

A EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL SEGUNDO THORNTHWAITTE

POR ÂNGELO PAES DE CAMARGO e
ANTONIO ROBERTO PEREIRA

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - CAIXA POSTAL, 82 - 13100 CAMPINAS, SP

1 - INTRODUÇÃO

Para o estudo do fator umidade no clima de uma região, não bastam os dados de precipitação pluvial. Além desse elemento, que representa a transferência de água da atmosfera para o solo, é preciso conhecer também o elemento oposto, a evapotranspiração potencial, que corresponde à chuva necessária, para não haver falta nem excesso de água para uso das plantas. Com esses elementos pode-se estimar a disponibilidade de água no solo, num processo contábil, como o balanço hídrico de Thornthwaite (1948; 1955), onde a chuva funciona como entrada ou ganho de água, a evapotranspiração, como saída ou perda de umidade do solo e este, como caixa ou reservatório de água.

Se o balanço hídrico for baseado em normais climatológicas, obtêm-se o balanço hídrico climático que serve, por exemplo, para levantamentos de aptidão agroclimática de uma região. Sendo preparado a partir de dados meteorológicos diários, cronológicos, permite estimar a disponibilidade diária de água no solo, e quantificar a necessidade de água para a irrigação.

A chuva teoricamente necessária ou evapotranspiração potencial, como a chamou Thornthwaite (1946), é um elemento climatológico fundamental como a precipitação pluvial. Corresponde à transferência de água do solo para a atmosfera, em altura pluviométrica, verificada em um terreno plano, de extensão ilimitada, totalmente coberto de vegetação verde, uniforme e continuamente bem suprido de umidade. Nesse terreno a evapotranspiração se restringe à disponibilidade de energia solar por unidade de superfície. Não haveria, assim, interferência das trocas laterais de energia, por advecção, ocorrendo a evapotranspiração potencial.

No caso, porém, de uma área seca ou região árida, a evapotranspiração que ocorre em um canteiro irrigado, bem suprido de umidade no solo, pode ser muito superior à potencial. É claro. Além da energia solar incidente o canteiro receberá também energia por advecção do terreno seco circundante. Essa Evapotranspiração mais elevada que a potencial foi chamada por Penman (1956) de evaporação "mid-desert", ou evapotranspiração de oasis. Ela pode ser muito superior à evapotranspiração potencial e não pode ser empregada no balanço hídrico. Por sua vez, ao lado, no terreno circundante, não irrigado, a evapotranspiração ficará reduzida pela falta de umidade no solo, ficando menor que a potencial. Essa evapotranspiração assim restringida por deficiência hídrica foi chamada por Thornthwaite (1948;1955) de real, ou "actual" em inglês.

Thornthwaite (1948) desenvolveu em 1944 uma fórmula empírica, para estimativa da evapotranspiração potencial, utilizando-se apenas de dados termométricos e da latitude do local. Posteriormente, muitas outras equações e métodos foram propostos por diferentes autores empregando diversos elementos meteorológicos para estimar a evapotranspiração potencial, visando principalmente a determinação das necessidades de água para a irrigação.

Muita confusão aparece, porém, na literatura a respeito do conceito de evapotranspiração potencial. Frequentemente, ela é empregada em lugar da evapotranspiração de oásis. Em muitos trabalhos para estudo e análise de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração a fórmula de Thornthwaite fica prejudicada pela tentativa de compará-la com outros métodos que estimam, na verdade, a evapotranspiração de oásis, muitas vezes definida como evapotranspiração máxima.

Este trabalho tem a finalidade de apresentar uma breve análise da crítica à fórmula de Thornthwaite.

2 - MÉTODO DE THORNTHWAITTE

A fórmula de Thornthwaite (1948) para cálculo da evapotranspiração potencial foi desenvolvida, preliminarmente, através de correlações entre elementos meteorológicos e determinações da evapotranspiração em bacias hidrográficas, através das diferenças entre a água recebida pela chuva e a perdida pelo deflúvio. É uma fórmula empírica, baseada em uma função logarítmica da temperatura média do ar e do comprimento do dia. Embora seja complexa e trabalhosa, as dificuldades podem ser facilmente resolvidas utilizando-se tabelas especiais (Thornthwaite & Mather, 1957).

