

# ESTIMATIVA DA EVAPORAÇÃO DO TANQUE CLASSE "A" NO BRASIL<sup>1</sup>

FERNANDO SILVEIRA DA MOTA<sup>2</sup>,  
MARISA OLIVEIRA DE OLIVEIRA AGENDES<sup>3</sup>,  
ELIANE GRALA PEREIRA ALVES  
e CARMEM TEREZINHA BECKER<sup>4</sup>

RESUMO - Foi testado o nomograma de Kohler et al. (1959), desenvolvido nos Estados Unidos da América, para estimar a evaporação do tanque classe "A" a partir da radiação solar, ponto de orvalho e percurso do vento, médias diárias mensais, com dados de cinco estações meteorológicas localizadas nas principais regiões climáticas do Brasil. Os resultados foram significativamente correlacionados com medidas do tanque classe "A" realizadas nessas localidades. Conclui-se que o nomograma pode ser utilizado com bons resultados no Brasil.

## ESTIMATES OF CLASS "A" PAN EVAPORATION IN BRAZIL

ABSTRACT - The nomogram of Kohler et al. (1959), developed in the United State of America for the estimation of class "A" pan evaporation from solar radiation, dew point and wind movement was tested with data from five stations located in the main Brazilian climatic regions. Results show good agreement between estimated and measured pan evaporation. It was concluded that this nomogram may be applied to Brazilian conditions with good results.

## INTRODUÇÃO

O planejamento de projetos de açudagem para armazenamento de água requer o estudo detalhado de todos os dados disponíveis, principalmente as observações meteorológicas realizadas nas regiões propostas para a localização dos reservatórios. As observações meteorológicas nem sempre incluem medidas de evaporação de superfície livre de água mas podem ser utilizadas para estimá-la.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 20 de agosto de 1992.

Trabalho realizado dentro do convênio CPATB/UFPEL (Estação Agroclimatológica).

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Dr. em Ciências, Prof. - Titular (aposentado), UFPEL, Caixa Postal 49, CEP 96010 Pelotas, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Enga.-Agra., Estação Agroclimatológica, UFPEL, Caixa Postal 337, Pelotas, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Meteorologista, Estação Agroclimatológica, UFPEL.

O objetivo do presente trabalho foi testar o método desenvolvido por Kohler et al. (1959) para estimar a evaporação normal mensal do tanque classe "A" a partir da radiação solar, temperatura do ponto de orvalho e percurso do vento. Tal objetivo é baseado no fato de que não são disponíveis as normais de medidas do tanque classe "A" na maioria das regiões climáticas do Brasil.

Segundo Kohler et al. (1959), geralmente são aceitos cinco métodos para determinar a evaporação de superfícies livres de água: (1) balanço hídrico, (2) balanço de energia, (3) transferência de massa, (4) tanques de evaporação e (5) estimativa da evaporação dos tanques e lagos a partir de dados meteorológicos.

Além de terem sido realizadas poucas estimativas de balanço hídrico, este método é pouco confiável, porque pequenos erros nas medidas de entrada e saída de água nos reservatórios resultam em grandes erros no cálculo da evaporação (Kohler et al. 1959).

O método do balanço de energia é aplicado principalmente nas investigações micrometeorológicas, exigindo instrumental sofisticado mas necessário para aferição dos modelos empíricos em escala local.

O método de transferência de massa requer medidas da temperatura da superfície da água, que são pouco disponíveis para reservatórios.

Além disso, esses três métodos só se aplicam para lagos e reservatórios existentes, por isto, não podem ser usados na fase de planejamento, restando dois métodos, o da medida direta da evaporação de tanques e o da estimativa da evaporação dos tanques e lagos a partir de dados meteorológicos.

Kohler et al. (1955) desenvolveram nomogramas que permitem estimar não só a evaporação de lagos mas também a de tanques, a partir da radiação solar, temperatura do ponto de orvalho e percurso do vento, registrados em estações meteorológicas a partir de comparações com as medidas de evaporação do Lago Hefner e do Lago Mead (ambos nos Estados Unidos) utilizando os métodos já citados de balanço hídrico, balanço de energia e transferência de massa, aplicados a medidas feitas no ambiente deste lagos.

É de supor que os referidos nomogramas tenham aplicação universal, uma vez que são baseados nos principais elementos meteorológicos que influem na evaporação.

