

ESTUDO FREQUENCIAL DAS NECESSIDADES DE IRRIGAÇÃO EM QUATRO LOCALIDADES
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL*

Aluizio Teixeira da Silva**

RESUMO

Apresentam-se, no presente trabalho, subsídios básicos para a implantação de projetos de natureza hidroagrícola em quatro regiões do Estado do Rio Grande do Sul, através do estudo frequencial das necessidades de irrigação.

Caracterizou-se o período de seca agrônômica utilizando-se o balanço hídrico mensal.

Preparou-se um programa matemático em linguagem FORTRAN IV, que serviu para calcular o balanço hídrico diário para as quatro localidades, com períodos distintos de observações meteorológicas.

Com as deficiências mensais obtidas do balanço hídrico, organizaram-se as séries hidrológicas e as respectivas frequências, tendo-se, em seguida, traçado as curvas necessidades de irrigação x frequências para o período mais seco do ano (novembro a março de um modo geral).

Das curvas necessidades de irrigação x frequências, deduziram-se as probabilidades de ocorrência, de 1 a 5 anos em 10, dos meses de máximo consumo de água.

SUMMARY

This work relates basic resources for the implantation of hydro-agricultural projects in four regions of the State of Rio Grande do Sul, based on a frequencial study of irrigation necessities.

The period of agronomic draught was characterized using the monthly hydric balance.

A mathematical program in Fortran IV language was prepared in order to calculate the daily hydric balance for the four regions, with distinct periods of meteorological observations.

Based on the monthly deficiencies obtained from the hydric balance, hydrological series and respective frequencies were found, followed by plotting the curves of irrigation necessities versus frequencies for the driest period of the year (generally from November to March).

From the curves of irrigation necessities plotted versus frequencies, the probabilities of occurrence of months of maximum water consumption from 1 to 5 years in ten years, were deduced.

(*) Resumo do trabalho de Tese apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul, para a obtenção do grau de M.Sc.; a ser apresentado no IX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB - Julho de 1979

(**) Professor Assistente, Chefe do Departamento de Engenharia e Vice-Diretor do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

A crescente explosão demográfica, constitui, hoje em dia, um delicado problema que preocupa os organismos governamentais de todas as áreas do globo terrestre, caracterizando, desta maneira, um sério desafio à tecnologia mundial.

Ao setor Agro Pecuario cabe a difícil tarefa de implantar uma nova tecnologia que possibilite, a curto prazo, fornecer à humanidade alimentos em quantidades e qualidades suficientes.

Das diversas técnicas agrícolas que visam o aumento da produtividade, a irrigação é, sem dúvida, uma que participa ativamente do complexo tecnológico sobretudo nas regiões áridas e semi-áridas do globo.

No Brasil, o Plano Nacional de Irrigação, recentemente elaborado pelo Governo Federal, é uma promessa de que os projetos de natureza hidro-agrícola possam, realmente, contribuir com uma grande parcela na produção nacional.

Nas regiões úmidas e semi-úmidas, tal como acontece com o Estado do Rio Grande do Sul, e grande parte do território nacional, a irrigação das terras agricultáveis é uma prática agrícola que tem, como objetivo principal, a suplementação da água necessária para um maior rendimento econômico das culturas, em decorrência da má distribuição das precipitações pluviométricas. Nas citadas regiões, por conseguinte, as necessidades de irrigação podem ser definidas realizando-se um balanço hídrico entre a quantidade de água que sai através da evapotranspiração e a quantidade que entra através da precipitação. As necessidades de irrigação assim determinadas são fundamentais em qualquer projeto racional de irrigação, não só para assegurar à planta a quantidade de água necessária, como também para fornecer subsídios básicos ao dimensionamento de todas as estruturas hidráulicas.

Como a média de valores, geralmente, não espelham a realidade, sobretudo na agricultura, as necessidades de irrigação ficam melhor caracterizadas através da análise de frequência, conhecendo-se, desta forma, valores das necessidades máximas que podem ser atingidas ou ultrapassadas com uma determinada frequência.

Por outro lado, as necessidades de irrigação estudadas sob este aspecto, poderão também fornecer subsídios a uma posterior análise econômica de um projeto específico.

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul fez constar em sua programação, projetos experimentais de natureza hidro-agrícola, que deverão ser implantadas em áreas estratégicas do Estado. Assim sendo, o presente estudo tem, como objetivo principal, contribuir, modestamente, com dados auxiliares na implantação de alguns dos referidos projetos, através do estudo frequencial das necessidades de irrigação para Guaíba, Palmares do Sul, Pelotas e Bacia do Arroio Chasqueiro (município de Arroio Grande).

