** Effects of soil moisture, temperature, and fertility on yield and quality of irrigated potatoes in the Southern Plains. *Agronomy Journal* 55(5):492-494. 1963.
- CHOUDHURY, E. N. e A. A. MILLAR,** Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção e características industriais do tomate. *Anais do Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, IV*, 1978. 20p.
- CHOUDHURY, E. N., A. A. MILLAR e M. A. DA SILVA.** Comparação entre três sistemas de manejo da irrigação em áreas semi-comerciais da tomate. *Anais do Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, V*, 1980. 20p.
- CLAASSEN, M. M. and R. H. SHAW.** Water deficit effects on corn. II. Yield components. *Agronomy Journal* 62(5):625-655. 1970.
- CLAYPOOL, L. L. and O. M. MORRIS.** Some effects of irrigation upon yield and quality of potatoes produced in the Yakima Valley. *Proceedings of the American Society of Horticultural Sciences* 28:249-252. 1932.
- DEMMEAD, O. T. and R. H. SHAW.** The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal* 52:272-273. 1960.
- DOORENBOS, J. and W. O. PRUITT.** Crop water requirements. Rome, Food and Agricultural Organization of the United Nations. 179p. Irrigation and Drainage Paper 24. 1975.
- DREW, D. H.** Irrigation studies on summer cabbage. *Journal of Horticultural Science* 41:103-114. 1966.

- ERIE, L. J., O. F. FRENCH and K. HARRIS.** Consumptive use of water by crops in Arizona. Agriculture Experiment Station, the University of Arizona. 44p. Technical Bulletin 169. 1968.
- FERREIRA da COSTA FILHO, J. F. de SOUZA, D. C. KIDMAN e H. O. CARVALLO.** Efeito de níveis de umidade na produção de cebola. Petrolina, PE, EMBRAPA, Centro de Pesquisas do Trópico Semi-Arido (CPATSA). Apresentado no III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza. 1975.
- FISHER, R. A. and R. M. HAGAN.** Plant water relations, irrigation management and crop yield. *Experimental Agriculture* 1:161-177. 1965.
- FURTADO, JOSÉ e SALIM SIMÃO.** Influência da umidade do solo na produção do tomateiro. *Boletim Técnico (DNOCS)* 31(2):159-193. 1973.
- GARD, L. E., G. E. McKIBBEN and B. A. JONES.** Moisture loss and corn yields on a silt-pan soil as affected by three levels of water supply. *Soil Science Society American Proceedings* 25:154. 1961.
- GRASSI, C. J., D. L. MIHAJLOVICH y L. NIJENSOHN.** Respuesta del tomate (CV. Roma) a diferentes regímenes de riego. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Serie 2. Biología y Producción Vegetal* 4(15):269-291. 1967.
- HADDOCK, J. L., S. A. TAYLOR and C. H. MILLIGAN.** Irrigation, fertilization and soil management of crops in rotation Utah Agr. Exp. Sta. Bull. 1972.
- HAISE, H. R. and R. M. HAGAN.** Soil, Plant, and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation. pp. 577-604. In: R. M. Hagan et al. ed. *Irrigation of Agricultural Lands*. Madison, Wisconsin, American Society Agronomy. (Agronomy Series nº 11). 1967.
- HAGAN, R. M., M. L. PETERSON, R. P. UPCHURCH and L. G. JONES.** Relationships of soil moisture stress to different aspects of growth in ladino clover. *Soil Science Society of American Proceedings* 21:360-365. 1957.
- HANWAY, J. J.** How a corn plant develops. Iowa State University. Special Report nº48. Iowa State University of Sciences and Technology. Coop. Exp. Ser. Ames, Iowa. 1966.
- HAWTHORNE, L. R.** Studies of soil moisture and spacing for seed crops of carrots and onions U.S. Dept. Agr. Circ. 892.p.26.1951.
- HENCKEL, P. A.** Physiology of plants under drought. *Annual Review of Plant Physiology* 15:363-386. 1964.
- HILDRETH, A. C., J. R. MAGNESS and J. W. MITCHELL.** Effects of climatic factors on growing plants. In climate and man. USDA Yearbook. 1941.
