

A PRECIPITAÇÃO EFETIVA DEDUZIDA DA LEI DE VAN'T HOFF *

JOSÉ SETZER

Engenheiro químico. Pedólogo do Departamento de Geologia (Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo).

INTRODUÇÃO

Dedicando-nos ao estudo da gênese e do uso racional dos solos do Estado de São Paulo, tivemos que preparar mapas climáticos deste território e das regiões vizinhas (14). Pudemos assim explicar certas diferenças nas características físicas e químicas dos solos (11) originados por rochas semelhantes em climas diferentes, dados estes que esperamos poder publicar futuramente. Além disto, obtivemos idéias a respeito das dificuldades ou das facilidades criadas pela natureza do clima na questão do cultivo de culturas apropriadas aos principais tipos de solos do Estado (12).

Tendo juntado os dados e calculado as normais de 110 estações meteorológicas, preparamos mapas da distribuição de chuvas por ano, no mês mais chuvoso e mais sêco, e por estação do ano, bem como outros semelhantes tratando das temperaturas médias. Além de outro material climático, preparamos os mapas climáticos do Estado de São Paulo de acôrdo com a classificação internacional de KOEPPEN (5), a brasileira de SEREBRENICK (9) e a classificação de THORNTHWAITE (17) (18) (19) (1), baseada na eficácia da temperatura (*temperature efficiency*) e na efetividade da precipitação (*precipitation effectiveness*). A aplicação deste último sistema de classificação climática sugeriu-nos uma nova fórmula para a dedução da precipitação efetiva partindo de uma conhecida lei de química de VAN'T HOFF (23).

A PRECIPITAÇÃO EFETIVA DE THORNTHWAITE

Ainda no comêço deste século sentiram os geógrafos a necessidade de exprimir a precipitação efetiva, isto é, não a precipitação total, indicada pelos pluviômetros, e sim a que efetivamente penetra no solo, decompõe as rochas, alimenta as plantas e rege, enfim, a vida da superfície terrestre. Para isto era necessário descontar ou levar em consideração de alguma maneira a parte da precipitação que evapora.

* Artigo publicado no número de abril de 1946 da *Geographical Review* (New York) sob o título: "A new climatic classification". Transcrevemo-lo aqui ampliado pelo autor e ilustrado com fotografias e algumas tabelas, desenhos e mapas novos, que não figuraram naquela edição norte-americana.

(Os números grifados entre parênteses referem-se à bibliografia inserta no fim deste artigo).

400-

Fig 1 - Ábaco da FÓRMULA

$$\left(\frac{282 P}{1.8T + 22} \right)^{10} \text{ que}$$

fornece o índice mensal de precipitação efetiva (PE) de THORNTHWAITE em função da altura pluviométrica mensal P em mm e da temperatura média mensal T em graus centígrados.

Organizado pelo
Eng.
JOSE SETZER

1943

350-

300-

250-

200-

150-

100-

50-

0

10

15

20

25

TEMPERATURA

em

300 290 280 270 260 250 240 230 220 210 200

ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO EFETIVA "PE" DE THORNTHWAITE

190

180

170

160

150

140

130

120

110

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

Apesar de serem ambas medidas em mm de chuva, verificou-se que a precipitação e a evaporação não são números entre si comparáveis. Não é possível subtrair a segunda da primeira, como fêz PENCK (6).

$$''PE'' = P - E$$

ou trabalhar com quocientes

$$''PE'' = \frac{P}{E}$$

que, sendo maiores que 1, dariam climas úmidos e, sendo menores que 1, dariam climas áridos, como fêz TRANSEAU (21). A impossibilidade de comparar a precipitação com a evaporação vem do fato que a primeira é uma realidade, ao passo que a segunda está subordinada a uma condição, pois exprime a quantidade de água que *poderia* evaporar, se existisse em abundância.*

Os evaporímetros instalados em desertos acusam evaporação anual de 3 000 mm e mesmo mais que 5 000 mm, como em Khartoum e Wadi-Halfa (16), mas é evidente que a evaporação real é muito menor, pela simples razão que não há nos desertos tanta água para evaporar. Instalados dois evaporímetros dentro de abrigo, mas um na copa de uma árvore frondosa e o outro sôbre um campo pobre, à distância de uma centena de metros um do outro, o primeiro acusou evaporação menor que a metade do segundo. Na realidade a evaporação da folhagem da árvore frondosa era muito maior que a do campo de solo arenoso mal revestido por vegetação herbácea rala.

Não podendo comparar a precipitação com a evaporação, analisou THORNTSWAITE (17) os dados de diversas estações meteorológicas de Ohio, verificando que a evaporação podia ser expressa como função da precipitação e da temperatura média. Portanto a efetividade da precipitação "PE" também pode ser expressa como função da precipitação e da temperatura.

Obteve assim THORNTSWAITE a seguinte expressão da precipitação efetiva anual "PE", sendo P a precipitação mensal em polegadas, T a temperatura média mensal em graus Fahrenheit e n o número de meses considerados:

$$''PE'' = \sum_{n=1}^{12} k \left(\frac{P}{T-10} \right)_n^{10}$$

A fim de se obter a precipitação efetiva anual de um lugar, precisamos calcular o 2.º termo desta equação para cada um dos doze meses n , somando em seguida as doze parcelas. THORNTSWAITE tem usado $k = 115$.

* O evaporímetro consiste de um tubo de vidro cheio d'água, mantido em posição vertical, com a extremidade superior fechada e a inferior tapada com um círculo de papel mata-borrão de qualidade, espessura, peso, etc., rigorosamente especificados. Continuamente embebido em água, o mata-borrão permite evaporação tanto mais abundante, quanto mais seco e quente é o ar, quanto maior a velocidade do vento, etc..

Transformando em mm de chuva e graus centígrados, temos:

$$115 \left(\frac{P_{\text{inch}}}{T_{\text{°F}} - 10} \right)^{\frac{10}{9}} = \left(\frac{\frac{71.6}{25.4} P_{\text{mm}}}{\frac{5}{9} (T - 32) - 10} \right)^{\frac{10}{9}} = \left(\frac{2.82 P_{\text{mm}}}{1.8 T_{\text{°C}} + 22} \right)^{\frac{10}{9}}$$

Esta fórmula pode ser também assim escrita:

$$\left(\frac{1.57 P}{T + 12.2} \right)^{\frac{10}{9}} \quad \text{ou} \quad 1.65 \left(\frac{P}{T + 12.2} \right)^{\frac{10}{9}}$$

ALFONSO GONZÁLEZ GALLARDO apresenta no seu tratado de solos (3) um mapa climático do México, elaborado por CONTRERAS ARIAS (2), no qual a fórmula de THORNTHWAITTE, convertidas as polegadas de chuvas em milímetros e as temperaturas Fahrenheit em centígradas, teve aquela última expressão, com a diferença insignificante de trazer o coeficiente 1,64, em lugar de 1,65.



Fig. 2 — Vegetação de "campo-cerrado" da periferia oriental da mancha de clima sub-úmido CE'w entre Piracununga e Moji-Mirim do mapa n.º 5. Vê-se no primeiro plano, aos dois lados da estrada, a palmeira acaule ("de tronco enterrado", como diz com razão o caboclo) denominada "indaiá" e tida como o padrão das piores terras do Estado de São Paulo, absolutamente impraticáveis para qualquer cultivo, salvo eucaliptos de terra seca, arenosa e pobre. Entre os outros arbustos é significativo o "barbatimão", leguminosa típica de tais campos. O capim é o famigerado "barba-de-bode". O solo é excessivamente arenoso, ácido e pobre, mas muito profundo. A formação geológica é o Permo-Carbonífero de fácies inter ou post-glacial, apresentando no local o arenito Tubarão, que no mapa geológico do Estado de São Paulo (C. W. WASHBURN, Bol. 22 da Comissão Geogr. e Geol., 1929) figura com o nome de "Tatuí". A normal anual de chuvas é de 1 000 mm, com 15 mm no mês mais seco e 180 mm no mês mais chuvoso, sendo Cwa o clima de KOEFFEN. A fotografia foi tomada pelo famoso pedólogo Prof. Dr. PAUL VAGELER, iniciador do levantamento agro-geológico do Estado de São Paulo (Rev. Bras. Geogr., janeiro, 1941), e data de dezembro e 1935. O local fica a meio caminho entre Moji-Guaçu e Cascavel, a oeste da E. F. Mojiana.

Aplicamos esta fórmula às 110 estações meteorológicas do Estado de São Paulo e das regiões vizinhas (14) e obtivemos mapas climáticos que julgamos muito bons, com algumas ressalvas que mencionamos logo adiante. Considerando que seria muito demorado o cálculo por logaritmos, pois a fórmula deveria ser aplicada 12 vezes para cada uma das 110 estações, construímos um ábaco, que damos na fig. 1, e que deve ser igual ao que aparece em gráfico e numa fotografia publicados por THORNTHWAITE (17, figs. 12 e 13).

Damos na tabela n.º 1 o resultado da aplicação direta da fórmula de THORNTHWAITE, com $k=115$, a algumas das estações meteorológicas do Estado de São Paulo que melhor definem os principais tipos climáticos aqui existentes.



Fig. 3 — Vegetação de "campo-sujo" ("campo-limpo" com arbustos e pequenas árvores esparsas) da periferia meridional da mancha de clima sub-úmido CB'w entre Piraçununga e Moji-Mirim do mapa n.º 5. Por ser queimado quase anualmente, o "campo-cerrado" aqui se mantém no estado de "campo-sujo", e o predomínio do capim "barba-de-bode" (*Aristida pallens* Cav.) tornou-se absoluto. As duas árvores mais altas são ipês amarelos (*Tecoma* sp.). Os arbustos de folhagem mais densa são "barbatimão" (*Stryphnodendron barbatimão* Mart.). A indaia é rara, no ponto fotografado, em virtude da granulação mais fina do solo, cuja rocha matriz é, entretanto, do mesmo tipo que a da fig. precedente. O campo é muito queimado para que o gado (cerca de 1 cabeça por 50 hectares!) possa se alimentar de brotos novos do "barba-de-bode", que é a única possibilidade d'êste capim servir de alimento para o gado. Fotografia tomada pelo autor a 15 quilômetros a WSW de Moji-Mirim no começo de março de 1939.

Segundo THORNTHWAITE, sendo a precipitação efetiva anual maior que 128, o clima é *super-úmido*. Sendo compreendida entre 64 e 128, é clima *úmido*. Entre 32 e 64, *sub-úmido*. Entre 16 e 32 *semi-árido*; de 0 a 16, *árido*.

Obtidos desta maneira, os índices de precipitação efetiva parecem ser bem adequados ao Estado de São Paulo. Para prová-lo, parece-nos suficiente, neste caso, examinar as nossas regiões menos úmidas, as quais podem ser classificadas como pertencentes a um clima sub-

TABELA 1

Precipitação efetiva calculada pela fórmula Thornthwaite usando o seu coeficiente $k = 115$

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	IGARAPAVA	ARAÇATUBA	RIBEIRÃO PRETO	CAMPOS NOVOS	AGUDOS	PIRA-ÇUNUNGA	FRANCA	SÃO PAULO Obs. novo	AMPARO	ITAPEVA	SOROCABA	ALTO DA SERRA	JUNDIAÍ	CURITIBA	SANTOS	IGUAPE
Altitude, metros	580	380	540	480	590	636	1 000	800	670	670	563	800	715	910	3	3
Latitude sul	20° 02'	21° 13'	21° 10'	22° 38'	22° 28'	21° 59'	20° 32'	23° 39'	22° 43'	23° 58'	23° 30'	23° 47'	23° 12'	26° 25'	23° 56'	24° 42'
Longitude W. Greenw.	47° 45'	50° 25'	47° 48'	50° 01'	48° 58'	47° 28'	47° 24'	48° 38'	46° 48'	48° 53'	47° 28'	48° 18'	48° 53'	49° 17'	46° 19'	47° 33'
Médias { temperatura	22 anos	11 anos	31 anos	23 anos	32 anos	13 anos	39 anos	8 anos	35 anos	30 anos	20 anos	19 anos	18 anos	24 anos	53 anos	42 anos
{ chuvas	35 anos	12 anos	40 anos	23 anos	35 anos	21 anos	41 anos	11 anos	37 anos	35 anos	26 anos	70 anos	35 anos	26 anos	54 anos	46 anos
Temperatura anual, °C	22,8	1 025	1 415	1 120	1 070	990	1 540	1 250	1 465	1 005	1 070	3 81,6	1 490	1 355	2 230	1 560
Chuvas por ano, mm	1 535	22,1	21,5	20,9	20,2	21,6	20,1	17,8	20,0	19,6	20,6	17,8	19,4	16,2	22,0	21,5
Clima { Koeppen	Aw	Aw	Cwa	Cwa	Cwa	Cwa	Cwb	Cwb	Cfa	Cfa	Cfa	Cfb	Cfb	Cfb	Af	Af
{ Serebreniek	TUV°	TuV°	tUV°	tuV°	tuV°	tuV°	tUV°	tUV°	tUV°	tUV°	tUV°	tUV°	tUV°	tUV°	TUV°	tUV°

Índices de precipitação efetiva calculados pela fórmula original de Thornthwaite, sendo $k = 115$

Setembro.....	3,0	3,9	3,6	4,0	3,0	2,4	3,6	6,2	4,0	5,6	4,1	20,8	5,1	9,0	8,6	6,9
Outubro.....	6,2	4,4	6,2	4,4	4,6	4,3	7,3	7,7	5,7	5,4	4,7	22,7	6,6	8,6	10,0	6,9
Novembro.....	10,7	6,5	8,8	4,9	5,3	6,5	10,3	7,9	8,8	4,9	5,4	25,0	10,0	6,9	10,8	6,7
Primavera.....	19,9	14,8	18,6	13,3	12,9	13,2	21,2	21,8	18,5	15,9	14,2	68,5	21,7	24,5	28,4	20,5
Dezembro.....	17,4	8,0	13,0	8,7	9,8	8,2	17,2	10,7	13,2	7,6	9,0	26,0	15,1	8,2	10,7	8,6
Janeiro.....	15,3	8,7	15,8	12,3	11,4	10,0	17,6	12,1	19,0	8,2	10,5	25,2	16,6	10,9	14,8	11,6
Fevereiro.....	12,9	5,9	10,4	6,7	8,8	7,0	12,5	10,2	11,7	4,8	7,3	25,2	12,7	10,0	13,8	10,4
Verão.....	45,6	22,6	39,2	27,7	30,0	25,2	47,3	33,0	43,9	20,6	27,1	79,4	44,4	29,1	39,3	30,6
Março.....	9,2	5,2	9,4	5,3	5,1	6,5	12,2	7,7	8,5	4,9	4,3	24,4	7,8	6,3	16,9	10,3
Abril.....	4,7	4,4	4,7	2,8	2,6	2,5	5,0	5,2	4,1	2,7	2,6	21,5	3,4	4,7	11,0	6,4
Maió.....	1,8	3,0	2,1	2,7	2,7	1,9	2,1	3,7	3,1	3,3	2,5	15,4	3,5	6,0	9,3	6,6
Outono.....	15,7	12,6	16,2	10,8	10,4	10,9	19,3	16,6	15,7	10,9	9,4	61,3	14,7	17,0	37,2	23,3
Junho.....	1,4	2,9	2,2	4,2	3,1	1,0	1,3	2,4	4,1	4,1	2,9	14,5	3,2	8,8	9,2	5,8
Julho.....	0,6	1,7	1,0	1,9	1,6	0,7	1,3	1,5	2,6	3,0	1,8	13,3	2,2	5,6	6,4	4,0
Agosto.....	0,6	1,9	1,4	3,4	1,7	1,7	1,0	3,3	1,8	2,9	2,6	15,5	2,8	7,5	6,6	5,0
Inverno.....	2,6	6,5	4,6	9,5	6,4	3,4	3,6	7,2	8,5	10,0	7,3	43,3	8,2	19,9	22,2	14,8
Índice anual.....	83,8	66,5	78,6	61,3	69,7	62,7	91,4	78,6	86,6	67,4	68,0	252,5	89,0	90,5	128,1	89,2
Relação percentual..... Verão/Ano (%)	54,4	40,1	49,9	45,3	50,3	47,8	51,8	42,0	50,7	35,9	46,8	31,4	49,9	32,3	30,7	34,3

úmido. E' verdade que elas são poucas, mas características. Damos assim aqui os mapas construídos de acôrdo com a fórmula de THORNTSWAITE: ns. 1 a 3 apresentam a precipitação efetiva anual, do inverno e do verão; n.º 4 é o mapa da sua "eficiência da temperatura" (*temperature efficiency*) e o n.º 5 é o mapa da classificação climática de THORNTSWAITE, de que trataremos mais adiante.