Estudos posteriores, baseados em dados oriundos dos lisímetros de Coshocton, Ohio (Harrold & Dreibelbis, 1950), bem como daqueles obtidos pela equipe de Thornthwaite em determinações do consumo de água do solo e em evapotranspirômetros, não produziram qualquer modificação ou refinamento da fórmula primitiva (Mather, 1954).

A temperatura média diária segundo Thornthwaite (1954) constitui um índice bastante aceitável para representar a evapotranspiração potencial, por existir uma relação constante entre a fração da radiação efetiva usada para o aquecimento e aquela utilizada para promover a evapotranspiração (taxa de Bowen), quando não há limitações de umidade no solo. Dados apresentados em trabalho de Pruitt (1964) mostram estar a evapotranspiração potencial bastante ligada à temperatura média do ar. A figura 3 desse trabalho, indica que para as mesmas condições de radiação global e de radiação efetiva a evapotranspiração em Davis, Cal., aumenta consideravelmente com o aumento da temperatura média do ar. As temperaturas médias mensais, e em consequência a evapotranspiração potencial, mostram-se bem mais baixas na primavera do que no outono. O mesmo comportamento foi assinalado por Pelton et al. (1960) para a localidade de Madison, Wis. As figuras 2 e 3 desse trabalho mostram ainda que nos meses em que a temperatura média é inferior a 0°C a evapotranspiração é nula.

3 - DEZEMPENHO DA FÓRMULA DE THORNTHWAITTE

Qualquer fórmula climatológica deve atender aos requisitos: exequibilidade; simplicidade e confiabilidade.

3.1 - EXEQUIBILIDADE

Para a estimativa da evapotranspiração potencial a fórmula de Thornthwaite é das mais exequíveis, por necessitar apenas de dados da temperatura média do ar além da latitude do lugar. Pode, por isso, ter aplicação muito mais generalizada que as fórmulas que exigem outros elementos somente disponíveis nas poucas estações meteorológicas de primeira classe, como acontece com a de Penman e outras recomendadas, frequentemente (Villa Nova et al., 1980).

Para os mapeamentos agroclimatológicos com o auxílio destas fórmulas é indispensável contar com uma rede de postos meteorológicos bastante densa, o que geralmente

Muita confusão aparece, porém, na literatura a respeito do conceito de evapotranspiração potencial. Frequentemente, ela é empregada em lugar da evapotranspiração de oasis. Em muitos trabalhos para estudo e análise de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração a fórmula de Thornthwaite fica prejudicada pela tentativa de compará-la com outros métodos que estimam, na verdade, a evapotranspiração de oasis, muitas vezes definida como evapotranspiração máxima.

Este trabalho tem a finalidade de apresentar uma breve análise da crítica à fórmula de Thornthwaite.

2 - MÉTODO DE THORNTHWAITE

A fórmula de Thornthwaite (1948) para cálculo da evapotranspiração potencial foi desenvolvida, preliminarmente, através de correlações entre elementos meteorológicos e determinações da evapotranspiração em bacias hidrográficas, através das diferenças entre a água recebida pela chuva e a perdida pelo deflúvio. É uma fórmula empírica, baseada em uma função logarítmica da temperatura média do ar e do comprimento do dia. Embora seja complexa e trabalhosa, as dificuldades podem ser facilmente resolvidas utilizando-se tabelas especiais (Thornthwaite & Mather, 1957).

Estudos posteriores, baseados em dados oriundos dos lisímetros de Coshocton, Ohio (Harrold & Dreibelbis, 1950), bem como daqueles obtidos pela equipe de Thornthwaite em determinações do consumo de água do solo e em evapotranspirômetros, não produziram qualquer modificação ou refinamento da fórmula primitiva (Mather, 1954).

A temperatura média diária segundo Thornthwaite (1954) constitui um índice bastante aceitável para representar a evapotranspiração potencial, por existir uma relação constante entre a fração da radiação efetiva usada para o aquecimento e aquela utilizada para promover a evapotranspiração (taxa de Bowen), quando não há limitações de umidade no solo. Dados apresentados em trabalho de Pruitt (1964) mostram estar a evapotranspiração potencial bastante ligada à temperatura média do ar. A figura 3 desse trabalho, indica que para as mesmas condições de radiação global e de radiação efetiva a evapotranspiração em Davis, Cal., aumenta consideravelmente com o aumento da temperatura média do ar. As temperaturas médias mensais, e em consequência a evapotranspiração potencial, mostram-se bem mais baixas na primavera do que no outono. O mesmo comportamento foi assinalado por Pelton et al. (1960) para a localidade de Madison, Wis. As figuras 2 e 3 desse trabalho mostram ainda que nos meses em que a temperatura média é inferior a 0°C a evapotranspiração é nula.

