



O balanço hidrológico na ilha de Santiago (Cabo Verde)

F. REIS CUNHA

1. INTRODUÇÃO

1.1. Importância dos problemas hidrológicos

O conhecimento dos vários aspectos hidrológicos que envolvem as trocas de água entre a atmosfera e o solo são de primordial importância para a solução dos problemas hidroagrícolas, não só em estudos de ecologia que têm por finalidade o melhor conhecimento das possibilidades climáticas e do comportamento dos solos com vista à exploração agrícola ou pecuária, como na aplicação de técnicas mais seguras que visem modificar de qualquer modo as condições do meio para um melhor rendimento cultural. É o caso, por exemplo, da rega, cujas determinações se faziam até há pouco tempo por processos demorados ou pouco rigorosos e que com a aplicação das novas técnicas de medição da água que passa do solo para a atmosfera foi possível conhecer-se, com rigor bastante apreciável, quando se deve regar e qual a quantidade de água a utilizar sem desperdício deste elemento e sem diminuição do desenvolvimento das culturas para os fins desejados, o que permitiu reduzir os encargos das explorações de regadio e obter apreciável economia de água, que em muitas regiões, como é o caso de Cabo Verde, se reveste de acuidade especial.

Os problemas hidrológicos têm vindo a preocupar gerações sucessivas, sobretudo nas regiões onde a água constitui factor limitante da actividade agro-pecuária. Sabe-se que os povos antigos, nomeadamente os do Próximo Oriente e do Egipto, não só tinham adquirido técnicas que revelavam conhecimento apreciável desses problemas, demonstrado nos trabalhos de hidráulica para aproveitamento das águas do Nilo, do

Tigre e do Eufrates, como também possuíam boa compreensão da hidrologia das regiões áridas, a tal ponto que no deserto de Négueve, em Israel, se verificou que os métodos agrícolas utilizados 200 anos antes de Cristo davam melhores resultados que as modernas técnicas que se quis introduzir. Em muitas outras regiões do globo factos análogos se têm observado, sendo por conseguinte arriscado desprezar os processos culturais que os povos de cada região tinham aprendido com as lições da Natureza e que a experiência revelou serem muitas vezes os que melhor se coadunavam com as condições do meio, os quais racionalmente deveriam ser melhorados para lhes aumentar o rendimento. Foi devido a essa incompreensão pela falta da análise das razões do emprego por esses povos primitivos de meios que se julgavam obsoletos que, por exemplo, nas regiões tropicais os solos sofreram sérias depredações ou foram totalmente destruídos pela erosão ou esgotamento e que explorações agrícolas falharam. A causa de todos esses erros foi precisamente a falta de estudos de base dos problemas hidrológicos e pedológicos com a ânsia de praticar culturas estremes em qualquer parte e em quaisquer condições, destruindo em poucos anos patrimónios acumulados em dezenas de séculos.

O balanço hidrológico de um local resume-se em comparar a água que é fornecida por meios naturais, ou seja pela precipitação ou condensação do vapor de água, e a que é eliminada por evaporação e transpiração das plantas. A medição da precipitação não tem envolvido grandes problemas, pois é fácil a sua recolha; e as condensações de orvalho e geada fornecem, em geral, água em pequena quantidade comparada

com a da precipitação, excepto nas épocas secas das regiões tropicais, onde o orvalho pode depositar-se em quantidade relativamente apreciável, e ser assim um factor a considerar no ciclo hidrológico, mas que também se pode medir com instrumentos que, embora ainda não padronizados, têm já dado razoáveis resultados. O mesmo não se pode dizer da água que passa do solo para a atmosfera directamente e através do manto vegetal, pois a sua medição envolve problemas que têm sido de resolução difícil e que ainda hoje estão na fase de investigação, embora recentemente se tenham conseguido progressos apreciáveis nesse sentido.

Os problemas hidrológicos revestem-se assim de grande importância em todas as regiões do globo, pelo conhecimento que tem de haver da relação entre a água fornecida e as necessidades que existem. No entanto, eles adquirem especial importância nas regiões áridas e semiáridas, com o fim de se adoptarem técnicas adequadas de economia de água no planeamento da exploração agrícola e para o estudo das possibilidades de rega. É o caso, por exemplo, de Cabo Verde, em que o problema da aridez reveste aspectos cruciantes, pois, além de haver uma época seca bastante prolongada, a época das chuvas é muito irregular, sendo o coeficiente de variabilidade da quantidade de precipitação anual superior a 60 % nas regiões do litoral (6).

1.2. Métodos de determinação da evapotranspiração

Uma das mais importantes contribuições para o conhecimento das perdas de água do solo para a atmosfera foi dada por C. W. Thornthwaite, director do Laboratório de Climatologia de Centerton, New Jersey, quando trabalhou durante a última guerra, no México, em problemas de irrigação, ao introduzir o conceito de evapotranspiração potencial como a quantidade de água perdida por evaporação e transpiração das plantas quando o solo contém a quantidade de água correspondente à capacidade de campo, e na maneira de medir essa quantidade. Para esse efeito concebeu um tanque cheio de terra e coberto com erva onde eram medidas as quantidades de água que entravam e que saíam. Baseado nas observações realizadas com esse instrumento, que designou por evapotranspirómetro, estabeleceu uma forma empírica para o cálculo da evapotranspiração potencial em função exclusiva da temperatura do ar e o número de horas do pe-

ríodo diurno, partindo do princípio de que a radiação solar e a humidade do ar variavam paralelamente com a temperatura, o que nem sempre se verifica. Essa fórmula constituiu o fundamento da classificação tão conhecida do mesmo autor, apresentada em 1948, a qual se revelou como uma racional interpretação do clima de muitas regiões e permitiu o cálculo dos diversos factores do balanço hidrológico.

O método de Thornthwaite teve franca aceitação e foi aplicado em várias regiões do globo, sobretudo naquelas em que os problemas de hidrologia tinham especial importância. Contudo, a aplicação da fórmula do cálculo da evapotranspiração potencial nem sempre deu bons resultados em comparação com os obtidos directamente nos evapotranspirómetros, verificando-se, por grande número de observações realizadas, que os valores calculados eram por excesso para as regiões húmidas e por defeito para as regiões áridas. Estes resultados não eram aliás de estranhar, pois no fenómeno evapotranspiração influem outros factores além da temperatura, como seja a radiação solar, a humidade do ar e o vento. Por esse motivo, muitos investigadores tentaram melhorar o método do cálculo da evapotranspiração estabelecendo fórmulas baseadas nos elementos meteorológicos observáveis e em factores culturais que fossem de carácter mais universal, embora muitas vezes sem o conseguirem, pois, à semelhança da de Thornthwaite, perdiam muito da sua validade quando aplicadas fora das regiões onde foram deduzidas, tendo havido por conseguinte necessidade de uma análise experimental antecipada para a escolha da que melhor satisfaz e para o estabelecimento de coeficientes a aplicar nos locais em estudo.

Estas fórmulas têm sido agrupadas em fórmulas empíricas e baseadas em considerações teóricas, embora a maioria delas tenham, conjuntamente, em maior ou menor grau, os dois fundamentos. Muitas delas são baseadas na expressão de Dalton em que a evaporação de uma superfície livre de água é proporcional ao *deficit* de saturação; e outros consideram a quantidade de calor proveniente da radiação solar disponível para a evaporação.

Das muitas fórmulas aparecidas (*) convém destacar, além da de Thornthwaite, as de Bla-

(*) As de maior interesse estão compiladas no relatório final do curso de engenheiro agrónomo *Avaliação da Evapotranspiração*, de Lousada dos Santos.

ney-Criddle, Turc e Penman, pelos bons resultados que têm dado na determinação da evapotranspiração.

