MINISTÉRIO DO INTERIOR
SERSE – DNOS

CONVÊNIO
MINTER/SERSE/DNOS/IICA

INSTITUTO INTERAMERICANO
DE COOPERAÇÃO PARA A
AGRICULTURA (IICA)

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA AGRICULTURA IRRIGADA NO NORTE FLUMINENSE

INFORMAÇÕES BÁSICAS DAS CULTURAS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO 1/

Agustín A. Millar 2/

DOCUMENTO DE ENSINO Nº 1

Brasília, DF
1983

CONVÊNIO
MINTER/IICA

MINISTÉRIO DO INTERIOR
— MINTER —

INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA
— IICA —

CONVÊNIO MINTER/SERSE/DNOS/IICA

INFORMAÇÕES BÁSICAS DAS CULTURAS PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO 1/

Agustín A. Millar 2/

1/ Contribuição do Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA), Escritório do IICA no Brasil, C.Postal 09-1070 Brasília,DF.

2/ Eng. Agrônomo, Ph.D., Especialista em Conservação e Manejo de Terras e Águas, IICA Brasília, DF.

1

Brasília, DF
1983

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas irrigadas e a qualidade dos produtos agrícolas aumentou 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 afim de maximinizar 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 portencial matricial ou sucção do solo- para obter produtividade máxima.

Na Tabela 1 apresentam-se os níveis de potencial matricial aos 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. Em 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

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 el al. (1963) 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)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 el al.(1963) 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) Vittum el al.(1963)
Pepino	-(1,0-3,0)	Doorembos 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)
Cerais menores (vegetativo)	-0,40-0,50)	Taylor (1965)
Cereais menores (maturação)	-(8,0-12,0)	Taylor (1965)
Feijão	-(0,75-2,0)	Vittum el al. (1963)

Cultura	Potencial Matricial (Bar)	Referência Bibliográfica
Frutas e Frutais		
Morango	-(0,20-0,30)	Haise e Hagan (1967)
Cantaloupe	-(0,35-0,40)	Marsh (1961) Pew (1958)
Banana	-(0,30-1,50)	Schmueli (1953)
Videira (novas)	-(0,40-0,50)	Haise, 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	-(o,50-1,50)	Doorenbos e Pruitt (1975)

possibilidades, definidas pelas condições de operação e clima.

A informação necessária para manejo da irrigação ajustada às 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 tem 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, mas é 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 incluidos nesta publicação.

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 das 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 provinientes de diferentes anos.

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 (1959) Vittum at al. (1963), Drew (1966)
Ervilha	Início floração e durante aumento da vagem	Salter (1962, 1963)
Alface	Antes da colheita	Sale (1966)
	Durante a formação da cabeça	Singh e Alderfer (1966)
Cebola	Durante a formação do bulbo	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	Setruchtemeyer (1960), Lis et al.,(1964)
	Floração e tuberização	Nijensohn et al.,(1966)
	Floração a colheira	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)

Tabela 2. Continuação.../

CULTURA	PERÍODO CRÍTICO	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Grãos		
Trigo	Espiga e formação do grão	Lehane e Staple (1962)
	Duas semanas antes da polinização	Doorenbos e Pruitt (1975)
Cevada	Espiga a grão no estado leitoso	Jensen, Millar e Bauer (1967)
	Grão no estado leitoso	Wells e Dubetz (1966)
Aveia	Início emergência da espiga	Van der Paauw (1949)
	Emergência espiga a espiga completa	Doorenbos e Pruitt (1975)
Milho	Antes da formação do polém e durante a formação da espiga	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	Kattan e Fleming (1956)
	Floração e formação da vagem > déficit cedo > maturação	
	Período maturação > cedo se não houver déficit prévio	Doorenbos e Pruitt (1975)
Frutas e Frutais		
Morango	Desenvolvimento fruto a maturação	Doorenbos e Pruitt (1975)
Melão	Floração a colheita	Doorenbos e Pruitt (1975)
Videira	Início crescimento. Após formação do grão	Kasimatis (1967), Vaadia e Kasimatis (1961)

Tabela 2. Continuação..../

CULTURA	PERIODO CRÍTICO	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Cítricos	Floração e formação do fruto	Salter e Goode (1967)
	Alta floração pode-se induzir-se com corte da irrigação antes da floração(limoeiro)	Doorenbos e Pruitt (1975)
Damasqueiro	Período de floração e desenvolvimento dos botões florais	Uris (1964)
Cerejeira e Pessegueiro	Período de crescimento rápido antes da maturação	Hildreth, Magness e Mitchell(1941)
Forrageiras		
Alfafa	Imediatamente após os cortes para ensilagem	Doorenbos e Pruitt (1975)
Alfafa (sementes)	Início período de floração	Doorenbos e Pruitt (1975)
Sorgo	Raízes secundárias e perfilhamento > espiga floração e formação do grão > período de emchimento do 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	Salter e Goode (1967)
	3-4 semanas após a emergência	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 > estagios anterio res > após formação capulho	Doorenbos e Pruitt (1975)
	Inicio da floração	Marini e Horwitz (1963)
	Pré floração	Salter e Goode (1967)
Girassol	Formação das flores e maturação das sementes	Salter e Goode (1967)

Tabela 2. Continuação..../

CULTURA	PERIODO CRÍTICO	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Soja	Período de maior crescimento vegetativo e floração	Salter e Goode (1967)
Oliveira	Imediatamente antes da floração e durante o crescimento do fruto	Doorenbos e Pruitt (1975)
	Últimos períodos da maturação dos frutos	Spiegel (1955)

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 o qual deve-se, principalmente, ao fato que na proximidade do nível de umidade pré-fixado(indicador de aplicação de irrigação)coincidiu com a 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 implicam 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 antes ou após 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 solo aos quais deve-se aplicar a irrigação nem sempre era apresentada em termos de potencial matricial ou sucção. A informação mais comunmente encontrada foi na forma de percentagem de água aproveitável, atingida antes de aplicar a irrigação. Nesses casos, e quando incluia-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 conhecida somente o nível de água disponível, pré-fixada 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 (definida 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 aos quais dever-se-ia aplicar a irrigação para assesgurar um nível de produtividade, pré-determinados em 100 (potencial), 90,80,70,60 e 50%.

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:

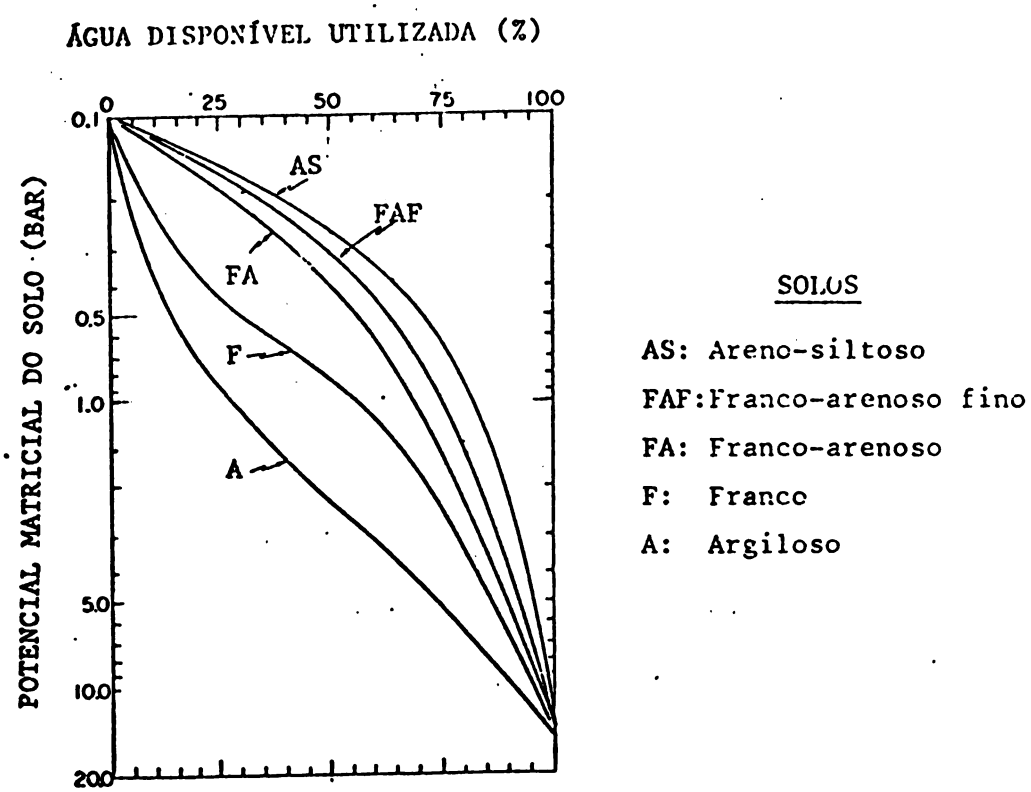

Figura 1. Relação entre níveis de água disponível e potencial matricial para diferentes texturas do solo.

- 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, respeito do potencial, que pode-se obter sob determinadas condições de demanda atmosférica(clima).

- Intervalo de irrigação, baseada 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 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 ao 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 ao 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 ao 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 ao 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 ao qual aplicou-se a irrigação).

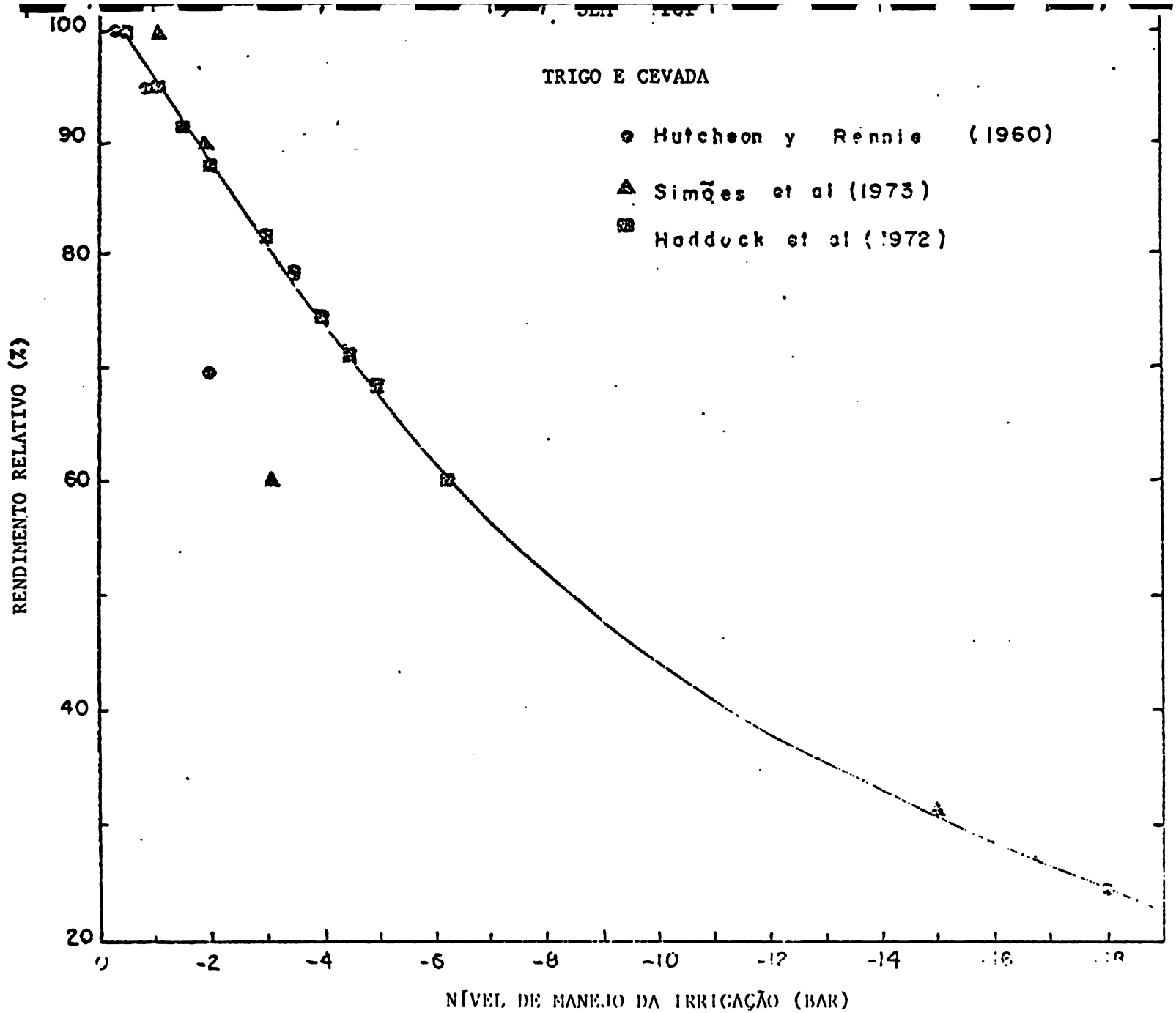

Figura 2. Rendimento relativo de trigo e cevada em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

