

# ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA POR UMA CULTURA DE CEBOLA PELO MÉTODO DE PENMAN

A. E. KLAR,  
G. J. GARCIA &  
Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas,  
Botucatu, São Paulo.  
J. MORETTI FILHO  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

## INTRODUÇÃO

As necessidades de água das plantas são condicionadas por fatores de solo, de clima e do próprio vegetal. O solo é um sistema complexo onde numerosos fatores atuam, sendo que os nutrientes e a própria água são mais facilmente utilizados pelas plantas se as condições de umidade do solo forem favoráveis. Os diversos vegetais apresentam comportamento distinto em face das condições hídricas que os envolvem, variando suas reações fisiológicas e, portanto, os seus padrões de crescimento. O balanço interno de água na planta tem na demanda evaporativa da atmosfera um fator de importância primordial, pois interfere decisivamente no seu potencial hídrico através da exigência maior ou menor na transpiração que, respectivamente, diminui ou aumenta o potencial de turgor.

A evapotranspiração potencial (EP) ou demanda evaporativa da atmosfera, associada às condições hídricas do solo, torna-se então, um fator essencial no fator produtividade. A metodologia para a determinação de EP preocupou os investigadores, fazendo surgir diversos métodos e materiais disponíveis; alguns, mais simples, embora empíricos e fisicamente imperfeitos, atingem muitas vezes seus objetivos, outros, mais complexos, mais perfeitos, envolvendo praticamente todos os parâmetros climáticos trazem melhores resultados, sendo, portanto, mais indicados para trabalhos que necessitem precisão.

O presente trabalho objetiva principalmente estimar as necessidades hídricas de uma cultura de cebola através da evapotranspiração potencial calculada pelo método de Penman.

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com as conclusões oriundas da "Reunião sobre Física na Agricultura" realizada em Wageningen, Holanda, em 1955 (STAN-HILL, 1965), definiu-se EP como "a perda máxima de água, na fase gasosa, para uma unidade de tempo, de uma cobertura vegetal abundante, uniforme, de baixa altura, em fase de crescimento ativo, cobrindo totalmente uma extensa superfície e sem deficit de água". PENMAN (1956) acrescentou o albedo da superfície, que depende do solo e da cobertura vegetal, introduzindo um fator de correção que varia com as propriedades óticas e físicas da superfície vegetada. Além disso, a EP deve ser avaliada através de um conjunto de espécies vegetais susceptíveis de se desenvolverem em determinada região, ou seja, com espécies bem adaptadas às condições climáticas locais (BOUCHET & ROBELIN, 1969; MONTENY, 1972).

Inúmeros métodos surgiram, visando a determinação de EP, tendo variações em torno da precisão, das dificuldades na determinação, etc. Entretanto, a validade de cada um e a viabilidade de aplicação devem ser compatíveis com os objetivos. A seguinte classificação configura os principais métodos: balanço de água; baseados no balanço de energia; aerodinâmicos, baseados no transporte turbulento de vapor de água e relações climatológicas empíricas.

Os métodos de balanço de água são normalmente, onerosos e trabalhosos, podendo ser citados, entre eles, os lisímetros e as medições do teor de umidade do solo.

O fator climático primordial para a determinação das necessidades de água de uma cultura é a energia disponível para evapotranspiração. A somatória dos parâmetros energéticos, tomando-se por base uma superfície dada, envolve: o fluxo de calor sensível por convecção; o calor latente de vaporização; o fluxo de vapor de água; o fluxo de calor para o solo; o coeficiente de armazenamento de energia química do vegetal e a massa vegetativa total; a radiação líquida, que é a diferença entre as radiações recebidas e emitidas (SLATYER, 1967; ROSEMBERG et al., 1968). A precisão do método do balanço de energia é boa, porém apresenta, em termos práticos, o inconveniente de exigir equipamentos onerosos e sensíveis, além dos cuidados indispensáveis à sua utilização.

Diversos autores desenvolveram fórmulas utilizando o princípio de que a taxa de evapotranspiração é proporcional ao gradiente vertical de pressão de vapor e à turbulência das camadas de ar próximas à superfície (SUTTON, 1934; ROSEMBERG et al., 1968, além de outros). Neste método torna-se necessária a introdução de correções de estabilidade, relativas à convecção térmica da superfície, o que dificulta a sua aplicação (THORNTHWAITTE, 1948). Além disso, ROSEMBERG

(1969) admitiu dificuldades de ordem experimental para a aplicação do método.