A de Blaney-Criddle, que foi adoptada pelo U. S. Soil Conservation Service e é também utilizada em França, considera a evapotranspiração em função da temperatura do ar, da insolação e de um coeficiente cultural, existindo nomogramas que facilitam os cálculos. Esta fórmula foi simplificada por Quijano em 1960.

A de Turc, que também tem sido muito utilizada, relaciona a evapotranspiração com a quantidade de precipitação, temperatura do ar e altura da água susceptível de ser fornecida pelo solo na ausência de precipitação, além de um factor dependente da vegetação.

O método, contudo, que deu uma maior contribuição para o cálculo da evaporação e da evapotranspiração foi o de Penman, em que se estabelece o balanço entre a energia solar que atinge a superfície do globo e o modo como é utilizada, quer consumida pela evaporação, quer no aquecimento do ar. É um método baseado em considerações teóricas em que entram em jogo todos os principais factores meteorológicos que influenciam a evaporação, como sejam a radiação solar, temperatura do ar, insolação e vento, e tem grande vantagem em relação às restantes por depender apenas de elementos meteorológicos normalmente observáveis.

Penman considera três fases para a avaliação da evapotranspiração potencial:

- a) Determinação da evaporação hipotética E_0 de uma superfície livre de água;
- b) Determinação da evapotranspiração potencial E , pela aplicação a E_0 de um factor f que varia com as estações do ano:

$$E = f E_0$$

- c) Se for necessário, o valor de E pode ser posteriormente corrigido por um factor que depende da espessura do solo utilizada pelo sistema radicular das plantas. Este factor controla as disponibilidades de água durante o período de deficiência.

Baseado no balanço termoenergético, estabelece a seguinte relação teórica de E_0 para uma superfície livre de água:

$$E_0 = \frac{\Delta H + \gamma E_a}{\Delta + \gamma} \text{ (mm/d)}$$

em que: Δ é a tangente trigonométrica da curva das tensões máximas do vapor de água no ponto correspondente à temperatura do ar T ; H , um termo complexo que define a quantidade total de energia recebida à superfície livre da água; γ , constante psicométrica; e E_a , capacidade máxima do ar para a evaporação da água, dependente de velocidade do vento e da diferença de tensão do vapor de água próximo da superfície evaporante.

O termo H é obtido pela seguinte relação:

$$H = 0,95 Q_x (a + b I_c/I_a) - \sigma T^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{e_a}) (0,10 + 0,90 I_c/I_a)$$

que representa a diferença entre a radiação solar recebida à superfície do globo e a radiação efectiva e em que $Q_x (a + b I_c/I_a)$ é a relação de Brunt, que dá radiação global recebida à superfície do globo (Q_x , radiação global recebida no topo da atmosfera; a e b , coeficientes empíricos; e I_c/I_a , percentagem de insolação), a utilizar nos casos de não se dispor dos valores directos de radiação global; σT^4 é a equação de Stefan-Boltzman; no termo $(0,56 - 0,092 \sqrt{e_a})$, e_a representa a tensão actual do vapor de água e 0,56 e 0,092 são constantes médias determinadas empiricamente por muitos investigadores; e a expressão $(0,10 + 0,90 I_c/I_a)$ é baseada numa fórmula de Angström em que 0,90 é uma constante estimativa por Sverdrup baseada no efeito das nuvens do tipo cúmulos na radiação efectiva do globo.

E_a , baseada na equação de Dalton, é dada pela expressão:

$$E_a = 0,22 (e_s - e_a) (1,61 + v/100) \text{ (mm/d)}$$

em que $(e_s - e_a)$ é o *deficit* de saturação e v a velocidade do vento próximo do solo e que na prática se tem adoptado a altura de 2 m.

A aplicação da fórmula de Penman tem dado bons resultados em várias regiões do globo em comparação com os valores directos obtidos em tanques e em evapotranspirómetros, designadamente nas regiões tropicais de baixa humidade

relativa. Assim, por exemplo, pela análise dos valores da evapotranspiração obtidos directamente e dos calculados pela fórmula de Penman em Sá da Bandeira desde Abril de 1958 (11), mês em que o evapotranspirómetro começou a funcionar, verifica-se que as diferenças são pequenas, ao contrário do que sucede com a comparação dos valores calculados pela fórmula de Thornthwaite, que são apreciavelmente inferiores, quase metade dos observados.

Desse modo, tudo nos leva a crer que em Cabo Verde, arquipélago situado na região tropical e de humidade relativamente baixa, a aplicação da fórmula de Penman nos conduzirá a melhores resultados que a de Thornthwaite.

A escolha do método de cálculo da evapotranspiração potencial de melhor correlação com os valores observados é uma necessidade em face da dificuldade de instalar uma rede densa de evapotranspirómetros. Procura-se assim, pela utilização das observações dos estabelecimentos meteorológicos e de índices culturais, obter valores da evapotranspiração que se aproximem dos reais.

Uma vez resolvida da melhor maneira a principal dificuldade do balanço hidrológico, que é a da determinação da evapotranspiração potencial por observação directa ou por meio de qualquer das fórmulas citadas, é fácil obter os outros elementos: evapotranspiração real, deficiência de água, excesso de água, água armazenada no solo, água cedida pelo solo e água repostada no solo, cujas definições são as seguintes:

Evapotranspiração real: a quantidade de água que nas condições reais se evapora do solo e transpira das plantas num determinado intervalo de tempo. Quando a precipitação é superior à evapotranspiração potencial, o valor real é igual evidentemente ao potencial; quando a precipitação é inferior à evapotranspiração potencial, é igual ao da quantidade de precipitação acrescida da quantidade de água que é cedida pelo solo (diferença entre o armazenamento de cada mês e do anterior).

Deficiência de água: diferença entre as evapotranspirações real e potencial.

Excesso de água: diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial quando o solo está na capacidade de campo.

Água cedida pelo solo: diferença entre a evapotranspiração real e a precipitação quando a evapotranspiração excede a precipitação.

Água repostada no solo: diferença entre a precipitação e a evapotranspiração quando a precipitação excede a evapotranspiração e o solo não está na capacidade de campo.

No método do cálculo do balanço hidrológico apresentado em 1948, Thornthwaite considerava que a intensidade da evapotranspiração se mantinha constante enquanto o limite inferior da capacidade utilizável do solo não era atingido. Apesar de as opiniões não serem inteiramente concordantes, é ideia quase generalizada, baseada em observações experimentais, que a intensidade da evapotranspiração vai diminuindo com a redução da água no solo, pelo menos abaixo dos 50 % da capacidade de utilização.

Baseados nessa circunstância, Thornthwaite e Mather (16) modificaram em 1955 o método inicial, tomando em consideração esse facto. Contudo, para efeitos climáticos os resultados obtidos por qualquer dos processos não diferem grandemente.

2. BALANÇO HIDROLÓGICO DE SANTIAGO

2.1. Estabelecimentos meteorológicos

O objectivo deste trabalho é apresentar em primeira aproximação, com base nos resultados das observações meteorológicas que existem, o balanço hidrológico de Santiago, que é a ilha de maior interesse agrícola de todo o arquipélago.

Nesta ilha existem presentemente oito estações meteorológicas e nove postos udométricos. Neste estudo considerámos as cinco estações que têm maior número de anos de observações (quadro 1), desprezando as estações de Trindade, pois, embora existam observações de precipitação desde 1941, apenas começou a funcionar como estação em 1956, e de S. Martinho, que tem somente dois anos de observações. Praia é a única estação da ilha que possui todos os valores dos elementos meteorológicos necessários à aplicação do método de Penman. Currealinho, S. Jorge dos Órgãos, Santa Catarina e serra da Malagueta não fazem observações de alguns elementos essenciais a esse fim, mas, como veremos, essa dificuldade pôde ser resolvida sem grandes erros.