- HOWE, O. W., and H. F. RHOADES.** Irrigation practice for corn production in relation to stage of plant development. *Soil Science Society of American Proceedings* 19:94-98. 1955.
- HUGUET, C.** Essais d'évaluation des besoins en eau de cultures maraichères sous climat méditerranéen. *Ann. Agron. (Paris)* 12:99-107. 1961.
- HUTCHEON, W. L. and D. A. RENNIE.** The relationship of soil moisture stress and nutrient availability to growth characteristics and quality of wheat. Madison, Wisconsin, 7th International Congress Soil Science IV:488-494. 1960.
- JACKSON, E. B. and P. A. TILT.** Effects of irrigation intensity and nitrogen level on the performance of eight varieties of Upland Cotton, *Gossypium Hirsutum*. *L. Agron. Journal* 60(1):13-17. 1968.
- JANES, R. E. and W. O. DRINKWATER.** Irrigation studies in vegetables in Connecticut. Connecticut Agricultural Exp. Stat. Bulletin 338. 1959.
- JENSEN, R. E., A. A. MILLAR and A. BAUER.** The effect of water deficits at different stages of growth on the barley yield. Fargo, North Dakota, Soil Department, North Dakota State University. (Unpublished data). 1967.
- JONES, S. T. and W. A. JOHNSON.** Effects of irrigation at different minimum levels of soil moisture and of imposed droughts on yield of onions and potatoes. *Proceedings American Society of Horticultural Sciences* 71:440-445. 1958.
- JONES, J. N. Jr., J. E. MOODY and J. F. LILLARD.** Corn and burley tobacco plot studies. Research Report, 1953-1957, Virginia Agricultural Exp. Station, pp. 52-53. 1957.
- JONES, J. N., G. N. SPARROW and J. D. MILES.** Principles of tobacco irrigation U.S. Department of Agricultural Informative Bulletin 228.p. 16. 1960.
- KASIMATIS, A. N.** Grapes and berries. Part 1. Grapes. In *Irrigation of Agricultural Lands*,

- R. M. Hagan, N. R. Haise and T. W. Edminster (ed), Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. pp. 719-733. 1967.
- KATTAN, A. A. and J. W. FLEMING.** Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth, and composition of snapbeans. *Proceedings American Society for Horticultural Science* 68:329-342. 1956.
- LEEPER, R. A., E. C. A. RUNGE and W. M. WALKER.** Effect of plant available stored soil moisture on corn yields. I. Constant Climatic Conditions. *Agronomy Journal* 66(6):723-727. 1974.
- LEHANE, J. J. and W. J. STAPLE.** Effects of soil moisture tensions on growth of wheat. *Canadian Journal of Soil Science* 42:180-188. 1962.
- LIS, B. R. de, I. PONCE and R. M. TIZIO.** Studies on water requirements of horticultural crops. I. Influence of drought at different growth stages of potatoes on tuber's yield. *Agron. Journal* 56(4):377-381. 1964.
- LIS, B. R. de, I. PONCE, J. B. CAVAGNARD and R. M. TIZIO.** Studies of water requirements of horticultural crops. II. Influence of drought at different growth stages of onion. *Agron. Journal* 59(6):573-576. 1967.
- LOW, A. J. and E. R. ARMITAGE.** Irrigation of grassland. *Outlook on Agriculture* 2:213-218. 1959.
- MACK, H. J., L. L. BOERSMA, J. W. WOLFE, W. A. SISTRUNK, and D. D. EVANS.** Effects of soil moisture and nitrogen fertilizer on Pole beans. Corvallis, Oregon State University, Agricultural Exp. Station. 28p. (Technical Bulletin 97) 1966.
- MacGILLIVRAY, J. H.** Effect of irrigation on the yield of onion seed. *Proceedings American Society of Horticultural Sciences* 51:423-427. 1948.
- MAGALHÃES, A. A. e A. A. MILLAR.** Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 13(2):55-60. 1978.
- MAGALHÃES, A. A., A. A. MILLAR, E. N. CHOUDHURY e M. M. CHOUDHURY.** Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção do feijão. *Turrialba* 29(4):269-273. 1979.
- MARANI, A. and M. HORWITZ.** Growth and yield of cotton as affected by the time of a single irrigation. *Agron. Journal* 55:219-222. 1963.
