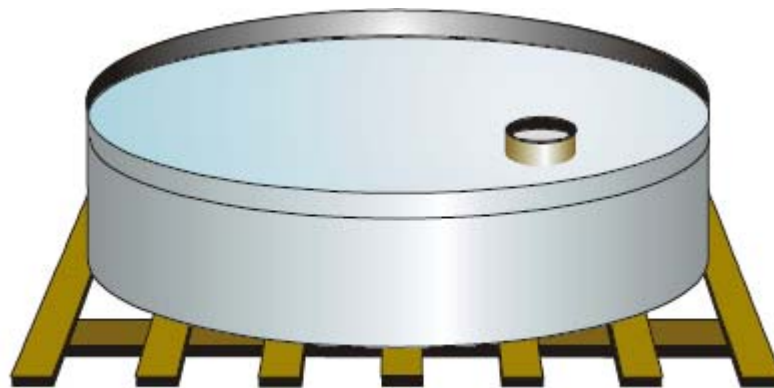


**Capítulo 01**  
**Método de Thornthwaite, 1948**



**Tanque para evaporação Classe A**  
**Varejao-Silva, 2005**

## SUMÁRIO

<b>Ordem</b>	<b>Assunto</b>
1.1	Introdução
1.2	Método de Thornthwaite, 1945
1.3	Conclusão
1.4	Bibliografia e livros recomendados

## Capítulo 01- Estimativa da evapotranspiração de referência ETo pelo método de *Thornthwaite, 1948*

### 1.1 Introdução.

O método de *Thornthwaite* é muito criticado, pois segundo Lencastre, 1992 in Oliveira, 1998 chega a subestimar a evapotranspiração de referência em porcentagem que podem atingir os 40%.

Vários outros autores como *Singh* e *Shuttleworth* desaconselham o uso do método de *Thornthwaite*, pois o mesmo considera inexistente os dados da radiação solar, que são muito importantes.

O balanço hídrico proposto por *Thornthwaite* e *Mather* em 1957 somente devem ser considerados como uma estimativa, por vezes grosseira, da realidade física, conforme Varejão-Silva, 2005.

Para sua aplicação são necessários dados de no mínimo 30anos.

### 1.2 Método de *Thornthwaite, 1948*

*Thornthwaite* em 1948 baseado em observações lisimétricas e perdas de água na região central dos Estados Unidos apresentou a Equação (1.1) para calcular o valor da ETo, isto é, a evapotranspiração de referência.

O valor de ET' depende da temperatura média do ar conforme Medeiros, 2002.

Quando  $0 < T_a < 26,5^{\circ}\text{C}$

$$ET' = 16 (10 \times T_a / I)^a \quad \text{(Equação 1.1)}$$

Sendo:

$T_a$ = temperatura média do ar mês "n" ( $^{\circ}\text{C}$ )

I= índice térmico anual ou índice de calor anual

$i_n$ = índice térmico do mês "n"

a= constante que varia de local para local

ETo= evapotranspiração de referência (mm/dia) para um mês de 30 dias

Quando  $T_a \geq 26,5^{\circ}\text{C}$

$$ET' = - 415,85 + 32,24 \times T_a - 0,43 \times T_a^2 \quad \text{(Equação 1.2)}$$

A somatória  $I = \sum i_n$

O valor de  $i = (T_a / 5)^{1,514}$

O valor de a= constante, calculada da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,49239 \quad \text{(Equação 1.3)}$$

Correção:

$$ETo = (ET' \times N) / (30 \times 12)$$

Sendo:

ETo= evapotranspiração de referência (mm/mês)

ET'= valor calculado pela Equação (1.1) ou (1.2)

N= fotoperíodo (horas) fornecido pela Tabela (1.1) de acordo com a latitude local.

Verificaram-se bons resultados do Método de *Thornthwaite* nos Estados, Canadá, Nova Zelândia, contudo em outras regiões os resultados não foram bons.

Na Tabela (1.1) encontram-se os valores do fotoperíodo fornecido em horas e de acordo com a latitude.

Para latitude norte o valor será positivo e para latitude sul será negativo. Assim para Guarulhos que está na latitude sul a  $23^{\circ}$  o valor do fotoperíodo para o mês de janeiro será 13,4h.