QUADRO 1

Estações	Coordenadas geográficas		Altitude (m)	Número de anos e períodos de observações considerados
	Lat. N	Long. W		
Praia	14° 54'	22° 31'	27	30 (1918-1927, 1929, 1941-1959).
Curralinho	15 02	23 38	950	19 (1941-1959).
S. Jorge dos Órgãos	15 03	23 27	319	19 (1941-1959).
Santa Catarina	15 05	23 41	555	19 (1941-1959).
Serra da Malagueta	15 11	23 43	850	19 (1941-1959).

No quadro 1 estão indicados os períodos de observação que considerámos neste estudo, os mesmos que utilizámos na «Variabilidade de Precipitação na Ilha de Santiago» (6), tendo agora de tomar em atenção que Curralinho, S. Jorge dos Órgãos, Santa Catarina e serra da Malagueta começaram a funcionar como estações meteorológicas apenas a partir de 1956, 1950, 1953 e 1950, respectivamente.

2.2. Evapotranspiração potencial da ilha de Santiago

Calculámos a evapotranspiração potencial pelos métodos de Penman e Thornthwaite.

2.2.1. Método de Penman

A aplicação deste método só foi possível para a estação da Praia e com certas deficiências para Santa Catarina. As outras estações, Curralinho, S. Jorge dos Órgãos e serra da Malagueta, não fazem observações de radiação solar, insolação e velocidade média do vento, e fazem a da humidade do ar apenas às 10 h.

Na determinação da evapotranspiração potencial das duas primeiras estações citadas considerámos os aspectos a seguir indicados:

PRAIA

A humidade relativa do ar foi obtida pelo método das tensões de vapor com base nas

observações directas da temperatura e da humidade do ar às 9.15 e 21 h, método que permite obter valores mais próximos dos verdadeiros do que pela média das três observações directas.

A velocidade do vento, cujas observações foram feitas a 10 m de altura acima do solo até 1951 e a 16 m a partir de 1952, foi calculada para 2 m, que é a altura, como se disse, utilizada na fórmula de Penman.

Para a radiação solar global tomámos os valores das observações directas do solarígrafo *Fuess* desde Fevereiro de 1953, mês em que aquele instrumento começou a funcionar.

Além da determinação da evapotranspiração potencial para o período médio considerado, calculámos também o mesmo elemento para um ano chuvoso (1952) e um ano seco (1947), em que as quantidades de precipitação na Praia foram de 597 mm e 46 mm, respectivamente. Com efeito, os valores médios da quantidade de precipitação pouco significado têm em Cabo Verde, sobretudo nas regiões do litoral; e, por consequência, terá mais interesse conhecer o comportamento dos anos extremos sob o aspecto hidrológico.

No quadro 2 apresentamos os valores da evapotranspiração potencial calculada pelo método de Penman para os três casos: em relação aos valores médios, a um ano chuvoso e a um ano seco.

QUADRO 2

Evapotranspiração potencial (em milímetros)
Método de Penman
PRAIA

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
Média de 30 anos...	176	180	237	238	229	222	199	182	184	195	161	151	2354
Ano chuvoso (1952)	162	168	228	261	237	211	186	172	164	190	160	158	2297
Ano seco (1947) ...	171	164	234	203	230	219	193	237	184	201	188	156	2380

Na fórmula final $E=f E_0$, do cálculo da evapotranspiração potencial, tomámos a unidade para valor da constante f em todos os meses do ano por ser o valor considerado em muitas regiões tropicais, designadamente por Bernard no Congo Belga, e que em Sá da Bandeira se verificou também ser de aplicação em face das medições feitas no evapotranspirómetro. Este, no entanto, é um aspecto a investigar em cada local e por isso só quando forem montados evapotranspirómetros em Cabo Verde se poderá determinar o melhor valor dessa constante.

Pela análise do quadro 2 verifica-se que é pequena a variação da evapotranspiração potencial calculada para os três casos mencionados, havendo apenas uma diferença de 83 mm no valor total anual entre o ano chuvoso e o ano seco, ou seja somente uma diferença de 4 %, o que está dentro dos erros que se poderão esperar. Aliás, era de supor que tal sucedesse, em face da constância que se verifica de ano para ano dos valores da temperatura do ar, radiação, insolação e vento. A própria insolação não apresentou diferenças apreciáveis nos anos chuvoso e seco, havendo apenas maiores diferenças em relação ao vento na época chuvosa, que foi nitidamente mais forte no ano seco, o que se reflectiu no aumento do valor de E_0 e consequentemente no da evaporação dos meses de Agosto a Novembro.

Como nos anos de 1947 (ano seco) e 1952 (ano chuvoso) ainda não existiam registos da radiação solar, tivemos de utilizar a fórmula

$$Q_x = Q_x (a + b I_c/I_0)$$

para a estimativa de radiação solar global, tendo verificado que os valores de a e b obtidos por Penman em Rothamsted ($a=0,18$ e $b=0,54$) e aplicados também em outras regiões do globo com bons resultados, como os obtidos por Barata (2) para Lisboa ($a=0,19$; $b=0,66$) e por Custódio de Moraes para Coimbra ($a=0,17$ e $b=0,68$), não satisfaziam para a Praia por comparação entre os valores observados e os obtidos pela fórmula anterior, no período de Fevereiro de 1955 a Setembro de 1960.

Como dispúnhamos dos valores diários da radiação solar, calculámos para a Praia os valores dessas constantes. O valor de a foi obtido como a média diária dos quocientes Q_x/Q_x quando a insolação é nula e o valor de b como a média diária de $\frac{Q_x/Q_x - a}{I_c/I_0}$ nos dias de insolação máxima de cada mês.

Obtivemos os seguintes valores:

$$a=0,24; b=0,61$$

e portanto a radiação solar global que chega à superfície do globo na Praia poderá ser obtida pela expressão:

$$Q_x = Q_x (0,24 + 0,61 I_c/I_0).$$

Os valores observados e os calculados por esta fórmula para o período de Fevereiro de 1955 a Setembro de 1960 deram resultados extraordinariamente próximos, como se vê no quadro 3.

QUADRO 3
Comparação dos valores calculados e observados da radiação global na cidade da Praia

Mês	Radiação global (cal./cm ²)		Diferença (cal./cm ²)	Porcentagem
	Valores observados	Valores calculados		
Janeiro	14 364	13 919	+ 445	3,1
Fevereiro	15 063	15 191	- 128	0,8
Março	19 740	19 575	+ 165	0,8
Abril	19 992	19 994	- 2	0,0
Maió	20 012	20 341	- 329	1,6
Junho	18 640	18 784	- 144	0,8
Julho	16 635	16 290	+ 345	2,1
Agosto	15 312	15 336	- 24	0,2
Setembro	15 334	15 856	- 522	3,4
Outubro	16 058	15 620	+ 438	2,7
Novembro	13 495	13 639	- 144	1,1
Dezembro	12 163	11 729	+ 434	3,6

Com efeito, a média das diferenças mensais foi apenas de 1,7 %, o que demonstra a validade da fórmula anterior afectada das constantes calculadas. Isso permitiu-nos obter com relativa confiança os valores da radiação solar nos anos de 1947 e 1952, em que ainda não existiam registos.

Pela análise da evolução da evapotranspiração potencial durante o ano (quadro 2 e fig. 1) observa-se que o valor mensal máximo é atingido no período Março-Abril, com cerca de 240 mm em cada um destes meses, havendo um máximo secundário de aproximadamente 190 mm em Outubro. O mínimo absoluto é em Dezembro (150-160 mm), havendo um mínimo secundário em Agosto-Setembro da ordem dos 170-180 mm. Esta evolução mantém-se e é bem nítida no ano

chuvoso de 1952 e é menos nítida no respeitante ao valor máximo absoluto no ano seco de 1947. A amplitude mensal média é de cerca de 80 mm para os valores médios e no ano seco e de 100 mm no ano chuvoso.