Através de cálculos resultantes de ajustes estatísticos, leis físicas e dados climatológicos facilmente acessíveis, numerosos autores apresentavam fórmulas empíricas, que tiveram grande difusão, principalmente pela fácil aplicação e entre elas podem ser citadas as desenvolvidas por THORNTHWAITE (1948) e BLANEY & CRIDDLE (1950). Entretanto, a utilização de uma ou outra, num determinado local, depende, dentre outros fatores, das condições mesológicas em que foram desenvolvidas (PIZARRO & VALVERDE, 1969).

Entre os métodos utilizados, surge como dos mais completos, o de PENMAN (1948), que, pela sua eficácia, foi recomendado pela FAO e IAEA (1966). A equação proposta por PENMAN se constitui de dois termos, um aerodinâmico semi-empírico e outro de balanço de energia. Apesar das aproximações, este método tornou-se satisfatório, quando comparado com determinações realizadas em lisímetros bem conduzidos. No entanto, trabalhos desenvolvidos por STANHILL (1961), ROSEMBERG (1969), TOVEY et al. (1969), além de outros, mostraram resultados contraditórios, ora com estimativas precisas, ora sub, ora super estimadas. Esta discrepância é atribuída aos efeitos advectivos (BAHRANI & TAYLOR, 1961).

Embora se apresente como dos mais eficientes, o método de PENMAN configura desvantagens, como a de necessitar determinações de alguns parâmetros meteorológicos, normalmente não encontrados em observatórios meteorológicos comuns, além de ser trabalhoso. Afim de reduzir estes fatores adversos, surgiram outras resoluções, como as gráficas (PURVIS, 1961; VILLA NOVA, 1967).

A avaliação da evapotranspiração através de evaporímetros de dimensões padronizadas tem sido muito utilizadas e disseminadas, apresentando resultados bastante satisfatórios (STANHILL, 1961, 1962); GORNAT et al., 1971; KLAR, 1972, 1974, além de outros).

### MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido nos campos experimentais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, Estado de São Paulo, com altitude média de 576 metros.

#### *Solo*

Ao nível de grande grupo, o solo foi classificado e mapeado como Latossolo Vermelho Escuro e a unidade de mapeamento Latossolo Vermelho Escuro-Orto (COMISSÃO DE SOLOS, 1960). RANZANI et al., 1966, classificaram-no e o denominaram Série Luiz de Queiroz.

A análise granulométrica foi realizada pelo Departamento de Solos e Geologia da ESALQ, encontrando-se no Quadro 1, juntamente com os pesos específicos aparentes e os dados relativos à característica de umidade do solo. Estes últimos foram determinados através da membrana e placa de pressão (RICHARDS, 1947).

### *Clima, evapotranspiração e irrigação*

De acordo com a classificação de KOEPPEN, o clima local é do tipo mesotérmico, *Cwa*, isto é, subtropical úmido com estiagem no inverno; as chuvas do mês mais seco não atingem 30 mm e a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, enquanto a do mês mais frio, inferior a 18°C.

**Quadro 1** — Análise granulométrica, pesos específicos aparentes (Da) e relações entre os potenciais e os teores de umidade do solo.

Amostra	Análise granulométrica:			Da:
	Argila %	Limo %	Areia %	
Ap ( 0 - 15 cm)	59,6	4,8	35,6	1,60
B <sub>21</sub> (15 - 50 cm)	61,3	5,6	33,1	1,53

Características de retenção de umidade do solo:

Teor de umidade (% peso seco)

Potencial (bar)	AP (0 - 15 cm)	B <sub>21</sub> (15 - 50 cm)
- 0,2	23,6	24,2
- 0,3	22,7	23,3
- 0,5	21,0	21,6
- 1,0	19,0	19,5
- 6,0	17,0	17,3
-15,0	15,2	16,0

A evapotranspiração real (ER) foi determinada através da variação do teor de umidade do solo (SLATYER, 1967). A evapotranspiração potencial foi desenvolvida pelo método de PENMAN (1948), com a utilização do método gráfico proposto por VILLA NOVA (1967). Os dados meteorológicos foram coletados em observatório situado aproximadamente a 1000 m dos ensaios.