3 - DEZEMPENHO DA FÓRMULA DE THORNTHWAITE

Qualquer fórmula climatológica deve atender aos requisitos: exeqüibilidade; simplicidade e confiabilidade.

3.1 - EXEQÜIBILIDADE

Para a estimativa da evapotranspiração potencial a fórmula de Thornthwaite é das mais exeqüíveis, por necessitar apenas de dados da temperatura média do ar além da latitude do lugar. Pode, por isso, ter aplicação muito mais generalizada que as fórmulas que exigem outros elementos somente disponíveis nas poucas estações meteorológicas de primeira classe, como acontece com a de Penman e outras recomendadas, frequentemente (Villa Nova et al., 1980).

Para os mapeamentos agroclimatológicos com o auxílio destas fórmulas é indispensável contar com uma rede de postos meteorológicos bastante densa, o que geralmente

apenas acontece com os termopluviométricos, suficientes para a equação e o balanço hídrico de Thornthwaite.

3.2 - SIMPLICIDADE

Embora, a fórmula de Thornthwaite seja de cálculo bastante difícil e trabalhoso pode ser fácil e rapidamente utilizada com o emprego de nomogramas e tabelas especiais (Thornthwaite & Mather, 1957). Empregando-se a tabela de EP diária não ajustada, modificada por Camargo (1962 e 1978) para uso do Índice T, a estimativa da evapotranspiração potencial fica ainda bem mais simplificada.

No caso da determinação das necessidades de água para irrigação pode-se utilizar tabelas especiais preparadas para obter a evapotranspiração potencial diretamente da temperatura média diária, já adaptadas à temperatura média anual e à latitude do lugar (Camargo, 1973).

3.3 - CONFIABILIDADE

A equação de Thornthwaite foi desenvolvida empiricamente baseando-se na correlação entre as temperaturas médias, anual e diária, com a evapotranspiração potencial medidas de várias formas e em diferentes lugares (Mather, 1954). Sua aplicação em mapeamentos do balanço hídrico climático vem dando resultados altamente satisfatórios (Camargo, 1978; Camargo & Ortolani, 1964).

Penman (1956) conclui que apesar da inerente simplicidade e das limitações óbvias, o método de Thornthwaite funciona surpreendentemente bem. Tosello (1961) em estudo hidrológico de pequenas bacias, para aplicações em irrigação, conclui: "a comparação de dados de evapotranspiração obtidos dos estudos hidrológicos com dados da evapotranspiração potencial, calculados pela fórmula de Thornthwaite, mostraram uma surpreendente concordância".

Camargo (1962) comparou, durante cinco anos, em três localidades do Estado de São Paulo, dados de evapotranspiração potencial medidos em evapotranspirômetros de 60 x 60cm de boca em área de 400m² gramada e irrigada, com dados calculados pelas fórmulas de Thornthwaite, de Penman-Bavel, de Blaney & Criddle original e uma adaptação desta às condições locais por Camargo (1962). A equação de Thornthwaite apresentou os melhores resultados, alta correlação e dados muito próximos dos obtidos por medição em evapotranspirômetros vegetados com grama. Dentre os métodos de cálculo comparados foi o que forneceu a mais estreita correlação e a maior concordância com os dados medidos.

Para as condições do Planalto Central Brasileiro, Lobato (1979?) comparou durante dois anos dados da evapotranspiração mensal medidos em evapotranspirômetros, instalados no interior do posto meteorológico, com dados calculados pelas fórmulas de Thornthwaite, de Camargo (1978), de Holdridge (1959), de Blaney & Criddle (1950) e de outras. Os resultados foram semelhantes aos de Camargo (1962) para as condições do Planalto Paulista. As melhores correlações e concordâncias com os dados medidos foram as obtidas com os dados de Thornthwaite. O método de Blaney & Criddle, superestimou consideravelmente a evapotranspiração nos meses de inverno, exatamente no período que ocorrem as deficiências hídricas e as necessidades de irrigação no Sudeste e Centro Oeste brasileiro.