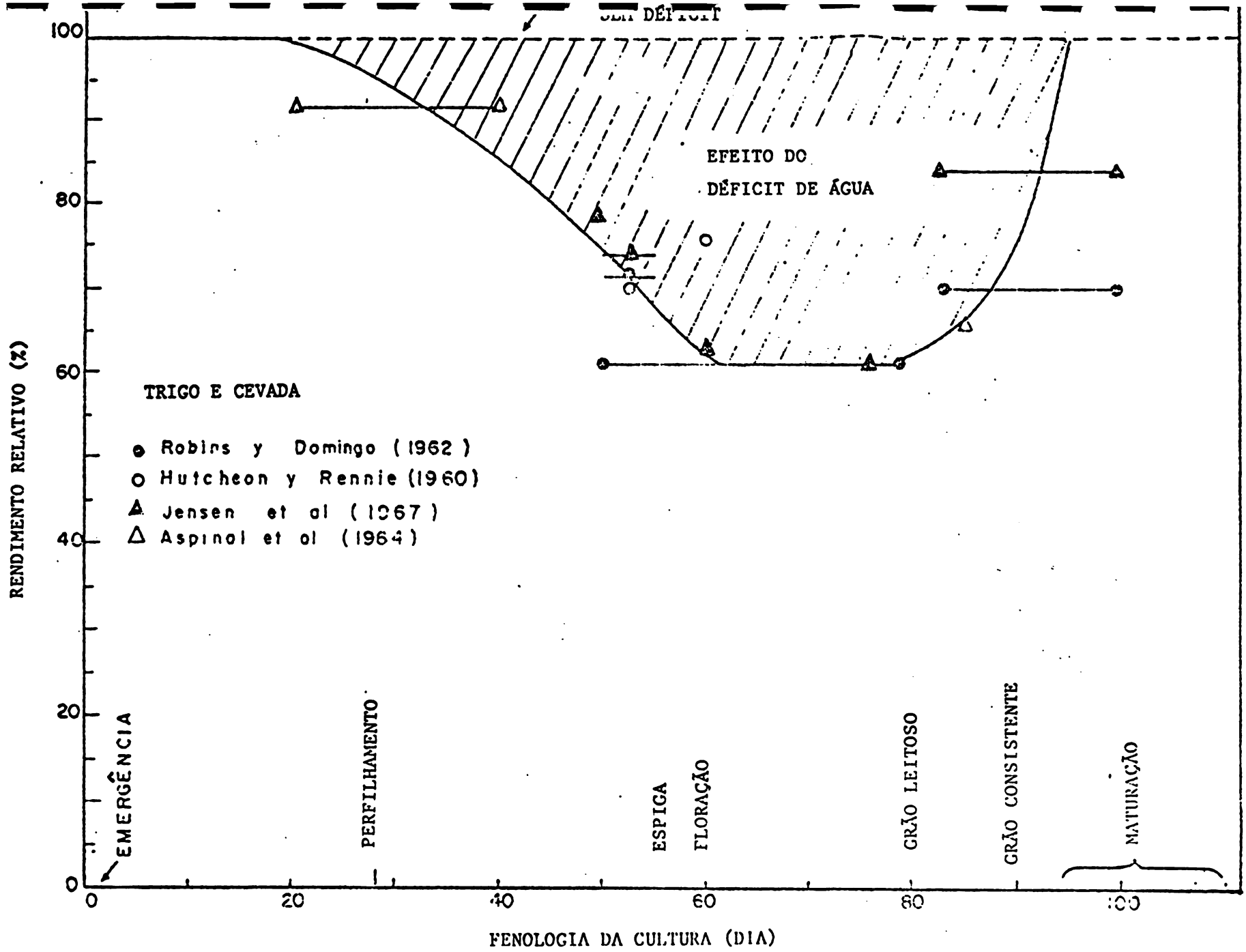

Figura 3. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de trigo e cevada. (Millar, 1976)

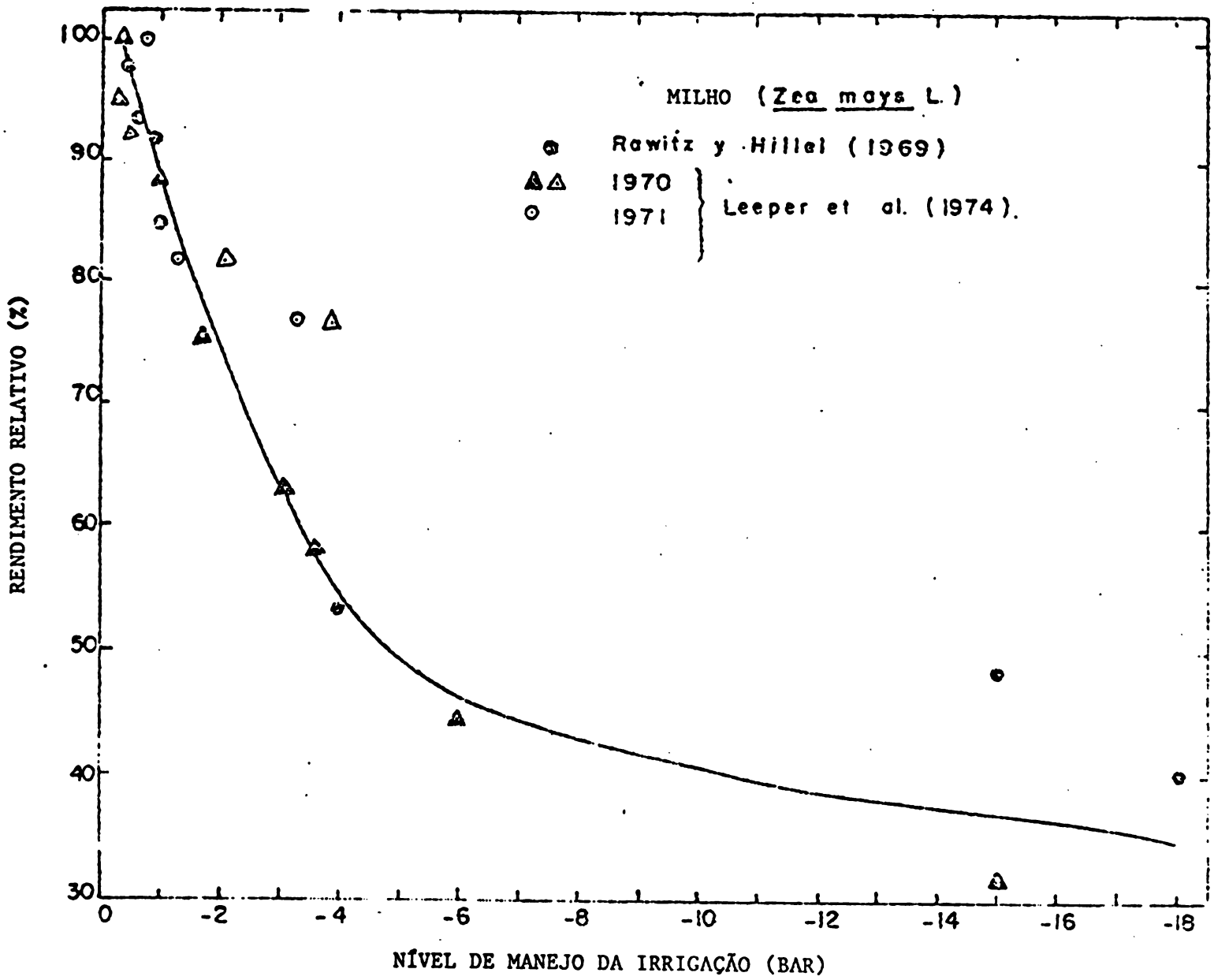

Figura 4. Rendimento relativo do milho em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

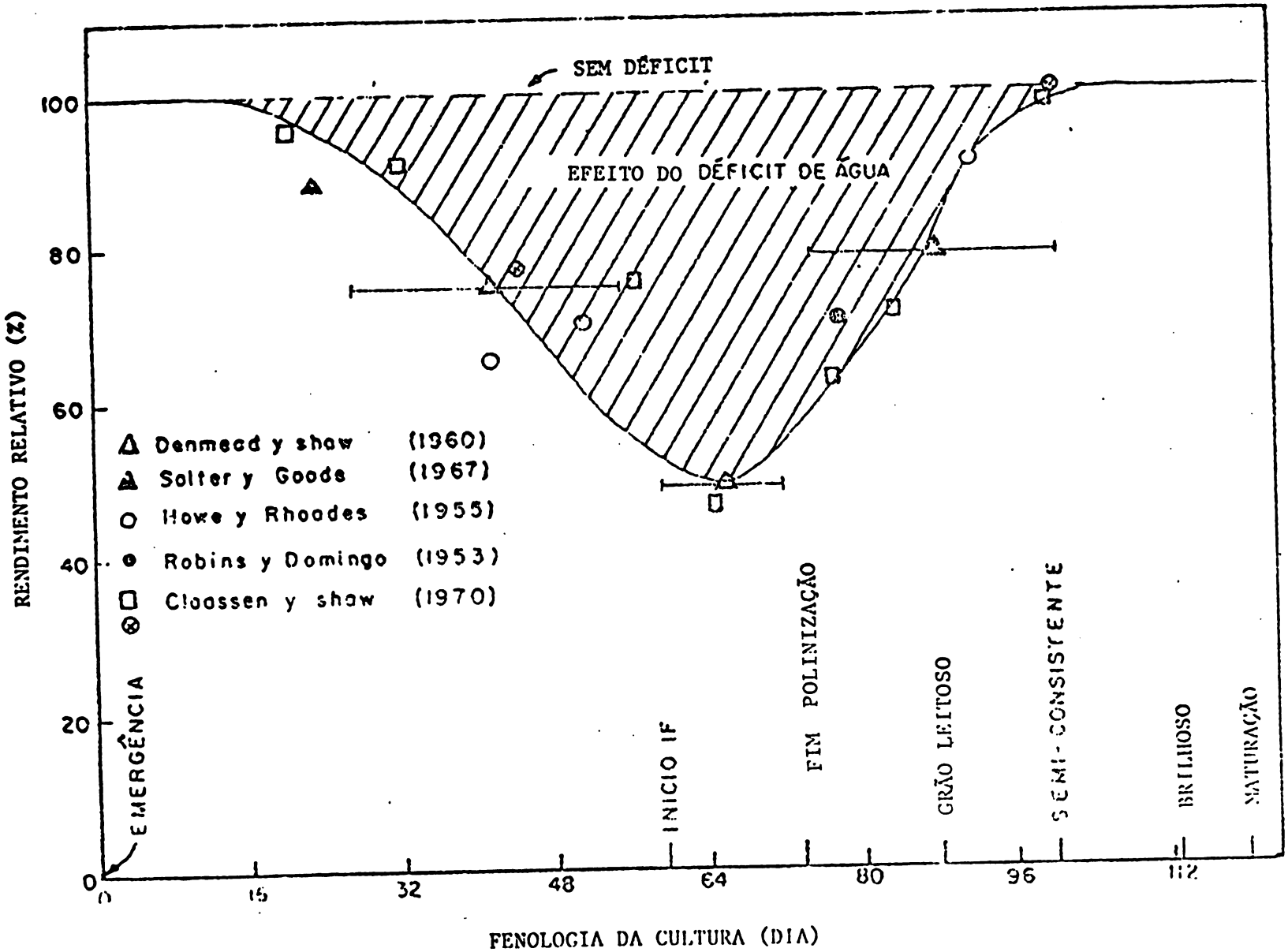

Figura 5. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do milho. (Millar, 1976)

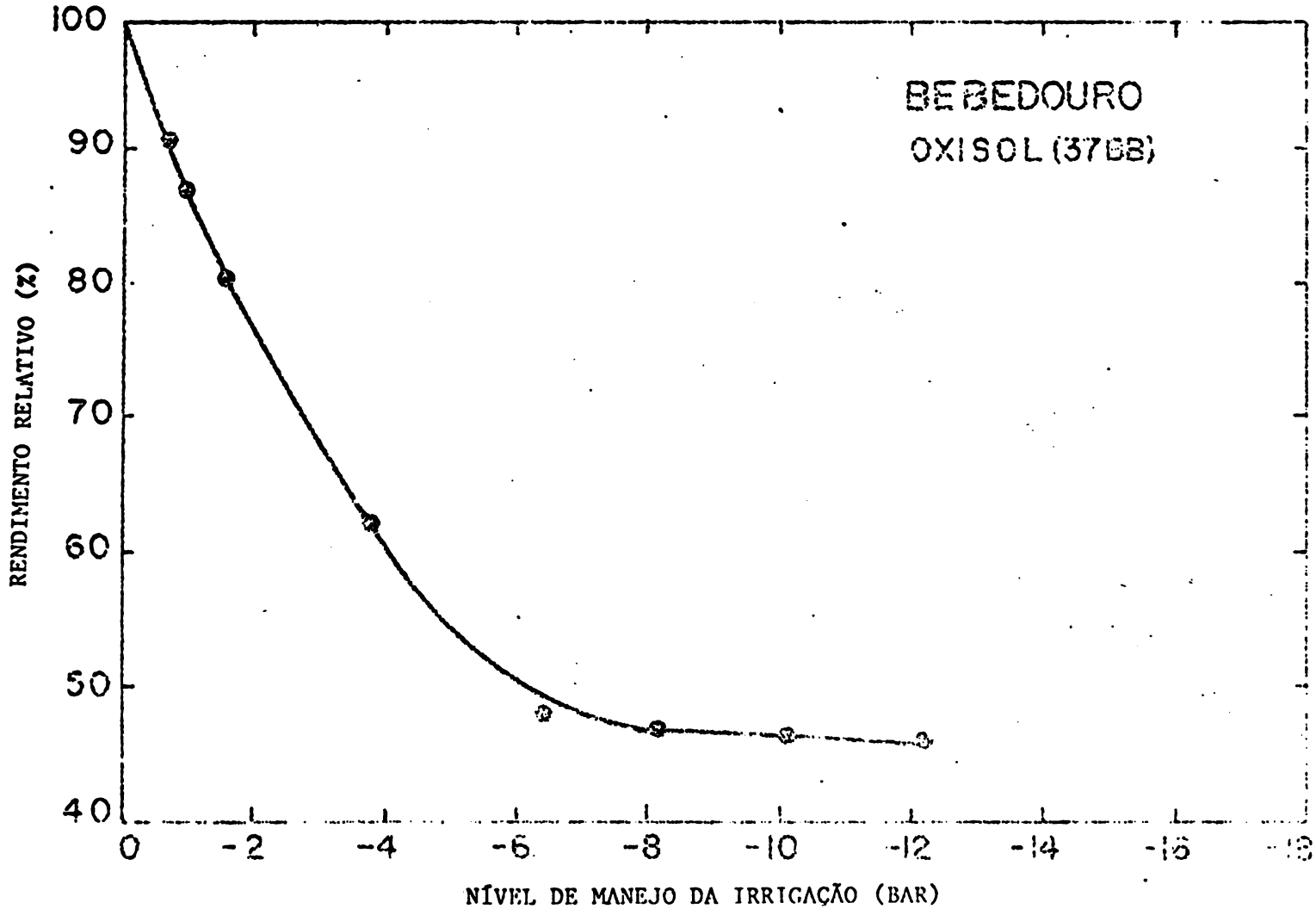

Figura 6. Rendimento relativo do feijão em função do nível de manejo da irrigação. (Magalhães et al., 1979)