As determinações do teor de umidade do solo foram realizadas através do método gravimétrico padrão, com os resultados com base em peso seco em estufa a 105-110°C. As amostragens eram desenvolvidas com base diária, com excessão dos dias de chuva, às profundidades de 0-15 e 15-50 cm, entre o sulco de irrigação e a linha de plan-

tas. Saliente-se que adotou-se o método de irrigação por sulcos de infiltração, tendo, estes, as dimensões aproximadas de 0,10 m de profundidade e 0,20 m de largura. A capacidade de infiltração foi estimada conforme exposto por CRIDDLE et al. (1956).

### *Cultura*

Utilizou-se da variedade "Baia Piriforme Precoce", com espaçamento de 0,50 m entre linhas de 0,10 m entre plantas. A semeadura foi feita em alfobres e as mudas transplantadas quando apresentavam um diâmetro de 0,007 m, aproximadamente.

Conforme indicações do Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ, a adubação constou de uma aplicação básica no sulco de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio na proporção de 5:13:8, com 100 g por metro linear de sulco. O transplante das mudas foi executado a 25 de maio de 1967. Considerou-se a cultura dividida em três estágios, sendo o primeiro até o transplante e o segundo distinguido do terceiro pelo consumo de água.

As características estudadas na cultura foram: a) produção de bulbos; b) desenvolvimento vegetativo, através da avaliação do peso das folhas, pouco antes de se iniciar a senescência; c) precocidade, que foi desenvolvida, analisando-se as duas colheitas iniciais (21 a 25 de setembro) de quatro conduzidas, transformadas em porcentagem.

### *Delineamento experimental*

Os ensaios foram delineados em blocos ao acaso, sendo os quatro tratamentos distinguidos pela variação nos potenciais mínimos de umidade do solo seguintes:

-0,5; -1,0; -6,0 e -15,0 bares.

Cada uma das parcelas componentes do ensaio era constituída por duas linhas de 170 plantas, uma das quais foi usada para avaliação das variáveis relativas aos bulbos e a outra para estimar o desenvolvimento vegetativo; duas bordaduras separavam as parcelas e as linhas úteis recebiam três sulcos de irrigação.

As observações referentes às diversas características estudadas na cultura foram submetidas à análise da variância e a fim de melhor aquilatar o efeito dos tratamentos, complementou-se a referida análise por meio de regressão, isolando-se os efeitos linear, quadrático e cúbico. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey.

Análises de regressão e correlação linear dentro do segundo e terceiro estágios e, também, para a adição destes, foram realizadas para avaliar a precisão do método de evapotranspiração potencial utilizado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme especificado anteriormente, o presente estudo visa uma tentativa de conclusão sobre as necessidades de água de uma cultura de cebola, através do uso do método de cálculo de PENMAN.

Os fatores atuantes que afetam o uso de água pelas plantas são complexos, e dificultam a sua conjugação numa fórmula simples. Os fatores de solo, clima e os específicos das próprias plantas atuam interligados para promover a evapotranspiração, de tal maneira que determinados aumentos na demanda evaporativa reduzem o potencial hídrico na planta promovendo um maior gradiente de potencial de água do solo para as raízes. A entrada de água nas raízes é diretamente dependente deste gradiente e o movimento ascendente da água nas plantas ocorre devido ao potencial de energia livre de água, mais baixo nas raízes que na parte aérea. Assim, a determinação das exigências hídricas da atmosfera, mantendo-se condições de potencial de umidade do solo favoráveis às plantas, podem promover um controle conveniente das quantidades de água a serem dispostas à cultura durante seu ciclo de desenvolvimento.

### *Produção de bulbos, desenvolvimento vegetativo e precocidade*

Os tratamentos convencionados de potenciais de umidade do solo mostraram ampla variação na produção de bulbos, com um acréscimo constante, à medida em que potenciais mais elevados de umidade do solo eram atingidos, conforme se pode avaliar pela componente linear da análise de regressão (quadro II). Estes resultados são compatíveis com os obtidos por CURRY (1937 e 1941), DRINKWATER & JANES (1955) e KLAR (1967). Como ocorreu com a produção de bulbos, o desenvolvimento vegetativo, avaliado pelo peso da parte aérea, também mostrou a componente linear da análise de regressão altamente significativa (quadro II), configurando decréscimos acompanhando as diminuições dos potenciais de umidade do solo.