REVISÃO DA LITERATURA

O estudo frequencial das necessidades de irrigação consiste, segundo Sait-Foulc (1968), de uma aproximação por meio da pluviometria e da evapotranspiração médias, seguindo-se um trabalho mais preciso sobre um número reduzido de anos, objetivando determinar as necessidades reais de irrigação.

Particularmente, o irrigante deseja saber qual a quantidade de água que terá de providenciar em, 1 ano em 2, 1 ano em 5 ou 1 ano em 10. Esta indagação será suficiente respondida realizando-se o estudo frequencial das necessidades de irrigação, partindo de dados climáticos e fazendo intervir a capacidade de armazenamento de água no solo, de uma amostra que seja a maior possível para que os valores estimados sejam os mais significativos.

Do estudo, poderão ainda ser deduzidas as necessidades máximas de água que um determinado cultivo deverá receber, segundo a frequência estabelecida. Estes conhecimentos são de importância fundamental no planejamento racional da ir

rigação, porquanto as obras hidráulicas devem ser suficientemente dimensionadas para que possam transportar a vazão determinada segundo a frequência estabelecida.

A frequência de um evento hidrológico é definida como sendo o número de vezes que ele ocorre em um determinado período.

WIESNER (1970) diz que as frequências das necessidades de irrigação podem ser facilmente determinadas, ordenando-se as necessidades, deduzidas a partir do balanço hídrico, em ordem decrescente. Esta lista ordenada é, então, dividida, por exemplo, em 10 seções iguais, traçando-se uma linha no lugar adequado. A necessidade de irrigação da primeira linha será igualada ou excedida um ano em dez, isto é, necessita-se menos do que isto nove anos em dez. A linha seguinte dá a necessidade de irrigação que é igualada ou excedida dois anos em dez ou seja, oito anos entre dez a necessidade fica abaixo deste nível e assim por diante.

A frequência pode ainda ser determinada utilizando-se um método clássico mais refinado, dado pela seguinte expressão:

$$F = m/n + 1, \text{ onde:}$$

F = Frequência do evento hidrológico de ordem m que poderá ser igualado ou excedido

m = Número de ordem dos valores ordenados decrescentemente

n = Tamanho da amostra (número de anos de observação).

Comumente, define-se, ainda, o tempo de recorrência ou período de retorno como sendo o período médio entre dois eventos que igualam ou excedem um determinado valor, pelo menos uma vez. Em função da frequência, o período de retorno pode ser determinado pela relação:

$$TR = 1/F \text{ ou } TR = 1/P, \text{ onde } P \text{ é a probabilidade de ocorrência.}$$

PIRES et alli (1972) dizem que, para períodos de recorrência bem menores que o número de anos de observação, o valor encontrado para F pode dar uma boa idéia do valor de P, mas para grandes períodos de recorrência, a repartição de frequência deve ser ajustada a uma lei probabilística teórica, de modo a possibilitar um cálculo mais correto da probabilidade.

MORETTI FILHO (1965) caracterizou a seca agrônômica na zona canavieira do Estado de São Paulo, como base para estudos de irrigação. O autor descreve a referida seca em termos de dias secos em cinco níveis de probabilidade (10 a 50%).

DARLOT (1962) apresentou um roteiro, seguido de um exemplo prático, para a análise de frequência das necessidades de irrigação. O referido autor partiu de uma série de dados de 13 anos de observação, calculou a evapotranspiração potencial, média para o período, segundo TURC (1961) e realizou, em seguida, o balanço hídrico mensal. Logo após, segundo as frequências quinquenal e decenal, refez os cálculos, partindo de valores reais da evapotranspiração potencial durante o período.

Tanto quanto se pode investigar, resultados específicos decorrentes do estudo frequencial de necessidades de irrigação, só foram encontrados os de BORNOZ et alli (1964), citados por SAINT-FOULC (1968). Os referidos autores determinaram as necessidades de irrigação (quinquenal e decenal) para diversas localidades da França.

Considerando que a evapotranspiração, calculada pelas fórmulas empíricas refere-se a valores médios e que, na realidade, o consumo de água pelas plantas poderá acusar um ou mais máximos, devido a causas biológicas e climáticas, necessário se torna corrigir as necessidades de irrigação calculadas através do balanço hídrico. Como as instalações devem ser projetadas em função do mês de máximo consumo, deve-se corrigir, portanto, a cifra correspondente a este mês.

Criddle, citado por GARCIA LOZANO E BERNALDEZ (1964), introduziu um fator de correção visando majorar os cálculos das necessidades de irrigação em fun

ção da dose de irrigação, cujos valores, apresentados por Darlot (1962) são os seguintes:

Dose (mm)	Coeficiente	Dose (mm)	Coeficiente
30	1,60	90	1,23
40	1,48	100	1,20
50	1,40	110	1,17
60	1,34	120	1,15
70	1,30	130	1,12
80	1,26	140	1,10

MATERIAL E MÉTODOS

A - DADOS METEOROLÓGICOS

A etapa inicial de nosso estudo consistiu do levantamento cronológico dos registros diários de precipitação e de dados mensais de temperatura do ar, insolação e umidade relativa do ar, de cada uma das localidades, durante os períodos abaixo enumerados (séries completas).