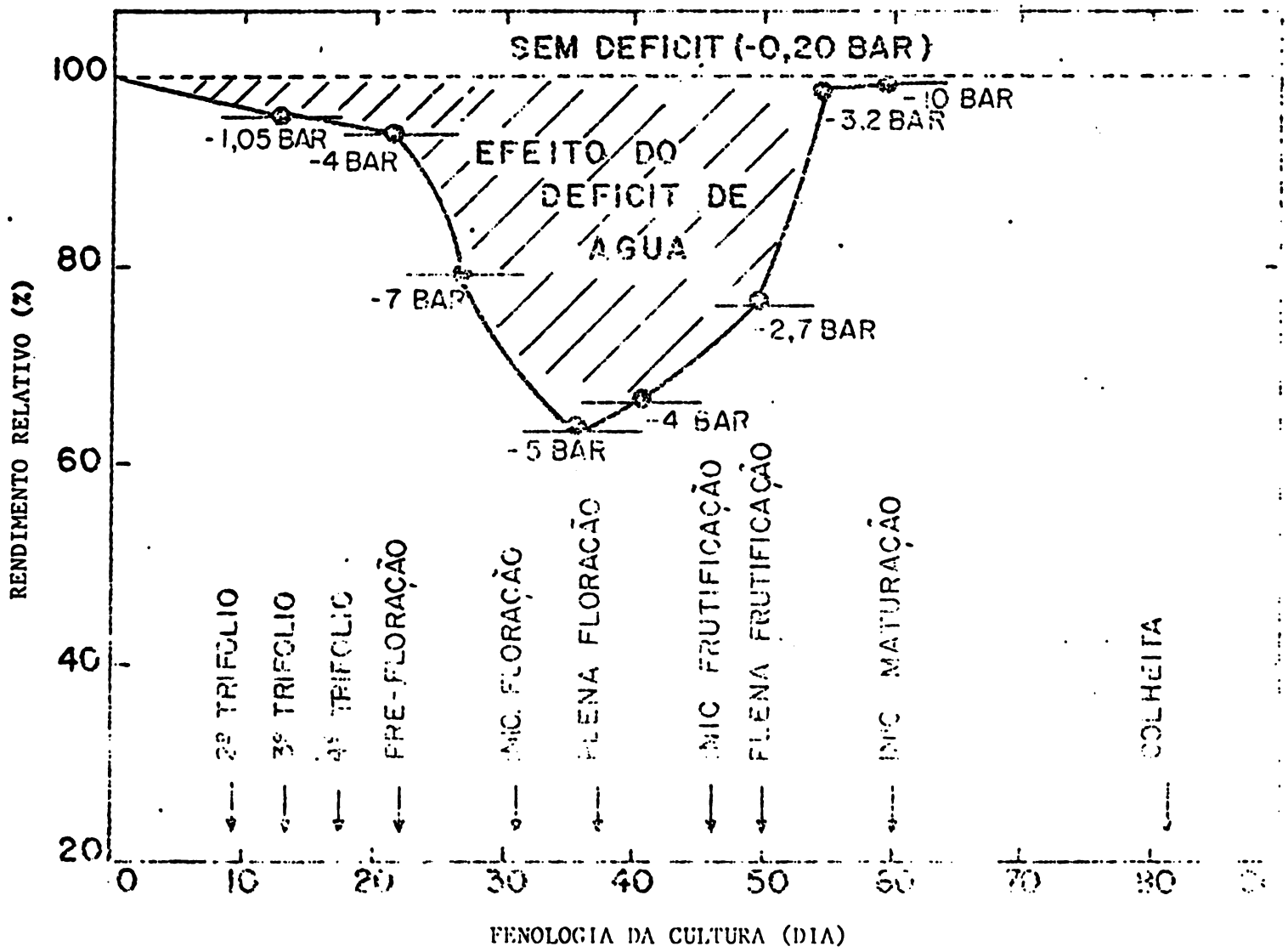

Figura 7. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo do feijão. (Magalhães et al. 1979)

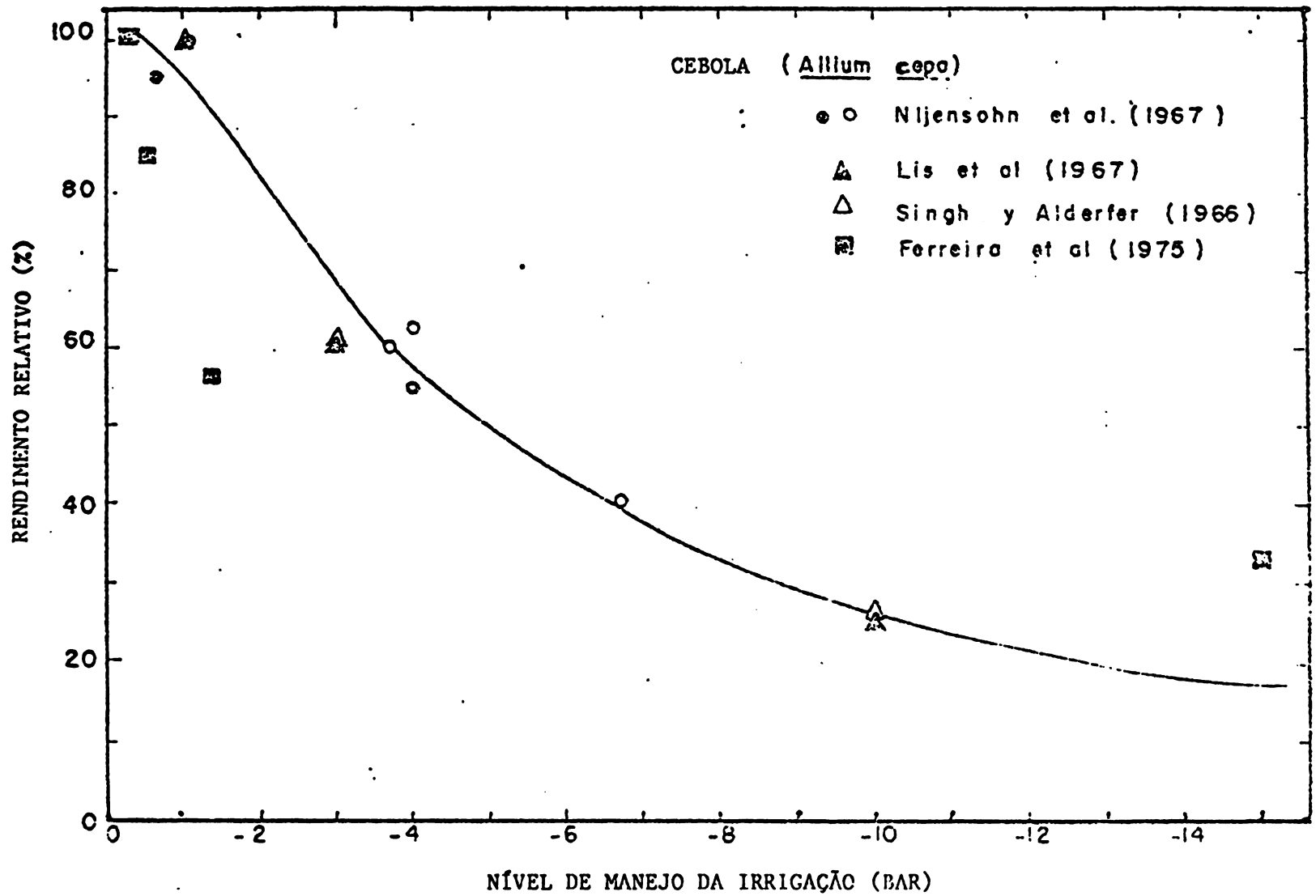

Figura 8. Rendimento relativo de cebola em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

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

b. Batatinha

Figura 10. Rendimento relativo da batatinha em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo ao 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 ao 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 ao 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 de melão em função do nível manejo da irrigação (potencial matricial do solo ao 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 ao qual aplicou-se a irrigação).

b. Trêvo

Figura 19. Rendimento relativo de trêvo branco, rosado e ladino, em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo ao qual aplicou-se a irrigação).

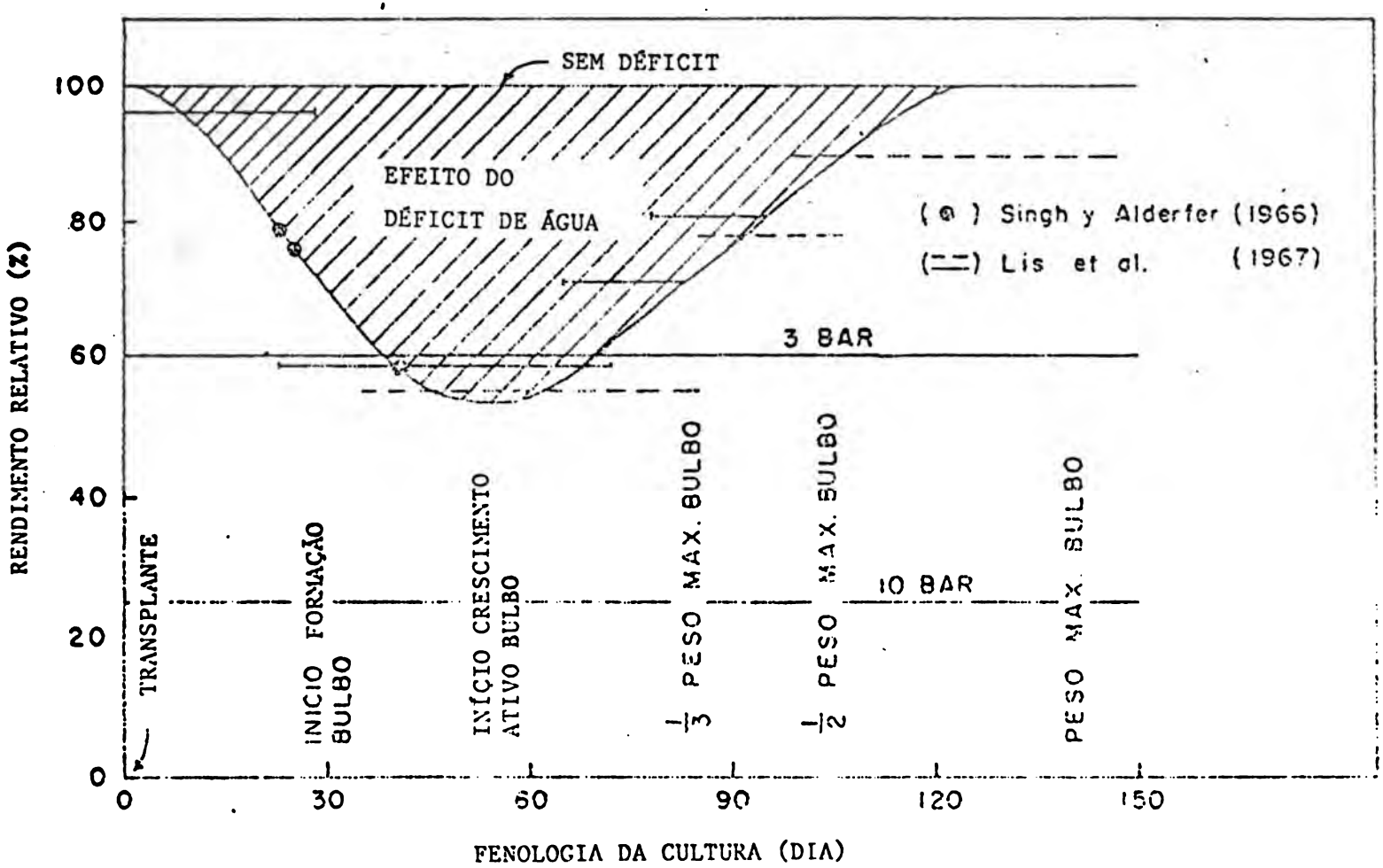

Figura 9. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo da cebola. (Millar, 1976)

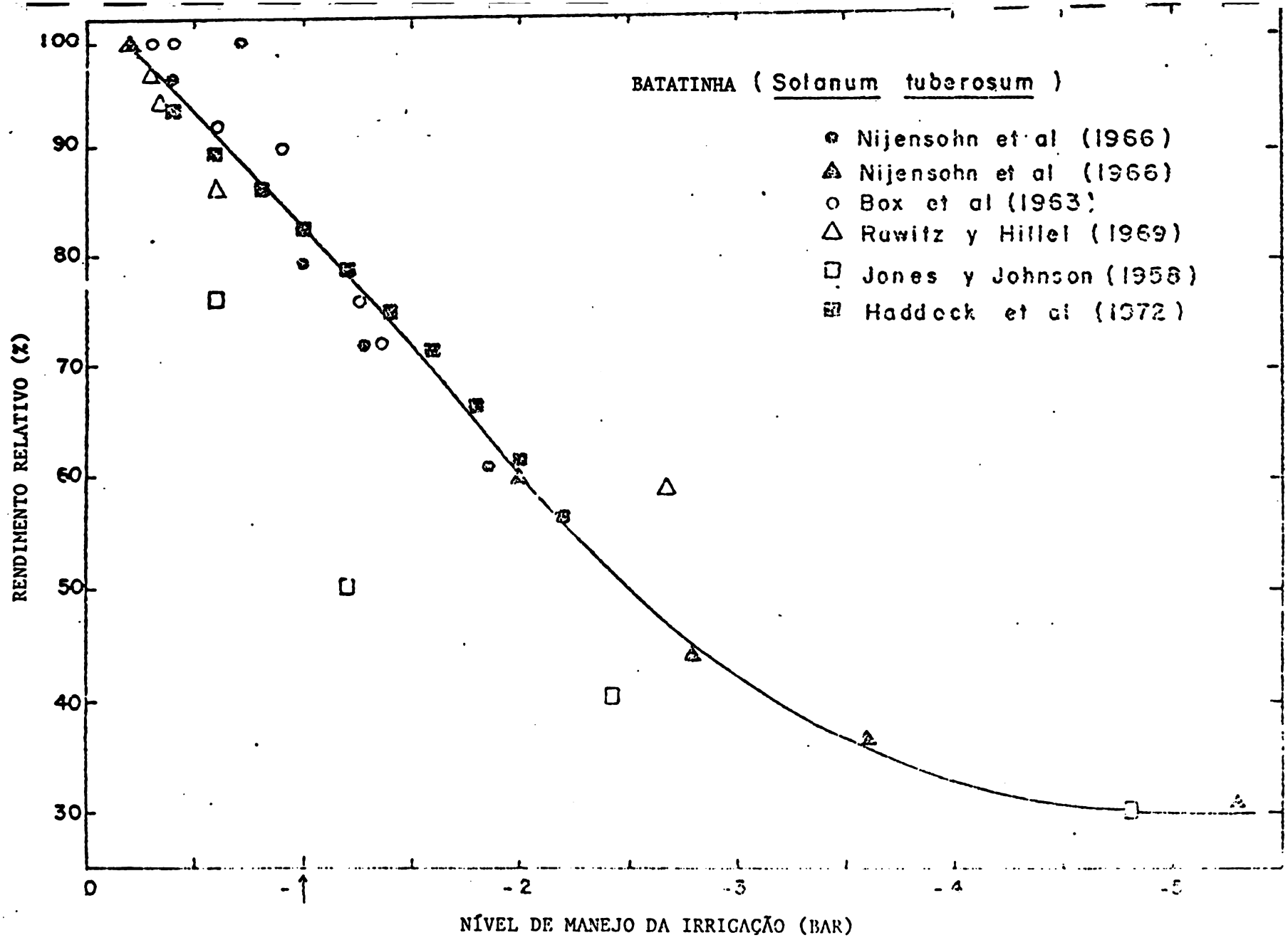

Figura 10. Rendimento relativo de batatinha em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