A generalização encontrada por SINGH & ALDERFER (1966) e KLAR (1967), de que altos potenciais de umidade do solo concorrem, intensamente para o desenvolvimento vegetativo das plantas de cebola, corroboram os obtidos no presente estudo.

O quadro II mostra, ainda, que não houve interferência dos tratamentos sobre o ciclo de maturação, pelo menos, adotando-se a metodologia exposta no presente trabalho. Embora os resultados encontrados por DRINKWATER & JANES (1955) sejam discordantes em parte, os relatados por CURRY (1937) e KLAR (1967) são semelhantes.

**Quadro II** — Peso dos bulbos, das folhas e das duas primeiras colheitas.

Blocos	Trat. (bar)	Bulbos (kg/ha)	Folhas (kg/ha)	Duas primeiras colheitas	
				%	arc.sen. $\sqrt{\%$
I	-15,0	14.566	2.786	51,20	45,69
	- 6,0	17.730	3.841	69,40	56,42
	- 1,0	21.750	4.614	66,46	54,61
	- 0,5	26.916	5.302	64,48	53,42
II	-15,0	16.566	2.235	76,07	60,71
	- 6,0	20.799	3.331	73,30	58,89
	- 1,0	22.842	3.526	56,82	48,92
	- 0,5	23.823	5.200	49,48	44,70
III	-15,0	15.750	2.251	52,00	46,14
	- 6,0	17.703	2.535	61,90	51,88
	- 1,0	20.868	3.694	67,71	55,37
	- 0,5	24.107	4.298	48,72	44,27
IV	-15,0	14.902	2.818	60,01	50,77
	- 6,0	17.050	2.969	67,38	55,17
	- 1,0	22.853	4.401	61,22	51,48
	- 0,5	24.058	5.185	56,08	48,49
Médias	-15,0	15.446	2.522	59,82	50,83
	- 6,0	18.320	3.169	67,99	55,59
	- 1,0	22.078	4.058	63,05	52,60
	- 0,5	24.726	4.996	54,69	47,72
Teste F	Tratamento	39,59 **	51,63 **	1,79	
	R. Linear	118,28 **	153,87 **	1,25	
	R. Quadr.	0,03	0,94	3,83	
	R. Cúbica	0,47	0,08	0,28	
	d.m.s. 5%	2,871	662,18	—	
	(Tukey) 1%	3,872	892,90	—	
	C.V. %	6,45	8,12	9,52	

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

### Evapotranspiração

As estimativas da taxa de evapotranspiração real foram iniciadas a 31 de maio. Os quadros III a VI mostram as perdas acumuladas de água pela cultura (ER), a evapotranspiração potencial pelo método de PENMAN (EP) e a precipitação natural, no período 31 de maio a 4 de outubro; evidenciam, ainda, decréscimos na evapotranspiração real à medida em que os potenciais de umidade do solo tornavam-se mais baixos. Este fato corrobora as conclusões de KLAR (1967) para a mes-

ma cultura e tem suporte nos estudos desenvolvidos por GARDNER (1960), DENMEAD & SHAW (1962), EAGLEMAN & DECKER (1965), além de outros, que evidenciam a maior importância da energia de retenção de água do solo, à medida em que são atingidos potenciais mais baixos de umidade do solo.

As taxas de evapotranspiração potencial acumulada encontram-se nos quadros III a VI. As análises estatísticas (quadro VII), demonstraram a elevada correlação ocorrida entre ER e EP, considerando-se o ciclo da cultura, que, no presente trabalho, configura a soma do segundo e terceiro estágios; o primeiro estágio foi considerado como sendo aquele anterior ao transplante das mudas. Avaliando-se o segundo e terceiro estágios, encontram-se também elevadas correlações, com exceção do segundo no tratamento -6,0 bares, e do segundo e terceiro no tratamento -15,0 bares. Esta não correlação para os tratamentos onde ocorriam potenciais mais baixos de umidade do solo, é devida à não correspondência com uma das exigências da definição de evapotranspiração potencial (STANHILL, 1965), ou seja, que a planta não apresente déficit de água sem dúvida ocorrida com maior intensidade nestes tratamentos. Torna-se evidente que outras exigências da definição não foram plenamente satisfeitas, mas pode-se inferir que o método de PENMAN torna-se bastante útil para as estimativas da evapotranspiração real, conforme evidenciaram STANHILL (1961), DECKER (1962) e TOVEY et al. (1969). Convém salientar ainda, que com o aumento da energia de advecção o método de PENMAN perde parte de sua eficiência; esta energia é menos significativa em climas úmidos (SLATYER, 1967).