SANTA CATARINA

Para este local a determinação da evapotranspiração potencial pelo método de Penman revestiu-se de maiores dificuldades, por não existirem valores da velocidade média do vento e da insolação.

Em relação ao vento, como desde 1956 estão publicadas as observações da velocidade do vento para cada direcção, achámos a média ponderada baseada nessas observações com alguns ajustamentos em relação às mesmas observações da cidade da Praia, pois alguns valores não me pareceram correctos. Como seria de esperar, a velocidade do vento em Santa Catarina é maior que na Praia, aproximadamente 1/3 mais, tendo-se obtido do mesmo modo os valores mensais para 2 m acima do solo para poderem ser aplicados na fórmula de Penman.

A insolação foi estimada em função da nebulosidade observada às 10 e 22 horas para o período de 1954-1958, verificando-se que é inferior à da cidade da Praia, como também seria de esperar, por ser uma estação situada na zona de altitude.

A humidade do ar foi igualmente calculada pelo método das tensões de vapor, com base nas observações directas às 10 e 22 horas.

A radiação solar global foi obtida pela fórmula $Q_s = Q_x (0,24 + 0,61 I_c/I_a)$, afectada portanto com os valores de *a* e *b* calculados para a Praia.

A variação da evapotranspiração potencial durante o ano em Santa Catarina pelo método de Penman (quadro 4 e fig. 1) é de um modo geral análoga à da Praia. O valor mensal máximo absoluto observa-se agora em Maio, com cerca de 194 mm, havendo igualmente um máximo secundário em Outubro, embora menos nítido; e os mínimos absoluto e secundário em Dezembro (120 mm aproximadamente) e Agosto, respectivamente. A amplitude média anual é de 70 mm, sendo portanto um pouco inferior à observada na cidade da Praia.

QUADRO 4
Evapotranspiração potencial
(Em milímetros)

Estações	Método	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
Praia	Thornthwaite	79	71	89	96	111	121	135	143	143	139	113	92	1330
	Penman	176	180	237	238	229	222	199	182	184	195	161	151	2354
Santa Catarina	Thornthwaite	54	50	62	69	82	85	95	98	94	91	75	58	914
	Penman	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
Currallinho	Thornthwaite	56	52	65	64	77	80	80	79	78	74	66	61	831
S. Jorge dos Órgãos	Thornthwaite	70	64	79	83	97	106	113	114	113	106	90	73	1107
Serra da Malagueta	Thornthwaite	56	54	70	75	89	84	86	86	86	83	71	61	1072

2.2.2. Método de Thornthwaite

Aplicámos também a fórmula de Thornthwaite para o cálculo da evapotranspiração potencial para as estações em estudo da ilha de Santiago.

A comparação dos valores obtidos por este método e pelo de Penman encontra-se no quadro 4. Verifica-se serem apreciáveis as diferenças pela aplicação dos dois métodos, dando o de Thornthwaite valores apreciavelmente mais baixos, com diferenças relativas que estão dentro da mesma ordem de grandeza da comparação reali-

zada em Sá da Bandeira (11), o que nos leva a concluir que a aplicação da fórmula de Thornthwaite não conduz também a resultados satisfatórios em Cabo Verde, como em geral se tem verificado nas regiões tropicais, e que as determinações obtidas pelo método de Penman devem corresponder muito melhor aos valores reais, facto que será analisado quando se instalarem evapotranspirómetros no arquipélago. Isso, aliás, não é para admirar, pois em Cabo Verde tanto a radiação solar como o vento, que sopra com velocidade apreciável, da ordem dos 25-30 km/h, e a humidade do ar são factores que afectam de

maneira especial a evapotranspiração, sobretudo na época seca, e daí a razão de as diferenças dos valores obtidos pelos dois métodos serem mais pronunciadas naquela época do ano, sendo os de Thornthwaite menos de metade dos obtidos pela fórmula de Penman.

Os bons resultados da aplicação do método de Penman foram realçados na última Conferência Interafricana de Hidrologia, realizada em Janeiro de 1961 em Nairobi, a qual preconizou esse método como o melhor a ser utilizado nas regiões tropicais.

2.3. Balanço hidrológico

Pelas razões expostas considerámos no estudo dos balanços hidrológicos da Praia e Santa Catarina a evapotranspiração potencial obtida pelo método de Penman. Para as estações de Curralinho, S. Jorge dos Órgãos e serra da Malagueta tomámos os valores calculados para Santa Catarina pelo mesmo método, pois todas elas estão situadas na região de altitude do interior da ilha e as diferenças devem ser pequenas entre esses locais, pelo que se pode deduzir, por exemplo, pela diferença da temperatura do ar.

Por outro lado, para os anos chuvoso e seco de Santa Catarina e das outras estações referidas considerámos também os valores médios da evapotranspiração de Santa Catarina pelo mesmo método, em virtude de para esta estação não existirem elementos suficientes nos anos de 1947 (seco) e 1952 (chuvoso) e pelas conclusões a que se chegou em relação à Praia, em que, como se viu, é pequena a diferença entre a evapotranspiração calculada em relação aos valores médios e para os anos chuvoso e seco. Os erros que porventura se possam cometer serão, sem dúvida, muito menores pela aplicação do método de Penman do que pela utilização dos valores dados pelo método de Thornthwaite.

Na determinação do balanço hidrológico considerámos o método de Thornthwaite-Mather, tomando como armazenamento máximo de água no solo o valor de 100 mm, que corresponde à capacidade útil do solo (diferença entre a capacidade de campo e o coeficiente de emurchecimento) de 10 %, ou seja de um solo de média consistência, numa camada de 74 cm com a densidade aparente de 1,35. O valor considerado de 100 mm é usualmente utilizado para fins climatológicos e na prática tem-se verificado que, na maioria dos casos, satisfaz para a estimativa razoável das várias grandezas do balanço hidrológico.

É evidente que a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar depende das características do solo e da vegetação, podendo, como se sabe, ser muito variável, pois enquanto um solo arenoso apenas pode armazenar 25 a 50 mm de água, um solo argiloso pode chegar a armazenar 300 ou mais milímetros. Contudo, para o estudo do balanço hidrológico de uma região não é possível tomar em consideração todas as diferenciações que se observam de um local para outro, e isso é bem frisante em Cabo Verde, onde, mercê das características geográficas e da erosão, a capacidade de utilização dos solos varia bastante conforme o solo for no litoral, num vale ou numa encosta mais ou menos erosionada, pelo que é impossível considerar todas essas variantes. Torna-se portanto necessário tomar um valor constante sobre toda a área em estudo, nomeadamente para que o mesmo critério possa servir para comparação dos climas.

Para estudos locais, nomeadamente para planeamento de rega, é evidente que se torna necessário considerar a capacidade de utilização real.

Nos quadros 5 a 9 figuram os balanços hidrológicos para cada um dos cinco locais estudados na ilha de Santiago, em relação aos três casos assinalados: valores médios, ano chuvoso e ano seco.

Na fig. 1 estão representados os diagramas do balanço hidrológico, para os mesmos três casos, da Praia, Santa Catarina e serra da Malagueta, que representam de um modo geral as principais regiões climáticas da ilha de Santiago: Praia, localizada na zona árida da ilha; Santa Catarina, na região de meia encosta do planalto interior com chuva em geral moderada na época chuvosa; e serra da Malagueta, na zona mais chuvosa.

Pela análise dos quadros e diagramas referidos é de salientar o seguinte para cada uma das estações mencionadas:

PRAIA

Em relação aos valores médios nunca há excesso ou mesmo armazenamento de água no solo, pois a evapotranspiração potencial é sempre superior à precipitação, sendo portanto a evapotranspiração real igual à precipitação. Esta aridez acentuada é extrema nos anos secos, em que a deficiência de água anual chega a ultrapassar os 2300 mm, como sucedeu em 1947.