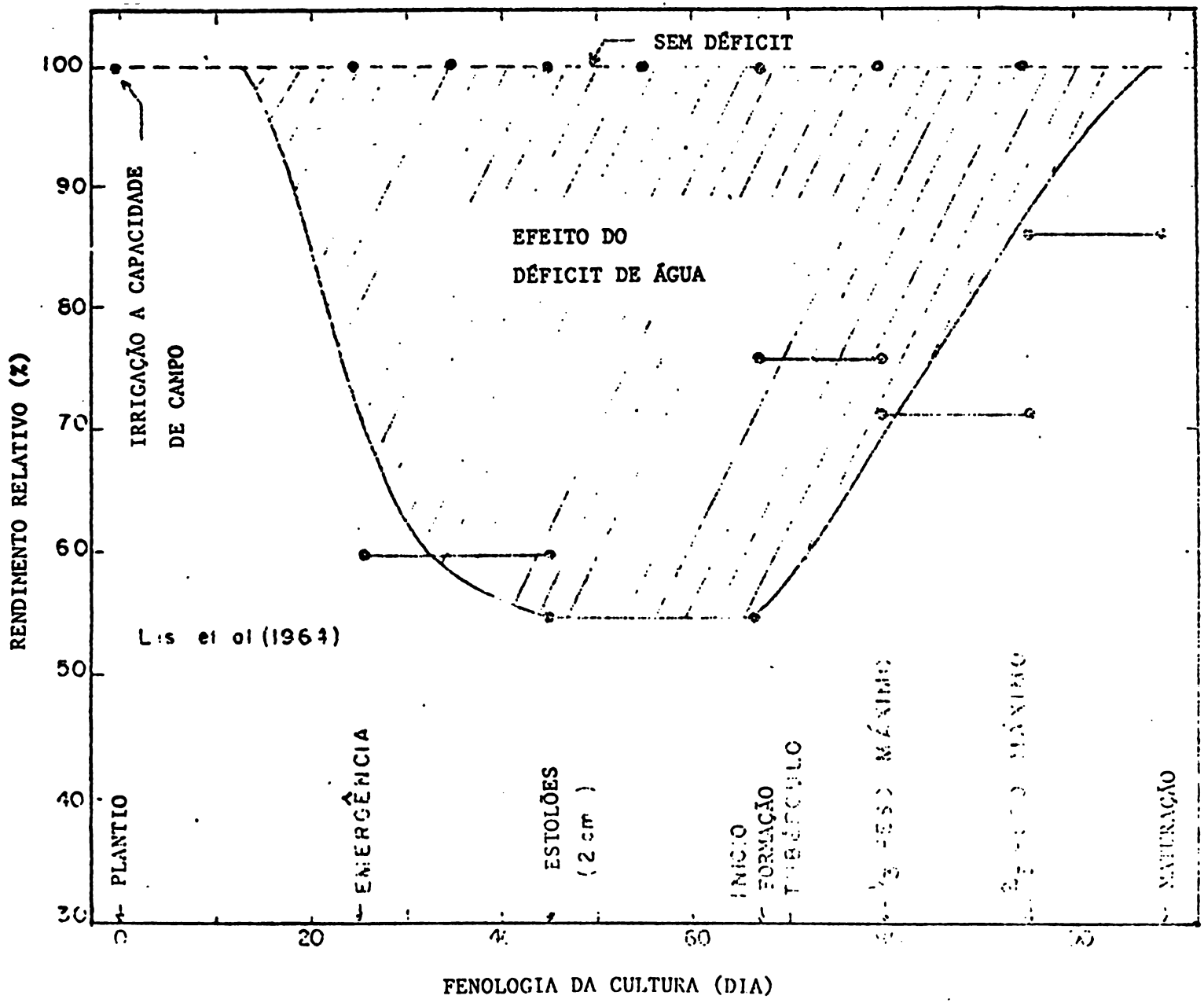

Figura 11. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de batatinha.(Millar, 1976)

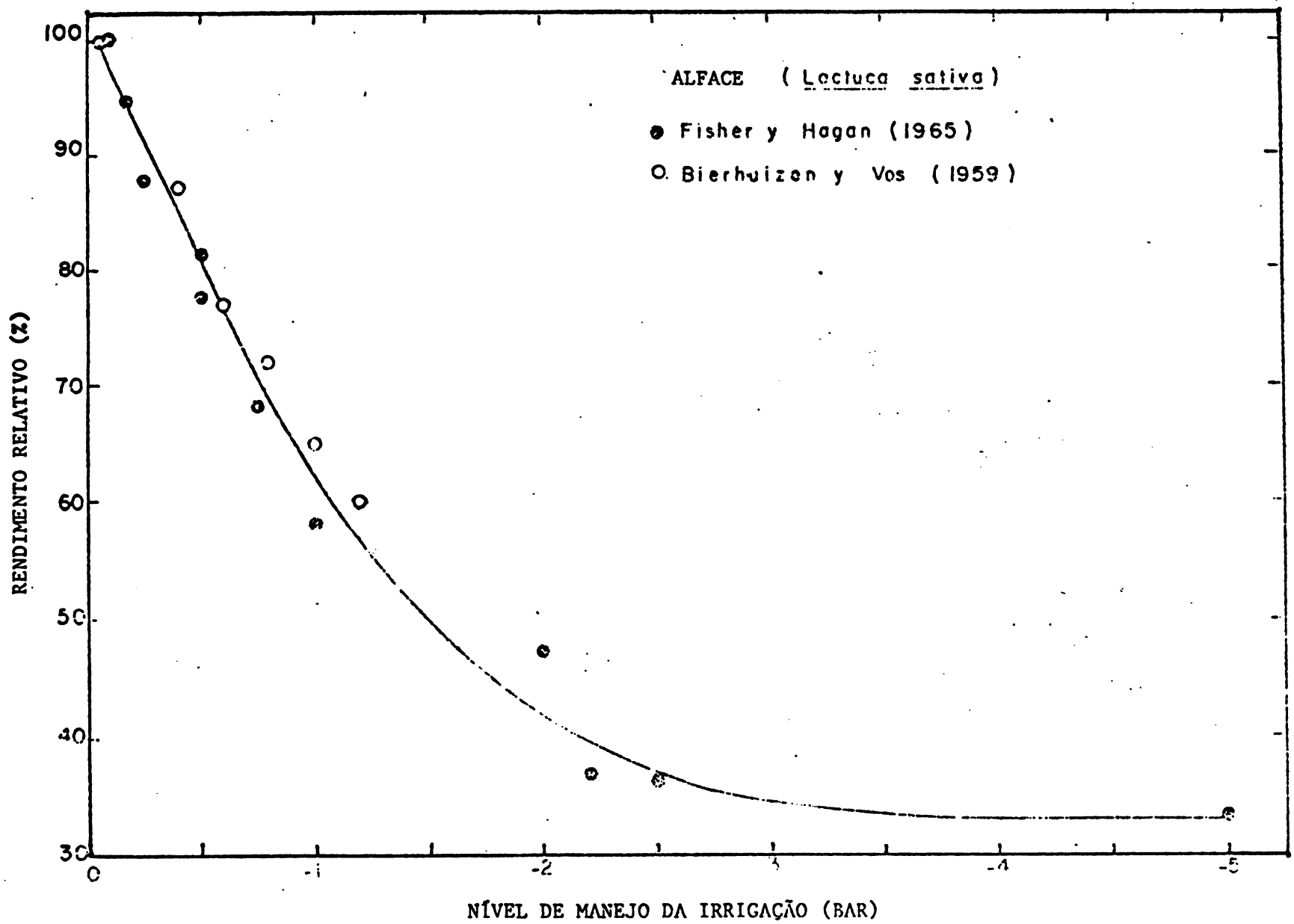

Figura 12. Rendimento relativo de alface em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

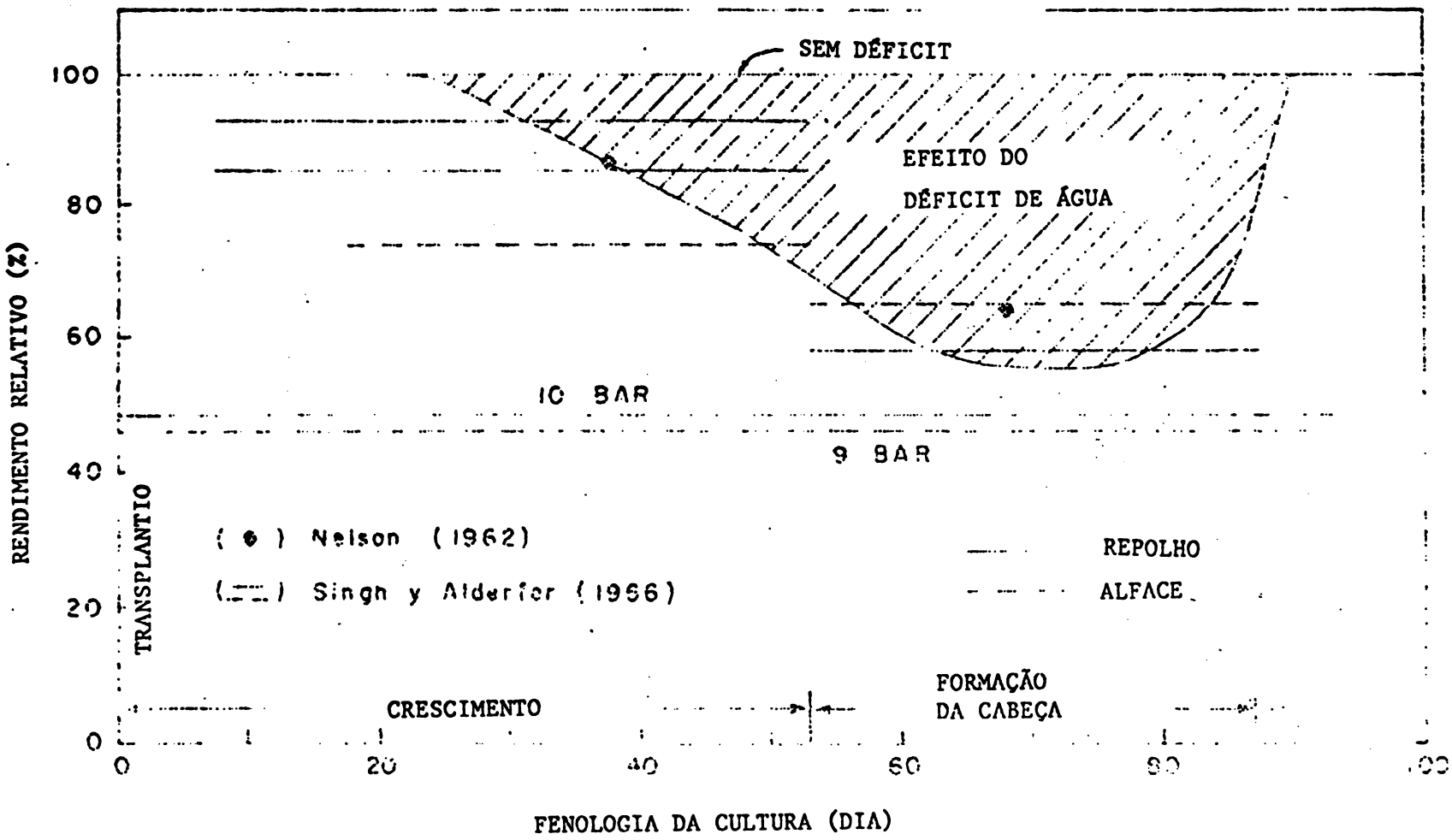

Figura 13. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de alface. (Millar, 1976)

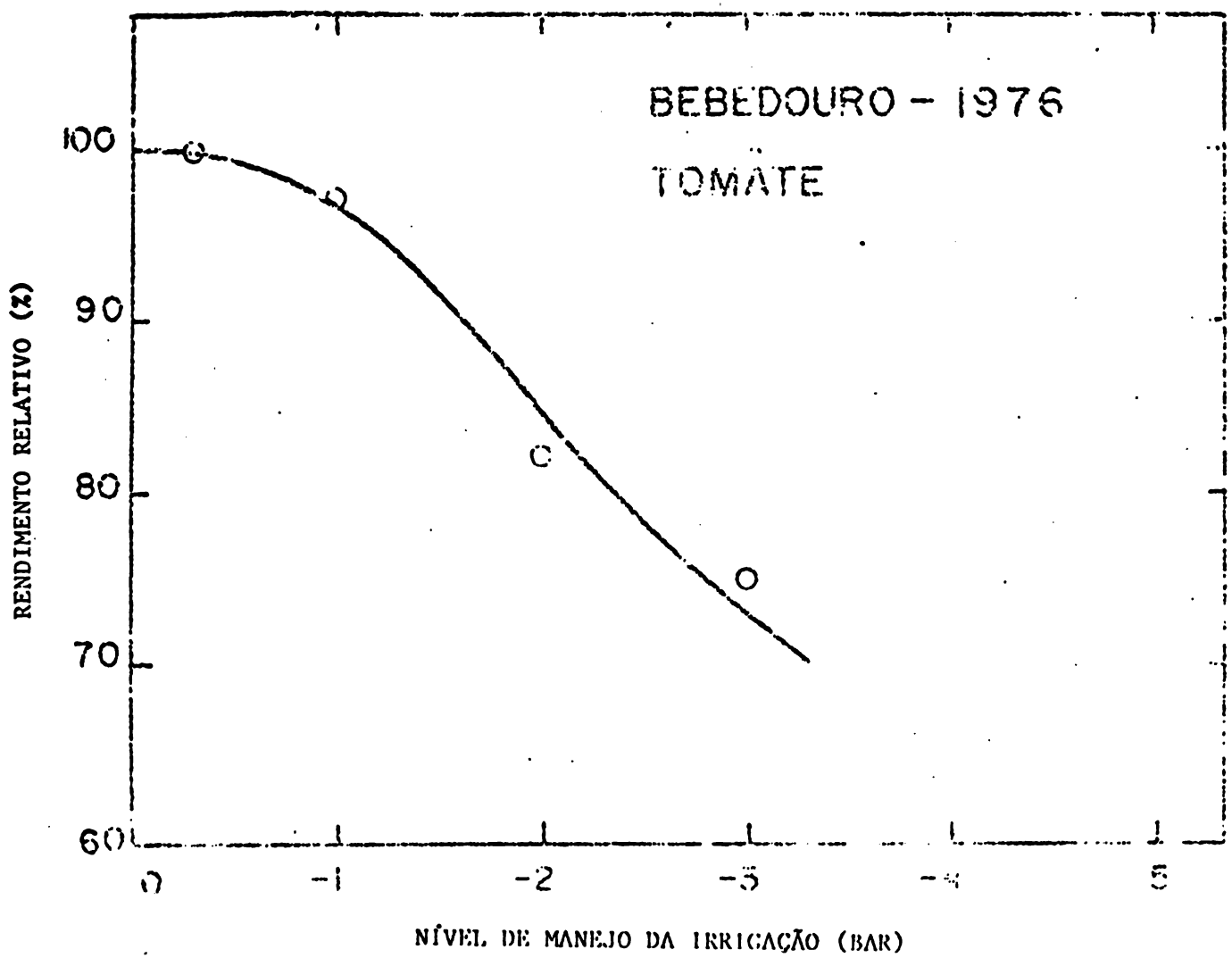

Figura 14. Rendimento relativo de tomate em função do nível de manejo da irrigação. (Choudhury et al., 1980)