Considerando-se os valores dos coeficientes de conversão (quadro VII), verificam-se valores mais elevados a medida que são alcançados os tratamentos com potenciais mais elevados de umidade do solo. Baseando-se nos trabalhos de GARDNER (1960), verifica-se que as taxas de absorção de água pelas plantas decrescem com o aumento da energia de retenção, ou seja, com o decréscimo do potencial de água do solo.

### RESUMO E CONCLUSÕES

O presente estudo objetivou a avaliação das necessidades de água da cultura da cebola e a estimativa destas através do método de Penman. Utilizou-se do cultivar 'Baia Piriforme Precoce', com propagação por mudas, do método de irrigação por sulcos de infiltração e de gravimetria para a avaliação dos teores de umidade do solo. Delinearam-se quatro tratamentos, distintos pelos potenciais mínimos de umidade do solo: -0,5; -1,0; -6,0 e -15,0 bares.

Os resultados proporcionaram as seguintes principais conclusões:

**Quadro III** — Valores acumulados de ER e EP, relativos ao tratamento -0,5 bar; precipitação ocorrida.

Data	ER (mm)	EP (mm)	ppção (mm)
31/5-3/6	8,30	10,40	—
4-7/6	13,60	16,60	30,5
8-10/6	18,90	22,85	—
11-14/6	24,10	29,0	51,3
15-19/6	35,10	42,05	—
20-22/6	42,10	50,30	—
23-26/6	50,80	61,15	—
27-30/6	57,90	70,00	—
1-6/7	66,90	82,60	—
7-10/7	75,10	92,40	—
11-17/7	86,50	106,10	10,7
18-20/7	94,00	114,65	—
21-24/7	99,70	121,70	3,1
25-28/7	107,10	131,77	—
29/7-1/8	115,10	140,52	—
2-4/8	122,60	150,07	—
5-7/8	131,40	159,92	—
8-10/8	138,70	168,67	—
11-13/8	145,60	177,52	—
14-16/8	154,20	188,32	—
17-19/8	162,90	199,22	—
20-22/8	172,00	210,37	—
23-25/8	180,20	220,97	—
26-28/8	189,80	233,67	—
29-31/8	198,20	244,97	—
1-3/9	206,90	257,77	—
4-6/9	216,60	269,87	—
7-16/9	242,40	302,37	64,2
17-19/9	252,60	317,27	—
20-22/9	259,80	326,87	25,0
23-25/9	268,20	339,17	—
26-28/9	280,00	354,77	—
29/9-1/10	289,80	367,47	—
2-4/10	300,00	380,87	—

- o desenvolvimento das plantas foi mais proeminente a medida que se atingiram potenciais mais elevados de umidade do solo;
- o ciclo de maturação não foi afetado pela variação no potencial de água do solo;
- utilizando-se do método de Penman, e considerando-se o tratamento em que as plantas melhor se desenvolveram (-0,5 bar), podem ser usados os seguintes coeficientes de conversão (ER/EP) para a estimativa da perda de água pela cultura: 0,81; 0,77 e 0,79, respectivamente para o segundo e terceiro estágios e para a soma destes.

**Quadro IV** — Valores acumulados de ER e EP, relativos ao tratamento — 1,0 bar; precipitação ocorrida.

Data	ER (mm)	EP (mm)	ppção (mm)
31/5-7/6	13,23	16,70	30,5
8-14/6	23,63	29,00	51,3
15-23/6	42,43	53,35	—
24/6-3/7	59,85	76,05	—
4-18/7	86,08	109,00	10,7
19-27/7	102,52	128,47	3,1
28/7-4/8	118,64	150,07	—
5-11/8	136,01	172,67	—
12-18/8	153,48	194,62	—
19-25/8	170,43	220,97	—
26-31/8	188,88	244,97	—
1-5/9	204,10	264,77	—
6-16/9	231,71	302,37	64,2
17-20/9	244,95	320,67	—
21-26/9	262,05	344,67	25,0
27/9-1/10	278,68	367,47	—
2-5/10	293,19	386,57	—