Os municípios de Piraçununga, Sorocaba, Boituva, Agudos, Araçatuba e Itapeva, ao menos em parte, possuem o clima menos úmido do Estado de São Paulo. Ao menos nos quatro primeiros dêles, por causa das altas temperaturas, que damos na tab. 2, devemos ter ao menos um clima que marque passagem de úmido para sub-úmido. O clima de Piraçununga abrange as metades ocidentais dos municípios de Moji-Mirim e Moji-Guaçu, bem como as partes orientais dos municípios de Leme e Araras.

TABELA 2

Temperaturas médias das regiões sub-úmidas do Estado de São Paulo

REGIÕES	Altitude metros	Períodos de observações	Anos	Anual	Verão	Inverno	Mês mais quente	Mês mais frio
Piraçununga.....	635	1912-22 1926-27	13	21,65	23,5	18,9	23,7 Fev.	18,4 Jul.
Sorocaba.....	550	1917-23 1927-37 1940-41	20	20,55	23,3	17,0	23,6 Fev.	16,6 Jul.
Agudos.....	590	1905-23 1927-40	35	20,2	23,1	16,5	23,4 Jan.	15,9 Jul.
Campos Novos.....	480	1901-23	23	20,9	24,1	17,1	24,3 Fev.	16,8 Jun.
Araçatuba.....	380	1913-20 1939-41	11	22,1	24,2	18,8	Jan. 24,3 a Mar.	18,7 Jul.

NOTA — Os períodos de observações englobam todos os dados existentes até janeiro de 1942.

A prova principal disto reside na pobreza da vegetação nativa. De Piraçununga a Moji-Mirim, de Sorocaba a Pirambóia, ao redor de Araçatuba e entre Agudos e Campos Novos se estendem campos pobres do tipo savana. Os arbustos são esparsos e baixos. Há elementos sub-xerófitos em quantidade e mesmo xerófitos (7). Nos lugares, onde os solos são formados por sedimentos arenosos e pobres, temos aspectos desérticos no fim da estiagem (agosto e setembro, até as primeiras chuvas primaveris). Nas figs. 2 e 3 damos o melhor aspecto de tais "campos-cerrados" do tipo savana, pois as fotografias foram tomadas na estação chuvosa, quando o teor de água no solo é o mais alto do ano.

Desta maneira, achamos que as manchas mais secas do Estado pertencem ao clima *sub-úmido*. Elas são poucas e pequenas, mas inconfundíveis pela sua vegetação mais pobre, pela dificuldade de crescimento de vegetação arbórea nas áreas abandonadas, pelo total anual

de chuvas apenas da ordem de 1 000 mm a par de temperaturas altas, pela ascensão rápida da temperatura durante o dia, alcançando níveis dos mais altos que se observam no planalto paulista, ao mesmo tempo que o resfriamento noturno é também rápido, pelas dificuldades da agricultura, cuja produção é ínfima por unidade de área, e, finalmente, pela escassez de alimento nas pastagens no fim da estiagem.



Fig. 3-A — Fotografia da Dra. MERCEDES RACHID, assistente de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo, tomada na mancha semi-úmida Piraçununga - Moji-Mirim em solo semelhante ao da fig. 3. A planta é o "algodão do campo" (*Cochlospermum insigne*), típica para plantas de caule subterrâneo, manifestação da necessidade dos vegetais se esconderem abaixo da superfície do solo afim de evitarem o calor e a evaporação demasiada, podendo assim ao mesmo tempo aproximar-se mais da fonte de água, representada ali não tanto pelas chuvas (escassas e mal retidas pelo solo), como pelo lençol freático, situado à profundidade da ordem de 15 metros. O caule subterrâneo no caso alcançou 1½ m de profundidade. As raízes que partem daí em diante alcançam grande profundidade, onde o solo é úmido mesmo no fim da estiagem. A planta se reveste de folhas durante a estação chuvosa, perdendo-as somente em plena época seca, quando floresce e frutifica. O local é o cerrado de Emas, cerca de 10 quilômetros a NE de Piraçununga; a data é setembro de 1945.

úmido, a classificação climática de THORNTON, inversamente, não demonstrou tão grande eficiência na delimitação das manchas de clima super-úmido do Estado de São Paulo, precisamente nos lugares, onde temos normais anuais de chuvas superiores a 2 500 mm a par de clima francamente temperado, condicionado por altitudes

Achamos que a razão da existência de tais manchas se funda na geologia. Trata-se de rochas sedimentares muito arenosas e estéreis do ponto de vista de química agrícola. As queimadas anuais, repetidas durante diversas dezenas de anos baixaram o teor de matéria orgânica dos solos a 0,5 e mesmo 0,3% de carbono, ao mesmo tempo que se deu a coagulação dos colóides, aumentando extraordinariamente a permeabilidade desses solos. Deu-se a lixiviação do pouco nutrimento químico e hoje tais manchas são de aspecto que chega a lembrar durante a estiagem paisagens de clima semi-árido. Achamos que, entre nós, o clima acompanha a evolução da vegetação, como já provamos comparando, em 52 localidades, os dados médios dos primeiros 20 anos deste século com os calculados pelos dados dos 20 anos seguintes (14).

Entretanto, não obstante essa delimitação fiel das manchas de clima sub-

próximas de mil metros. De acôrdo com a classificação de THORNTHWAITE, estas manchas são muito menores do que na realidade parecem ser. Achamos que estas manchas deveriam ser 3 ou 4 vêzes maiores do que mostra o mapa n.º 5.

A PRECIPITAÇÃO EFETIVA BASEADA NA LEI DE VAN'T HOFF

Mas a análise do assunto nos sugeriu uma idéia que permite substituir a fórmula empírica de THORNTHWAITE por outra baseada na lei de VAN'T HOFF (23) que diz: a velocidade das reações químicas dobra, quando a temperatura sobe de 10° C. Obtém-se assim um novo tratamento da questão, diferente do de THORNTHWAITE.

Já publicamos, em janeiro de 1942, um trabalho (13), em que demonstramos que é um erro considerar que a influência das variações da temperatura sôbre a biologia se processa segundo uma lei linear sugerida pela escala linear do termômetro. Na realidade se trata de

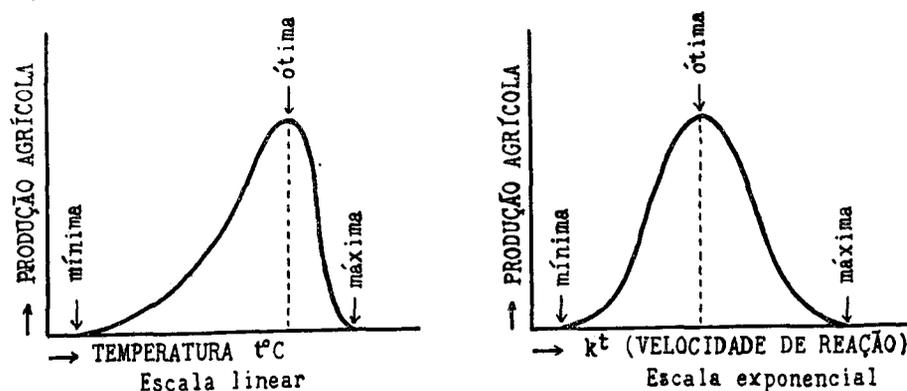


Fig. 4 — A temperatura ativa e apressa os fenômenos de fisiologia vegetal de acôrdo com função exponencial e não segundo a função linear sugerida pela escala linear dos termômetros. Usando-se esta, a curva do crescimento da vegetação apresenta-se deformada. A realidade, baseada nos estudos da fisiologia dos vegetais, é que a curva deve ser simétrica aquém e além da temperatura ótima. Deste fato pode-se deduzir para cada vegetal ou, melhor, para cada parte de um vegetal, qual é a sua constante, cujo expoente de potência deve ser a temperatura centígrada que influenciou o crescimento. Deduzida da lei de Van't Hoff, esta constante tem por valor

$$\text{médio } 1,0718, \text{ que é } \frac{10}{2}$$

funções exponenciais. Como mostramos na fig. 4, as temperaturas mínima, ótima e máxima, no sentido fisiológico, são entre si equidistantes sômente quando usadas como expoentes de potência de certa constante k que deve ser encontrada em cada caso, mas costuma variar entre 1,05 e 1,14. Usando-se escala termométrica linear, a temperatura máxima parece bem mais próxima da ótima que esta da mínima, o que não corresponde à realidade, do ponto de vista fisiológico.

HANS JENNY (4, págs. 141-165) também demonstrou isto apresentando as expressões exponenciais segundo as quais variam diversas características dos solos em função da temperatura. São elas do tipo

$$S = C_0 e^{kT}$$

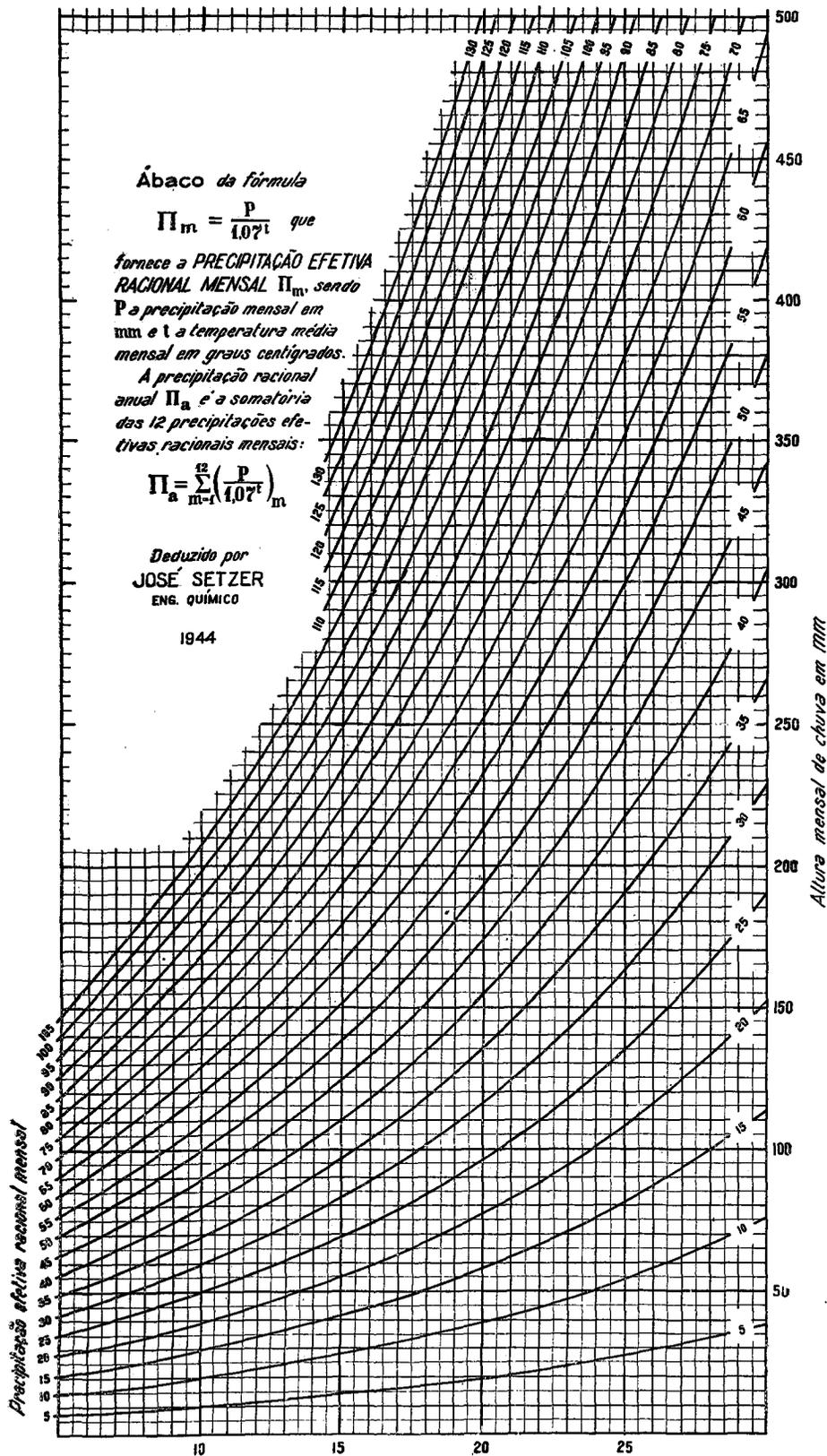


Fig. 5

onde S é uma determinada característica do solo, T a temperatura em graus centígrados, C e k são constantes e e a base dos logaritmos neperianos.

Pelo nosso trabalho acima citado (13), vê-se que o aumento de temperatura de 10°C , de acôrdo com a lei de Van't Hoff, geralmente produz velocidades de reação desde duplas até triplas, quando se trata de fenômenos fisiológicos ou de química biológica. Tratando-se de reações químicas comuns, a velocidade de reação parece apenas duplicar-se. Quando se trata de reações físico-químicas, essas velocidades não atingem o dôbro. Assim, considerando a influência geral da temperatura sôbre a alteração da superfície terrestre, englobando a decomposição das rochas, a formação do solo, a alimentação das plantas, etc., parece lógico tomar o fator 2 como coeficiente do aumento da velocidade das reações causadas pelo acréscimo de temperatura de 10°C .

Temos assim uma certa velocidade de reação pequena v correspondente à temperatura centígrada t e uma certa velocidade grande V corresponde à temperatura T aumentada de 10°C em relação a t . Como a função é exponencial, temos a seguinte proporção:

$$\frac{V}{v} = \frac{k^T}{k^t}$$

Ora, $V = 2v$, porque a velocidade duplicou, e $T = t + 10$, porque é o aumento de temperatura de 10°C que torna dupla a velocidade de reação. Assim temos:

$$\frac{2v}{v} = \frac{k^{t+10}}{k^t} = k^{t+10-t} = k^{10} \quad e \quad k^{10} = 2$$

Daqui tiramos o valor de constante k : $k = \sqrt[10]{2} = 1.0718$

Passamos a usar $k = 1,07$, arredondando, pois os algarismos seguintes são inúteis em vista da natural relatividade dos cálculos numéricos aplicados a questões climatológicas.