Utilizou-se o nomograma de Kohler et al. (1959) reproduzido na Fig. 1, para estimar os valores mensais, durante um ano, da evaporação do tanque classe "A" das localidades de Bebedouro (PE, clima BS, 1985), Belém (PA, clima Af, 1985), Belo Horizonte (MG, clima Cw, 1986), Campo Grande (MS, clima Aw, 1986) e Pelotas (RS, clima Cf, 1979), localizadas nas principais regiões climáticas do Brasil. As médias e totais diários de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento a 10 m de altura, radiação solar medida

com piranômetro Eppley e evaporação do tanque classe "A" foram fornecidas pelo Departamento Nacional de Meteorologia e pela Estação Climatológica para Pelotas (UFPEL/CPATB).

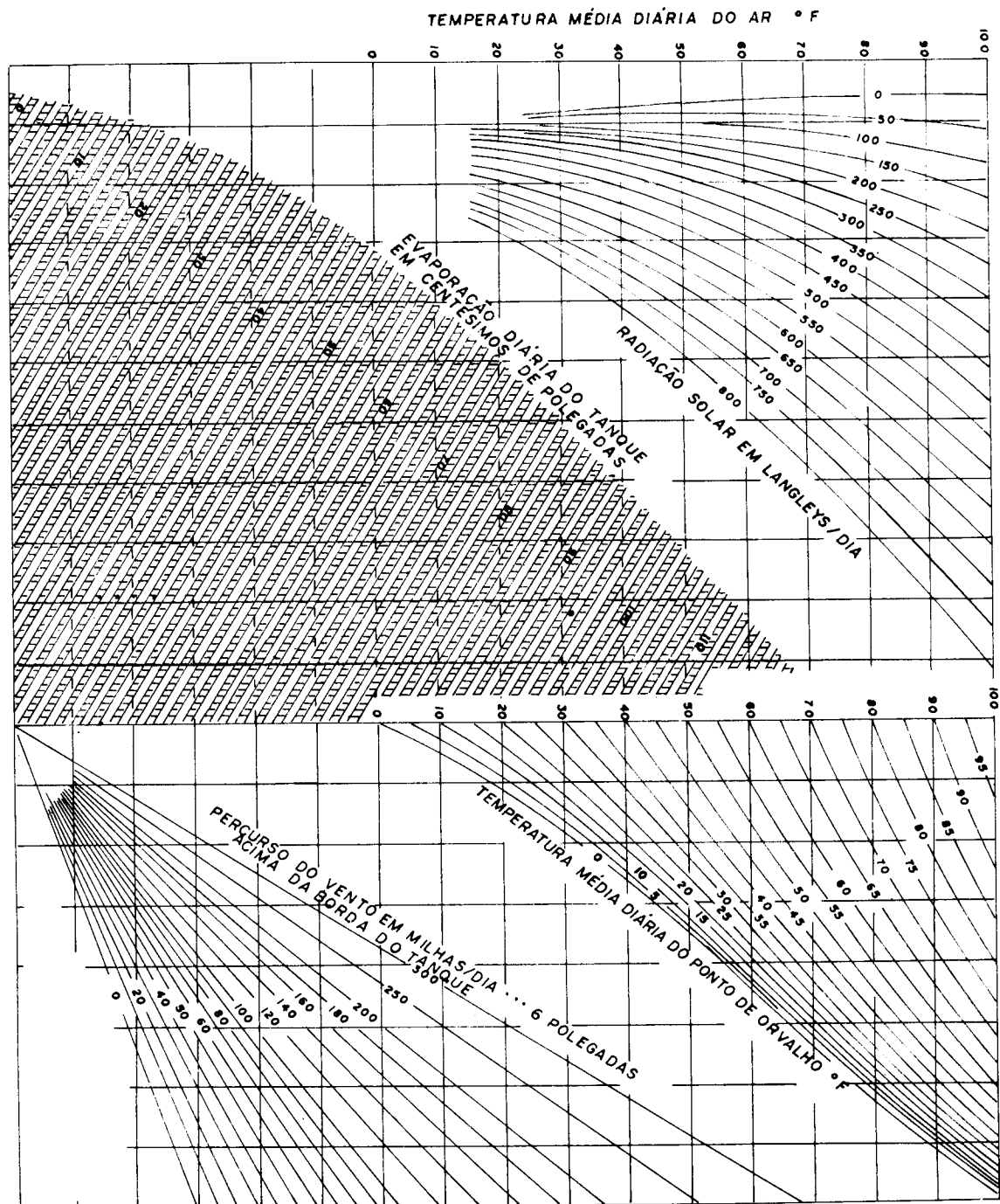


FIG. 1. Nomograma para estimar a evaporação do tanque classe "A". Adaptado de Kohler et al. (1959).