- MARANI, A. and A. AMIRAV.** Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. I. The Coastal Plain Region. *Exp. Agriculture*. 7:213-224. 1971.
- MARANI, A. and A. AMIRAV.** Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. III. The Bet-She'an Valley. *Exp. Agriculture* 7:289-301. 1971.
- MARSH, A. W.** Tensiometers: Key to increased profits. *Western Grower and Shipper* 32:15-17, 34. 1961.
- MIHAJLOVICH, D. L. E., M. J. C. ORIOLANI, L. NIJENSOHN y H. GALMARINI.** Respuesta del tomate cv. Roma en cultivo comercial a diferentes regímenes de riego. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 2. Biología y Producción Vegetal* IV(15):293-303. 1967.
- MILLAR, A. A.** Respuesta de los cultivos al déficit de agua como información básica para el manejo del riego. Brasília, CODEVASF/FAO/USAID/ABID, 1976. 62p. Conferencia presentada en el Seminario sobre Manejo de Agua, Brasília, Mayo, 3-5. 1976.
- MILLAR, A. A. e E. N. CHOUDHURY.** A model to define operational irrigation frequency for maximum yield of crops. *Turrialba* 30(4):391-398. 1980.
- NELSON, W. F.** The effects of soil moisture stress at critical stages of growth of some vegetable crops. Ph. D. Thesis. Rutgers State University, N. Jersey. 1962.
- NIJENSOHN, L., D. L. MIHAJLOVICH, H. GALMARINI y C. J. GRASSI.** Respuesta de la papa (cv. White Rose) a diferentes regímenes de riego. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA. Série 2, Biología y Producción Vegetal* 3(6):63-108. 1966.
- NIJENSOHN, L., D. L. MIHAJLOVICH y C. J. GRASSI.** Respuesta de la cebolla (cv. Valenciana) a diferentes regímenes de riego. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA. Série 2. Biología y Producción Vegetal* 4(7):87-116. 1967.
- PETERSON, R. F.** *Wheat*. N. Y. Interscience Publishers. 1965.
- FEW, W. D.** Effects of soil moisture on cantaloupe growth and production. *Western Grower and Shipper* 29:22-24. 1958.
- RAWITZ, E. and D. I. HILLEL.** Comparison of indexes relating plant response to soil moisture status. *Agron. Journal* 61(2):231-235. 1969.

- RHOADES, H. F., O. W. HOME, J. A. BONDURANT and F. B. HAMILTON.** Fertilization and irrigation practices for corn production on newly irrigated land in the Republican Valley. Nebraska Agricultural Exp. Stat. (Bulletin 421) 1954.
- RICHARDS, S. J., J. E. WARNEKE, and T. F. BINGHAM.** Avocado tree growth response to irrigation. California Avocado Soc. Yearbook 46:83-87. 1962.
- ROBINS, J. S., and C. E. DOMINGO.** Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages of corn. Agron. Journal 45:618-621. 1953.
- ROBINS, J. S. and C. E. DOMINGO.** Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. Agron. Journal 48:67-70. 1956.
- ROBINS, J. S. and C. E. DOMINGO.** Moisture and nitrogen effects on irrigated spring wheat. Agronomy Journal, 54:135. 1962.
- RUNGE, E. C. A. and R. T. ODELL.** The relation between precipitation, temperature, and yield of corn the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois. Agron. Journal 52:245-247. 1958.
- SALE, P. J. M.** The response of summer lettuce to irrigation at different stages of growth. Journal of Horticultural Science 41:43-52. 1966.
- SALTER, P. J.** The irrigation of early summer cauliflower in relation to stage of growth, plant spacing, and nitrogen level. Journal of Horticultural Science 36:241-253. 1961.
- SALTER, P. J.** Some responses of peas to irrigation at different growth stages. Journal of Horticultural Science 37:141-149. 1962.
- SALTER, P. J.** The effects of wet or dry soil conditions at different growth on the components of yield of a pea crop. Journal of Horticultural Science 38:321-334. 1963.
- SCHMUELI, E.** Irrigation studies in the Jordan Valley: I. Physiological activity of banana in relation to soil moisture. Bulletin Research Council of Israel 3:228-247. 1953.