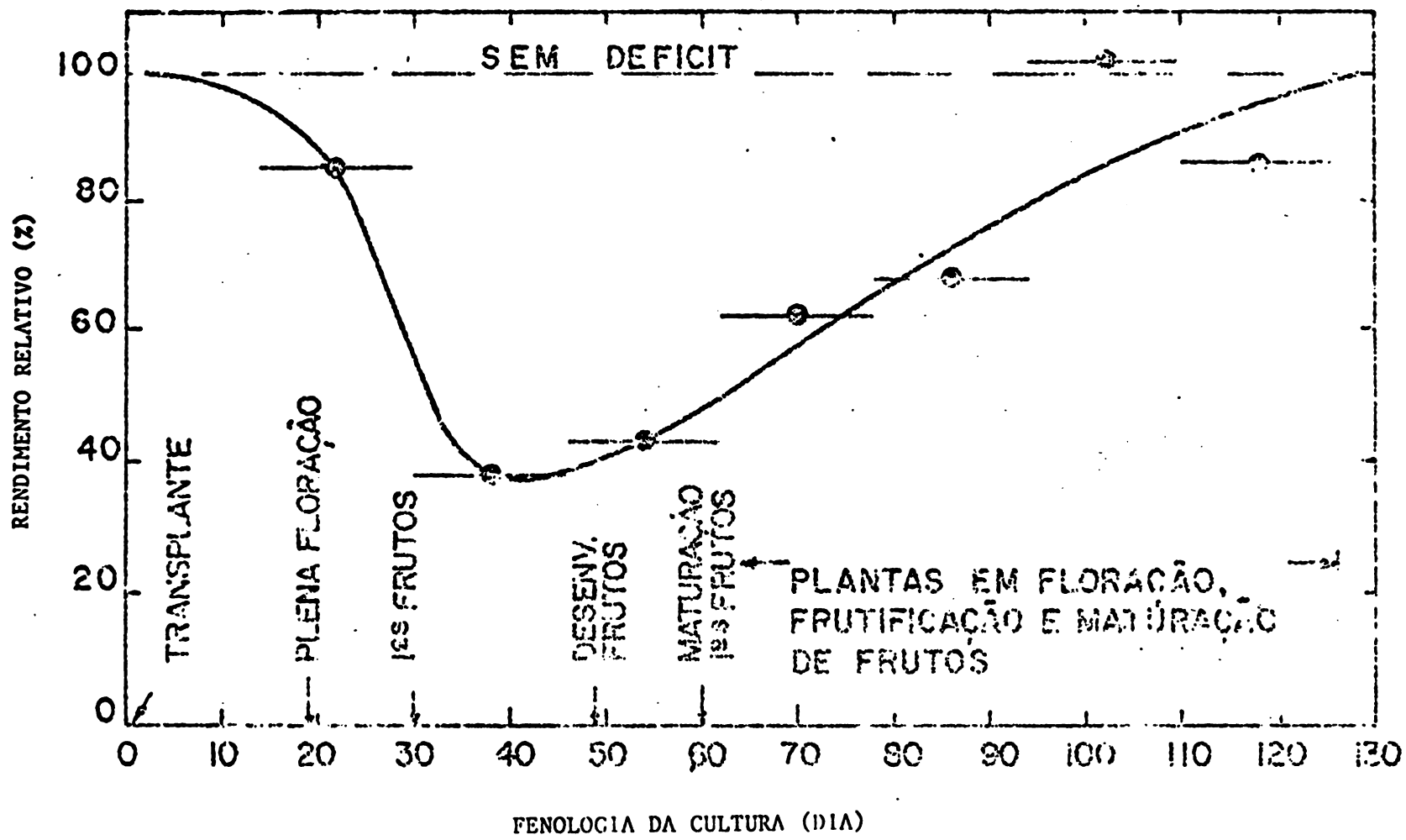

Figura 15. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de tomate. (Choudhury e Millar, 1978)

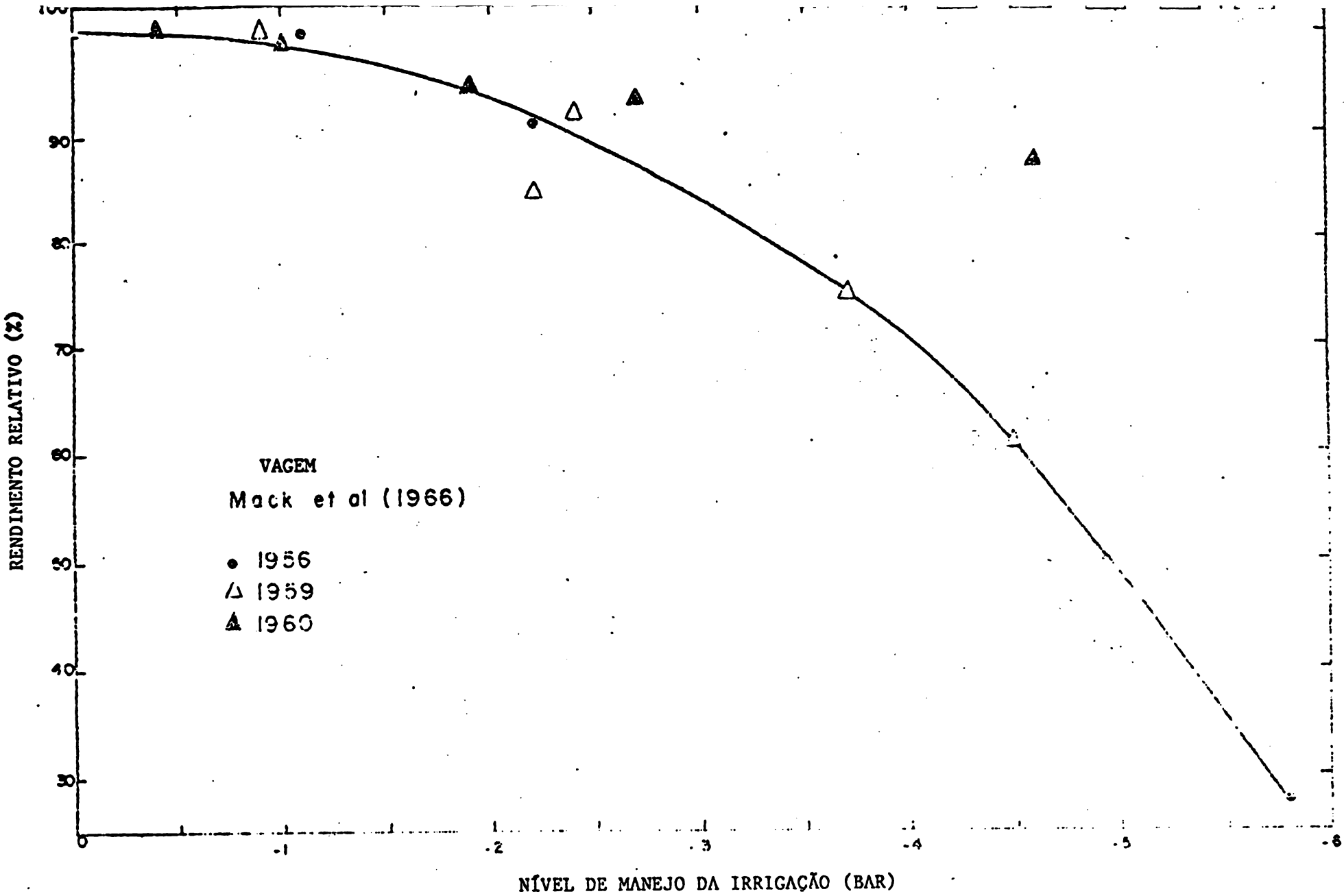

Figura 16. Rendimento relativo de vagem em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

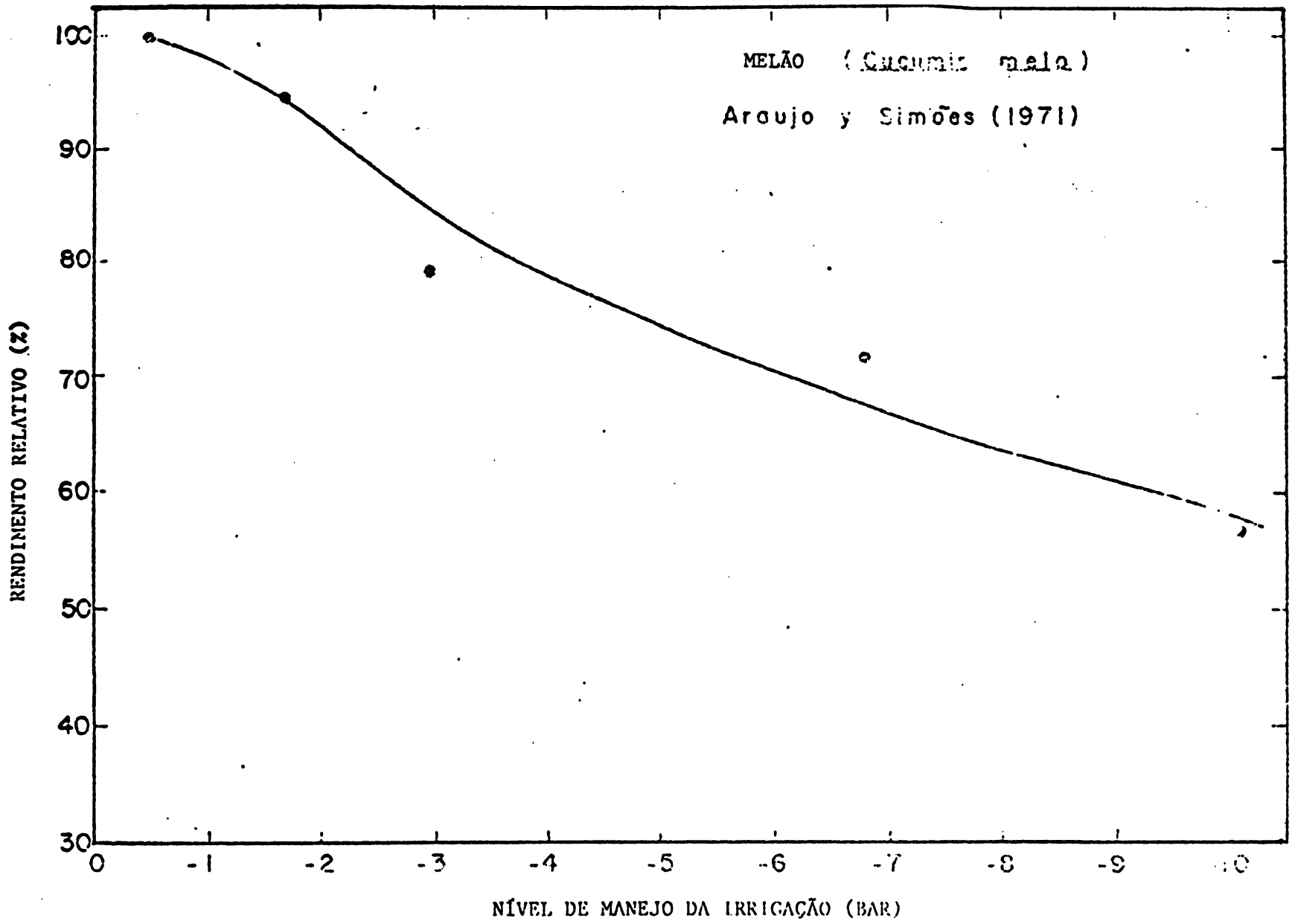

Figura 17. Rendimento relativo de melão em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

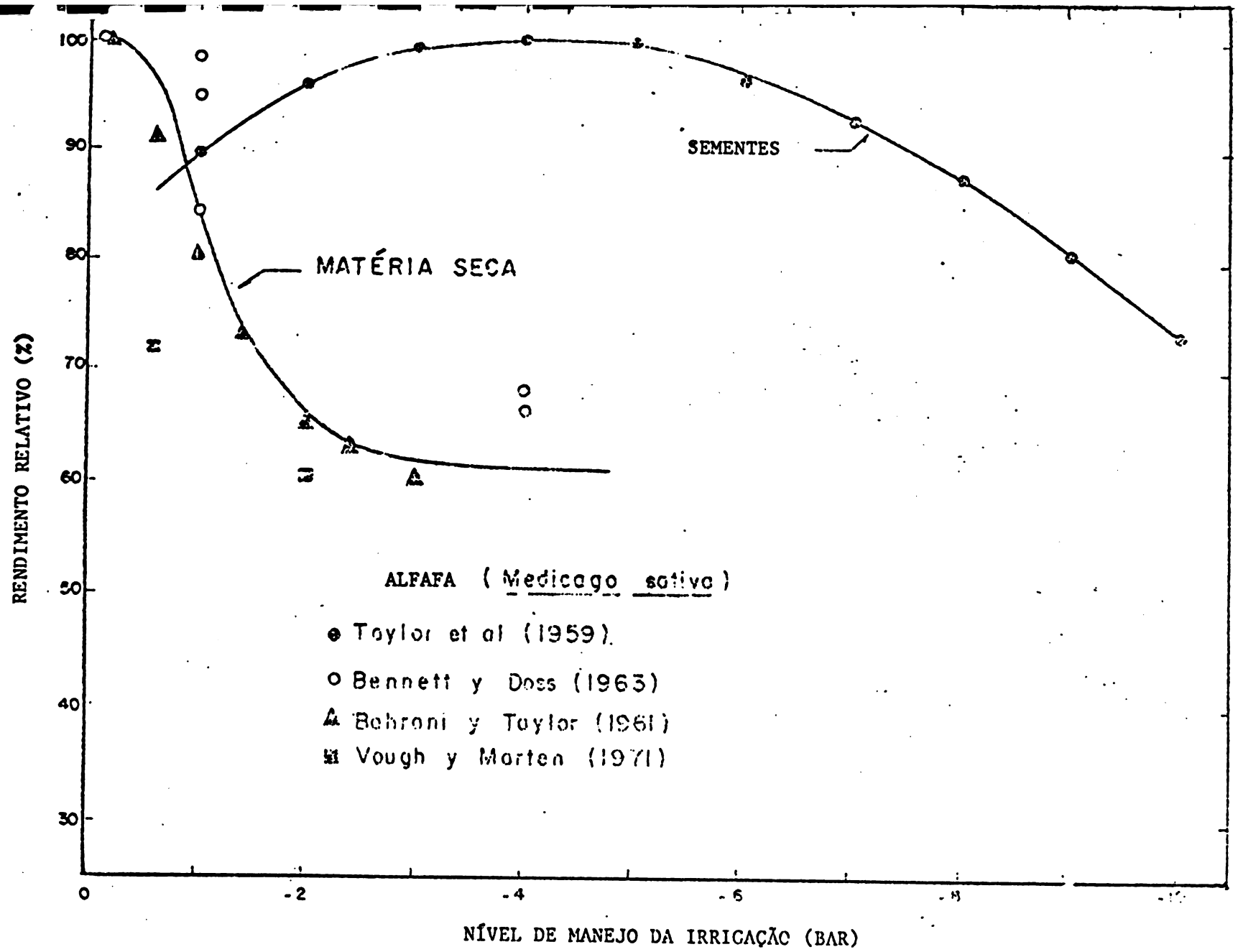

Figura 18. Rendimento relativo de alfafa (sementes e matéria seca) em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