No ano chuvoso de 1952 houve um pequeno excesso de água em Setembro (apenas 62 mm),

BALANÇO HIDROLÓGICO

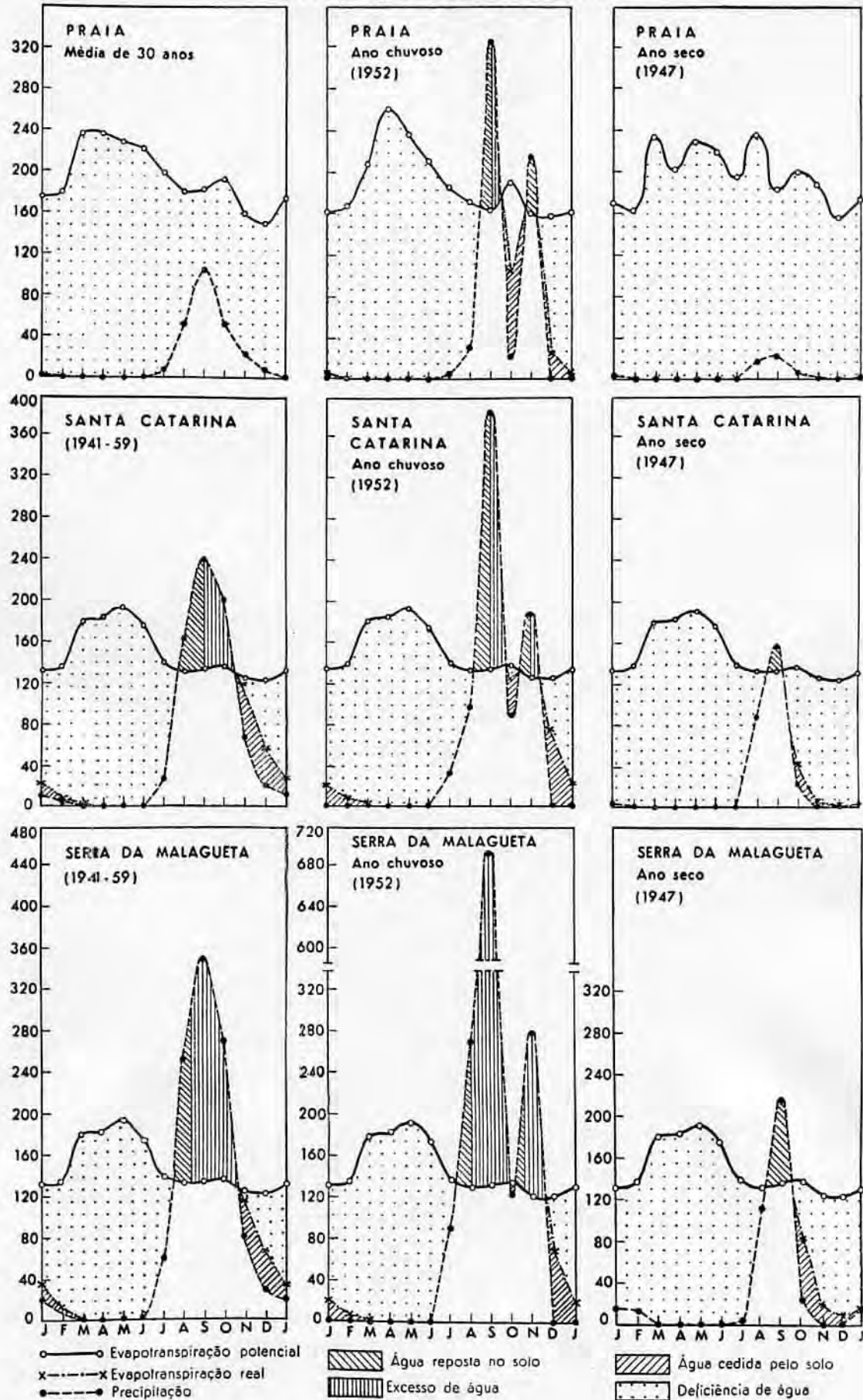


Fig. 1

QUADRO 5
Balanço hidrológico
PRAIA

1918-1927; 1929; 1941-1959

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
<i>e</i>	176	180	237	238	229	222	199	182	184	195	161	151	2354
<i>R</i>	2	1	0	0	0	0	6	53	106	52	23	7	250
<i>R-e</i>	-174	-179	-237	-238	-229	-222	-193	-129	-78	-143	-138	-144	—
<i>A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
ΔA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
<i>E</i>	2	1	0	0	0	0	6	53	106	52	23	7	250
<i>D</i>	174	179	237	238	229	222	193	129	78	143	138	144	2104
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1952 (ano chuvoso)

<i>e</i>	163	168	228	261	237	211	186	172	164	190	160	158	2297
<i>R</i>	0	0	0	0	0	0	4	31	326	21	215	0	597
<i>R-e</i>	-162	-168	-228	-261	-237	-211	-182	-141	162	-169	55	-158	—
<i>A</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	100	18	32	7	—
ΔA	-6	-1	0	0	0	0	0	0	100	-83	14	-25	—
<i>E</i>	6	1	0	0	0	0	4	31	164	103	160	25	494
<i>D</i>	156	167	228	261	237	211	182	141	0	87	0	133	1803
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	0	62

1947 (ano seco)

<i>e</i>	171	164	234	203	230	219	193	237	184	201	188	156	2380
<i>R</i>	2	0	0	0	0	0	0	17	22	5	0	0	46
<i>R-e</i>	-169	-164	-234	-203	-230	-219	-193	-220	-162	-196	-188	-156	—
<i>A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
ΔA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
<i>E</i>	2	0	0	0	0	0	0	17	22	5	0	0	46
<i>D</i>	169	164	234	203	230	219	193	220	162	196	188	156	2334
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

e = evapotranspiração potencial; *R* = precipitação; *A* = armazenamento de água no solo; *E* = evapotranspiração real; *D* = deficiência de água; *S* = excesso de água.

QUADRO 6

Balanço hidrológico

SANTA CATARINA

1941-1959

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	11	3	0	0	0	1	27	165	241	200	67	19	1734
<i>R-e</i>	-122	-133	-182	-184	-194	-174	-112	33	107	63	-58	-103	—
<i>A</i>	6	2	0	0	0	0	0	33	100	100	56	20	—
ΔA	-14	-4	-2	0	0	0	0	33	67	0	-44	-36	—
<i>E</i>	25	7	2	0	0	1	27	132	134	137	111	55	1631
<i>D</i>	108	129	180	184	194	174	112	0	0	0	14	67	1162
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	63	0	0	1103

1952 (ano chuvoso)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	0	0	0	0	0	0	34	98	385	88	187	0	792
<i>R-e</i>	-133	-136	-182	-184	-194	-175	-105	-34	251	-49	62	-122	—
<i>A</i>	8	2	0	0	0	0	0	0	100	61	100	30	—
ΔA	-22	-6	-2	0	0	0	0	0	100	-39	30	-70	—
<i>E</i>	22	6	2	0	0	0	34	98	134	127	125	70	1618
<i>D</i>	111	130	180	184	194	175	105	34	0	10	0	52	1175
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	151	0	23	0	174

1947 (ano seco)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	3	0	0	0	0	0	0	87	157	24	0	0	271
<i>R-e</i>	-130	-136	-182	-184	-194	-175	-139	-45	23	-113	-125	-122	—
<i>A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	23	7	2	1	—
ΔA	-1	0	0	0	0	0	0	0	23	-16	-5	-1	—
<i>E</i>	4	0	0	0	0	0	0	87	134	40	5	1	271
<i>D</i>	129	136	182	184	194	175	139	45	0	97	120	121	1523
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

e = evapotranspiração potencial; *R* = precipitação; *A* = armazenamento de água no solo; *E* = evapotranspiração real; *D* = deficiência de água; *S* = excesso de água.