Muitas críticas, entretanto, se encontram na literatura condenando a fórmula de Thornthwaite. Frequentemente, estão ligadas ao fato de se procurar associar seu resultado com a evapotranspiração de oasis ou do tanque "Classe A" e não à evapotranspiração potencial.

Pruitt (1960, 1964) trabalhando com evaporímetros e dados meteorológicos em regiões de clima seco, no verão, nos Estados Unidos concluiu que a equação de Thornthwaite subestima consideravelmente o uso consuntivo, ou seja a evapotranspiração potencial, e propõe um fator de correção para aumentá-la de 1,72. A explicação para esse coeficiente de correção assim tão elevado está no fato de o clima da área de Prosser-WASH, onde se achava a bateria de tanques, ser árido e excessivamente seco no verão (quadro 1). Com o ar seco a energia advectiva faz aumentar consideravelmente a evaporação nos tanques e a evapotranspiração de oásis, em relação à potencial.

Neste trabalho são apresentados no quadro 1 balanços hídricos para as localidades de Santo Ângelo, RS, no Brasil e de Indianápolis, IN, nos Estados Unidos, utilizando a evapotranspiração potencial segundo Thornthwaite e a corrigida pelo coeficiente 1,72 proposto por Pruitt. Essas localidades, em regiões de cultura tradicional de soja, possuem reconhecidamente o clima úmido. O balanço hídrico pelo EP de Thornthwaite acusa, de fato, o clima úmido para ambas as localidades. Não aparecem deficiências hídricas, normalmente, no período crítico de florada e frutificação.

Os balanços utilizando EP modificado segundo Pruitt indicaram resultados inaceitáveis. Para Santo Ângelo o clima seria sub-úmido e para Indianápolis, seco. Ambas as localidades seriam inaptas à cultura da soja. No período crítico de dezembro a fevereiro em Santo Ângelo e de junho a agosto em Indianápolis as deficiências hídricas normais seriam elevadíssimas e impeditivas à cultura comercial da soja.

Numerosos balanços hídricos utilizando a evapotranspiração potencial original de Thornthwaite acusam invariavelmente resultados concordantes com o clima e a aptidão agrícola da região (Camargo & Ortolani, 1964; Camargo *et al.*, 1976; Camargo 1978).

Pelton *et al.* (1960), avaliando métodos que utilizam a temperatura média do ar, com o de Thornthwaite, concluíram que eles podem funcionar bem para estimar a evapotranspiração potencial para períodos longos, como de uma estação ou anual, mas não para estimar dados de curtos períodos, horas ou dias.

Stanhill (1961) trabalhando em Israel, em clima semi-árido a árido, verificou que os resultados do tanque "Classe A" variam consideravelmente conforme a aridez da região e a extensão da área circundante irrigada. Em certos casos a evapotranspiração foi de apenas 58% da indicada pelo tanque "Classe A". Nos experimentos as produções mais elevadas ocorrem normalmente nos tratamentos que recebem substancialmente menos água que a evapotranspiração potencial, avaliada pelo tanque "Classe A" e pela fórmula de Penman.

Hashemi & Habibian (1979) mostram que para a área árida de Dezful em Israel o tanque "Classe A" acusou uma evaporação total anual de 3130mm e a fórmula de Thornthwaite, apenas 1374mm. Considerando que a carta de balanço de radiação anual de Budyko (1968), mostra um total da ordem de 120.000 cal/cm² para Israel, e admitindo que 70% dessa energia seja usada na evaporação, ter-se-ia 84.000 cal/cm². Sabendo-se que 1mm equivale a 59 cal/cm², a evapotranspiração potencial anual seria de 1424mm, um valor muito menor que a do tanque "Classe A" e próximo de 1374mm, da fórmula de Thornthwaite.