Para Guaíba, utilizaram-se os dados meteorológicos de Porto Alegre, para Palmares do Sul os de Torres e para a Bacia do Arroio Chasqueiro os dados meteorológicos de Jaguarão. Os referidos dados foram fornecidos pelo Instituto Coussirat Araújo - 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura, sediada em Porto Alegre.

O quadro seguinte relaciona as coordenadas dos Postos Meteorológicos e os períodos de observações:

Localidade	Latitude Sul	Longitude W. de Gr	Altitude (m)	Período de Observação
Porto Alegre	30°01'53"	51°13'19"	10	1914 - 1973
Pelotas	31°45'00"	52°21'00"	7	1939 - 1970
Torres	29°20'34"	49°43'39"	43	1922 - 1942
Jaguarão	32°33'32"	53°06'09"	11	1924 - 1963

B - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Pretendia-se no presente estudo, utilizar a fórmula modificada de Turc (1961), tendo em vista que a mesma vem sendo empregada, sistematicamente, principalmente na França, no cálculo das dotações de água para a irrigação. A este respeito assinala SAINT-FOULC (1968): "as investigações e cálculos realizados pelo Serviço Central de Hidráulica da França, estão todos baseados na fórmula simplificada de TURC (1961)." Na Espanha também é a melhor fórmula, conforme comprovam os estudos realizados por HIDALGO GRANADOS (1963) (comunicação pessoal do autor), em diversas regiões do referido país.

Entretanto, só foi possível a aplicação da fórmula em Porto Alegre. Para Pelotas, Jaguarão e Torres, que só possuem dados de temperatura, utilizou-se a fórmula de THORNTHWAITE (1948).

Para a obtenção dos valores de evapotranspiração potencial segundo TURC (1961) utilizou-se o abaco proposto pelo Serviço Técnico Central de Hidráulica da França, apresentado por POIRRE e OLLIER (1970), por nós modificado (Figura nº 1), a fim de adaptá-lo às condições do Estado do Rio Grande do Sul. Esta adaptação é necessária, uma vez que o cálculo indireto da radiação depende das constantes de proporcionalidade próprias de cada região.