QUADRO 7
Balanço hidrológico
CURRALINHO

1941-1959

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	17	10	1	0	0	2	50	232	315	204	80	30	941
<i>R-e</i>	-116	-126	-181	-184	-194	-173	-89	100	181	67	-45	-92	—
<i>A</i>	8	2	0	0	0	0	0	100	100	100	64	25	—
ΔA	-17	-6	-2	0	0	0	0	100	0	0	-36	-39	—
<i>E</i>	34	16	3	0	0	2	50	132	134	137	116	69	693
<i>D</i>	99	120	179	184	194	173	89	0	0	0	9	53	1100
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	181	67	0	0	248

1952 (ano chuvoso)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	0	0	0	0	0	0	65	205	735	91	266	0	1362
<i>R-e</i>	-133	-136	-182	-184	-194	-175	-74	73	601	-46	141	-122	—
<i>A</i>	8	2	0	0	0	0	0	73	100	63	100	30	—
ΔA	-22	-6	-2	0	0	0	0	73	27	-37	37	-70	—
<i>E</i>	22	6	2	0	0	0	65	132	134	128	125	70	—
<i>D</i>	111	130	180	184	194	175	74	0	0	9	0	52	1109
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	574	0	104	0	678

1947 (ano seco)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	10	8	0	0	0	0	0	105	130	30	0	3	286
<i>R-e</i>	-123	-128	-182	-184	-194	-175	-139	-27	-4	-107	-125	-119	—
<i>A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
ΔA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
<i>E</i>	10	8	0	0	0	0	0	105	130	30	0	0	—
<i>D</i>	123	128	182	184	194	175	139	27	4	107	125	119	1507
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

e = evapotranspiração potencial; *R* = precipitação; *A* = armazenamento de água no solo; *E* = evapotranspiração real; *D* = deficiência de água; *S* = excesso de água.

QUADRO 8

Balanço hidrológico

S. JORGE DOS ÓRGÃOS

1941-1959

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	11	4	1	0	0	2	35	151	234	195	191	28	852
<i>R-e</i>	-122	-132	-181	-184	-194	-173	-104	19	100	58	66	-94	—
<i>A</i>	12	3	1	0	0	0	0	19	100	100	100	39	—
ΔA	-27	-9	-2	-1	0	0	0	19	81	0	0	-61	—
<i>E</i>	38	13	3	1	0	2	35	132	134	137	125	89	—
<i>D</i>	95	123	179	183	194	173	104	0	0	0	0	33	1089
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	19	58	66	0	143

1952 (ano chuvoso)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	1	0	0	0	0	0	39	139	611	67	345	0	1202
<i>R-e</i>	-132	-136	-182	-184	-194	-175	-100	7	475	-70	120	-122	—
<i>A</i>	8	2	0	0	0	0	0	7	100	50	100	30	—
ΔA	-22	-6	-2	0	0	0	0	7	93	-50	50	-70	—
<i>E</i>	23	6	2	0	0	0	39	132	134	117	125	70	648
<i>D</i>	110	130	180	184	194	175	100	0	0	20	0	92	1185
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	382	0	70	0	452

1947 (ano seco)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	1	2	0	0	0	0	0	41	74	20	0	1	139
<i>R-e</i>	-132	-134	-182	-184	-194	-175	-139	-91	-60	-117	-125	-121	—
<i>A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
ΔA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
<i>E</i>	1	2	0	0	0	0	0	41	74	20	0	1	139
<i>D</i>	132	134	182	184	194	175	139	91	60	117	125	121	1654
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

e = evapotranspiração potencial; *R* = precipitação; *A* = armazenamento de água no solo; *E* = evapotranspiração real; *D* = deficiência de água; *S* = excesso de água.

QUADRO 9

Balanço hidrológico

SERRA DA MALAGUETA

1941-1959

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
<i>e</i>	135	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	19	6	0	0	1	2	62	252	352	270	79	28	1071
<i>R-e</i>	-114	-130	-182	-184	-193	-173	-77	120	218	133	-46	-94	—
<i>A</i>	8	2	0	0	0	0	0	100	100	100	63	25	—
ΔA	-17	-6	-2	0	0	0	0	100	0	0	-37	-38	—
<i>E</i>	36	12	2	0	1	2	62	132	134	137	116	68	702
<i>D</i>	97	124	180	184	193	173	77	0	0	0	9	56	1093
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	218	133	0	0	371

1952 (ano chuvoso)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	0	0	0	0	0	0	92	268	697	123	285	0	1465
<i>R-e</i>	-133	-136	-182	-184	-194	-175	-47	136	563	-14	160	-122	—
<i>A</i>	8	0	0	0	0	0	0	100	100	88	100	30	—
ΔA	-22	-6	-2	0	0	0	0	100	0	-14	13	-70	—
<i>E</i>	22	6	2	0	0	0	92	132	134	137	125	70	720
<i>D</i>	111	130	180	184	194	175	47	0	0	0	0	52	1073
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	36	563	0	147	0	746

1947 (ano seco)

<i>e</i>	133	136	182	184	194	175	139	132	134	137	125	122	1793
<i>R</i>	16	14	0	0	0	0	4	114	218	24	0	2	392
<i>R-e</i>	-117	-122	-182	-184	-194	-175	-135	-18	84	-113	-125	-120	—
<i>A</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	84	27	8	2	—
ΔA	-1	-1	0	0	0	0	0	0	84	-57	-19	-6	—
<i>E</i>	17	15	0	0	0	0	4	114	134	81	19	8	392
<i>D</i>	116	121	182	184	194	175	135	18	0	56	106	114	1401
<i>S</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

e = evapotranspiração potencial; *R* = precipitação; *A* = armazenamento de água no solo; *E* = evapotranspiração real; *D* = deficiência de água; *S* = excesso de água.

QUADRO 10

Classificação climática

VALORES MÉDIOS

Estações	Evapotranspiração potencial (mm)	Índice de aridez (%)	Índice de humidade (%)	Índice hídrico (%)	Concentração térmica estival (%)	Classificação
Praia	2354	87	0	-52	27	<i>EA'da'</i>
Santa Catarina	1793	65	6	-32	31	<i>DA'dc'</i>
Curralinho	1793	61	14	-23	31	<i>DA'wa'</i>
S. Jorge dos Órgãos	1793	60	8	-23	31	<i>DA'da'</i>
Serra da Malagueta	1793	61	20	-16	31	<i>C₁A'wa'</i>

1952 (ANO CHUVOSO)

Praia	2297	79	3	-44	32	<i>EA'da'</i>
Santa Catarina	1793	65	10	-29	31	<i>DA'wa'</i>
Curralinho	1793	62	38	1	31	<i>C₂A'w₂a'</i>
S. Jorge dos Órgãos	1793	66	25	-15	31	<i>C₁A'w₂a'</i>
Serra da Malagueta	1793	59	42	7	31	<i>C₂A'w₂a'</i>

1947 (ANO SECO)

Praia	2380	98	0	-56	28	<i>EA'da'</i>
Santa Catarina	1793	85	0	-51	31	<i>EA'da'</i>
Curralinho	1793	84	0	-50	31	<i>EA'da'</i>
S. Jorge dos Órgãos	1793	92	0	-56	31	<i>EA'da'</i>
Serra da Malagueta	1793	78	0	-47	31	<i>EA'da'</i>

ràpidamente anulado no mês de Outubro, que apresentou deficiência de água. Em Novembro a precipitação voltou a ser superior à evapotranspiração, mas não chegou a haver excesso de água. Esta evolução é característica de irregularidade do balanço hidrológico, pois mesmo num ano chuvoso pode haver em plena época das chuvas períodos de apreciável deficiência de água.

SANTA CATARINA

Nesta estação, que, como dissemos, caracteriza o planalto central da ilha, há normalmente excesso de água nos meses de Setembro e Outubro.