A significação essencial dêste coeficiente é que a diferença de ação de duas temperaturas X e Y não será dada pela diferença destas temperaturas, mas pela diferença entre $1,07^X$ e $1,07^Y$.

Pudemos desta maneira usar, a fim de preparar mapas climáticos do Estado de São Paulo, uma expressão nova de precipitação efetiva:

$$\Pi_a = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{P}{1.07^t} \right)_n$$

onde Π_a é a precipitação efetiva anual, P a precipitação mensal média em mm, t a temperatura centígrada média mensal e n cada um dos doze meses do ano. Esta fórmula deve servir igualmente bem nos climas frios, pois a 0°C o denominador se torna igual a 1 e a precipita-

TABELA 3

Precipitação efetiva calculada pela fórmula racional "PE" = $\frac{P}{1.07^t}$ baseada na lei de Van't Hoff

MESES E ESTAÇÕES	Igarapava	Araçatuba	Ribeirão Preto	Campos Novos	Agudos	Piraçununga	Franca	São Paulo Obs. novo	Amparo	Itapeva	Sorocaba	Alto da Serra	Jundiá	Curitiba (Paraná)	Santos	Iguape
Setembro.....	13	17	16	18	15	12	17	33	19	27	20	95	23	47	37	32
Outubro.....	23	15	25	20	21	18	31	37	25	25	20	100	29	43	41	30
Novembro.....	38	25	33	20	22	26	42	35	35	22	23	103	40	33	41	27
Primavera.....	74	60	74	58	58	56	90	105	79	74	63	298	92	123	119	89
Dezembro.....	59	30	47	32	37	31	65	44	49	30	35	97	59	37	38	32
Janeiro.....	53	32	55	43	42	37	66	47	67	32	40	105	63	45	49	40
Fevereiro.....	45	23	38	25	34	28	50	42	43	20	28	93	49	42	46	37
Verão.....	157	85	140	100	113	96	181	133	159	82	103	295	171	124	133	109
Março.....	33	20	34	22	21	26	50	33	33	21	18	93	31	28	57	37
Abril.....	19	9	20	13	12	12	23	23	19	13	12	89	18	24	42	26
Maió.....	8	14	11	13	13	9	11	17	17	17	13	70	18	33	38	28
Outono.....	60	43	65	48	46	47	84	73	69	51	43	252	67	85	137	91
Junho.....	7	15	12	22	16	5	7	15	22	22	15	69	17	47	40	27
Julho.....	3	8	6	11	9	4	7	12	15	17	11	64	12	33	30	20
Agosto.....	3	9	7	18	9	8	5	16	10	16	14	73	15	30	30	24
Inverno.....	13	32	25	51	34	17	19	43	47	55	40	206	44	110	100	71
ANO.....	304	220	304	257	251	216	374	354	354	262	249	1 051	374	442	489	360
Verão/Ano, %.....	51.6	39.6	46.1	38.9	45.0	44.5	48.4	37.6	44.1	32.0	42.0	29.0	45.7	28.1	30.3	31.7
Inverno/Ano, %.....	4.3	14.5	8.2	17.9	13.1	7.9	5.1	12.1	12.4	19.9	15.7	19.3	11.8	19.3	19.8	19.7

Nota: Nas relações percentuais consideramos "verão" = 3 meses consecutivos mais úmidos, e "inverno" = 3 meses consecutivos mais secos.

ção efetiva fica igual à precipitação real, o que é justo, pois a evaporação cessa a 0° C. Ainda que as temperaturas sejam negativas, quando a precipitação efetiva resulta superior à precipitação total, temos resultados lógicos, pois, além da evaporação, cessa também o movimento da água sobre e dentro do solo, ao mesmo tempo que o congelamento da umidade edáfica e atmosférica torna o potencial latente de umidade superior ao que tenha precipitado em forma de chuva e nevada.

Com esta fórmula construímos um novo ábaco (fig. 5), recalculamos os dados da tab. 1, que damos na tab. 3, e desenhamos os mapas da precipitação efetiva anual (mapa n.º 8), do inverno (mapa n.º 9), do verão, bem como o da classificação climática pelo novo sistema (mapa n.º 10).

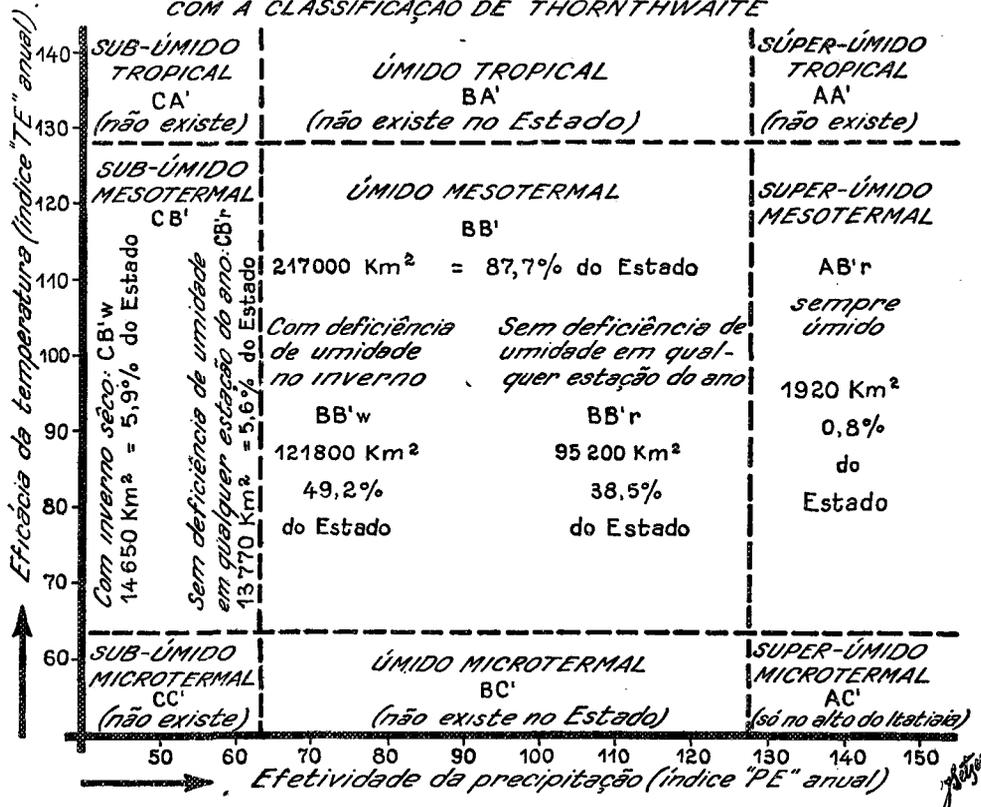
A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PELA LEI DE VAN'T HOFF

A fim de delimitar os diversos climas pelo grau de sua umidade, empregou THORNTHWAITE uma progressão geométrica

128 64 32 16 8

estabelecendo que o clima seria *super-úmido*, se o índice "PE" anual fôsse superior a 128; *úmido*, se fôsse de 64 a 128; *semi-úmido*, de 32 a 64; *semi-árido*, de 16 a 32; *árido*, de 8 a 16; e *super-árido* abaixo de 8.

Fig. 6 - TIPOS CLIMÁTICOS DO ESTADO DE S PAULO DE ACÔRDO COM A CLASSIFICAÇÃO DE THORNTHWAITE



De acôrdo com a nossa fórmula deduzida da lei de VAN'T HOFF, achamos ainda mais lógico usar uma progressão geométrica para delimitar os climas pelo grau de sua umidade, pois, a função sendo exponencial, os acréscimos constantes de temperatura vão produzir uma progressão geométrica, como, por exemplo, a seguinte:

$$e^t \quad e^{t+1} \quad e^{t+2} \quad e^{t+3} \quad \dots$$

A diferença é que, sendo outros os índices de precipitação efetiva, como se vê pela tabela n.º 3, na qual damos os dados da tabela n.º 1 calculados pela nova fórmula, outros também serão os termos da progressão geométrica. Não é necessário que sejam potências de um número inteiro, como o número 2, tomado por THORNTHWAITTE. De fato, a nossa progressão geométrica, para o Estado de São Paulo, onde são poucas as áreas de clima semi-úmido, se esboça a seguinte:

$$520 \quad 260 \quad 130 \quad 65 \quad 32,5$$

Damos na tabela n.º 4 os índices calculados pela fórmula $\frac{P}{1,07^t}$ para diversas estações meteorológicas da parte norte do Brasil, cujas normais já foram publicadas (10) e que apresentam climas desde bem úmidos até alguns dos mais áridos existentes no Brasil. As estações de índice menor que 140 são geralmente consideradas pertencentes ao clima semi-árido (Rio Prêto,* na Bahia, parece possuir clima sub-úmido, pois a estiagem aguda de junho a agosto é compensada ali por estação bem chuvosa de novembro a março). Isto mostra que a progressão a empregar para a parte norte do Brasil deve ser outra. Talvez 560, 280, 140, 70 e 35.

Parece que basta determinar para cada região qual a progressão mais apropriada para tornar a fórmula exponencial utilizável com êxito em qualquer parte do mundo. Para que a fórmula de THORNTHWAITTE dê bons resultados é preciso também escolher com acêrto o seu coeficiente k . Assim a fórmula baseada na lei de VAN'T HOFF pode ser considerada melhor por ser deduzível de conhecida lei geral e pelo fato de encarar o fator temperatura com acêrto indubitável.

Nenhuma das classificações climáticas existentes satisfaz igualmente bem em qualquer parte do mundo. A classificação de KOEPPEN (5), a mais usada universalmente, e considerada inigualável (20) pela sua concisão e economia de símbolos muito bem relacionados com certos limites de temperatura e chuva, sàbiamente escolhidos, falha, por exemplo, na separação do clima *Af* do *Cfa* no litoral meridional do Brasil. Devemos ter o clima *Af* ao norte de Cananéia, e clima *Cfa* ao sul dessa cidade. Entretanto, o tipo de vegetação e a natureza dos solos provenientes de rochas iguais, são uniformes dentro das três faixas ecológicas, isto é, praia, raiz da serra e serra, desde o Distrito Federal até a divisa entre Santa-Catarina e o Rio Grande do Sul. KOEPPEN teria acertado neste caso do litoral meridional do Brasil, se, em lugar de 18°, tivesse usado 17,3° C como temperatura média do mês menos quente indicativa da passagem do clima *Af* para o clima *Cfa*.

* Rio Prêto, hoje Ibipetuba.

TABELA 4

Precipitação efetiva de dez estações meteorológicas do norte do Brasil calculada pela fórmula $\Pi = \frac{P}{1,074}$

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	SENA MADUREIRA	SÃO GABRIEL Amazonas	SOBRAL Ceará	QUIXERAMOBIM Ceará	IGUATU Ceará	CAMPINA GRANDE Paraíba	PROPRIÁ Sergipe	MONTE SANTO Bahia	RIO PRÊTO Bahia	ILHÉUS Bahia
Estado, Território	Acre	Amazonas	Ceará	Ceará	Ceará	Paraíba	Sergipe	Bahia	Bahia	Bahia
Altitude, metros	135	85	65	200	210	555	35	545	435	45
Latitude sul	9,04'	0,08'	3,42'	5,16'	6,24'	7,13'	10,13'	10,25'	11,07'	14,48'
Longitude W. Greenwich	68,39'	67,05'	40,21'	39,15'	39,35'	35,54'	36,52'	39,28'	44,40'	39,03'
Médias temperatura	12 anos	15 anos	16 anos	26 anos	12 anos	13 anos	11 anos	15 anos	10 anos	12 anos
chuvas	17 anos	16 anos	16 anos	26 anos	13 anos	13 anos	11 anos	22 anos	10 anos	12 anos
Temperatura anual, °C	25,2	25,4	27,3	27,4	27,1	22,4	25,2	23,8	24,7	24,2
Chuvas por ano, mm	2 065	2 955	983	792	789	727	687	645	815	21,15
Clima	Ami	Afi	Aw'l	BShw'l	BShw'	Aw'si	Asi	BShw'	Aw'l	Afi
	TUV¹	TIUO°	TuO°	TuO°	TuO°	TuO1	Tu1°	TuO°	TUV°1	TIUO°1
Setembro.....	18	32	0	1/2	2 1/2	5	8	4	2	21
Outubro.....	32	28	1/2	1/2	2	1 1/2	4 1/2	3	6	27
Novembro.....	33	35	1/2	1	1 1/2	2	3	9 1/2	24	39
Primavera.....	83	95	1	2	6	8 1/2	15 1/2	16 1/2	32	87
Dezembro.....	52	48	2	4	4 1/2	2	5 1/2	13	24	33
Janeiro.....	50	53	13	12 1/2	13	8	2 1/2	10 1/2	24	21
Fevereiro.....	51	42	30	17	28	16	5	10	32	30
Verão.....	153	143	45	33 1/2	45 1/2	26	13	33 1/2	80	84
Março.....	46	52	46	31	32	22	7	12 1/2	27	50
Abril.....	43	47	42	28	28	30	12	13	9 1/2	59
Maió.....	20	61	20	19	11	19 1/2	28	16	1 1/2	35
Outono.....	109	180	108	78	71	71 1/2	47	41 1/2	38	144
Junho.....	12	48	7 1/2	0	7	22	21	13	0	28
Julho.....	6	48	2	4	1	22	19 1/2	14 1/2	0	47
Agosto.....	8	36	1/2	1 1/2	1/2	12	16	9	0	26
Inverno.....	26	132	10	14 1/2	8 1/2	56	56 1/2	36 1/2	0	101
Ano.....	371	530	164	128	131	162	132	128	160	416
Estação chuvosa										
Ano, %.....	41,3	30,2	65,8	60,9	54,2	44,2	42,6	32,4	53,3	34,6
Estação seca										
Ano, %.....	7,0	17,8	3,6	1,6	3,0	3,4	9,8	12,5	0,0	17,8

Nota: A estação chuvosa é considerada composta dos 3 meses consecutivos mais úmidos; a estação seca dos 3 mais áridos.

Em certas outras partes do mundo, sem dúvida, seria mais acertado, pelo contrário, usar temperatura ligeiramente superior a 18° C. Mas, para o mundo inteiro, parece ser suficientemente provado que a melhor temperatura para este propósito é justamente a indicada por KOEPPEN.

É nossa opinião que uma classificação climática que satisfaça bem em toda parte, deve possuir certa maleabilidade sem deixar de ser quantitativa. Entretanto o próprio THORNTHWAITE, cuja classificação nos parece melhor que a de KOEPPEN, não apresentou qualquer variação do seu coeficiente $k = 115$, sem o que a sua classificação perde a maleabilidade, apresentada em tese.