Para regiões de clima úmido, onde é mínimo o efeito de oásis, a evaporação do tanque "Classe A" e da fórmula de Penman, aproximam-se bastante da de Thornthwaite. Balanços hídricos efetuados para Santo Ângelo, RS com base em evapotranspiração obtida por Thornthwaite e Penman, esta através de fatores geográficos por Oliveira *et al.* (1980), deram resultados muito semelhantes, acusando clima úmido (figura 1). O mesmo ocorre para a região de clima tropical úmido de Ribeirão Preto, SP, no Planalto Paulista. Determinações da evapotranspiração potencial para períodos de 10 dias, segundo as equações de Penman e de Thornthwaite, correlacionados com dados medidos em evapotrans-

Quadro 1 - Resultados de balanços hídricos climáticos, em milímetros, com base na evapotranspiração potencial (EP) de Thornthwaite e na multiplicada por 1,72, segundo Pruitt, para localidades de clima úmido, apto para cultura de soja e milho e de Prosser, com clima árido. Os dados do balanço hídrico (BH) com sinal negativo indicam deficiência e os com sinal positivo, excedentes hídrico.

Meses	Santo Ângelo - RS, Brasil					Indianapolis - Ind, EUA					Prosser-Wash, EUA		
	Prec.	Thornthwaite		Pruitt		Prec.	Thornthwaite		Pruitt		Prec.	Thornthwaite	
	P	EP	BH	EP	BH	P	EP	BH	EP	BH	P	EP	BH
Jan. ...	154	146	+8	251	-73	71	0	+71	0	+71	25	0	0
Fev. ...	134	118	+16	203	-60	84	0	+84	0	+84	17	2	0
Março ..	141	109	+32	187	-42	96	13	+83	22	+74	13	19	-3
Abril ..	170	72	+98	124	0	86	45	+41	77	+9	14	58	-19
Maió ...	182	48	+134	83	+28	101	92	+9	158	-11	12	117	-74
Junho ..	156	33	+123	57	+99	112	116	0	200	-47	12	141	-113
Julho ..	140	34	+106	58	+82	107	152	-7	261	-127	4	155	-145
Agosto .	147	45	+102	77	+70	84	133	-22	229	-138	5	138	-132
Set. ...	170	57	+113	98	+72	84	90	-3	155	-69	11	90	-79
Out. ...	184	76	+108	131	+53	71	48	0	83	-12	17	46	-28
Nov. ...	127	99	+28	170	-5	94	13	+32	22	0	26	12	0
Dez. ...	146	132	+14	227	-39	76	1	+75	2	+23	29	0	0
TOTAL ..	1851	969	+882	1666	+404 -219	1066	703	+395 -32	1209	+261 -404	185	778	-593
Im ⁽¹⁾	91 = Úmido			11 = Sub-úmido		52 = Úmido			-12 = Seco		-76 = Árido		

(¹) Im ou Índice hídrico = $(P/EP - 1)100$. Superúmido > 100; úmido = 100 a 20; sub-úmido = 20 a 0; seco = 0 a -20; semiárido = -20 a -60; árido < -60.