**Quadro V** — Valores acumulados de ER e EP, relativos ao tratamento — 6,0 bar; precipitação ocorrida.

Data	ER (mm)	EP (mm)	ppção (mm)
31/5-7/6	13,23	16,60	30,5
8-14/6	23,63	29,00	51,3
15-28/6	49,69	65,40	—
29/6-18/7	77,01	109,00	10,7
19/7-3/8	103,42	147,32	3,1
4-15/8	128,92	184,97	—
16-25/8	153,30	220,97	—
26/8-3/9	177,81	256,77	—
4-16/9	210,86	302,37	64,2
17-20/9	223,93	320,67	—
21-29/9	249,03	358,87	25,0
30/9-5/10	266,33	386,57	—

### SUMMARY

Water requirement for onion (Baia Piriforme Precoce variety) was studied by means of field experiments in which water was supplied by the furrow-irrigation method. The Penman method was used to evaluate the water needs of this crop. Four treatments were used in which soil water potential was maintained at a minimum of -0.5; -1.0; -6.0 and

-15.0 bars. Soil moisture content was controlled gravimetrically. The results led to the following main conclusions:

- the development of the plants increased with soil water potential;
- the treatments didn't show any detectable effect on the crops maturing cycle;
- the following ratios (ER/EP) were determined for the treatment in which the minimum soil moisture potential was -0.5 bars: 0.82; 0.77 and 0.79, for the second and third stages and the addition of these, respectively.

*Quadro VI* — Valores acumulados de ER e EP, relativos ao tratamento -15,0 bar; precipitação ocorrida.

Data	ER (mm)	EP (mm)	ppção (mm)
31/5-7/6	13,23	16,60	30,5
8-14/6	23,63	29,00	51,3
15/6-4/7	58,40	78,05	—
5-31/7	98,70	136,32	13,8
1-15/8	128,12	184,97	—
16-27/8	158,17	229,97	—
28/8-7/9	185,62	272,07	—
8-16/9	202,52	302,37	64,2
17-20/9	215,74	320,67	—
21/9-4/10	252,62	380,87	25,0

*Quadro VII* — Análise de regressão, correlação e coeficientes de conversão entre ER e EP pelo método de PENMAN.

Trat. (bar)	Estágio	EP = a + b. ER		Coef. de correlação	K ER/EP
		a	b		
- 0,5	2°	0,30	1,01	0,8435 **	0,8169
	3°	-0,42	1,45	0,9283 **	0,7695
	ciclo	-0,52	1,46	0,9563 **	0,7882
- 1,0	2°	-0,55	1,57	0,9645 **	0,7906
	3°	0,06	1,33	0,9483 **	0,7380
	ciclo	-0,31	1,45	0,9876 **	0,7584
- 6,0	2°	0,35	1,16	0,6775	0,7020
	3°	0,18	1,41	0,9311 **	0,6809
	ciclo	-0,28	1,58	0,9769	0,6889
- 15,0	2°	-0,56	1,68	0,7451	0,7240
	3°	1,36	0,92	0,6221	0,6294
	ciclo	0,33	1,30	0,8341 **	0,6633