- SHIMSHI, D. and A. MARANI.** Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. II. Northern Negev Region. Exp. Agriculture 7:225-239. 1971.
- SIMÕES, A. JOSÉ e OUTROS.** Comportamento do trigo nos grumossolos do Baixo Médio São Francisco, Petrolina, PE, GEIDA/SUDENE, IICA/CIDIAT. 28p. (mimeografado). 1973.
- SINGH, R., and R. B. ALDERFER.** Effects of soil moisture stress at different periods of growth of some vegetable crops. Soil Science 101:69-80. 1966.
- SOMMERFELDT, T. G.** Effect of irrigation, plant population and row spacing on corn yield. North Dakota Farm Research 21(5):16. 1960.
- SPIEGEL, P.** The water requirement of olive tree, critical periods of moisture stress, and the effect of irrigation upon the oil content of its fruit. In Report 2, Fourteenth Internaciona Horticultural Congress. Scheveningen, The Netherlands. 1955.
- STEWART, J. I., P. D. MISRA, W. O. PRUITT, and R. M. HAGAN.** Irrigating corn and grain sorghum with limited water, American Society of Agricultural Engineers, Annual Meeting, June 23-26, 1974. (Paper n^o 74-2024).
- STOLZY, L. H., O. C. TAYLOR, M. J. GARBER, and P. B. LOMBARD.** Previous treatments as factors in subsequent irrigation level studies in orange production. Amer. Hort. Soc. 82:199-203.
- STRUCHTEMEYER, R. A.** Efficiency of the use water by potatoes. American Potato Journal 38:22-24. 1960.
- TAYLOR, S. A. and B. ROGNERUND.** Water management for potato production. Utah Farm and Home Science 20:82-84. 1959.
- TAYLOR, S. A., J. L. HADDOCK, and M. W. PEDERSEN.** Alfalfa irrigation for maximum seed production. Agronomy Journal 51:357-360. 1959.
- TAYLOR, S. A.** Managing irrigation water on the farm. Amer. Soc. Agr. Eng. Trans. 8:433-436. 1965.
- URIU, K.** Effect of post-harvest soil moisture depletion on subsequent yield of apricots. Proceedings, American Society for Horticultural Science 84:93-97. 1964.
- VAADIA, Y. and A. N. KASIMATIS.** Vineyard irrigation trials. The American Journal of Enology and Viticulture 12:88-89. 1961.
- VAN DER PAAUW, F.** Water relations of oats with special attention to the influence of periods of drought. Plant and Soil 1:303-341. 1949.
- VISSAR, W. C.** Crop growth and availability of moisture. Institute of Land and Water Management Research (Wageningen). Technical Bulletin 6. 1959.

- VITTUM, M. T., W. T. TAPLEY, and N. H. PECK.** Response of tomato varieties to irrigation and fertility level. N. Y. Agricultural Exp. Stat. (Geneva), Bulletin 728. 1958.
- VITTUM, M. T., R. B. ALDERFER, B. E. JANES, C. W. REYNOLDS, and R. A. STRUCHTE-MEYER.** Crop response to irrigation in the Northeast. N. Y. State Agricultural Exp. Station Bulletin 800. 1963.
- VOUGH, L. R. and G. C. MARTEN.** Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. Agr. Journal 63(1):40-42. 1971.
- WELLS, S. A., and S. DUBETZ.** Reaction of barley varieties to soil water stress. Canadian Journal of Plant Science 112:48-49, 1966.
- WIIDAKAS, W.** Early maturing corn more dependable. North Dakota Farm Research 20 (may-june issue). 1958.
- WINTER, E. J.** The irrigation of potatoes. Agriculture, London 66:549-51. 1960
- WRIGHT, J. R., J. C. LINGLE, W. J. FLOCKER and S. L. LEONARD.** The effect of irrigation and nitrogen fertilization treatments on the yield maturation and quality of canning tomatoes. American Society of Horticultural Sciences 81:451-457. 1962.



COMPOSTO E IMPRESSO:
Gráfica e Editora Independente Ltda
810 - Q. 4 - Lote 78 - Brasília-DF
Fone: (060) 226-6700