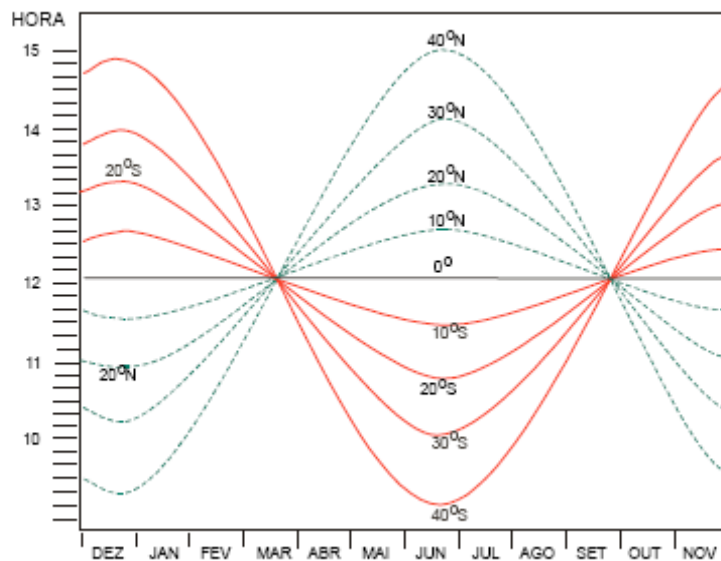
A Figura (1.1) mostra a variação anual do fotoperíodo com a latitude.

**Tabela 1.1- Valores do fotoperíodo de acordo com a latitude. Para latitude norte o sinal é positivo e para o sul negativo.**

VALORES (em horas e décimos) DO FOTOPERÍODO REPRESENTATIVO  
 DE CADA MÊS PARA LATITUDES ENTRE 5°N E 35°S

$\phi^\circ$	17/ JAN	16/ FEV	16/ MAR	15/ ABR	15/ MAI	11/ JUN	17/ JUL	16/ AGO	15/ SET	15/ OUT	14/ NOV	11/ DEZ
+ 5	11,8	12,0	12,1	12,3	12,4	12,5	12,5	12,4	12,2	12,0	11,9	11,8
+ 4	11,8	11,9	12,1	12,3	12,5	12,5	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,8
+ 3	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7
+ 2	11,7	11,9	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,5	12,2	12,0	11,8	11,6
+ 1	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,7	12,5	12,2	12,0	11,7	11,6
0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
- 1	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,2	12,2
- 2	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,3
- 3	12,3	12,2	12,2	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,2	12,3	12,3
- 4	12,4	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
- 5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,9	11,9	12,0	12,1	12,2	12,4	12,4
- 6	12,5	12,3	12,2	12,0	11,9	11,8	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5
- 7	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7	11,8	11,9	12,1	12,3	12,5	12,5
- 8	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,7	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
- 9	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,6	11,7	11,8	12,1	12,3	12,5	12,7
-10	12,7	12,5	12,2	11,9	11,7	11,6	11,6	11,8	12,1	12,3	12,6	12,7
-11	12,7	12,5	12,2	11,9	11,6	11,5	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,8
-12	12,8	12,5	12,2	11,9	11,6	11,5	11,5	11,7	12,1	12,4	12,7	12,8
-13	12,8	12,5	12,2	11,9	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,4	12,7	12,9
-14	12,9	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,7	12,0	12,4	12,8	13,0
-15	12,9	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,3	11,6	12,0	12,4	12,8	13,0
-16	13,0	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2	11,3	11,6	12,0	12,5	12,9	13,1
-17	13,0	12,7	12,2	11,8	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,5	12,9	13,1
-18	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,2	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
-19	13,2	12,7	12,2	11,7	11,3	11,0	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,3
-20	13,2	12,8	12,2	11,7	11,2	11,0	11,1	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3
-21	13,3	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,6	13,1	13,4
-22	13,3	12,8	12,3	11,6	11,1	10,8	10,9	11,4	12,0	12,6	13,2	13,5
-23	13,4	12,9	12,3	11,6	11,0	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
-24	13,5	12,9	12,3	11,6	11,0	10,7	10,8	11,3	12,0	12,6	13,3	13,6
-25	13,5	12,9	12,3	11,6	10,9	10,6	10,7	11,3	11,9	12,7	13,3	13,7
-26	13,6	13,0	12,3	11,5	10,9	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,7
-27	13,6	13,0	12,3	11,5	10,8	10,5	10,6	11,2	11,9	12,7	13,4	13,8
-28	13,7	13,1	12,3	11,5	10,8	10,4	10,5	11,1	11,9	12,7	13,5	13,9
-29	13,8	13,1	12,3	11,4	10,7	10,3	10,5	11,1	11,9	12,8	13,5	14,0
-30	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,0
-31	13,9	13,2	12,3	11,4	10,6	10,2	10,3	11,0	11,9	12,8	13,7	14,1
-32	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,1	10,3	11,0	11,9	12,8	13,7	14,2
-33	14,1	13,3	12,3	11,3	10,5	10,0	10,2	10,9	11,9	12,9	13,8	14,3
-34	14,1	13,3	12,3	11,3	10,4	9,9	10,1	10,9	11,8	12,9	13,8	14,4
-35	14,2	13,4	12,3	11,3	10,3	9,8	10,0	10,8	11,8	12,9	13,9	14,4