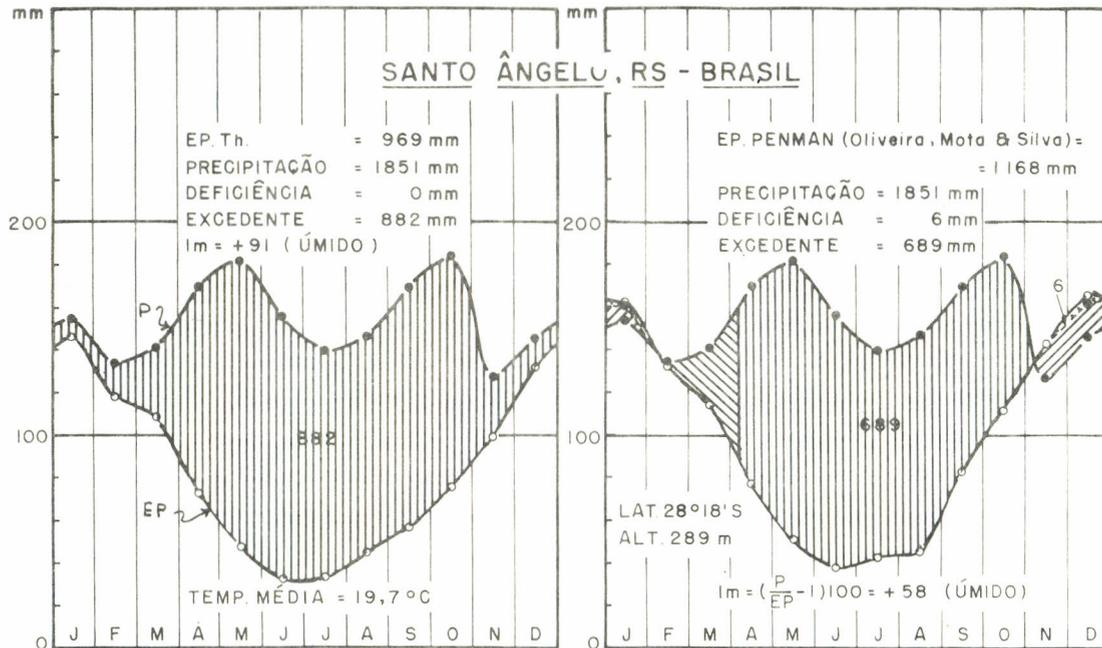


Figura 1 - Balanços hídricos para Santo Ângelo - RS, efetuados com a evapotranspiração potencial determinada segundo Thornthwaite e de acordo com Penman, baseando-se em parâmetros neográficos por Oliveira, Mota & Silva 1977.

pirômetros (Ortolani et al, 1966) mostraram correlações semelhantes e muito satisfatórias.

4 - EMPREGO DA FÓRMULA DE THORNTHWAITE

A evapotranspiração potencial de Thornthwaite tem a aplicação especial no preparo de balanços hídricos climáticos baseados em normais climatológicas mensais. Pode porém ser utilizada no cálculo da evapotranspiração diária para fins de estimativa das necessidades de água para irrigação. Embora os dados possam apresentar grande variabilidade e baixa precisão, aqueles acumulados para períodos de vários dias ou semanas tornam-se menos variáveis e bastante consistentes. Os erros nas determinações diárias não são sistemáticos e acumulativos.

Nas regiões áridas o consumo de água nos bordos das áreas irrigadas ocorre como evapotranspiração de oasis, bem mais elevada que a potencial de Thornthwaite. Ela poderia ser estimada através de correção baseada na umidade relativa média do ar, pela equação:

$$EO = EP (180 - UR)100$$

onde EO é a evapotranspiração de oasis, EP, a evapotranspiração potencial de Thornthwaite e UR, a umidade relativa do ar.

Para áreas irrigadas extensas de dezenas ou mais hectares o efeito de bordo, ou de oasis, poderá ser desprezado. Nesse caso a evapotranspiração potencial de Thornthwaite funcionará satisfatoriamente, sobretudo para turnos de rega longos, de vários dias ou semanas, com a vantagem de necessitar apenas de dados de temperatura média e da precipitação, no período.

SUMMARY

POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ACCORDING TO THORNTHWAITE

Thornthwaite's equation has constantly been criticized and modified by several authors. Potential evapotranspiration is the amount of water transferred to the atmosphere by a growing vegetation which covers completely the soil in the absence of water shortage. If, for any reason, there is a lack of soil moisture the evapotranspiration is restricted and no longer potential and is called actual. Conversely, if a small irrigated plot is surrounded by dryland than the evapotranspiration is enhanced by the additional advective energy and as said to be the "oasis" evapotranspiration which is larger than the potential. It is felt that much of the criticism to the Thornthwaite's equation is due to the misconception several authors have about the potential evapotranspiration which frequently is taken as the "oasis" evapotranspiration.

Climatological equations must be simple, reliable, and easily handled in order to be of any value. Thornthwaite's equation has such attributes for (i) it needs only the mean monthly temperature which is conditioned by the geographical and topographical factors; (ii) the T-index developed by Camargo (BoI. 116, Instituto Agrônomo de Campinas, 1978, 4th ed.) further simplifies its use; (iii) even though Thornthwaite's formula was developed for large catchment areas of North America and lysimeters measurements at Coshocton it has been found by Camargo (Bragantia 21:163-213, 1962) to be fairly accurate for the tropical areas of São Paulo, Brazil.