A classificação de KOEPPEN, aliás, foi criticada por diversos autores (22) (20) por separar mal os climas C e D. E um desses autores parece ter razão por se basear no limite setentrional da

distribuição do trigo nos dois hemisférios, planta esta demasiadamente importante na Geografia Humana, para que possa ser relegada a segundo plano. Quanto à simplicidade da classificação de KOEPPEN ela

Fig. 7 FORMAÇÕES PEDOLÓGICAS PRINCIPAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO DE ACÔRDO COM A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

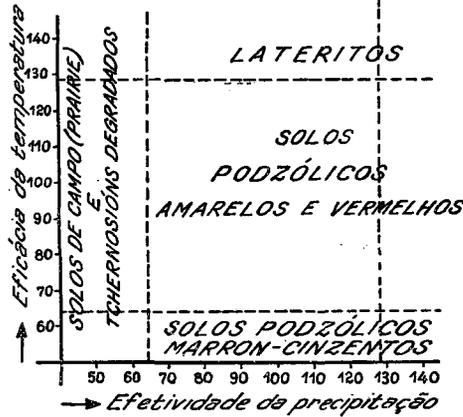
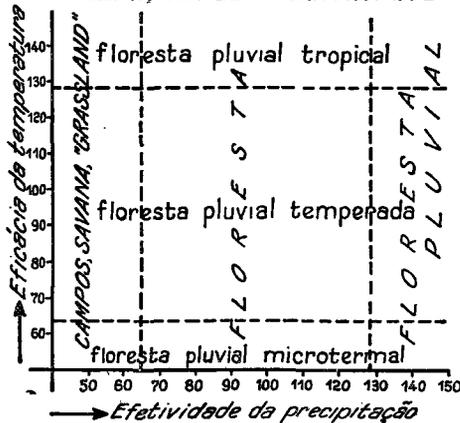


Fig 8 FORMAÇÕES VEGETAIS PRINCIPAIS DO EST. DE S. PAULO DE ACÔRDO COM A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE



é comprometida por relativa abundância de símbolos em forma de letras minúsculas (a, b, c, d, f, g, h, i, k, k', m, n, s, w, w' e x) e principalmente pelos gráficos ou fórmulas diversas necessários a fim de separar os climas BS dos BW e os climas Aw dos Am (5) (8).

A aplicação da nossa fórmula exponencial, baseada na lei de VAN'T HOFF, aos dados de algumas estações meteorológicas possuidoras de normais de longo período de observações e o conhecimento simultâneo da natureza da vegetação e do solo do local indicarão os termos da progressão mais apropriada. O mapeamento ba-

seado nas variações do relêvo, da vegetação, dos solos e da hidrografia fornecerá o clima de inúmeras localidades desprovidas de estações meteorológicas.

O critério usado por THORNTHWAITE a fim de distinguir os climas com estiagem dos que não apresentam época sêca bem definida parece-nos razoável, com a diferença que a porcentagem limite, tirada da relação entre a precipitação efetiva da estação mais chuvosa e a precipitação efetiva anual, nem sempre deve ser 50%. Assim para o Estado de São Paulo parece melhor usar 45% ou mesmo 40%. O mesmo se dá em relação aos climas secos do Nordeste do Brasil, como mostra a tabela n.º 4 (dados de Campina Grande e Propriá). Pelo contrário, nas regiões sêcas do México, GALLARDO (3) e CONTRERAS (2) tiveram de usar porcentagens superiores a 50%, sob pena de não poder explicar a existência, em certas regiões, de uma produção agrícola apreciável.

Contudo, de acôrdo com o nosso novo método de determinação da precipitação efetiva, a questão da definição da existência de estação sêca bem caracterizada parece-nos algo diferente. Talvez seja melhor tomar em consideração a relação percentual entre a precipitação efetiva do inverno e do ano, em lugar da relação entre a do verão e do ano, usada por THORNTHWAITE. Não coincidindo a estação sêca com o inverno ou a estação chuvosa com o verão, deveriam ser considerados como tais estações os períodos de 3 meses consecutivos mais áridos e mais úmidos, respectivamente. Os dados das tabelas 3 e 4 parecem indicar que a existência de estação sêca seria caracterizada por uma relação percentual estiagem/ano inferior a 13 ou no máximo 15%. E' preciso observar novamente que nos dados de chuvas de Araçatuba, Agudos e Amparo predomina o período de observações dos primeiros 20 anos dêste século, quando a estiagem era menos aguda que hoje, como já provamos (14).

A fim de completar uma classificação climática, bastou-nos multiplicar a temperatura média anual por um coeficiente adequado. A fórmula de THORNTHWAITE da eficiência da temperatura (*temperature efficiency*).

$$''TE'' = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T_{oF} - 32}{4} \right)_n$$

quando os graus Fahrenheit são convertidos em centígrados, fica sendo:

$$''TE'' = 5,4 T_{oC},$$

pois desaparece a necessidade de descontar 32 e com ela a necessidade de efetuar o cálculo para cada um dos doze meses separadamente, bastando multiplicar a temperatura média anual por 5,4. Mas êste coeficiente 5,4 depende também da região considerada. Para o Estado de São Paulo verificamos que a fórmula

$$''TE'' = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T_{oF} - 32}{3,6} \right)_n \quad \text{ou} \quad ''TE'' = 5,8 T_{oC}$$

segundo a qual a extremidade mais baixa da parte NW do Estado e a baixada litorânea de Santos pertencem ao clima macrotermal A', é melhor que a original de THORNTHWAITE, pela qual não existe no Estado

um ponto sequer, em que o clima não seja o mesotermal B'. Aqui a média anual de 22°C (mapa n.º 6), como prefere SEREBRENICK (9), ou a do mês mais frio de 18°C, como estabeleceu KOEPPEN (5), separam muito bem os climas tropicais dos temperados quentes. E' por isto que usamos 5,8 como coeficiente para multiplicar a temperatura média anual:

$$\frac{128}{22} = 5,8$$

Sendo 520 o número que inicia a progressão geométrica, o coeficiente será:

$$Q = \frac{520}{22} = 23,6$$

Assim, no Estado de São Paulo, a fórmula que dará a eficiência de temperatura τ semelhante à "TE" de THORNTHWAITE, será:

$$\tau = 23.6 \text{ T}^{\circ}\text{C}$$

Quanto aos símbolos usados por THORNTHWAITE para designar tipos climáticos, achamos desnecessária qualquer modificação. Assim AB'r será o clima super-úmido mesotermal sem estação seca, CA'w o clima semi-úmido macrotermal com inverno seco, etc.

Empregamos assim, pelo modelo de THORNTHWAITE, uma classificação mais racional, se bem que usando progressões geométricas empiricamente obtidas, o que é inevitável, pois não se trata de influência da umidade e da temperatura sobre um fenômeno isolado ou sobre um par de fenômenos conjugados, quando uma elaboração matemática ainda poderia ser eficiente.

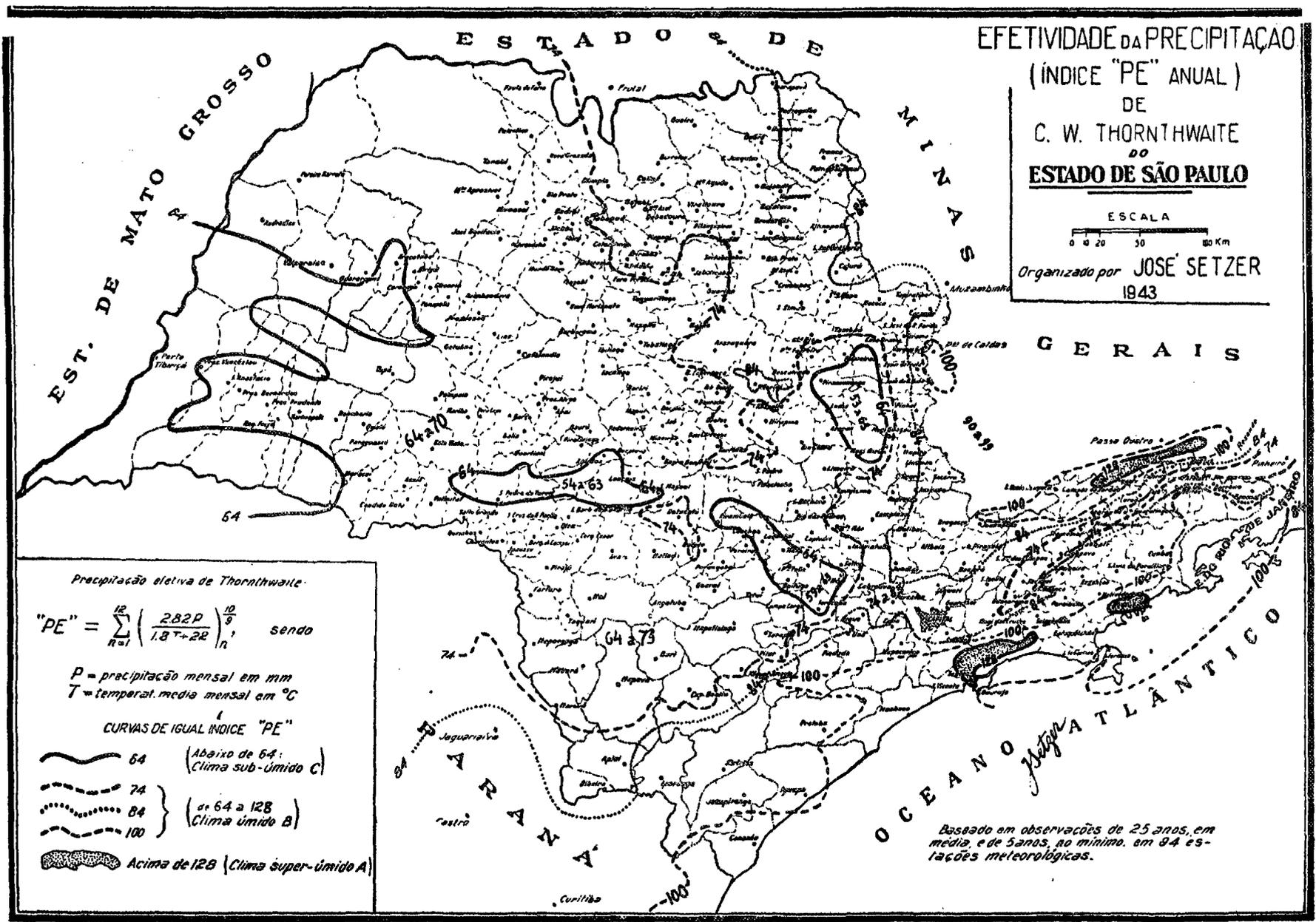
Trata-se da influência daqueles fatores climáticos sobre um conjunto enorme e muito complexo de fenômenos e de suas interações, de modo que somente um tratamento empírico pode satisfazer, mas a base pode ser dada por uma conhecida lei geral.

O EMPREGO DO NOVO SISTEMA

Vamos resumir o procedimento a fim de classificar os climas ou obter mapas climáticos de acordo com a classificação baseada na interpretação exponencial das temperaturas.

Tendo tabelado as normais mensais de chuvas e temperaturas médias usamos o ábaco (fig. 5) a fim de obter os doze valores mensais da precipitação efetiva.* Somamo-los, obtendo o índice de precipitação

* Para obter rapidamente numerosos dados de precipitação efetiva, é cômodo fazer correr o ábaco, desenhado em papel transparente, sobre uma cruzeta feita a nanquim em papel branco, fixo sobre a mesa.



EFETIVIDADE DA PRECIPITAÇÃO
(ÍNDICE "PE" ANUAL)
DE
C. W. THORNTHWAITÉ
DO
ESTADO DE SÃO PAULO

ESCALA
0 20 30 50 Km

Organizado por **JOSE SETZER**
1943

Precipitação efetiva de Thornthwaite:

$$"PE" = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{282P}{1,8T+28} \right) \frac{10}{n}, \text{ sendo}$$