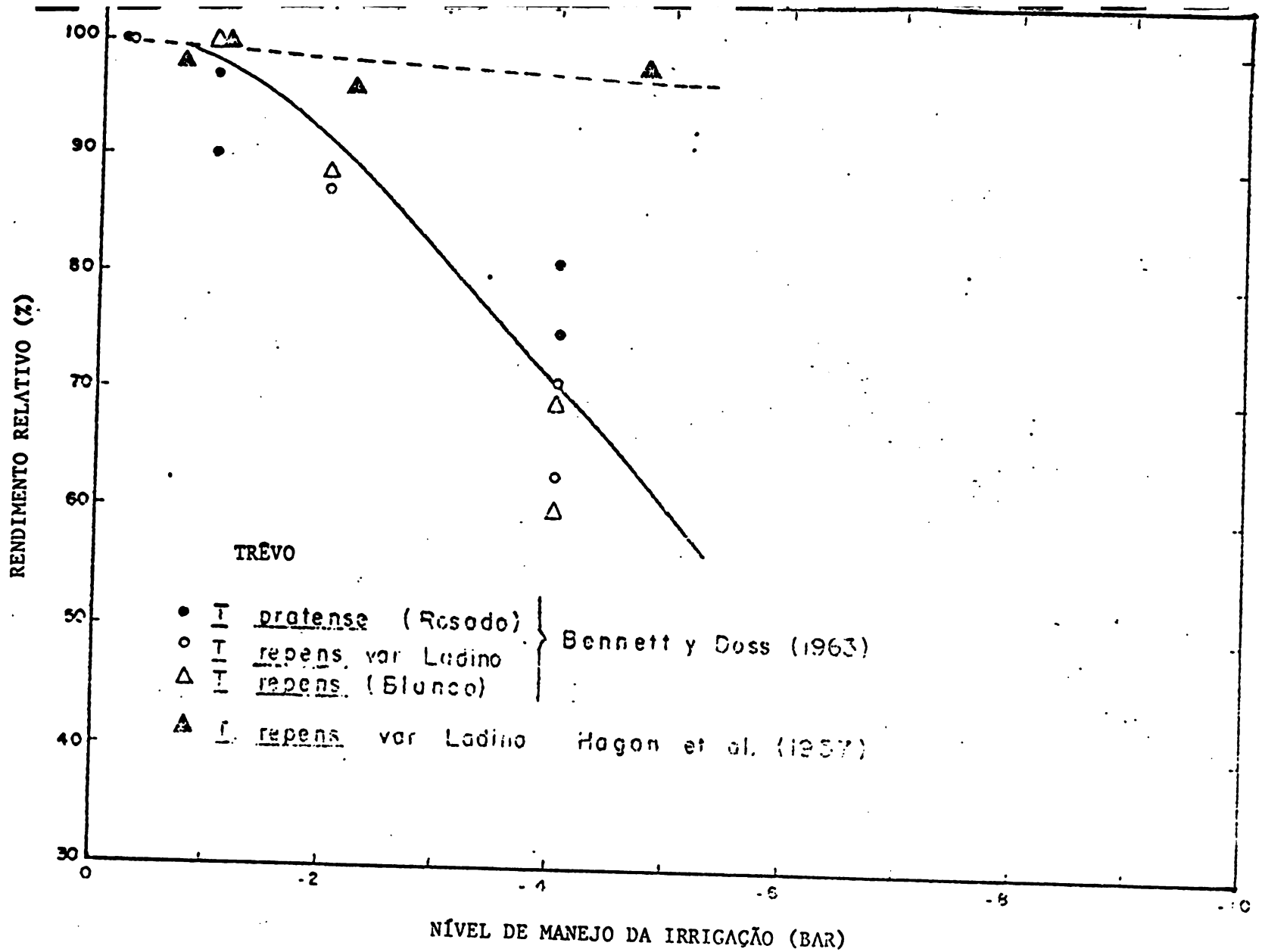

Figura 19. Rendimento relativo de trêvo em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

c. Forrageiras anuais

Figura 20. Rendimento relativo de forrageiras anuais em função do nível de manejo da irrigação (potencial matricial do solo ao 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 ao 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 ao 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 (sementes) > 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 pluviometria concentra-se em determinados períodos, seria possível manejar a época de plantio da cultura com 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

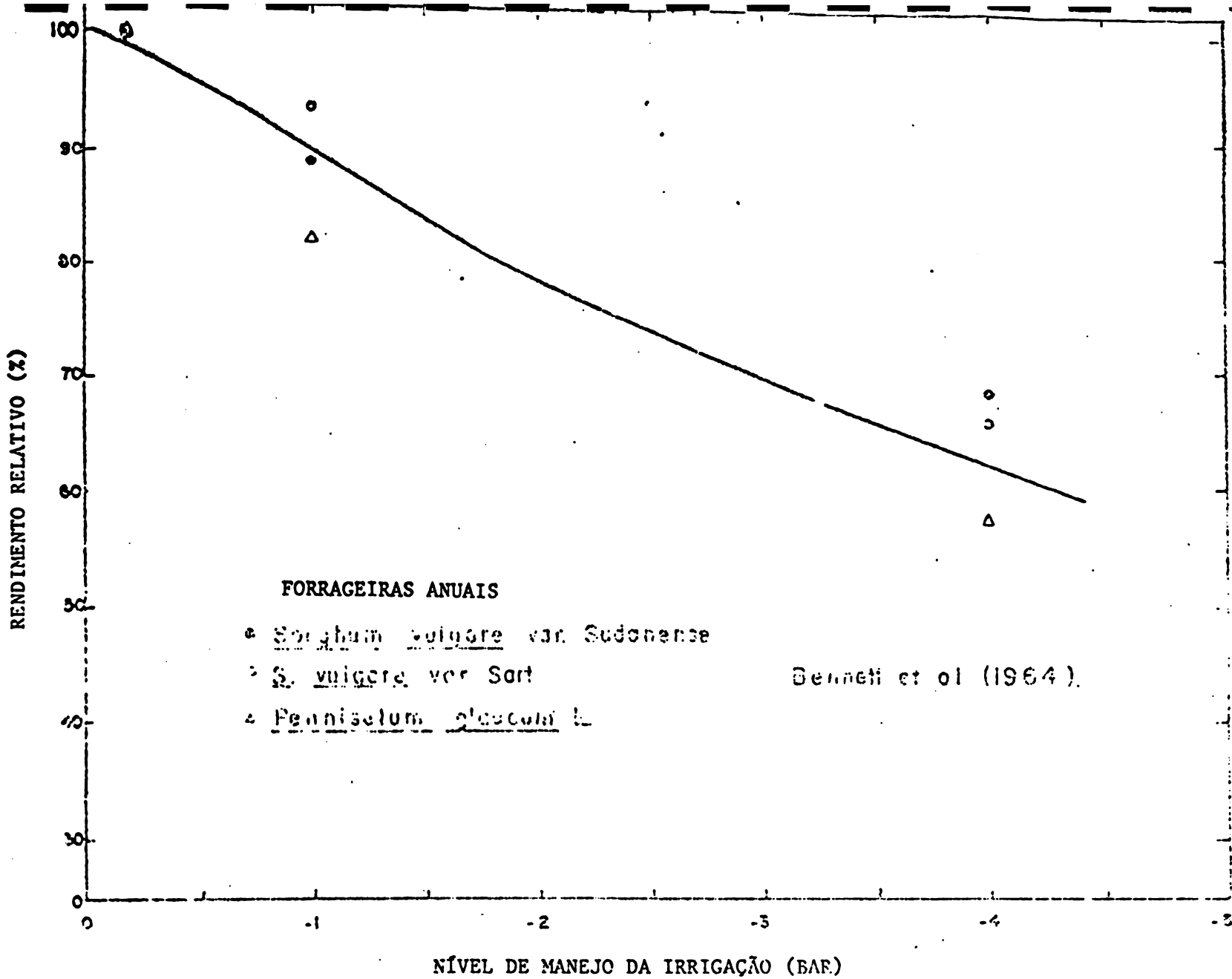

Figura 20. Rendimento relativo de forrageiras anuais em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

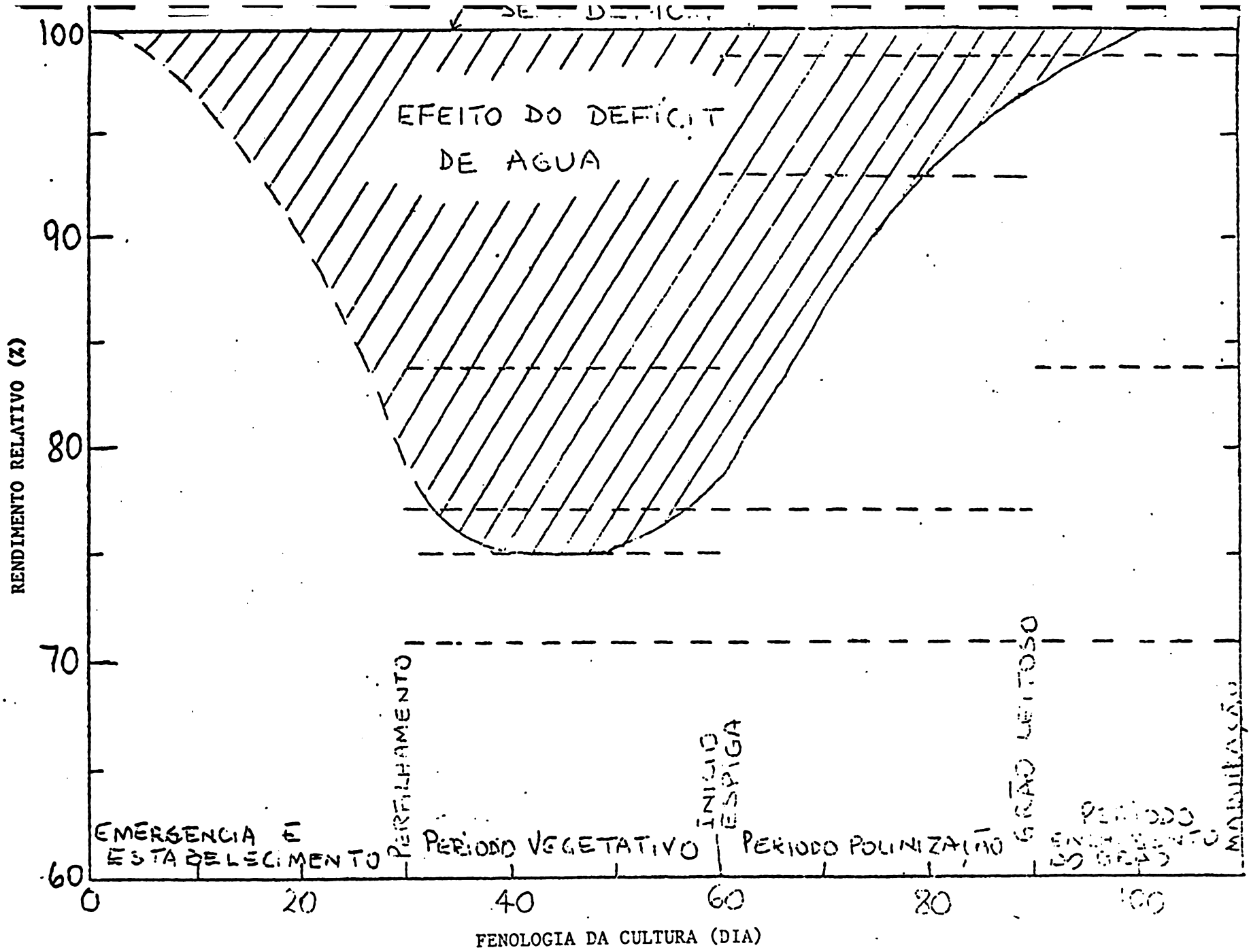

Figura 21. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento de sorgo granífero. (Steward et al., 1974)