Fonte: Varejão-Silva, 2005



**Figura 1.1- Relação anual do fotoperíodo com a latitude**  
 Fonte: Varejão-Silva, 2005

### Exemplo 1.1

Temos as temperaturas médias mensais de Guarulhos (1995 a 2005). A latitude é 23° Sul. Queremos estimar a evapotranspiração de referência ETo mensal usando o método de Thornthwaite, 1948.

**Tabela 1.2 - Evaporação de referência ETo corrigida de Thornthwaite, 1948**

Mês	Dias do mês	Temperatura Média do ar ° C	Precip. Média mensal (mm)	Índice Térmico $I = (T/5)^{1,514}$	ET'	Fotoperíodo Para a Latitude Escolhida (h)	ETo diário mm/dia	ETo mensal mm/mês
		(dado)	(dado)		mm	(h)	mm/dia	mm/mês
Jan	31	23,7	254,1	10,59	105,4	13,4	3,9	122
Fev	28	22,8	251,7	9,96	96,2	12,9	3,4	97
Mar	31	23,2	200,9	10,21	99,8	12,3	3,4	106
Abr	30	21,3	58,3	9,01	82,9	11,6	2,7	80
Mai	31	18,6	70,3	7,32	60,8	11,0	1,9	58
Jun	30	17,5	39,0	6,69	53,1	10,8	1,6	48
Jul	31	16,7	30,8	6,24	48,0	10,9	1,5	45
Ago	31	18,8	24,9	7,41	62,0	11,3	1,9	60
Set	30	19,0	75,1	7,59	64,2	12,0	2,1	64
Out	31	20,8	137,4	8,68	78,4	12,6	2,7	85
Nov	30	21,5	130,5	9,09	83,9	12,6	2,9	88
Dez	31	22,9	214,7	10,05	97,4	13,5	3,7	113
	Σ=365dias	Média=20,6	Σ=1487,8	Σ=102,85				Σ=965
				Valor I			a=2,254292	

A evapotranspiração de referência ETo média anual é de 965mm, sendo que a precipitação média anual é de 1487,8mm

### 1.4 Conclusão:

O método de *Thornthwaite, 1948* (analítico) para evapotranspiração de referência ETo apresentou anualmente 965mm/ano, que é 20% abaixo do método padrão de *Penman-Monteith* FAO, 1998 1201mm/ano.

Não podemos considerar o método de *Thornthwaite, 1948* um bom método.

### 1.5 Bibliografia e livros consultados

- MEDEIROS, ALMIRO TAVARES. *Estimativa da evapotranspiração de referencia a partir da equação de Penman-Monteith de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE*. Tese de doutoramento apresentada em fevereiro de 2002 na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- OLIVEIRA, RODRIGO PROENÇA. Portugal, 1998. *Cálculo da evapotranspiração de referência*.
- VAREJAO-SILVA, MARIO ADELMO. *Metereologia e Climatologia*. Recife, 2005
- VIANELLO, RUBENS LEITE E ALVES, ADIL RAINIER. *Metereologia Básica e aplicações*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1991.
- XU, CHONG-YU. *Hydrologic Models*. Uppsala University Department of Earth Sciences Hydrology, ano de 2002, com 165páginas. <http://folk.uio.no/chongyux/papers/fulltext.pdf>