P = precipitação mensal em mm
T = temperatur. media mensal em °C

CURVAS DE IGUAL ÍNDICE "PE"

- ~~~~~ 64 (Abaixo de 64: *Clima sub-úmido C*)
- 74
- 84 (de 64 a 128 *Clima úmido B*)
- - - - 100
- ██████ Acima de 128 (*Clima super-úmido A*)

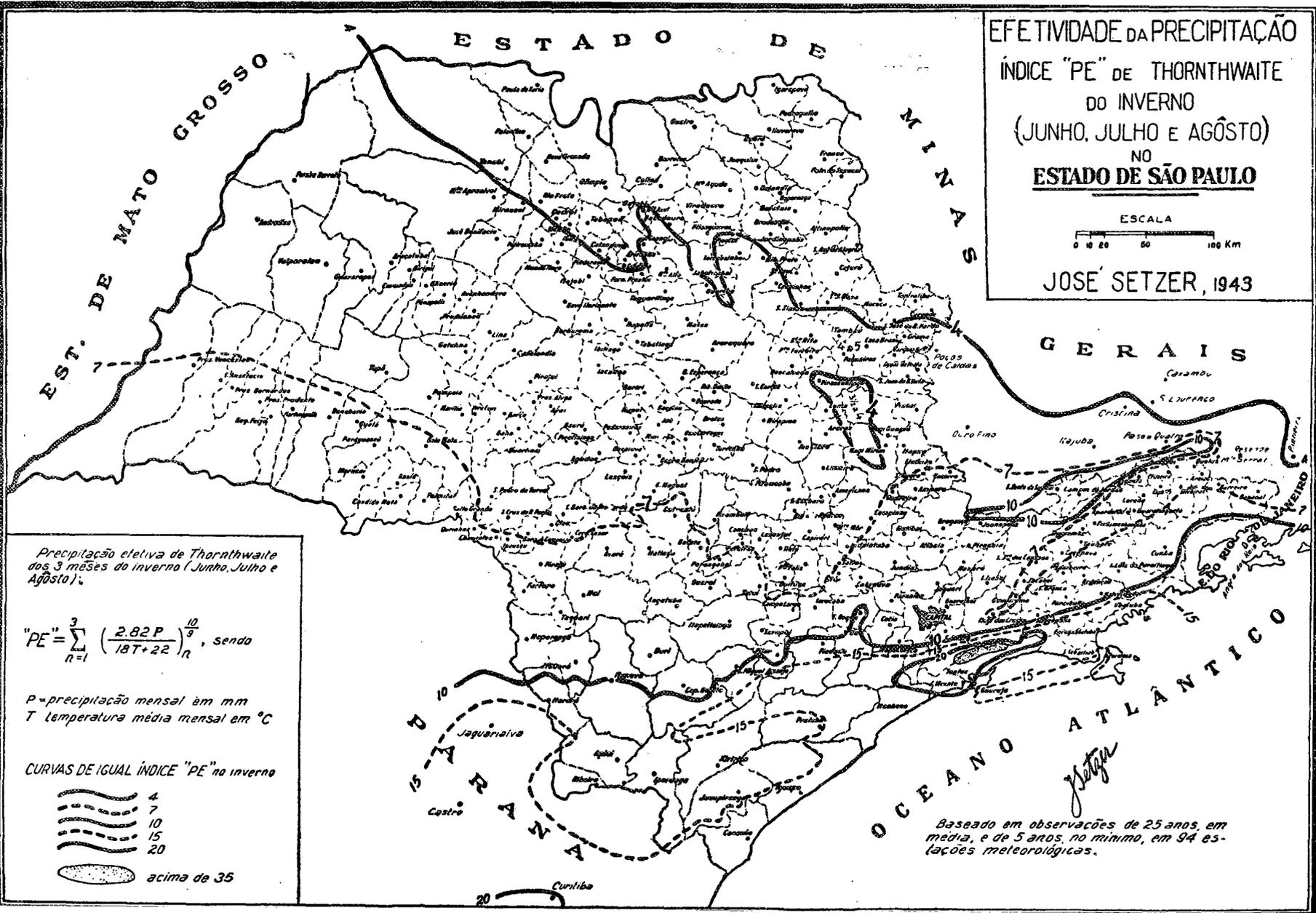
Baseado em observações de 25 anos, em média, e de 5 anos, no mínimo, em 84 estações meteorológicas.

Mapa 1 — Efetividade da precipitação anual do Estado de São Paulo pelo sistema de THORNTHWAITÉ.

EFETIVIDADE DA PRECIPITAÇÃO
 ÍNDICE "PE" DE THORNTHWAITTE
 DO INVERNO
 (JUNHO, JULHO E AGÔSTO)
 NO
ESTADO DE SÃO PAULO



JOSE SETZER, 1943



Precipitação efetiva de Thornthwaite dos 3 meses do inverno (Junho, Julho e Agosto):

$$PE = \sum_{n=1}^3 \left(\frac{2.82 P}{18T + 22} \right)^{\frac{10}{9}}, \text{ sendo}$$

P = precipitação mensal em mm
 T = temperatura média mensal em °C

CURVAS DE IGUAL ÍNDICE "PE" no inverno



Baseado em observações de 25 anos, em média, e de 5 anos, no mínimo, em 94 estações meteorológicas.

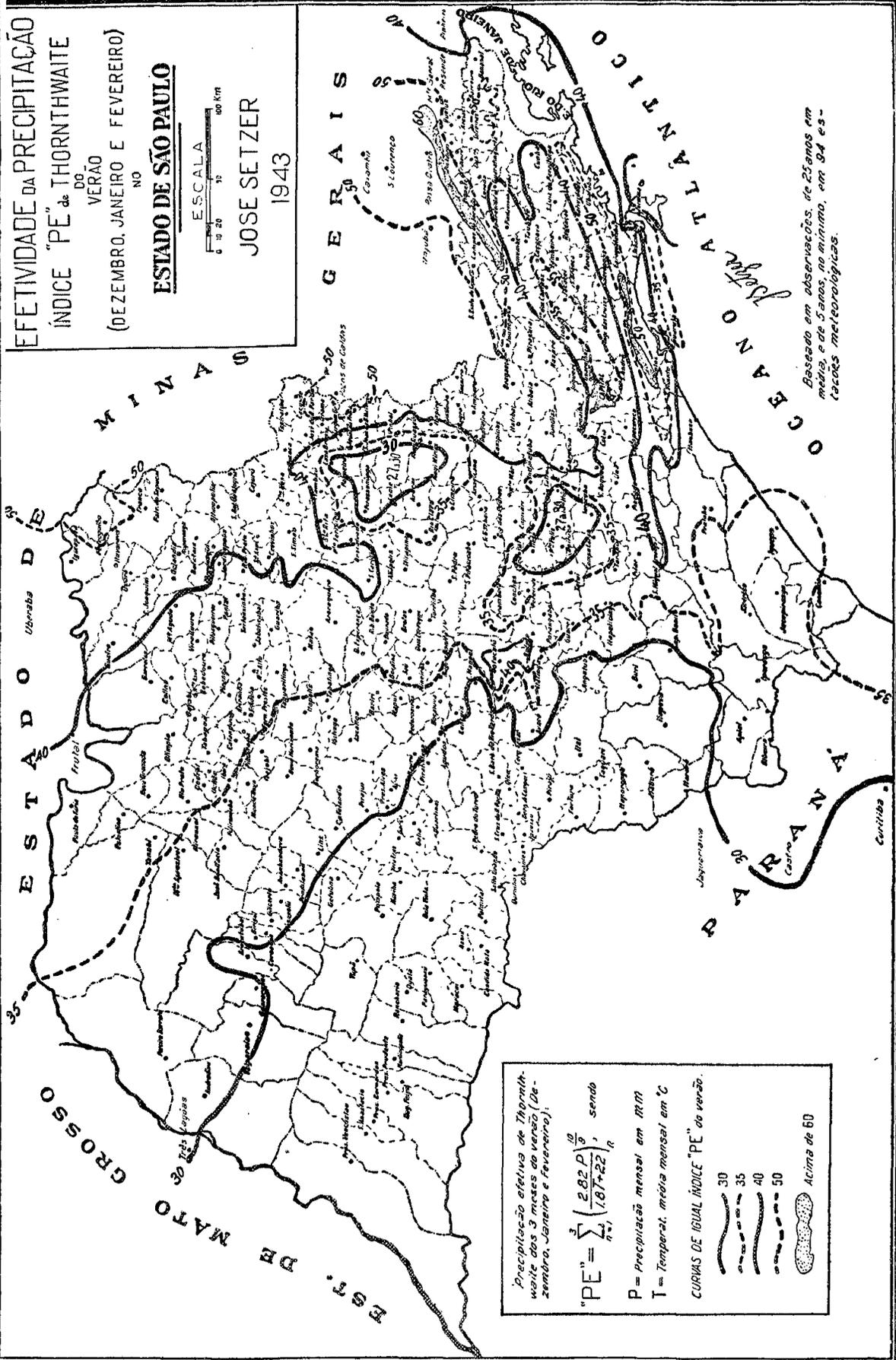
EFETIVIDADE DA PRECIPITAÇÃO
ÍNDICE "PE" de THORNTHWAITE
 DO
VERÃO
 (DEZEMBRO, JANEIRO E FEVEREIRO)
 NO

ESTADO DE SÃO PAULO

ESCALA
 0 10 20 30 40 Km

JOSE SETZER

1943



Baseado em observações de 25 anos em média, e de 5 anos, no mínimo, em 94 estações meteorológicas.

Precipitação efetiva de Thornthwaite dos 3 meses do verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro).

$$PE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{2.82 P_i}{1.8 T_i + 22} \right)^2 \text{ sendo}$$

P = Precipitação mensal em MM
 T = Temperatura média mensal em °C

CURVAS DE IGUAL ÍNDICE "PE" do verão.

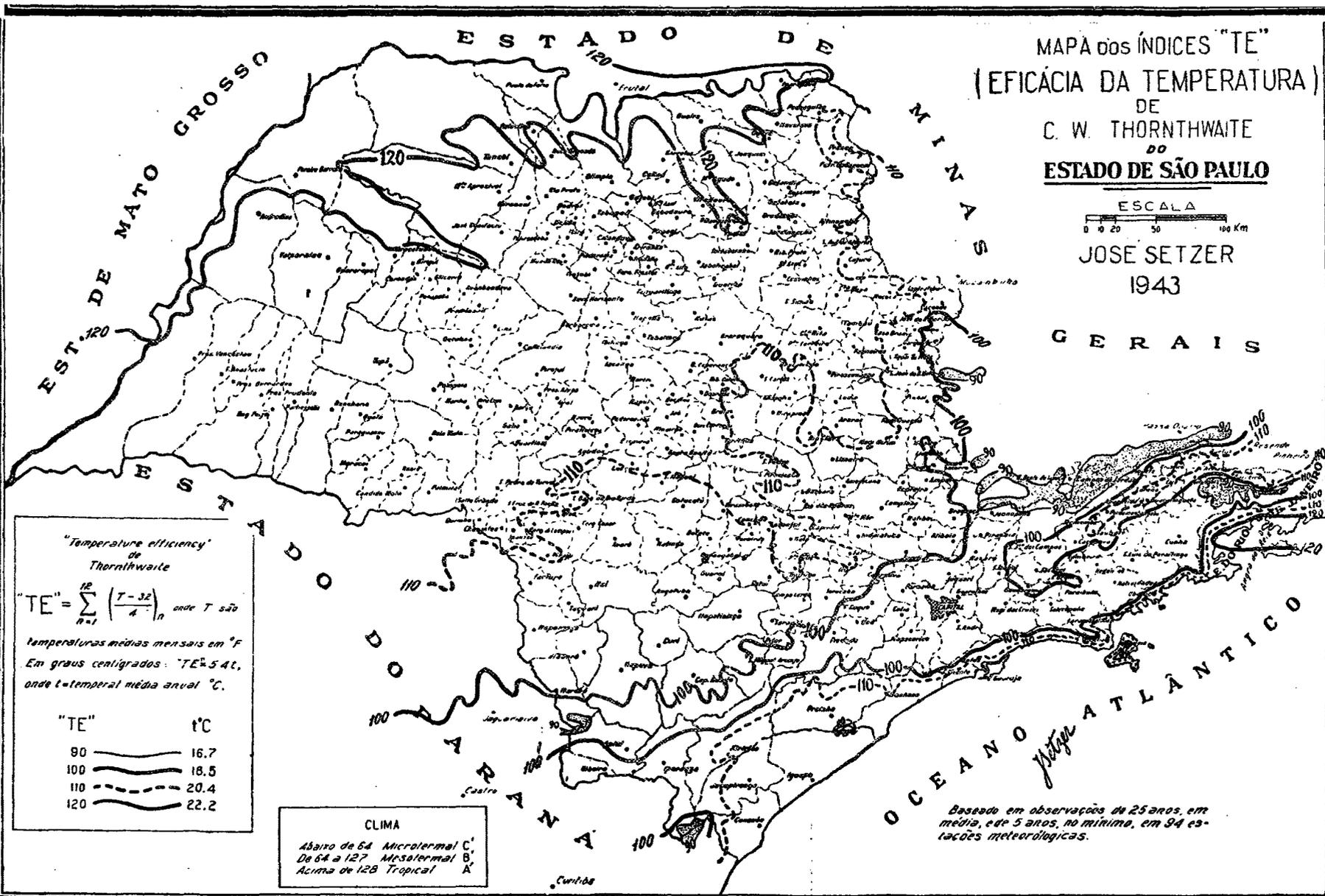
30
 35
 40
 50
 Acima de 60

MAPA dos ÍNDICES "TE"
 (EFICÁCIA DA TEMPERATURA)
 DE
 C. W. THORNTHWAITTE
 DO
 ESTADO DE SÃO PAULO

ESCALA
 0 20 50 100 Km

JOSE SETZER
 1943

GERAIS



"Temperature efficiency"
 de
 Thornthwaite

$$TE = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T - 32}{A} \right)_n \text{ onde } T \text{ são}$$

temperaturas médias mensais em °F
 Em graus centígrados: $TE = 54t$,
 onde t = temperal média anual °C.

"TE"	°C
90	16.7
100	18.5
110	20.4
120	22.2

CLIMA
 Abaixo de 64 Microtermal C,
 De 64 a 127 Mésotermal B,
 Acima de 128 Tropical K

Baseado em observações de 25 anos, em
 média, e de 5 anos, no mínimo, em 94 es-
 tações meteorológicas.

DIVISÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DE S. PAULO

De acordo com o sistema de C. W. THORNTHWAITTE

ESCALA
0 10 20 50 100 Km

JOSE SETZER
1943

GERAIS

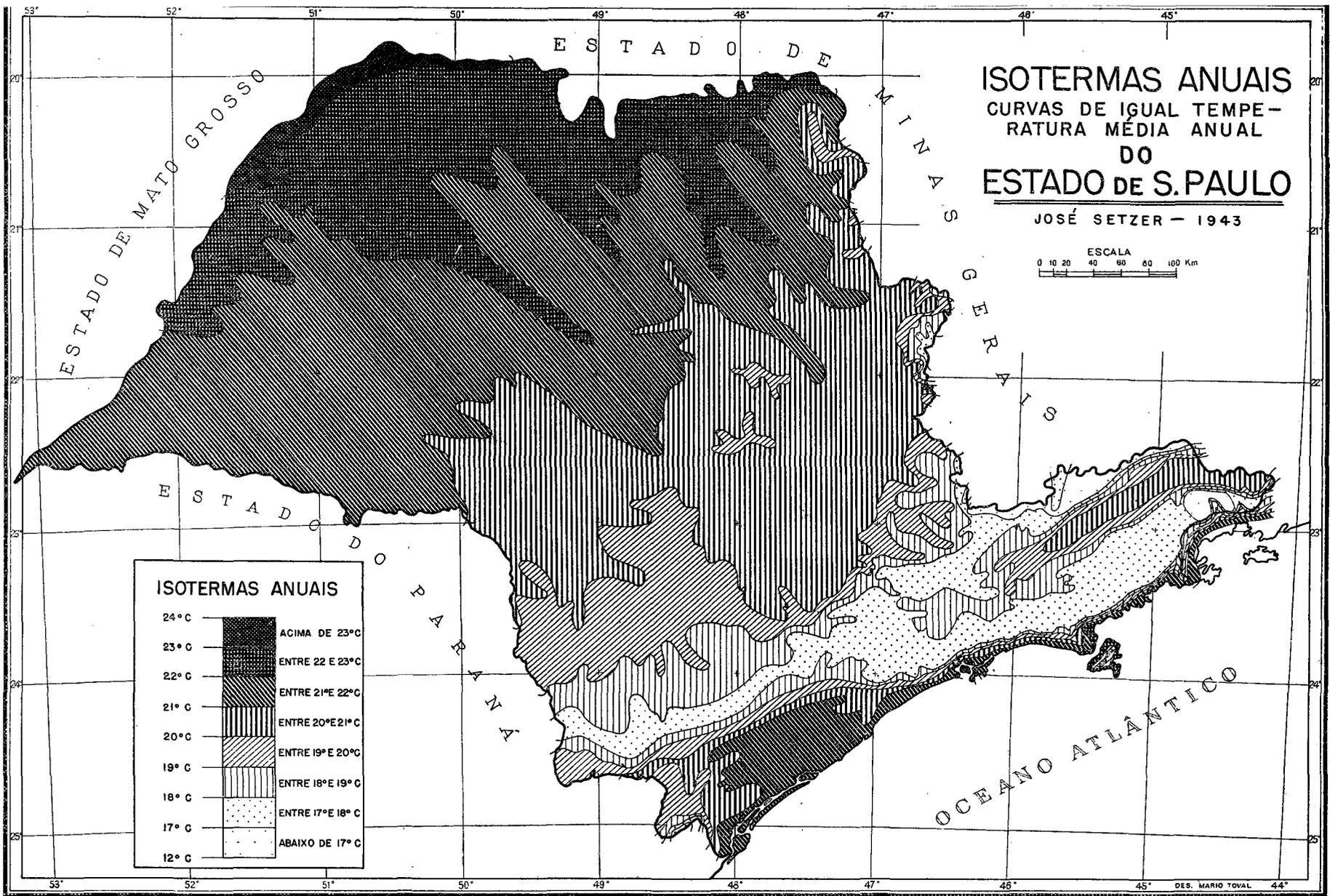


Acima desta linha, os índices "PE" do verão são inferiores à metade dos índices "PE" anuais, de modo que o clima é considerado úmido em todos os estações do ano

Acima desta linha os índices "PE" do verão são inferiores a 40% dos índices "PE" anuais

TIPOS DE CLIMAS EXISTENTES NO ESTADO DE S. PAULO Segundo a classificação climática de C. W. THORNTHWAITTE		Eficiência da precipitação	Eficiência da temperatura	Umidade constante
		"PE"	"TE"	"C"
AB'r = Super-úmido Mesotermal	Sem época seca	>128	Entre 64 e 128	"C" = Umidade constante
BB'r = Úmido		64-128		"W" = Umidade deficiente
CB'r = Sub úmido	Úmida seca	53-64	Entre 64 e 128	"PE" do verão maior que 40% do "PE" anual
BB'w = Úmido		64-128		"PE" do verão menor que 40% do "PE" anual
CB'w = Sub úmido		53-64		

Baseado nas observações de 25 anos em média, e de 5 anos, no mínimo, em 96 estações termo-pluviométricas.



ISOTERMAS ANUAIS

CURVAS DE IGUAL TEMPERATURA MÉDIA ANUAL

DO ESTADO DE S. PAULO

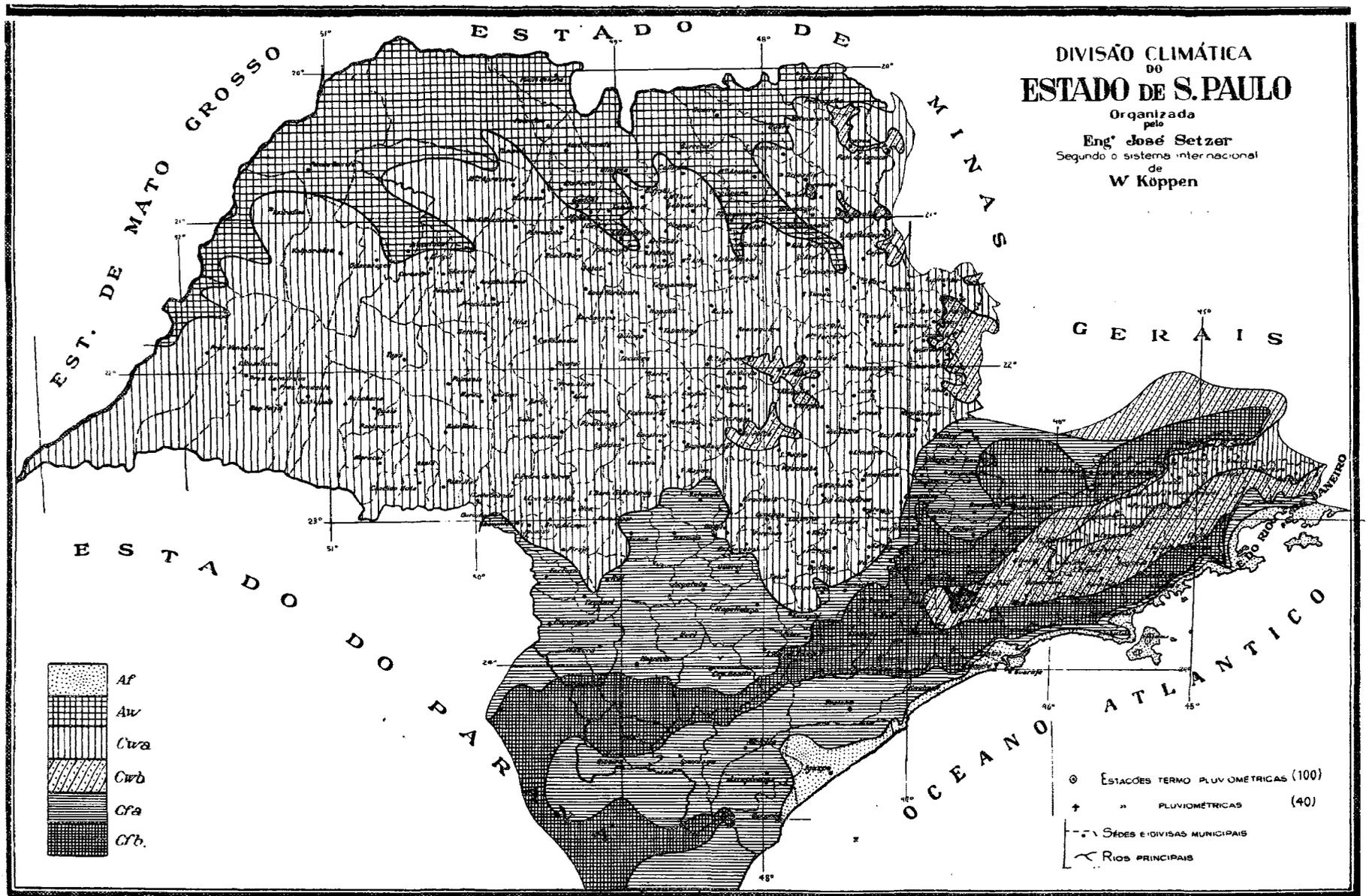
JOSÉ SETZER - 1943



ISOTERMAS ANUAIS	
24° C	ACIMA DE 23° C
23° C	ENTRE 22° E 23° C
22° C	ENTRE 21° E 22° C
21° C	ENTRE 20° E 21° C
20° C	ENTRE 19° E 20° C
19° C	ENTRE 18° E 19° C
18° C	ENTRE 17° E 18° C
17° C	ABAIXO DE 17° C
12° C	

DIVISÃO CLIMÁTICA
DO
ESTADO DE S. PAULO

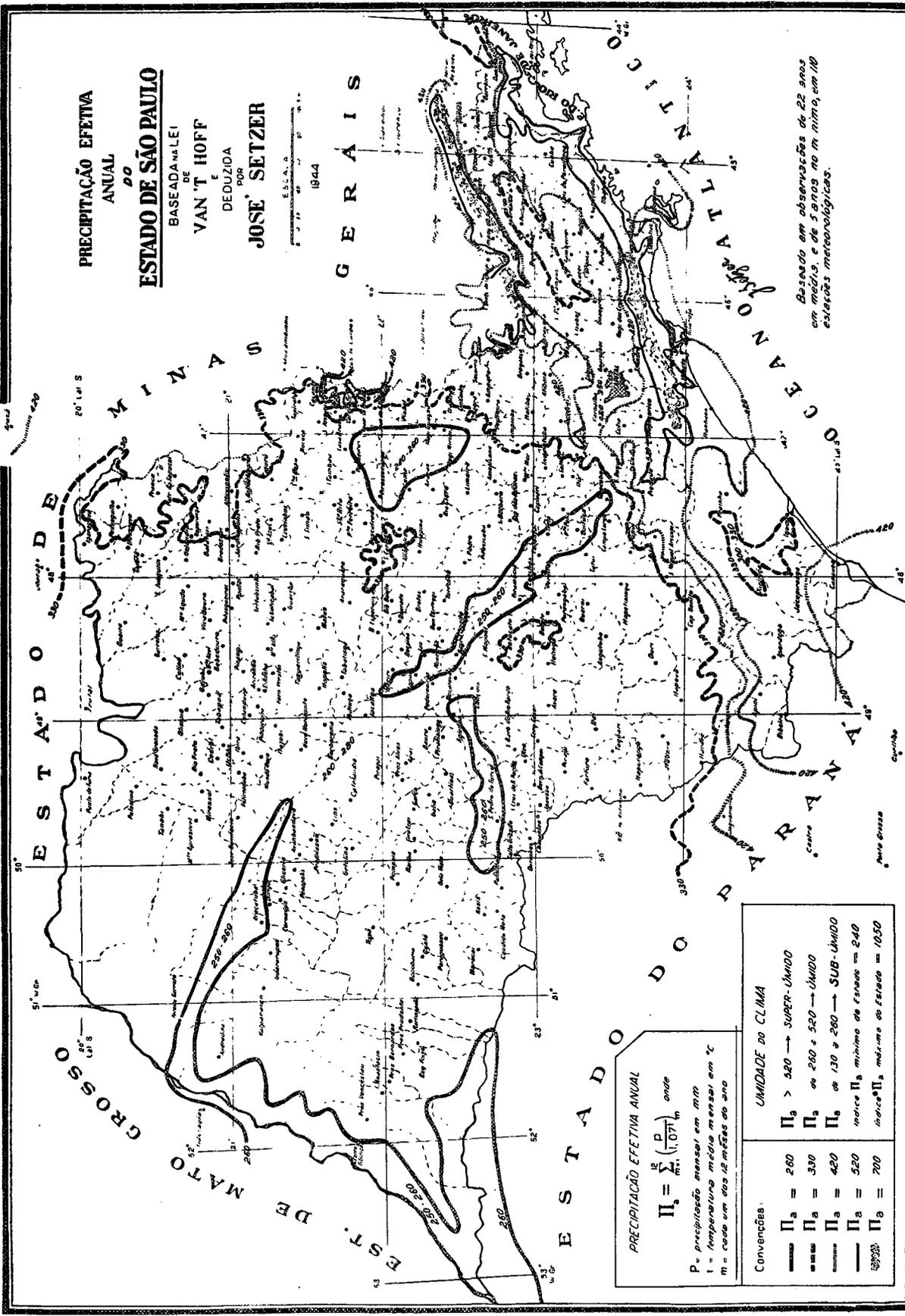
Organizada
pelo
Eng. José Setzer
Segundo o sistema internacional
de
W Köppen



Mapa 7 — Classificação climática do Estado de São Paulo pelo sistema de Köppen.

PRECIPITAÇÃO EFETIVA ANUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
 BASEADA NA LEI DE VAN 'T HOFF E DEDUZIDA POR JOSE SETZER

1944
 ESCALA 1:100.000



Baseado em observações de 22 anos em média, e de 5 anos no m. mínimo, em 10 estações meteorológicas.

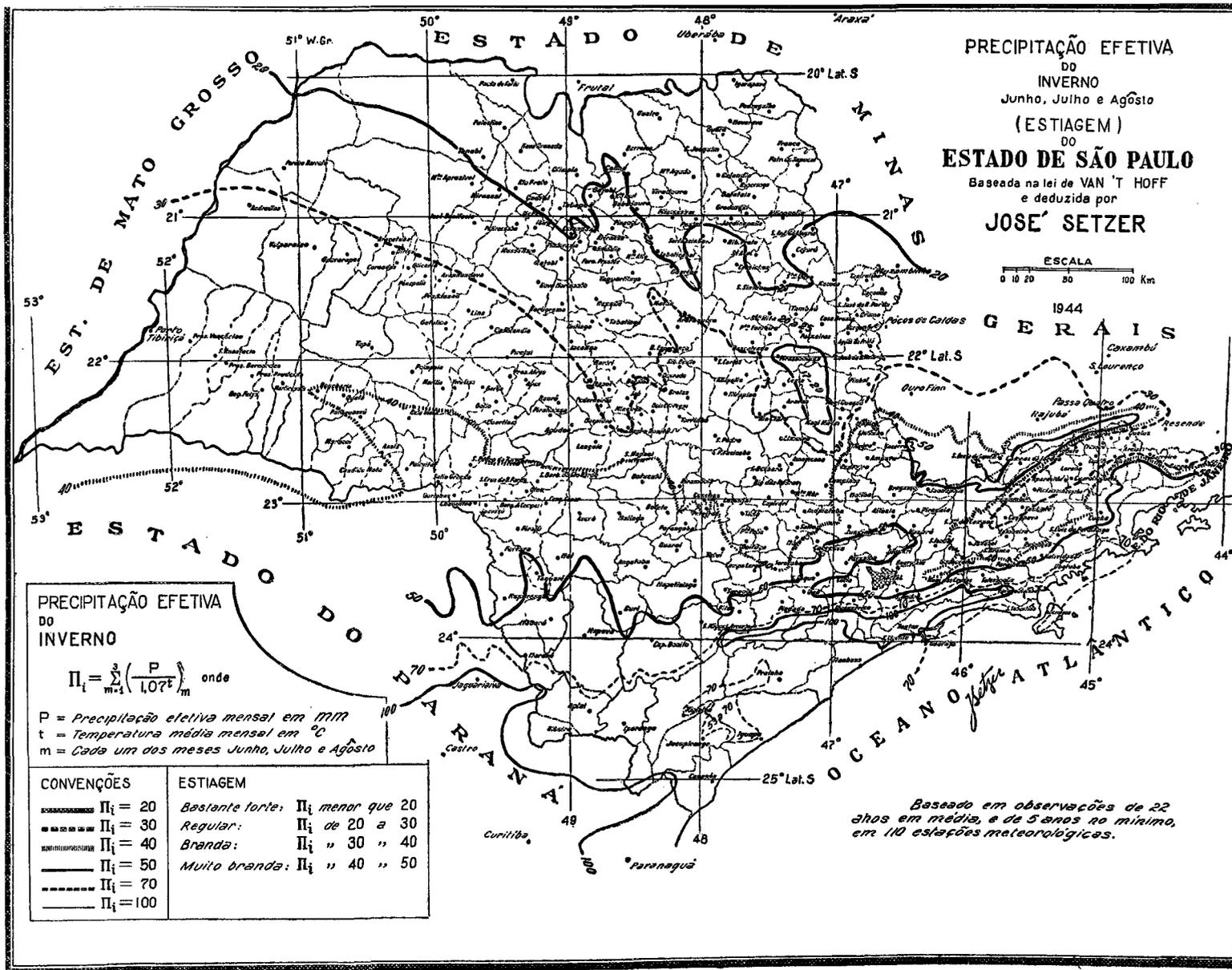
PRECIPITAÇÃO EFETIVA ANUAL

$$\Pi_e = \sum_{m=1}^n \left(\frac{P}{10T_m} \right)_m$$

P = precipitação mensal em mm
 T = temperatura média mensal em °C
 n = cada um dos 12 meses do ano

UNIDADE DO CLIMA

—	Π ₀ = 260	Π ₀ > 520 → SUPER-ÚMIDO
—	Π ₁ = 300	Π ₀ de 260 a 520 → ÚMIDO
—	Π ₂ = 420	Π ₀ de 130 a 260 → SUB-ÚMIDO
—	Π ₃ = 520	Índice Π ₀ mínimo do Estado = 240
—	Π ₄ = 700	Índice Π ₀ máximo do Estado = 1050



Mapa 9 — Idem do inverno, mostrando a intensidade da estiagem.

NOVA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

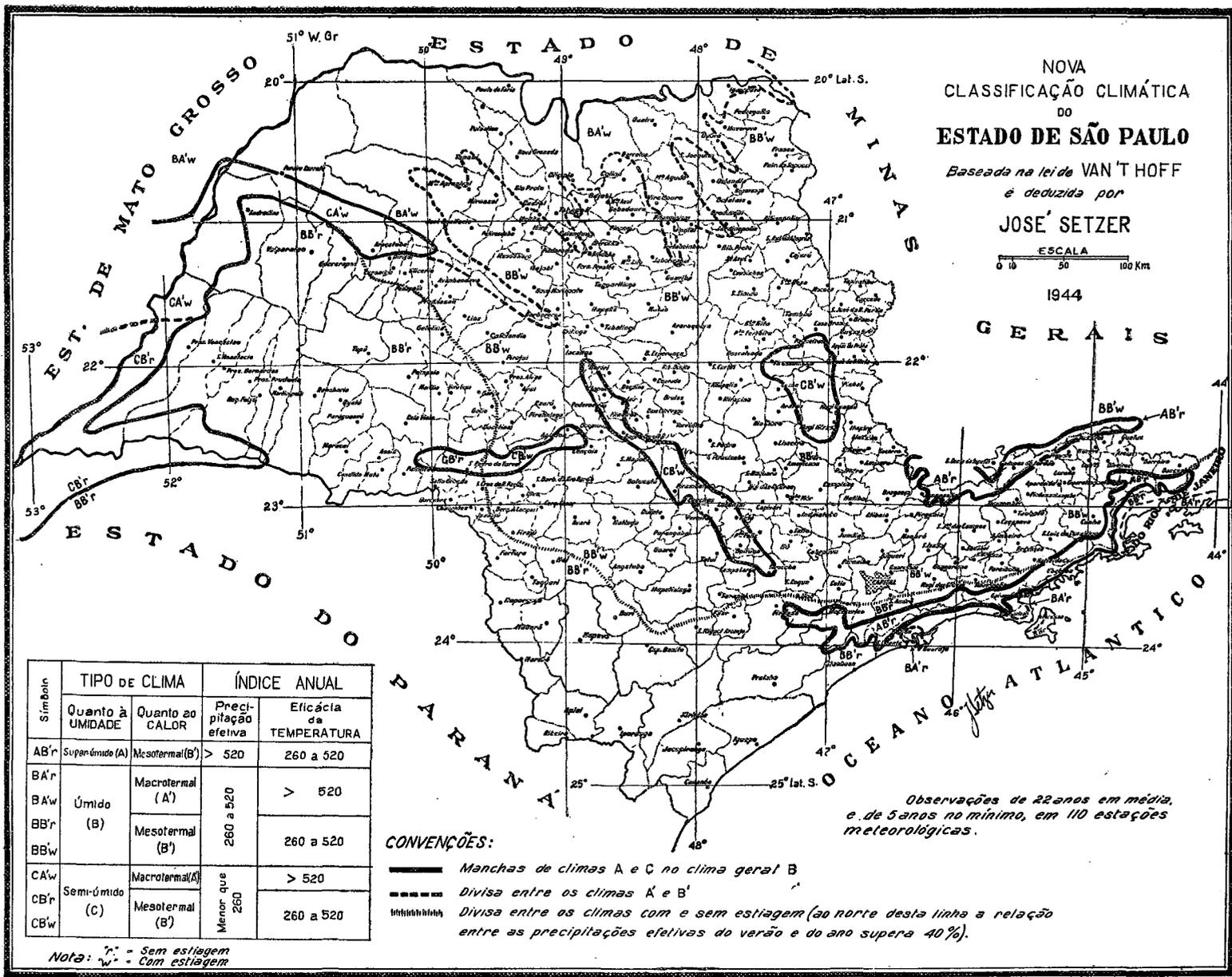
Baseada na lei de VAN'T HOFF e deduzida por

JOSE SETZER

ESCALA 0 10 50 100 Km

1944

GERAIS



Simbolin	TIPO DE CLIMA		ÍNDICE ANUAL	
	Quanto à UMIDADE	Quanto ao CALOR	Precipitação efetiva	Eficácia da TEMPERATURA
AB'r	Super-úmido (A)	Mesotermal (B')	> 520	260 a 520
BA'r	Úmido (B)	Macrotermal (A')	260 a 520	> 520
BA'w		Mesotermal (B')		260 a 520
BB'r				
BB'w				
CA'w	Semi-úmido (C)	Macrotermal (A')	Menor que 260	> 520
CB'r		Mesotermal (B')		260 a 520
CB'w				

Nota: r' = Sem estiagem
w' = Com estiagem

CONVENÇÕES:

- Manchas de climas A e C no clima geral B
- - - Divisa entre os climas A' e B'
- ||||| Divisa entre os climas com e sem estiagem (ao norte desta linha a relação entre as precipitações efetivas do verão e do ano supera 40%).

Observações de 22 anos em média, e de 5 anos no mínimo, em 110 estações meteorológicas.

Mapa 10 - Classificação climática do Estado de São Paulo pelo sistema baseado na lei de VAN'T HOFF

efetiva anual. Procuramos quais os 3 valores mensais consecutivos mais baixos e somamo-los também. Se esta soma representar menos que 15% daquela, há estiagem; se a porcentagem fôr inferior a 10%, a estiagem é bastante forte; se fôr inferior a 5%, é muito forte. Entretanto, na zona costeira parece ser preferível o critério dos 40% como valor limítrofe entre os climas com e sem estiagem. Assim, se a soma dos 3 meses consecutivos mais úmidos constituir mais que 40% do índice anual, temos estiagem; se fôr mais que 45%, a estiagem é bastante forte; e com mais que 55% é muito forte.

Se a precipitação efetiva anual fôr superior a 520, temos clima super-úmido *A*; entre 520 e 260 temos clima úmido *B*; entre 260 e 130, sub-úmido *C*; entre 130 e 65, semi-árido *D*; entre 65 e 32, árido *E*; e abaixo de 32, super-árido *F*. No norte do Brasil deve-se usar uma série de limites numéricos um pouco diferente: 560, 280, 140, 70 e 35. Basta mudar um pouco o primeiro destes números, a fim de obter uma progressão geométrica que se adapte bem a qualquer região do mundo, visto que é impossível uma classificação climática rígida que prove ser bem adaptada em toda parte.

Divide-se o primeiro termo dessa progressão por 22, obtendo-se assim o fator pelo qual se deve multiplicar a temperatura média anual a fim de obter o índice da eficiência térmica. Resultando este índice superior a 520, temos clima macrotermal ou tropical *A'*; entre 520 e 260, mesotermal ou temperado *B'*; entre 260 e 130, microtermal ou frio *C'*; entre 130 e 65, taiga *D'*; abaixo de 65 temos tundra *E'*; e com o valor zero temos neve e gelo perpétuo *F'*. Havendo meses com temperatura média inferior a 0° C, é mais exato calcular os índices de eficiência térmica dos 12 meses separadamente, cuja soma dará o índice térmico anual.