Alternative equations take into consideration the atmospheric humidity estimating, therefore the "oasis" rather than the potential evapotranspiration. Several examples of climatological water balance are discussed.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLANEY, H.F. & CRIDDLE, W.D., 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Washington, Soil Conservation Service. 48p.
2. BUDYKO, M.I., 1968. Solar radiation and the use of it by plants. In: READING SYMPOSIUM, Paris. Proceedings: agroclimatological methods. Paris, UNESCO. p.39-53.
3. CAMARGO, A.P.de., 1962. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo: tese. Bragantia 21:163-213.
4. CAMARGO, A.P.de ; ORTOLANI, A., 1964. Clima das zonas canavieiras do Brasil. V. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. Cultura e adubação da cana de açúcar. São Paulo. p.121-138.
5. CAMARGO, A.P.de., 1973. Evapotranspiração, clima e quantidade de água necessária. In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM IRRIGAÇÃO. Belo Horizonte, UFMG/DEH. v.1. p.23-83.
6. CAMARGO, A.P.de ; ALFONSI, R.R. ; PINTO, H.S. ; CHIARINI, J.V., 1976. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo. p.89-120.
7. CAMARGO, A.P.de., 1978. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 4ª edição. Campinas, Instituto Agrônomo. 28p. (Boletim, 116).
8. HARROLD, L.L. & DREIBELBIS, F.R., 1950. Agricultural hydrology as evaluated by monolith lysimeter. Washington, Dept.Agr.. 149p. (Tech Bul).
9. HASHEMI, F. & HABIBIAN, M.T., 1979. Limitations of temperature-based methods in estimating crop evapotranspiration in arid-zone agricultural development projects. Agricultural Meteorology 20:237-247.
10. HOLDRIDGE, L.R., 1959. Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. Science 130:572.
11. LOBATO, O.J.S.M., 1979. Consideração sobre a evapotranspiração potencial medida e calculada, no município de Goiânia e circunvizinhos. Goiânia, GO, E.A.V./U.F.G. 20fls.

12. MATHER, J.R., ed., 1954. The measurement of potential evapotranspiration. Centerton, Johns Hopkins Laboratory of Climatology. 225p. (Publications in Climatology 7).
13. OLIVEIRA, M.O.de. ; MOTA, F.S.da. ; SILVA, J.B.da., 1980. Estimates of potential evapotranspiration (Penman) as a function of geographical factors in Brazil. *Agricultural Meteorology* 22:207-215.
14. ORTOLANI, A.A. ; CAMARGO, A.P.de & Villa Nova, N.A., 1966. Correlação entre valores decendiais da evapotranspiração potencial calculados segundo métodos de Penman e de Thornthwaite e dados de evapotranspirômetros, na região de Ribeirão Preto. *Bragantia* 25:LXV-LXVIII. (Nota 15).
15. PELTON, W.L. ; KING, K.M. & TANNER, C.B., 1960. An avaluation of the Thornthwaite and mean temperature methods for determining potential evapotranspiration. *Agronomy Journal* 52:387-395.
16. PENMAN, H.L., 1956. Evaporation: introductory survey. *Neth. J.Agric.Sci.* 4:9-29.
17. PRUITT, W.O., 1960. Relation of consumptive use of water to climate. *Transactions of the ASAE* 3(1):9-13,17.
18. PRUITT, W.O., 1964. Cyclic relation between evapotranspiration and radiation. *Transactions of the ASAE* 7:271-275.
19. STANHILL, G., 1961. A comparison of methods of calculating evapotranspiration from climatic data. *Israel J.Agric.Res.* 11:159-171.
20. THORNTHWAITE, C.W., 1946. The moisture-factor in climate. *Trans.Am.Geoph. Union* 27:41-48.
21. THORNTHWAITE, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geog.Rev.* 38:55-94.
22. THORNTHWAITE, C.W., 1954. A reexamination of the concept and measurement of potential evapotranspirations. In: Mather J.R. The measurement of potential evapotranspiration. Seabook, N.J., Johns Hopkins Laboratory. p.200-209.
23. THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R., 1955. The water balance. Centerton, NJ-Laboratory of Climatology. 104p. (Publications in Climatology vol.8, nº1).
24. THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and Water balance. Centerton, NJ-Laboratory of Climatology. 311p. (Publications in Climatology vol. 10, nº3).
25. TOSELLO, R.N., 1961. Estudo hidrológico de pequenas bacias e sua aplicação à irrigação. *Bragantia* 20(21):591-615.
26. VILLA NOVA, N.A. ; BARBIERI, V. & SCARDUA, R., 1980. Evapotranspiração e evaporação: principais métodos de estimativa climatológica segundo as recomendações da FAO(1979). Piracicaba, ESALQ. 21fls. (Mimeografado).