Num ano seco, como sucedeu em 1947, em geral não há excesso de água, havendo no entanto algum armazenamento de água no solo entre Agosto e Outubro. Num ano chuvoso há excesso de água relativamente apreciável, que em 1952 atingiu os 174 mm, mas também com distribuição irregular, embora menor que na Praia. A deficiência total é também grande, tendo ultrapassado 1500 mm no ano seco.

SERRA DA MALAGUETA

É esta a região da ilha onde é maior o excesso de água e menor a deficiência. No período de Agosto a Outubro há normalmente excesso de água no solo, que atinge valores apreciáveis num ano chuvoso, como o de 1952, em que foi de 746 mm. Contudo, num ano seco, como o de 1947, não chegou a haver excesso, atingindo o armazenamento máximo no solo 84 mm. Isto mostra que quando um ano é seco ele afecta toda a ilha, mesmo as regiões de altitude, o que na realidade se observa. Se considerássemos os valores de Thornthwaite, as conclusões já seriam diferentes, pois teríamos excesso de água mesmo nos anos muito secos. Isto constitui mais uma prova de que os valores da evapotranspiração obtidos pelo método de Penman são de mais confiança.

CURRALINHO E S. JORGE DOS ÓRGÃOS

O balanço hidrológico destes locais é análogo aos de Santa Catarina e serra da Malagueta, mas com valores que se aproximam mais dos desta última estação, tendo havido igualmente excesso de água relativamente apreciável no ano de 1952 (678 mm no Curralinho e 452 mm em S. Jorge dos Órgãos), mas não o tendo havido no ano seco de 1947.

*

Com os valores dos quadros 5 a 9 traçámos o esboço das cartas das linhas de igual deficiência e igual excesso de água anuais para os valores médios e anos chuvoso e seco (figs. 2 a 4).

Essas cartas permitem salientar as considerações já feitas, ou seja: que a deficiência de água, embora grande em toda a ilha, diminuiu do litoral para o interior, sendo mínima nas regiões mais altas da ilha — Pico da Antónia e serra da Malagueta —, e sendo as diferenças um pouco menos pronunciadas no ano chuvoso. No ano seco o total da deficiência de água ultrapassa 2250 mm no litoral e, em geral, é da ordem de 1500 mm nas zonas mais altas.

O excesso de água comporta-se de maneira inversa, atingindo no ano chuvoso valores de 600-800 mm nas zonas mais altas e sendo inferior a 100 mm nas regiões do litoral. No ano seco considerado não houve excesso de água em qualquer local da ilha, a não ser, possivelmente com carácter local, em curtos períodos de tempo após os poucos aguaceiros que caíram.

2.4. Classificação climática

Para finalizar esta tentativa de esboçar o balanço hidrológico da ilha de Santiago com os elementos meteorológicos que existem actualmente, apresentaremos para cada local em estudo e ainda para os valores médios e os anos chuvoso e seco a classificação do clima de Santiago pelo método de Thornthwaite. Esta classificação tem sido aplicada universalmente com bons resultados, pormenorizando as diversas regiões climáticas. O ponto de maior deficiência está nos valores considerados da evapotranspiração potencial, deficiência que em muitas regiões tem sido resolvida pela utilização das fórmulas assinaladas, nomeadamente da de Penman, cuja aplicação em Cabo Verde parece boa.

Pela observação do quadro 10, referente aos valores médios, verifica-se que *Praia* tem clima do tipo *EA'da'* (clima árido, megatérmico, com nulo ou pequeno excesso de água e pequena concentração térmica estival), *Santa Catarina* e *S. Jorge dos Órgãos* do tipo *DA'da'* (clima semiárido, megatérmico, com nulo ou pequeno excesso de água e pequena concentração térmica estival), *Curralinho* do tipo *DA'wa'* (clima semiárido, megatérmico, moderado excesso de água no Verão e pequena concentração térmica estival) e *serra da Malagueta* do tipo

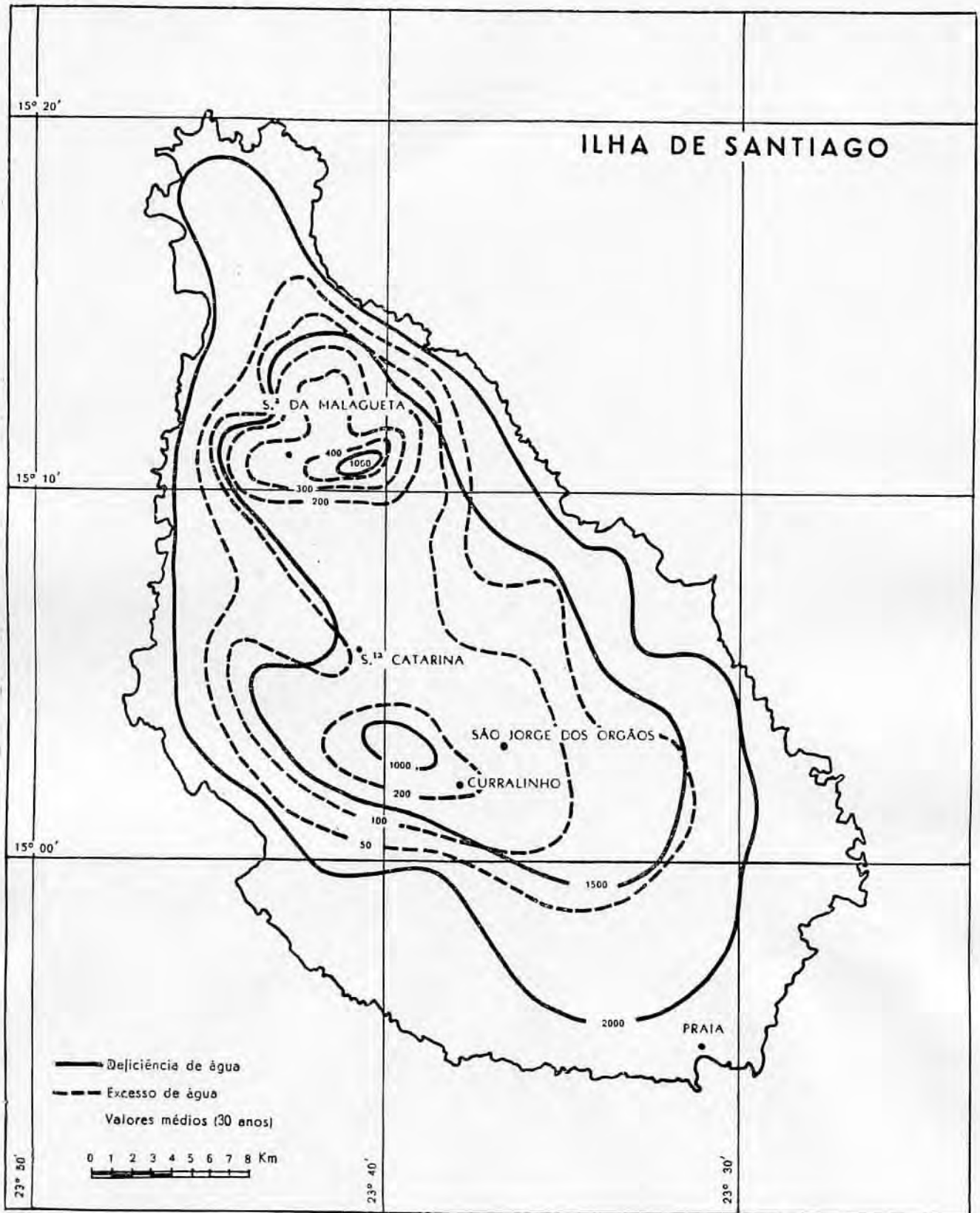


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

$C_1A'wa'$ (clima semi-húmido seco, megatérmico, moderado excesso de água no Verão e pequena concentração térmica estival). Há portanto, em relação aos valores médios, que, como dissemos, têm pouco significado, quatro tipos de clima pela classificação de Thornthwaite, todos eles megatérmicos com pequena concentração térmica estival, o que é próprio dos climas tropicais, e à medida que se caminha para o interior da ilha o tipo árido do litoral passa a semiárido e por fim a sub-húmido seco, na serra da Malagueta.