Não havendo estiagem, acrescentamos em seguida às duas maiúsculas, indicadoras da umidade e do calor do clima, a letra minúscula *r*. Havendo estiagem, usam-se as letras: *w*, se ela coincidir ou se enquadrar melhor no inverno; *s*, se no verão.

A ausência de estação úmida é designada pela letra *d*, a qual é sempre presente, se o índice da precipitação efetiva anual fôr inferior a 65. Se fôr compreendido entre 65 e 130, para que o clima seja *d*, é necessário que os 3 meses consecutivos mais úmidos somem menos que 65. Se o índice anual fôr entre 130 e 200, é necessário que aqueles 3 meses mais úmidos somem menos que metade do índice anual. Quando o índice anual supera 200, o clima não é isento de estação chuvosa e a sua classificação não pode levar a letra *d*. Do mesmo modo, os climas super-úmidos não podem deixar de ser *r*, i. é, sem estiagem.

Como exemplo, vamos classificar na tabela 5 os climas das 26 localidades mencionadas nas tabelas 3 e 4.

TABELA 5

Classificação dos climas das localidades mencionadas nas tabs. 3 e 4

LOCALIDADE	Temperatura média anual °C	Índice anual	Clima	Observações
Igarapava.....	22,8	538	BA'w	
Araçatuba.....	22,1	522	CA'w	
Ribeirão Preto.....	21,5	508	BB'w	
Campos Novos.....	20,9	494	CB'r	Município de Bela Vista
Agudos.....	20,2	477	CB'w	
Pirapungaba.....	21,6	510	CB'w	
Franca.....	20,1	475	BB'w	
São Paulo.....	17,8	420	BB'w	
Amparo.....	20,0	472	BB'w	
Itapeva.....	19,5	460	BB'r	
Sorocaba.....	20,5	484	CB'r	
Alto da Serra.....	17,9	422	AB'r	Município de Santo André
Jundiá.....	19,3	455	BB'w	
Curitiba, PR.....	16,3	384	BB'r	
Santos.....	22,0	520	BA'r	
Iguapo.....	21,6	510	BB'r	
Sena Madureira, AC.....	25,2	640	BA'w	
São Gabriel, AM.....	25,4	645	AA'r	
Sobral, CE.....	27,3	694	CA'w	Os 3 meses mais úmidos, fevereiro a abril, somam 118, o índice anual sendo 164. Chuvas por ano: 963 mm.
Quixeramobim, CE.....	27,4	696	DA'w	Os 3 meses mais úmidos, março a maio, somam 78, que é, ainda, mais que metade do índice anual: não é, pois, clima <i>d</i> com umidade deficiente em todas as estações do ano. Total de chuvas por ano: 792 mm.
Iguatu, CE.....	27,1	688	DA'w	Os 3 meses mais úmidos, fevereiro a abril, somam 88, mais que metade do índice anual 131. Chuvas 789 mm/ano.
Campina Grande, PB.....	22,4	570	CA'd	Os 3 meses mais úmidos, consecutivos, março a maio, somam 71½, que é menos que metade do índice anual 162: temos portanto <i>d</i> . Total anual de chuvas: 727 mm.
Propriá, SE.....	25,2	640	DA's	Os 3 meses mais úmidos somam 68½ (maio a julho), mais que metade de 132, que é o índice anual. O total de chuvas é de 687 mm/ano.
Monte Santo, BA.....	23,8	605	DA'd	Os 3 meses consecutivos mais úmidos são maio a julho e somam 43½, que é menos que metade do índice anual 128: temos clima <i>d</i> . O total de chuvas por ano é de 645 mm.
Rio Preto, BA.....	24,7	628	CA'w	Os 3 meses mais úmidos, janeiro a março, somam 83, que é mais que metade do índice anual: não é clima <i>d</i> . Chuvas: 815 mm por ano.
Ihéus, BA.....	24,2	615	BA'r	

Nota: Os nomes não acompanhados dos símbolos estaduais são localidade do Estado de São Paulo. Para elas foi usado o fator 23,6, isto é, 520/22, para a conversão de temperaturas em índice τ . Para as cidades seguintes foi usado o fator 25,4, isto é, 560/22.

A correlação entre os tipos climáticos e os tipos de vegetação e solos pode ser feita pelos gráficos de THORNTHWAITTE (17, figs. 9 e 10) (1), visto que o nosso sistema não passa de racionalização do sistema daquele autor, modificando tão somente o cálculo da precipitação efetiva e facilitando a maleabilidade da série geométrica dos índices. Já tivemos a oportunidade de aplicar o sistema THORNTHWAITTE ao Estado de São Paulo e discutir a validade daquelas correlações neste Estado brasileiro (14). Reproduzimos nas figs. 6 a 8 como resultam da classificação de THORNTHWAITTE.

De acordo com o nosso sistema, quanto às áreas dos vários tipos climáticos do Estado de São Paulo, temos os dados da tabela 6.

TABELA 6

Áreas dos climas e tipos climáticos existentes no Estado de São Paulo de acordo com a classificação baseada na lei de VAN'T HOFF

Símbolo	CLIMA	SUPERFÍCIE APROXIMADA	
		Km2	% do Estado
BB'w	Úmido mesotermal com a estação seca.....	118 000	47,7
BB'r	Úmido mesotermal sem estação seca.....	71 000	28,7
BA'w	Úmido macrotermal com estação seca.....	30 000	12,1
CA'w	Sub-úmido macrotermal com estação seca.....	6 600	2,7
CB'r	Sub-úmido mesotermal sem estação seca (Paraná-Parapanema).....	5 200	2,1
AB'r	Super-úmido mesotermal sem estação seca (serra do Mar).....	4 900	2,0
CB'w	Sub-úmido mesotermal com estação seca (Sorocaba-Itapuí).....	4 000	1,65
CB'w	Sub-úmido mesotermal com estação seca (Piraçununga-Moju-Mirim).....	3 300	1,35
AB'r	Super-úmido mesotermal sem estação seca (Mantiqueira).....	1 700	0,7
CB'w	Sub-úmido mesotermal com estação seca (Agudos).....	1 000	0,4
CB'r	Sub-úmido mesotermal sem estação seca (Campos-Novos).....	800	0,32
BA'r	Úmido macrotermal sem estação seca (São Sebastião-Caragatatuba).....	400	0,16
BA'r	Úmido macrotermal sem estação seca (Santos e São Vicente).....	300	0,12
	Total.....	247 200	100,00
BB'w	Úmido mesotermal com estação seca.....	118 000	47,7
BB'r	Úmido mesotermal sem estação seca.....	71 000	28,7
BA'w	Úmido macrotermal com estação seca.....	30 000	12,1
CB'w	Sub-úmido mesotermal com estação seca.....	8 300	3,4
AB'r	Super-úmido mesotermal sem estação seca.....	6 600	2,7
CA'w	Sub-úmido macrotermal com estação seca.....	6 600	2,7
CB'r	Sub-úmido mesotermal sem estação seca.....	6 000	2,42
BA'r	Úmido macrotermal sem estação seca.....	700	0,28
	Total.....	247 200	100,00
BB'	Úmido mesotermal.....	189 000	76,4
BA'	Úmido macrotermal.....	30 700	12,38
CB'	Sub-úmido mesotermal.....	14 300	5,82
AB'	Super-úmido mesotermal.....	6 600	2,7
CA'	Sub-úmido macrotermal.....	6 600	2,7
	Total.....	247 200	100,00
B	Úmido.....	219 700	88,78
C	Sub-úmido.....	20 900	8,52
A	Super-úmido.....	6 600	2,7
	Total.....	247 200	100,00
B'	Mesotermal.....	209 900	84,92
A'	Macrotermal.....	37 300	15,08
	Total.....	247 200	100,00
w	Com estação seca bem definida.....	162 900	65,9
r	Sem estação seca bem definida.....	84 300	34,1
	TOTAL.....	247 200	100,00

Quanto à aplicação do novo sistema ao Brasil, já tivemos oportunidade de publicar (15) quatro pequenos mapas climáticos do país: 1) a distribuição dos tipos climáticos, sendo cinco macrotermais e três mesoterais, 2) distribuição dos quatro tipos principais de umidade do clima, de super-úmido a semi-árido, 3) divisão do Brasil em climas com e sem estiagem, e 4) em climas macro e mesotermal. Devemos observar que o critério usado então para a definição da existência de estiagem foi o de 13% como relação percentual limite entre a precipitação efetiva dos 3 meses consecutivos mais secos e a do ano.

Elaboramos aquêles mapas baseados nos dados de 1941 do Serviço de Meteorologia (10). Seria de desejar, entretanto, elaboração de mapas idênticos mais detalhados e baseados em dados mais numerosos, quando êstes estiverem disponíveis. Constituiria tal trabalho uma prova melhor de qualidade dêste novo sistema, pois é só na aplicação prática que se pode verificar a prestabilidade de qualquer classificação climática.

BIBLIOGRAFIA MENCIONADA

- 1 — BLUMENSTOCK, David I., and C. WARREN THORNTWHAITE — Climate and the World Pattern. *In Climate and Man, Yearbook of Agriculture, 1941*: 98-127, 7 figs., Washington, D.C., 1941.
- 2 — CONTRERAS ARIAS, Alfonso — *El problema de la clasificación de los climas*. Citado por THORNTWHAITE (16). México, 1939.