## LITERATURA CITADA

- BAHRANI, B. & S. A. TAYLOR, 1961 — Influence of soil moisture potential and evaporative demand on the actual evapotranspiration from an alfalfa field. *Agron. J.* 53:233-236.
- BOUCHET, R. J. & P. ROBELIN, 1969 — Evapotranspiration potentielle et réelle. Domaine d'utilisation portée pratique. *Bull. Tech. Inform. Ing. Serv. Agr.* 238:55-62.
- COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A., 1960 — Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, Rio de Janeiro, Centro Nac. de Ens. e Pesq. Agron., 634 p.
- CRIDDLE, W. D., S. PAIR DAVIS, & D. G. SHOCKLEY, 1956 — Methods for evaluating irrigation systems, Washington, U. S. Dept. Agric. 24 p.
- CURRY, A. S., 1937 — Irrigation experiments with the early grano onion. *Bull. New Mex. Agric. Exp. Stn.* 245, 39 p.
- DENMEAD, O. T. & R. H. SHAW, 1962 — Availability of soil water to plants as affected by moisture content and meteorological conditions. *Agron. J.* 54:385-390.
- DRINKWATER, W. O. & N. E. JANES, 1955 — Effects of irrigation and soil moisture on maturity, yield and storage of two onion hybrids. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 66:267-278.
- EAGLEMAN, J. R. & W. L. DECKER, 1965 — The role of soil moisture in evapotranspiration. *Agron. J.* 57:626-629.
- FAO, IAEA., 1966 — Division of Atomic Research in Food Agriculture. Coordinated Research Radiation Techniques to Water Efficiency Studies.
- GARDNER, W. R., 1960 — Dynamics aspects of water availability to plants. *Soil Sci.* 89:63-73.
- GORNAT, B. B., D. GOLDBERG & D. SADAN, 1971 — Changes in the ratio between sugar beet evapotranspiration and pan evaporation during the growing season. *Agron. J.* 63:256-258.
- KLAR, A. E., 1967 — A influência da umidade do solo sobre a cultura da cebola (*Allium cepa*, L.) Tese Dout., Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Univ. São Paulo, 77 p. (mimeog.).
- KLAR, A. E., 1972 — Avaliação das necessidades hídricas das culturas de gladiolos e de cebola. Tese de M. S., Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", Univ. São Paulo. 93 p. (mimeog.).

- KLAR, A. E., 1974 — A influência do clima e do solo sobre as necessidades hídricas da cultura de cebola. Tese de Livre-Docência, Fac. de Ciênc. Méd. e Biol. Botucatu — SP., 181 p. (mimeog.).
- MONTENY, B. A., 1972 — Evapotranspiration de differents couverts vegetaux en region mediterranne semiaride. *Agric. Meteorol.* 10: 19-38.
- PENMAN, H. L., 1948 — Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Royal Soc., Series A*, 193: 120-145.
- PENMAN, H. L., 1956 — Evaporation: An introductory survey. *Neth. J. Agric. Sci.* 4: 9-30.
- PIZARRO, H. C. & A. T. VALVERDE, 1969 — Estimacion de la evaporacion piché y de la evapotranspiracion en funcion de la radiacion solar y de elementos climáticos. *Anales Cient. Lima* 7: 140-160.
- PURVIS, J. C., 1961 — Graphical solution of the Penman equation for potential evapotranspiration. *Mon. Weath. Rev., U. S. Dep. Agric.* 89: 192-196.
- RANZANI, G., O. FREIRE, & T. KINJO, 1966 — Carta de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos. 85 p. (mimeog.).
- ROSEMBERG, N. J., H. E. HART, & K. W. BROWN, 1968 — Evapotranspiration: review of research. *Tech. Bull. Nebr. Agric. Exp. Stn. Univ. Nebr.* 78 p.
- ROSEMBERG, N. J., H. E. HART, & K. W. BROWN, 1969 — Seasonal patterns in evapotranspiration by irrigated alfalfa in the Central Great Plains. *Agron. J.* 61: 879-886.
- SINGH, R. & R. B. ALDERFER, 1966 — Effects of soil moisture at different periods of growth of some vegetable crops. *Soil Sci.* 7: 69-80.
- SLATYER, R. O., 1967 — Plant-water relationship. New York. Academic press. 366 p.
- STANHILL, G., 1961 — A comparison of methods of calculating potential evapotranspiration from climatic data. *Israel. J. Agric. Res.* 11: 159-171.
- STANHILL, G., 1965 — The concept of potential evapotranspiration in arid climate. *In: Methodologie de l'ecophysiologie vegetale.* U. N. E. S. C. O. Actes du Coll. de Mont'pellier, 25: 109-117.
- SUTTON, O. G., 1934 — Wind structure and evaporation in a turbulent atmosphere. *Proc. Royal Soc. London*, 146.

- THORNTON, C. H., 1948 — An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38: 55-94.
- TOVEY, R., J. S. SPENCER & D. C. MUCKEL, 1969 — Turfgrass evapotranspiration. *Agron. J.* 61: 863-867.
- VILLA NOVA, N. A., 1967 — A estimativa da evaporação potencial no Estado de São Paulo. Tese. Dout., Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Univ. de São Paulo, 66 p. (mimeog.).