O ponto de orvalho foi calculado pelas tabelas de Williams & Léger (1967).

A velocidade do vento foi estimada para 0,61 m de altura, de acordo com a fórmula apresentada por Kohler et al. (1959).

Para utilização do nomograma da Fig. 1, os dados foram convertidos em °F, milhas/dia e polegadas, e a evaporação estimada do tanque classe "A", em polegadas, foi novamente transformada em mm/dia para comparar com as medidas efetuadas no tanque.

Para comparar as medidas feitas no tanque classe "A" com as estimativas obtidas no nomograma, foram calculados coeficientes de determinação entre os valores médios diários mensais para cada localidade. Foram eliminados do cálculo das médias das medidas todos os dias em que por algum motivo a medida do tanque ou o valor de algum parâmetro necessário para a estimativa da evaporação não era disponível.

A seguir, constam, as equações de regressão linear (Fig. 2) para cada localidade e os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre os valores da evaporação média diária mensal medidos e estimados com o nomograma de Kohler et al. (1959):

Localidade	Equação de regressão linear $Y = B_0 + B_1 X_1$	$R^2$
Pelotas	$y = 0,85x - 0,49$	0,97
Campo Grande	$y = 1,56 + 0,79x$	0,84
Belo Horizonte	$y = 1,15 + 0,91x$	0,89
Bebedouro	$y = 1,39 + 0,94x$	0,97
Belém	$y = 1,03x + 0,97$	0,90

onde: y a evaporação medida, e x, a evaporação estimada com o nomograma de Kohler et al. (1959). As equações são válidas para todos os meses do ano.

A análise da variância indicou, pelo teste de F, que todas as regressões foram significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Os erros-padrão e os intervalos de confiança dos parâmetros das equações de regressão encontram-se na Tabela 1.

A Fig. 2 indica os intervalos de confiança dos valores estimados ao nível de 5% de probabilidade.

Naturalmente, as equações de regressão determinadas têm valor apenas local, mas em seu conjunto, mostram que o nomograma de Kohler et al. (1959) pode constituir um útil instrumento de trabalho, desde que se disponha de, pelo menos, um ano de observações da evaporação do tanque classe "A", simultaneamente com observações de temperatura de termômetro seco e úmido (para determinar o ponto de orvalho e a temperatura média), radiação solar e percurso do vento.