- 3 — GONZÁLEZ GALLARDO, Alfonso — *Introducción al estudio de los suelos*. México, 1941.
- 4 — JENNY, Hans — *Factors of Soil Formation (A system of quantitative Pedology)*. McGraw-Hill Book Co., New York, 1941.
- 5 — KOEPPEN, Wladimir — *Grundriss der Klimakunde. Zweite verbesserte Auflage der "Klimate der Erde"*. W. De Gruite Co., Berlin, 1931.
- 6 — PENCK, A. — *Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitzber. preuss. Akad. Wiss. physik. math. Klasse*, pág. 236. Berlin, 1910 (citado por JENNY (4), pág. 107).
- 7 — RAWITSCHER, Felix, MÁRIO G. FERRI e MERCEDES RACHID — "Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional". *Anais da Acad. Bras. de Ciências*, 15:267-294 c/5 tabs. 8 figs. e 8 fots. Rio de Janeiro, dezembro de 1943.
- 8 — SCHMIDT, José Carlos Junqueira — O clima da Amazônia. *Rev. Bras. de Geogr.*, 4:465-500, 16 figs., Rio de Janeiro, julho de 1942.
- 9 — SEREBRENICK, Salomão — *Mapa climatológico do Brasil*. Serv. de Meteorologia, Min. da Agricultura. Rio de Janeiro, 1941.
- 10 — SERVIÇO DE METEOROLOGIA — *Normais climatológicas*. Serv. de Meteorol., Min. da Agricultura. Rio de Janeiro, 1941.
- 11 — SETZER, José — *Características quantitativas dos principais solos do Estado de São Paulo*. *Bragantia*, 1:255-360, 2 tabs., 56 diagrs., e 6 fots. Bol. Técn. Inst. Agron. do Estado de São Paulo. Campinas, abril de 1941.
- 12 — SETZER, José — *Os solos dos grupos 5 a 14*. Bol. de Agricultura, 1942:219-312, 2 tabs., 3 mapas e 26 fots. Secret. da Agricult. do Estado de São Paulo, 1943.
- 13 — SETZER, José — *Interpretação ecológica da temperatura*. Bol. da Soc. Bras. de Agronomia, 5:5-25 c/6 tabs. e 4 diagrs. Rio de Janeiro, março de 1942.
- 14 — SETZER, José — *Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo*. Bol. D.E.R., cerca de 220 págs., 129 tabs., 87 diagrs. e 23 mapas. Bol. Dept. Estradas de Rodagem, São Paulo, outubro de 1943 a outubro de 1945.
- 15 — SETZER, José — *Noções Gerais de Pedologia Brasileira*. *Bol. Geogr.*, 2:1904-22 (n.º 24), 4 mapas. Rio de Janeiro, março de 1945.
- 16 — SHAW, Napier — *Manual of Meteorology*, 2.º vol. Cambridge University Press, Inglaterra, 1936.
- 17 — THORNTWHAITE, C. Warren — The Climates of North America according to a new Classification. *Geogr. Rev.*, 21:633-655, 13 figs. e mapa. New York, outubro de 1931.
- 18 — THORNTWHAITE, C. Warren — The Climates of the Earth. *Geogr. Rev.*, 23:433-440, 2 figs., 1 tab. e 1 mapa. New York, 1933.
- 19 — THORNTWHAITE, C. Warren — Climate and Settlement in the Great Plains. *In Climate and Man, Yearbook of Agriculture, 1941*:177-187, 3 figs. e 1 tab. Washington, D.C., 1941.
- 20 — THORNTWHAITE, C. Warren — Problems in the Classification of Climates. *Geogr. Rev.*, 33:233-255, New York, abril de 1943.

- 21 — TRANSEAU, E. N. — Forest ceters of eastern America. *Am. Naturalist*, 39:875-889. 1905 (citado por JENNY (4, pág. 107).
- 22 — TREWARtha, Glenn T. — *An Introduction to Weather and Climate*, 2.^a edição, 545 págs. McGraw-Hill Co., New York, 1943.
- 23 — VAN'T HOFF, J. H. — *Études de dynamique chimique*. Amsterdam, 1884. (citado por JENNY (4, pág. 143).

*

RÉSUMÉ

L'ingénieur chimiste José SETZER, Pédologue du Département de Géographie de la Faculté de Philosophie, Sciences et Lettres, de l'Université de São Paulo, présente dans cet article des considérations très intéressantes au sujet d'une amélioration qu'il a introduite dans le système de classification des climats proposé par C. WARREN THORNTWHAITE. Le perfectionnement sus mentionné consiste essentiellement dans la nouvelle interprétation donnée à la relation que THORNTWHAITE a dénommée: *precipitation effective*.

En s'appuyant sur la loi de VAN'T HOFF, dont l'énoncé est bien connu — la vitesse des réactions chimiques double, lorsque la température augmente de 10° C —, l'ingénieur SETZER donne au problème une solution qui diffère de celle proposée par THORNTWHAITE. L'auteur montre que l'on commet une erreur en admettant, en biologie, que l'influence de la température puisse se faire selon une loi linéaire, ce qui découle naturellement de l'échelle linéaire du thermomètre. Dans la réalité, cependant, l'influence de la température s'exerce selon des fonctions exponentielles. Les températures minima, optimum et maxima deviennent ainsi, dans le sens physiologique, équidistantes, seulement lorsque les températures sont utilisées comme des puissances d'une constante K, qu'il faut trouver pour chaque cas, mais qui se trouve être comprise entre 1.05 et 1.14. L'emploi de l'échelle thermométrique linéaire rend la température maxima bien plus proche de l'optimum que celle-ci de la minima, ce qui ne correspond pas à la réalité, du point de vue physiologique.

L'auteur, en s'appuyant sur la loi de VAN'T HOFF, présente une nouvelle formule pour calculer la précipitation effective. Et comme la formule en question est une fonction du type exponentiel, elle fournit des progressions géométriques, dont les valeurs peuvent être utilisées pour délimiter les climats, suivant le degré d'humidité. Pour faciliter le calcul des différentes valeurs des progressions, l'auteur a construit des abaques et des graphiques qui figurent dans l'article.

L'auteur accepte, en somme, la classification de THORNTWHAITE en y introduisant à peine une modification dans la manière de calculer la précipitation effective, ce qui constitue d'ailleurs un grand perfectionnement de la dite classification.

RESUMEN

El Ingeniero químico José SETZER, Pedólogo del Departamento de Geología de la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras, de la Universidad de São Paulo, presenta en el presente artículo interesantes consideraciones en torno de un perfeccionamiento de la clasificación del clima ideado por C. WARREN THORNTWHAITE. Se trata de una nueva interpretación de la *precipitación efectiva* utilizada por THORNTWHAITE.

SETZER, basándose en la conocida ley de VAN'T HOFF que dice la velocidad de las reacciones químicas se duplica cuando la temperatura pasa de 10°C —, trata el tema de modo diferente al de THORNTWHAITE. El autor considera que es un error considerar la influencia de la temperatura en biología como procesándose según una ley linear sugerida por la escala linear del termómetro. La referida influencia de la temperatura obedece, en realidad, a funciones exponenciales. Así las temperaturas minima, óptima y máxima, son en el sentido fisiológico, equidistantes entre sí, solamente cuando usadas como exponentes de cierta constante K, que debe ser encontrada en cada caso, mas que acostumbra variar entre 1.05 y 1.14. El empleo de escala termométrica linear torna la temperatura más próxima de la óptima que ésta de la minima, lo que no corresponde a la realidad, bajo el punto de vista fisiológico.

El autor, basado en la ley de VAN'T HOFF presenta una nueva fórmula para el cálculo de la precipitación efectiva. Siendo tal fórmula una función de tipo exponencial, suministra progresiones geométricas cuyos valores sirven de base para delimitar los climas según el grado de humedad. Y, para facilitar el cálculo de las mismas, el autor construyó abacos y gráficos que figuran en el cuerpo del artículo.

En síntesis, el Ingeniero químico José SETZER acepta la clasificación de THORNTWHAITE introduciéndole apenas una modificación en la manera de calcular la precipitación efectiva, lo que constituye, por cierto, un mejoramiento de real valor.

RIASSUNTO