No ano chuvoso de 1952 manteve-se o mesmo tipo de clima na *Praia*; *Santa Catarina* passa a ser do tipo $DA'wa'$, *S. Jorge dos Órgãos* do tipo $C_1A'wa'$ (sub-húmido seco, megatérmico, com grande excesso de água no Verão e pequena concentração térmica estival) e *Curralinho* e *serra da Malagueta* do tipo $C_2A'wa'$, que apenas difere do de *S. Jorge dos Órgãos* por ser do tipo C_2 (sub-húmido chuvoso). A classificação de Thornthwaite mostra, assim, que num ano chuvoso se mantém a aridez na região do litoral, mas nas regiões de altitude chega a atingir o tipo sub-húmido chuvoso com grande excesso de água.

No ano seco verificou-se em todo o território da ilha o mesmo tipo $EA'da'$, sendo portanto geral a aridez.

CONCLUSÕES

a) Há apenas cinco locais da ilha de Santiago onde presentemente se pode fazer o estudo do balanço hidrológico: *Praia*, *Santa Catarina*, *Curralinho*, *S. Jorge dos Órgãos* e *serra da Malagueta*.

b) Em face do pequeno significado dos valores médios numa região onde é muito grande a variabilidade da precipitação, fez-se também o estudo para um ano acentuadamente chuvoso e outro bastante seco.

c) Foi aplicado o método de Penman para a determinação da evapotranspiração potencial, devido aos bons resultados que tem dado nas regiões tropicais. Calcularam-se os valores de *Praia* e *Santa Catarina* e, em virtude da falta de elementos necessários nos outros locais, foram tomados os valores desta última estação para toda a zona de altitude do interior. São pequenas as diferenças dos valores da *Praia* em relação aos valores médios e anos chuvoso e seco.

d) Calcularam-se as constantes $a = 0,24$ e $b = 0,61$ da fórmula de Brunt para a determinação da radiação solar global, sendo pequena a diferença entre os valores calculados e os observados.

e) A aplicação da fórmula de Thornthwaite conduz a valores apreciavelmente mais baixos da evapotranspiração potencial, designadamente na época seca, confirmando-se para *Cabo Verde* a ineficácia dessa fórmula quando é utilizada nas regiões tropicais.

f) Na determinação do balanço hidrológico utilizou-se o método de Thornthwaite-Mather e considerou-se o valor generalizado de 100 mm para a capacidade de utilização do solo.

g) Nas regiões do litoral da ilha de Santiago a aridez é muito grande e mesmo nos anos mais chuvosos é diminuto o excesso de água, mantendo-se o mesmo tipo de clima árido em qualquer ano pela classificação de Thornthwaite; e nos anos mais secos o clima é nitidamente desértico. Nas regiões do interior é menor a aridez, havendo em geral excesso de água entre Agosto e Outubro, sobretudo na serra da Malagueta, excesso que pode ser apreciavelmente grande nos anos chuvosos, mas geralmente irregular, chegando nestes anos a observar-se o tipo de clima sub-húmido chuvoso nas regiões mais altas.

Nos anos bastante secos a aridez é geral em toda a ilha, não se registando excesso de água em qualquer local.

BIBLIOGRAFIA

1. AZEVEDO, A. LOBO: «Os Novos Processos de Avaliação da Evaporação e Alguns Aspectos do Seu Interesse Agronómico. *Bol. Soc. Estud. Moçambique*, 27 (110): 121-142, 1958.
2. BARATA, A. THEMUDO: «Considerações acerca do Método de Penman para a Medição da Evaporação em Superfícies Naturais». *Rev. Agron.*, 38: 12-62.
3. BLANEY, H. F., & CRIDDLE, W. D.: *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data*. U. S. Dep. Agric., Soil Conserv. Serv., 1950 (Tech. Publ. 96).
4. CABRITA, C. F. RICARDO: *Contribuição para o Estudo do Clima de Humpata, Sá da Bandeira, Jan, Huila, Tchivinguuro e Chibia — Tabelas de Radiação Solar Total Diária no Cimo da Atmosfera — Método Climático de Penman*. Rel. de tir. colonial, Inst. Sup. Agron., 1959, 153 pp.
5. CARTER, D. B.: «Climates of Africa and India according to Thornthwaite's 1948 classification». *Pub. Clim.* (New Jersey), 7 (4): 455-479, 1954.
6. CUNHA, F. REIS: «A Variabilidade da Precipitação

- na Ilha de Santiago (Cabo Verde)». *Estud. Agron.* (Lisboa) 1 (4): 283-295, 1960.
7. CUNHA, F. REIS: «Probabilidade do Período de Ocorrência do Início e do Fim da Precipitação da «Estação Chuvosa» na Cidade da Praia (Cabo Verde)». *Estud. Agron.* (Lisboa), 1 (4): 337-341, 1960.
 8. HYLCKAMA, T. E. A.: «The water balance of the earth». *Pub. Clim.* (New Jersey), 9 (2): 59-117, 1956.
 9. MATHER, I. R.: «The measurement of potencial evapotranspiration». *Pub. Clim.* (New Jersey), 7 (1): 225, 1954.
 10. MENDONÇA, P. DE VARENNES E: «Sobre o Novo Método do Balanço Hidrológico do Solo de Thornthwaite-Mather». *An. Inst. Sup. Agron.*, 22: 271-282.
 11. NOGUEIRA, M. DIAS: *Carta Agrológica da Herdade da Múcuca*. Rel. final do curso de engenheiro-agrônomo, 1961.
 12. PENMAN, H. L.: «Natural evaporation from open water, base soil and grass», *Proc. roy. Soc. A.*, 193: 120-145, 1948.
 13. SANTOS, A. LOUSADA DOS: *Avaliação da Evapotranspiração — Contribuição para a Experimentação de Métodos Clmáticos*. Rel. final do curso de engenheiro agrônomo, 1959, 123 pp.
 14. TEIXEIRA, A. DA SILVA, & BARBOSA, L. GRAND-VAUX: *A Agricultura no Arquipélago de Cabo Verde*. «Mem. Junta de Invest. Ultram.», 2.ª série, 2: 1-178, 1958. 77 fotos, 10 cartas bibliogr. numerosa.
 15. THORNTHWAITTE, C. W.: «An approach toward a racional classification of climate. *Geog. Rev.*, 38: 55-94, 1948.
 16. THORNTHWAITTE, C. W., & MATHER, I. R.: «The water balance». *Pub. Clim.* (New Jersey), 8 (1): 104, 1955.
 17. THORNTHWAITTE, C. W., MATHER, I. R., & CARTER, D. B.: «Three water balance maps of south-west Asia. *Pub. Clim.* (New Jersey), 9 (1): 57, 1958.
 18. TURC, L.: «Relations entre les precipitations, l'évaporation et l'écoulement». *Ann. Agron.*, 6: 5-131, 1955.
 19. *Anais Meteorológicos das Colónias*. Direcção-Geral do Fomento Colonial. 1910 a 1944.
 20. *Anuário Climatológico de Portugal*. I e II partes. Serviço Meteorológico Nacional. 1945 a 1959.
 21. *Commission for agricultural meteorology. Abridged Final Report of the Second Session*. World Meteorological Organization. Warsaw, Sep.-Oct. 1958, 54 pp.
 22. *Guide des travaux de recherche sur la mise en valeur des régions arides*. U. N. E. S. C. O., 1957, 203 pp.

Rubén Barona Tolaco