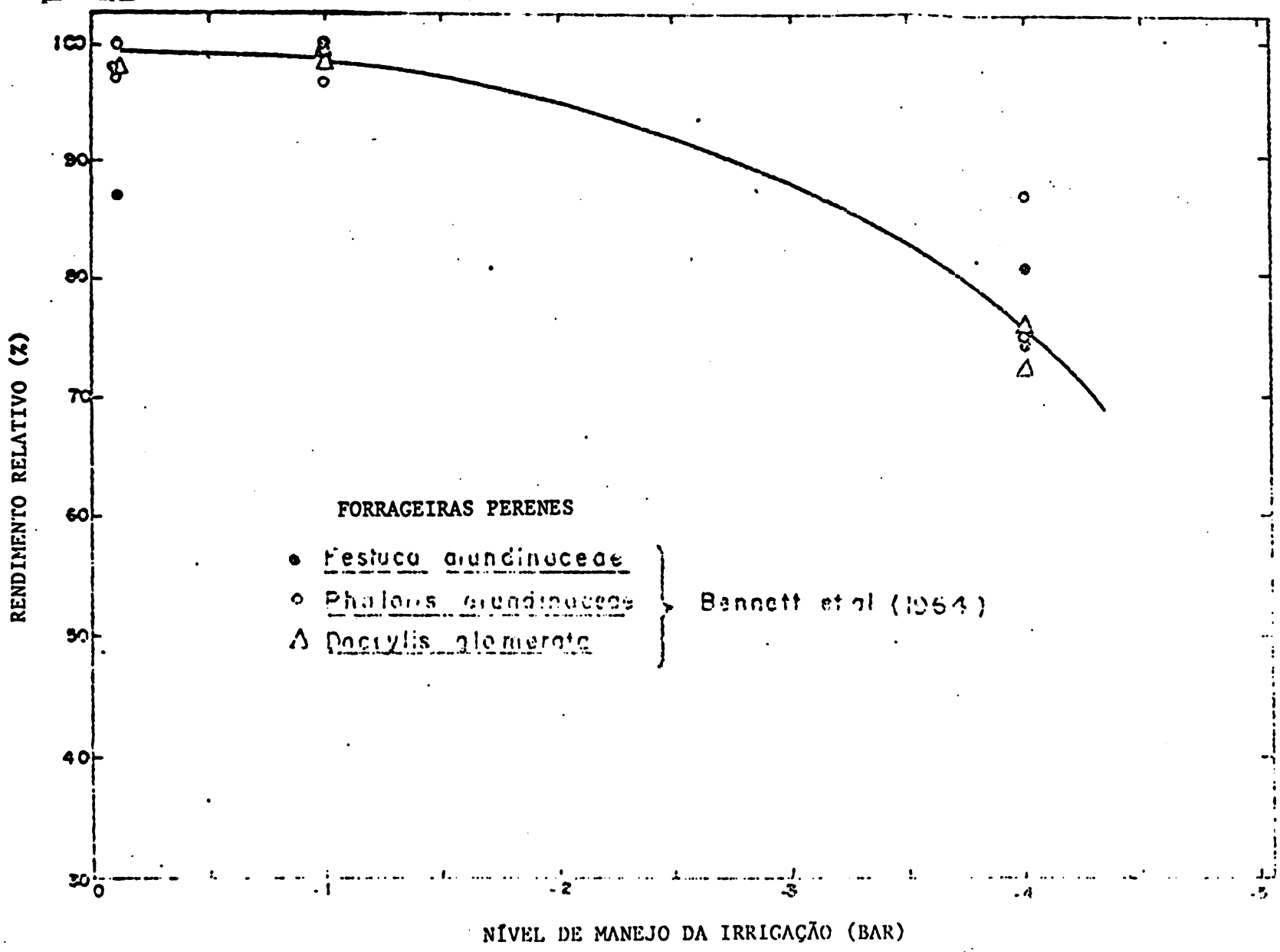

Figura 22. Rendimento relativo de forrageiras perenes em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

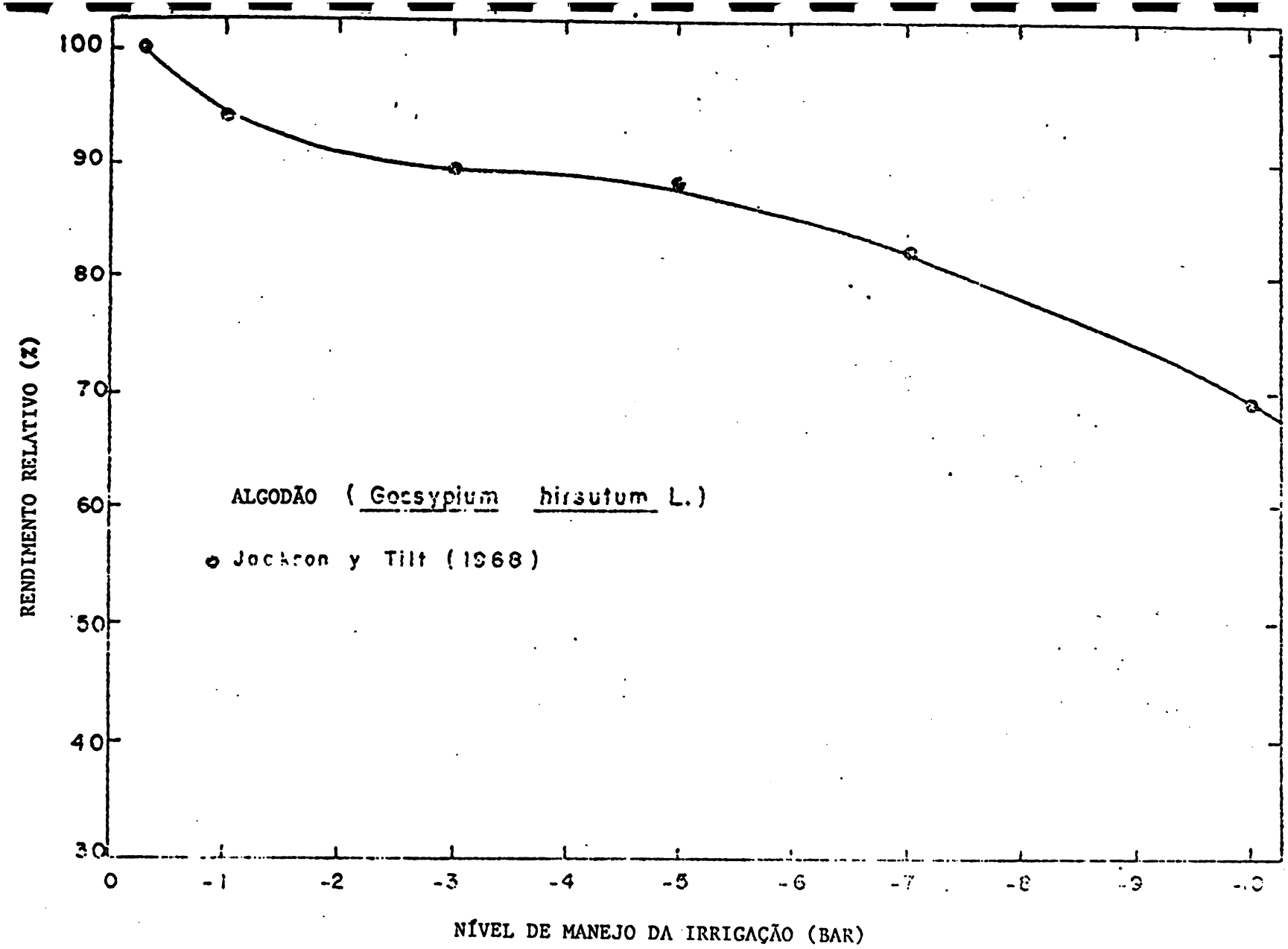

Figura 23. Rendimento relativo de algodão em função do nível de manejo da irrigação. (Millar, 1976)

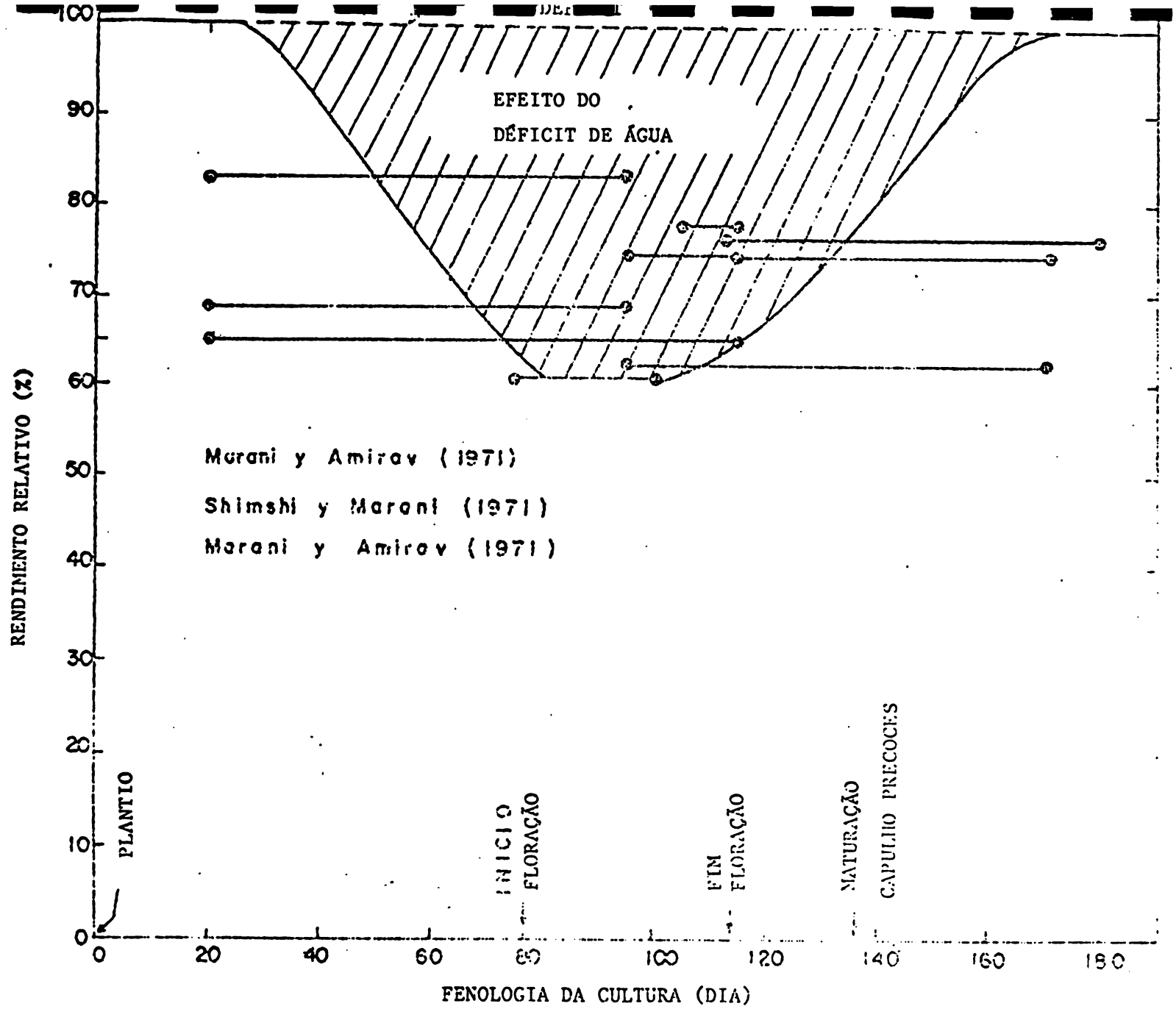

Figura 24. Efeito do déficit fenológico de água sobre o rendimento relativo de algodão. (Millar, 1976)

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

CULTURA	Nível de Rendimento (%)					
	Potencial	90	80	70	60	50
Grãos	Nível de Manejo da Irrigação (bares)					
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
Melão	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)	--	--
Trêvo (materia 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	--	--

lâmina de água significativa, que reemplazaria 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.

c. Evapotranspiração do cultura, por estágios ou média do ciclo vegetativo.

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 S.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 40cm 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, definindo 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.

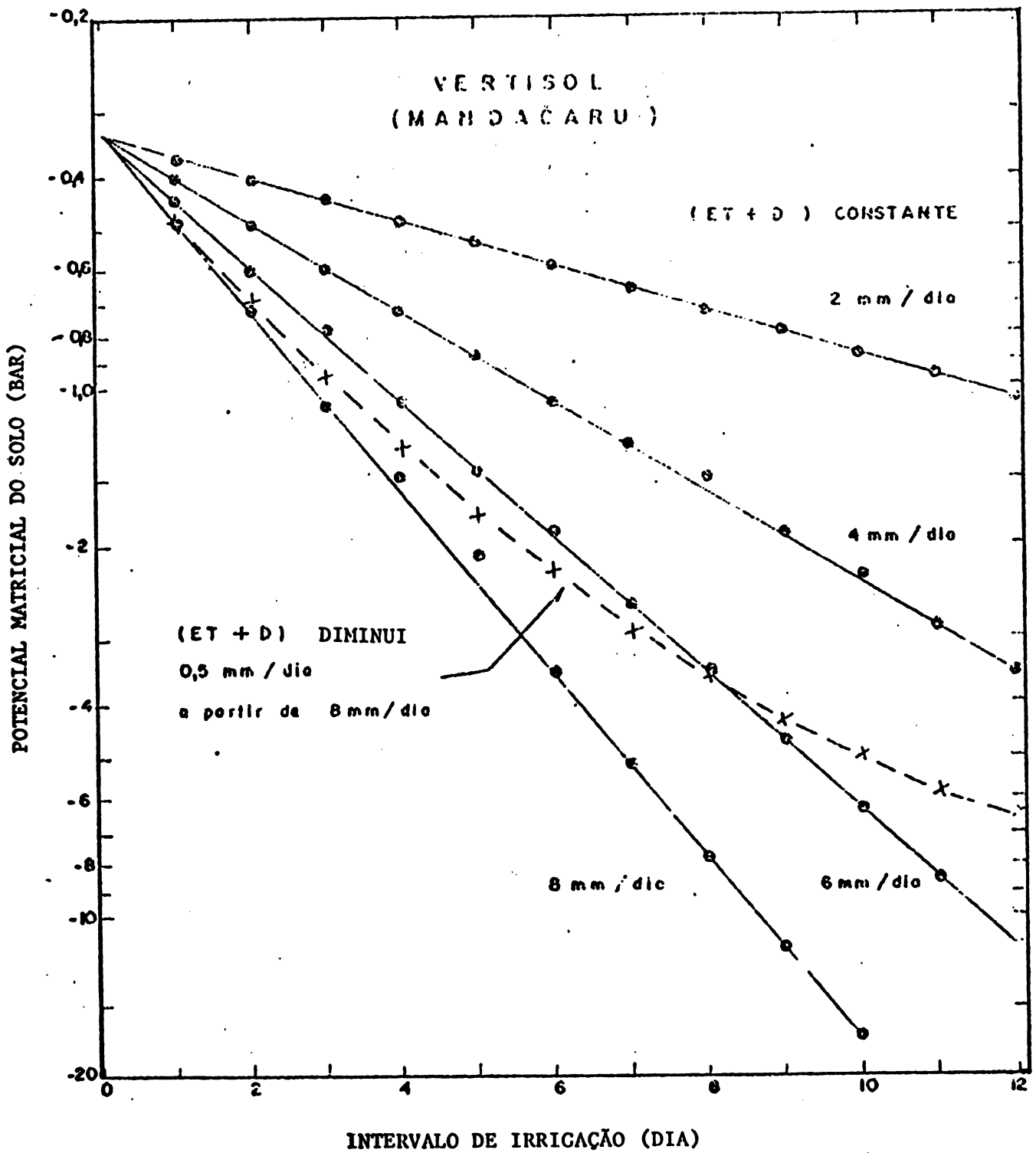

Figura 25. Variação do potencial matricial do solo, Vertisol, em função do tempo após a irrigação para diferentes demandas de água. (Millar, 1976)