José SETZER, chimico specializzato nello studio dei terreni, addetto alla Sezione di Geologia della Facoltà di Filosofia dell'Università di São Paulo, presenta considerazioni sopra un perfezionamento nella classificazione del clima, proposto da C. WARREN THORNTWHAITE, che consiste in una nuova interpretazione della *precipitazione effettiva*.

L'autore, fondandosi sulla nota legge di VAN'T HOFF, secondo la quale la velocità delle reazioni chimiche raddoppia, quando la temperatura sale di 10° C, tratta l'argomento in modo un po' differente da THORNTWHAITE. Dimostra l'errore dell'ipotesi che l'influenza della temperatura in biologia si svolga secondo funzioni lineari (ipotesi suggerita dalla scala lineare del termometro). Di fatto, quest'influenza si svolge secondo funzioni esponenziali. Così, le temperature minima, ottima e massima sono, in senso fisiologico, equidistanti tra loro, solo quando poste in esponente di una certa costante K, che dev'essere determinata in ogni caso concreto, ma che suole variare tra 1,05 e 1,14. L'impiego della scala termometrica lineare rende la temperatura massima molto più vicina all'ottima di quanto sia questa alla minima; il che non corrisponde alla realtà, dall'aspetto fisiologico.

Fondandosi sulla legge di VAN'T HOFF, l'autore presenta una nuova formola per il calcolo della precipitazione effettiva. La funzione esponenziale adottata dà valori in progressione geo-

metrica, che servono per graduare i climi secondo l'umidità. Per facilitare i calcoli l'autore ha preparato e presenta abachi e grafici.

Si può dire, in conclusione, che SETZER accetta la classificazione di THORNTHWAITE, introducendovi però una vantaggiosa modificazione nel modo di calcolare la precipitazione effettiva.

SUMMARY

José SETZER, chemical engineer, and pedologist in the Geology Department of the School of Philosophy, Letters and Science at the University of São Paulo, presents in this article interesting thoughts about a perfection of climate classification as conceived by C. WARREN THORNTHWAITE. It consists of a new interpretation of the *effective precipitation* used by THORNTHWAITE.

SETZER, basing himself on VAN'T HOFF's well-known law, which states that — the speed of chemical reaction doubles when the temperature rises above 10 degrees Centigrade —, gives the subject a different treatment from that of THORNTHWAITE. The author shows that it is an error to consider the influence of temperature on biology as proceeding according to a linear law suggested by the linear scales of the thermometer. The temperature influence referred to obeys, in reality, the exponential functions. Thus, the minimum, ideal and maximum temperatures are, in the physiological sense, equidistant from each other only which usually varies between 1.05 and 1.14. The use of the thermometer linear scale brings the maximum temperature much closer to the ideal than to the minimum temperature, which does not actually correspond to physiological facts.

The author using VAN'T HOFF's law, presents a new formula to calculate effective precipitation. It is a formula of a function of the exponential type which furnishes geometrical progression whose values serve as the basis to restrict the climates according to the degree of humidity. In order to facilitate the calculation of these progressions, the author constructs abacuses and graphs that are found in the text of the article.

In summarizing, José SETZER accepts the classification of THORNTHWAITE introducing only a modification in the method of calculating effective precipitation, which constitutes however an advance of real value.

ZUSAMMENFASSUNG

Der chemische Ingenieur, Herr Dr. José SETZER Bodenkunde Techniker der Abteilung für Erd Kunde der philosophischen Fakultät der Universität von São Paulo, erwähnt in dieser Abhandlung interessante Feststellungen über die Vervollkommnung der Klassifizierung des Klimas, idealisiert von C. WARREN THORNTHWAITE. Diese besteht aus einer neuen Interpretation der *wirklichen Precipitation*, welche von THORNTHWAITE benutzt wurde.

SETZER, sich auf das bekannte Gesetz von VAN'T HOFF stützend, welches besagt, dass die Schnelligkeit der chemischen Reaktionen sich verdoppelt, wenn die Temperatur um 10°C steigt, gibt dieser Behauptung eine Behandlung welche mit der von THORNTHWAITE benutzten, abweicht. Der Verfasser zeigt, dass es ein Irrtum ist, den Einfluss der Temperatur in der Biologie so zu betrachten als ob er einem gleichen Gesetz wie die Abstufungen des Thermometers unterworfen sei. Der obenerwähnte Einfluss der Temperatur gehorcht in Wirklichkeit exponentiellen Funktionen. So sind die mindest-die guten-und höchsten Temperaturen, im physiologischen Sinne, gleichmässig abständig unter sich, nur, wenn sie als Exponenten einer gewissen konstanten Kgebraucht sind, welcher in jedem Falle gefunden werden muss, der aber gewöhnlich zwischen 1.05 und 1.14 schwankt. Der Gebrauch der linearen thermometrischen Abstufungen bringt die höchsten Temperaturen viel näher der angenehmen als diese der Mindesttemperatur, was, vom Standpunkt der Physiologie, nicht der Wirklichkeit entspricht.

Sich auf das Gesetz von VAN'T HOFF stützend, gibt der Verfasser eine neue Formel um die wirkliche Precipitation zu kalkulieren. Da diese Formel eine Funktion des exponentiellen Typs ist, gibt sie geometrische Zahlen, deren Werte als Basis zur Festlegung des Klimas conforme der Grade der Einheiten dienen. Um das Kalkulieren derselben zu erleichtern, hat der Verfasser Zeichnungen und Rechnungen beigefügt, welche in dieser Abhandlung abgebildet sind.

Zusammenfassend, nimmt der chemischen Ingenieur, Dr. José SETZER die Klassifizierung von THORNTHWAITE an, fügt ihr nur eine Änderung in der Art des Kalkulierens der wirklichen Precipitation zu, was allerdings eine Verbesserung von wirklichem Wert bedeutet.

RESUMO

La hemisto-ingeniero José SETZER, pedologiisto de la Departamento de Geologio de la Fakultato de Filozofio, Scienco kaj Beletistiko de la Universitato de São Paulo, prezentas en tiu ĉi artikolo interesajn konsiderojn pri perfektigo de la klasigo de la klimatoj konceptita de C. WARREN THORNTHWAITE. Ĝi konsistas en nova interpreto de la *efektiva pluvokvanto* uzita de THORNTHWAITE.

SETZER, sin apogante sur la konata leĝo de VAN'T HOFF, kiu diras — la rapideco de la ĉemiaj reakcioj duobliĝas kiam la temperaturo plialtiĝas je 10° C —, pritraktas la aferon diference ol Thornthwaite. La aŭtoro montras ke estas eraro konsideri ke en biologio la influo de la temperaturo efektiviĝas laŭ linia leĝo pensigata de la linia ŝkalo de la termometro. La dirita influo de la temperaturo obeas verŝajne al eksponentaj funkcioj. Tiamaniere, la minimuma, bonega kaj maksimuma temperaturoj estas, en la fiziologia senco, samdistancaj inter si, nur kiam ili estas uzataj kiel eksponentoj de iu konstanto K, kiu estas trovata en ĉiu okazo, sed kiu ordinare varias inter 1.05 kaj 1.14. La uzado de la linia termometra ŝkalo proksimigas multe pli la maksimuman temperaturon al la bonega ol tiun ĉi al la minimuma, kio ne respondas al la realo el la fiziologia vidpunkto.

Apogata sur la leĝo de VAN'T HOFF, la aŭtoro prezentas novan formulon por la kalkulado de la efektiva pluvokvanto. Ĉar tiu formulo estas funkcio de la eksponenta tipo, ĝi estigas geometriajn progresiojn, kies valoroj servas kiel bazo por la limdifino de la klimatoj laŭ la grado de malsekeco. Kaj por faciligi la kalkulado de tiuj progresioj la aŭtoro desegnis abakojn kaj grafikojn, kiuj vidiĝas en la artikolo.

Resume, la hemisto-ingeniero José SETZER konsentas pri la klasigo de THORNTHWAITE enkondukante en ĝin nur modifon en la maniero kalkuli la efektivan pluvokvanton, kio fariĝas cetere altvalora plibonigo.