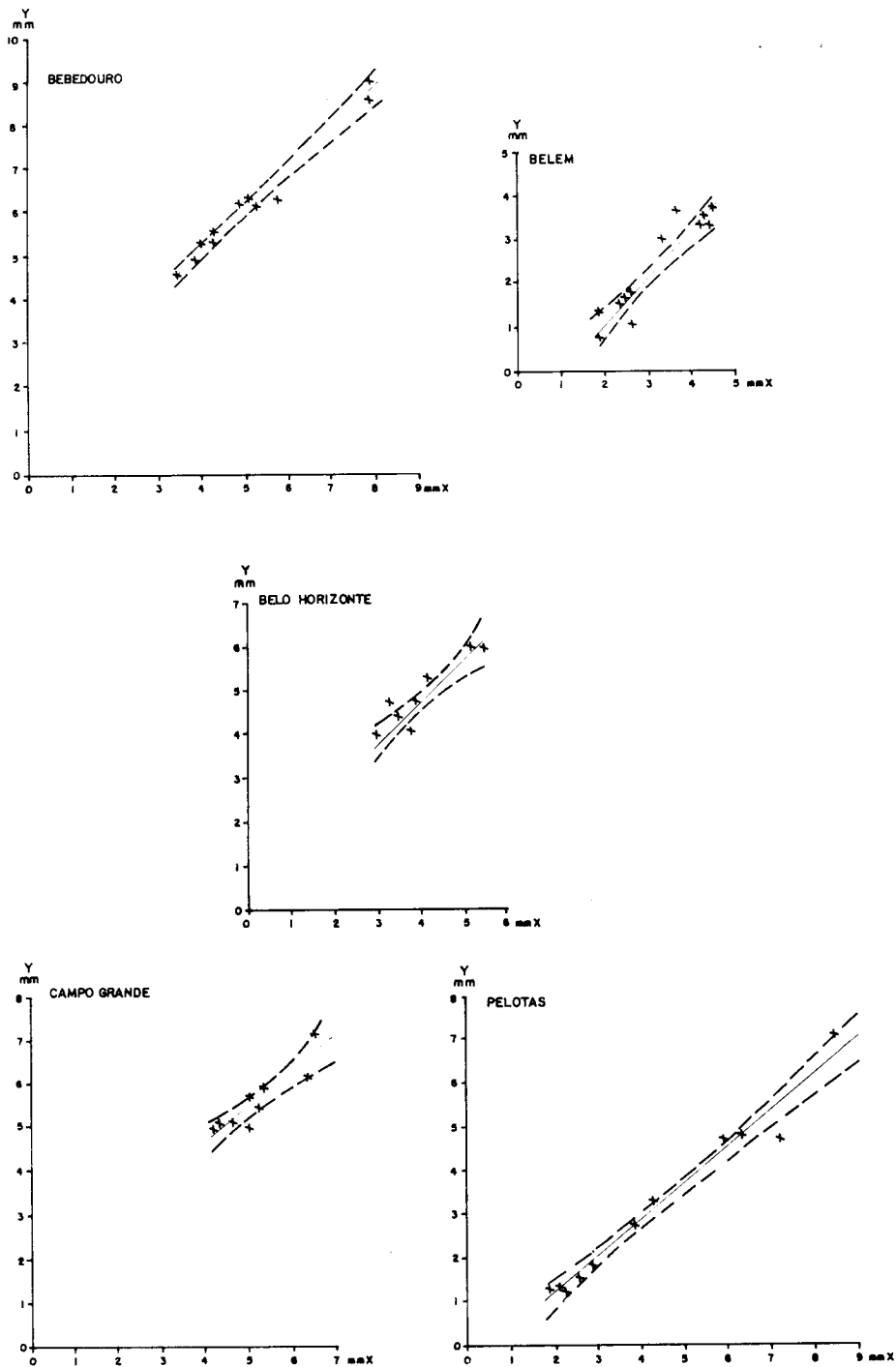


FIG. 2. Diagramas de dispersão das equações de regressão linear para as 5 localidades estudadas, e respectivos limites de confiança (linhas tracejadas), para estimar a evaporação do tanque classe "A" em função dos valores obtidos com o nomograma de Kohler et al. (1959).  $Y = B_0 + B_1 X_1$

**TABELA 1.** Erro-padrão dos parâmetros e intervalos de confiança das equações de regressão para estimativa da evaporação do tanque classe "A" a partir das determinações desta evaporação com o diagrama de Kohler et al. (1959) em algumas localidades brasileiras.

Local e parâmetro	Erro-padrão	Intervalo de confiança 5%	
		Extremo inferior	Extremo superior
<b>Bebedouro</b>			
B <sub>0</sub>	0,2840	0,7433	2,0272
B <sub>1</sub>	0,0552	0,8172	1,0578
<b>Belém</b>			
B <sub>0</sub>	0,3665	-1,7851	-0,1507
B <sub>1</sub>	0,1101	0,7809	1,2721
<b>Belo Horizonte</b>			
B <sub>0</sub>	0,5097	-0,0503	2,3555
B <sub>1</sub>	0,1246	0,6208	1,2090
<b>Campo Grande</b>			
B <sub>0</sub>	0,6165	0,1346	2,2931
B <sub>1</sub>	0,1203	0,5114	1,0670
<b>Pelotas</b>			
B <sub>0</sub>	0,2479	-1,0502	0,0702
B <sub>1</sub>	0,0520	0,7344	0,9696

## CONCLUSÕES

1. O nomograma de Kohler et al. (1959) permite obter boas estimativas da evaporação média diária mensal do tanque classe "A" no Brasil.

2. É necessário dispor de, pelo menos, um ano de observação diária da evaporação do tanque classe "A", temperatura dos bulbos seco e úmido, radiação solar e percurso do vento na localidade em que se deseja estimar a evaporação do tanque classe "A" utilizando o nomograma de Kohler et al. (1959) para estabelecer as necessárias correções pela utilização de uma equação de regressão linear.

## REFERÊNCIAS

- KOHLER, M.A.; NORDENSON, T.J.; BAKER, D.R. *Evaporation maps of the United States*. Washington: U.S. Weather Bureau, 1959. 13p. (Technical Paper, 37).
- KOHLER, M.A.; NORDENSON, T.J.; FOX, W.E. *Evaporation from ponds and lakes*. Washington: U.S. Weather Bureau, 1955. 10p. (Research Paper, 38).
- WILLIAMS, G.D.V.; LÉGER, R. *Vapor pressure deficit, relative humidity and dew point temperature conversion tables*. Ottawa: Plant Research Institute, 1967. 16p.