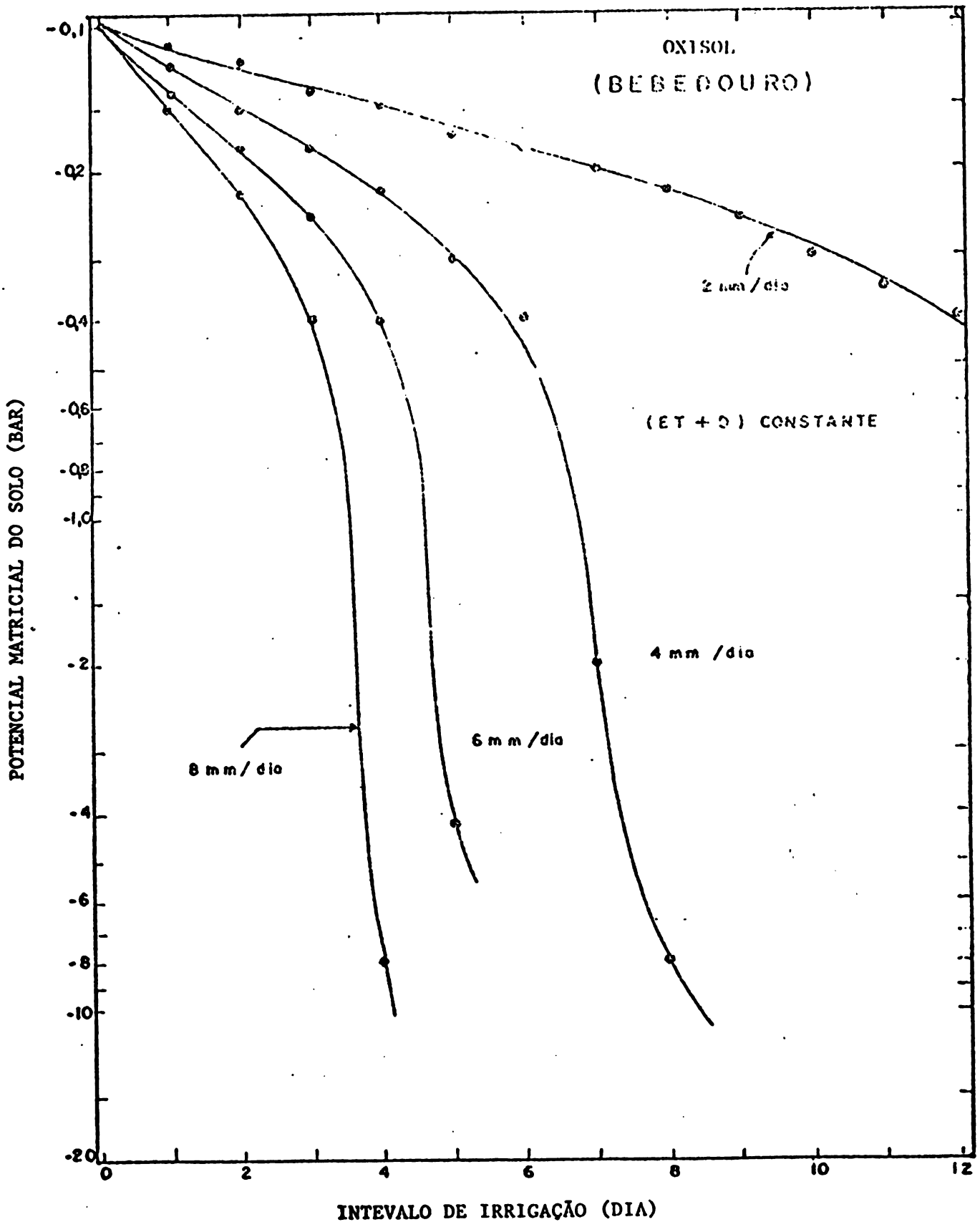

Figura 26. Variação do potencial matricial do solo, Oxisol, em função do tempo após a irrigação para diferentes níveis de extração de água do solo. (Millar, 1975)

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-iam o maior percentual de raizes. 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 as pequenas variações no intervalo de irrigação, deve-se, principalmente, a 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 marcantemente 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 permitir 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.

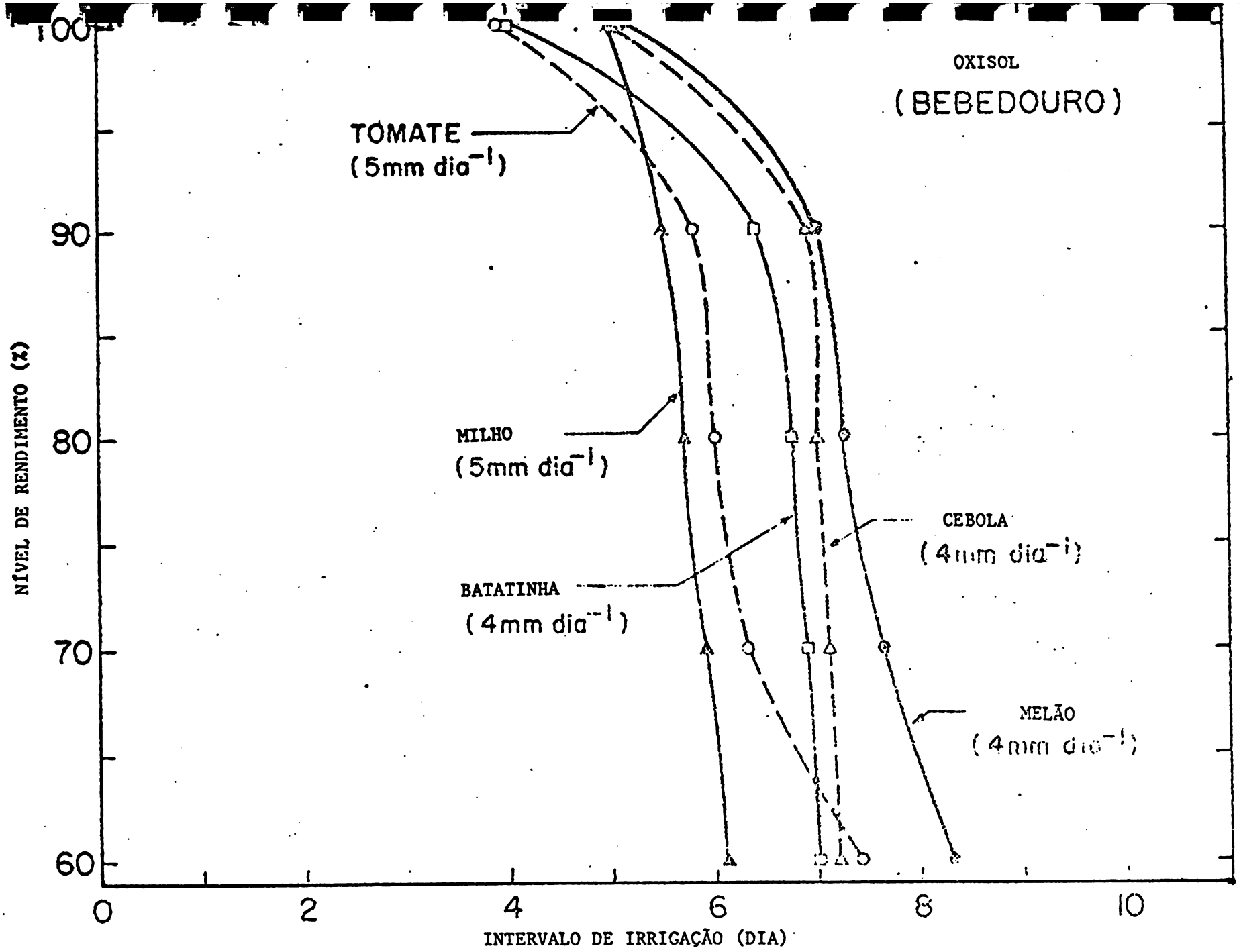

Figura 28. Nível de rendimento de diferentes culturas no solo Oxisol em função do intervalo de irrigação mantido durante o ciclo vegetativo. (Millar, 1976)

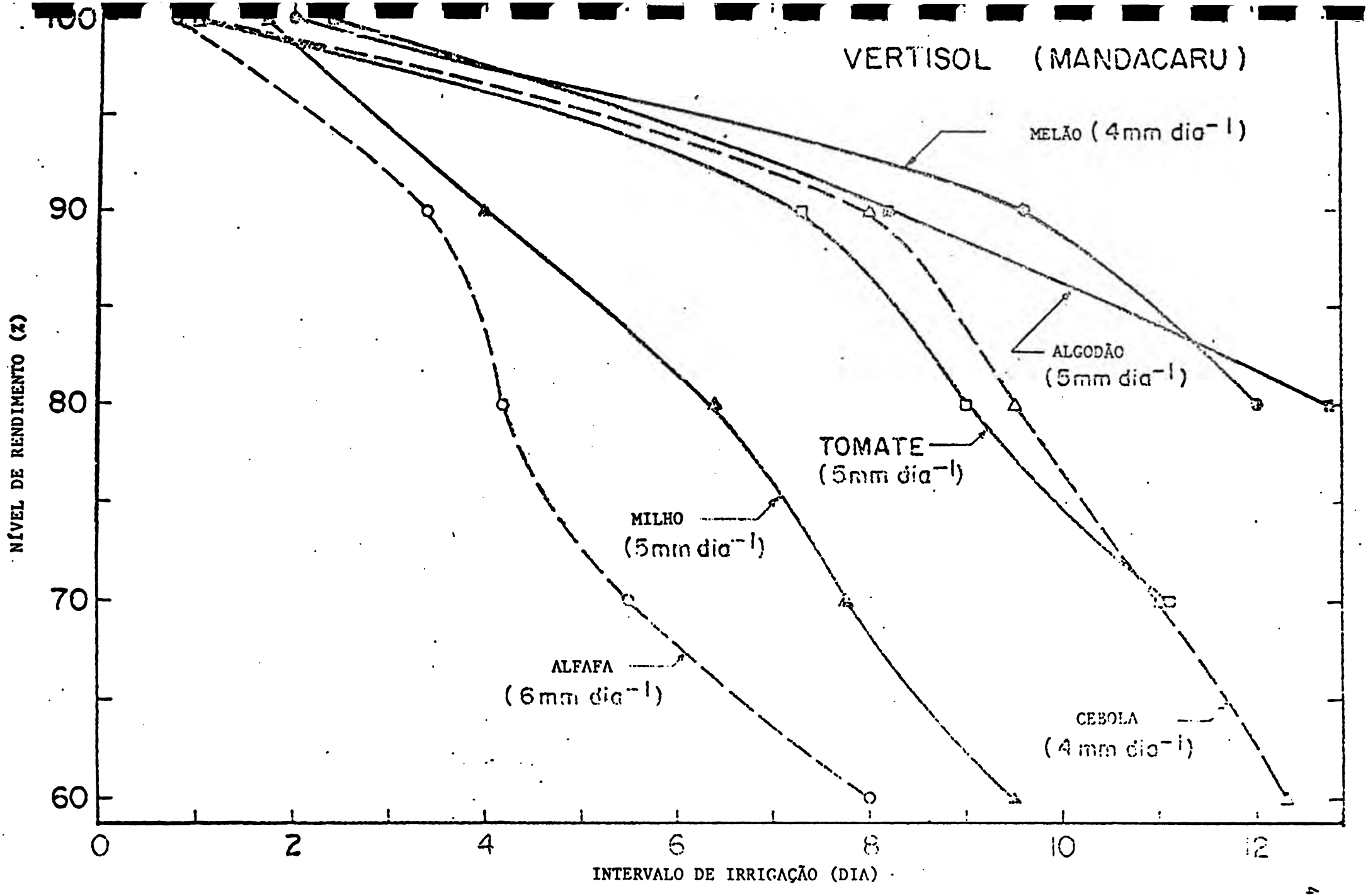

Figura 27. Nível de rendimento de diferentes culturas no solo Vertisol em função do intervalo de irrigação mantido durante o ciclo vegetativo.(Millar,1976)

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.

ANONIMO. How much and When to irrigate. Farm Management, p. 32-34. 1954.

ARAUJO. ANTONIO ROBERTO de e A. JOSÉ SIMÕES. Efeito da irrigação na produção de melão. Petrolina, PE, Departamento de Recursos Naturais, Divi - são de Estudos Integrados. (rélatório Técnico Estação Experimental de Mandacarú). 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 potential 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 evapótranspiratiom 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 Agromony 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 de 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-Árido(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. MIJENSOHN. Respuesta del tomate(CV.Roma) a diferentes regímenes de riego. Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Serie 2. Biologia 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 retation. Utah Agr. Exp. Dta. Bull. (In Preparation). 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. Relationschips of soil moisture stress to diferent 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 nº 48. 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 Physyology 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 pratice 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 mediterranéen. 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 eigth varieties of Upland Cotton, Gossypium Hirsutum. L. Agron. Journal, 60(1):13-17. 1968.

JANES, R. E. and W.O. DRINKWATER. Irrigation studies 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 tabacco 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 tabacco 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 horticulturas 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. Wastern Gower 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 regimes de riego. Revista de Investicaciones Agropecuárias. Serie 2. Biologia 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 Seminário 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 regimes de riego. Revista de Investigaciones Agropecuárias, INTA. Série 2, Biologia 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 regimes de riego. Revista de Investigaciones Agropecuárias, INTA. Série 2. Biologia y Producción Vegetal 4(7):87-116. 1967.

PETERSON, R.F. Wheat. N.Y. Interscience Publishers. 1965.

PEW, 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 relatings 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 pratices 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.

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

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 crop. 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 Internacional 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 nº 74-2024). 1974.

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 drougth. Plant and Soil 1:303-341. 1949.

VISSAR, W.C. Crop growth and availavility 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 782. 1958.

VITTUM, M.T., R.B. ALDERFER, B.E.JANES, C.W. REYNOLDS, and R.A. STRUCHTEMEYER. 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 112:489-94. 1966.

WIIDAKAS, W. Early maturing corn more dependable. North Dakota Farm Rerearch 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.