C - SOLO
 C₁ - Guaíba

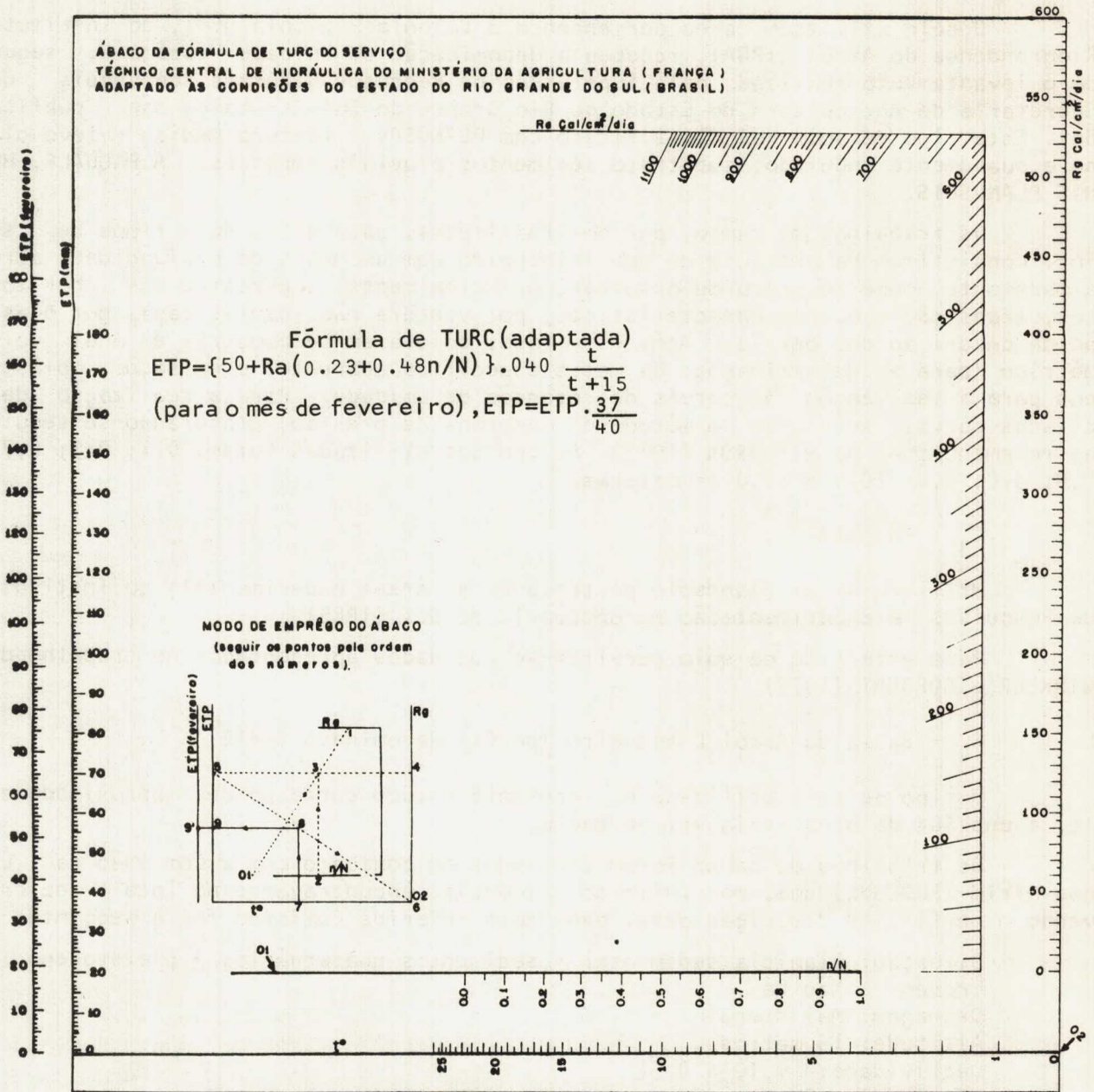


FIG. Nº 1

A unidade de solo acha-se descrita por MELLO *et alli* (1966), tendo recebido a denominação de Série "Guaíba." A descrição geral dada pelos autores é a seguinte: os solos da Série "Guaíba" são provenientes da sedimentação aluvial, constituídos por horizontes "A" e "BG", com profundidade em torno de um metro. Apresentam-se mal drenados e a presença do lençol freático próximo ou mesmo à superfície durante certas épocas do ano é evidenciada pelas cores cinzentas no horizonte "BG." O horizonte "A" apresenta-se subdividido em "Ap", "A2" e "A3." Nos horizontes "Ap" e "A3" as cores são bruno e bruno escuro respectivamente. O "BG" também é bruno acinzentado.

C₂ - Palmares do Sul

O solo utilizado, área pertencente à Colônia Rizícola nº 1, do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), recebeu a denominação de Unidade "Vacacaí", segundo o levantamento realizado pela Supervisão de Recursos Naturais Renováveis da Secretaria de Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul (trabalho não publicado). Este tipo de solo foi classificado com PLANOSOL - textura média, relevo plano e suavemente ondulado; substrato sedimentos aluviais recentes. ALBAQUALF, HÚMIC PLANOSOLS.

Os trabalhos de campo, por nós realizados, para estes dois tipos de solos, consistiram na abertura de uma trincheira com um metro de profundidade aproximadamente, onde se procurou observar, principalmente, a espessura dos horizontes, transição e outras características, por ventura não identificadas por ocasião da descrição dos perfis. Após esta fase, coletaram-se amostras em anel volumétrico (para as determinações da massa específica aparente) e em sacos plásticos para a realização das curvas de retenção de umidade. Para a realização das citadas curvas, serviu-se do método da membrana de pressão, procurando-se seguir as recomendações de RICHARDS (1965). As tensões utilizadas foram: 0,1; 0,3; 0,7; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0 e 15,0 atmosferas.

C₃ - Pelotas

Utilizou-se um Planosolo pertencente às áreas experimentais do Instituto de Pesquisas e Experimentação agropecuária do Sul (IPES).

Para este tipo de solo serviram-se dos dados apresentados no trabalho de WINKLER e GOEDERT (1972).

C₄ - Bacia do Arroio Chasqueiro (perfil denominado CH-32)

O tipo de solo utilizado no presente estudo corresponde, aproximadamente, a uns 50% da área irrigável da bacia.

Os trabalhos de campo foram efetuados em conjunto com a Comissão da Lagoa Mirim (SUDESUL) que, por feliz coincidência, encontrava-se no local descrevendo o perfil. A descrição geral dada pela referida Comissão foi a seguinte:

Situação: Planície sedimentar - sedimentos quaternários - pleistoceno

Erosão: Não há

Drenagem: Mal drenado

Altitude: 15 metros

Declividade: 0,10 a 0,5%

Uso atual: Resteva de arroz e pastagens

Na determinação da reserva facilmente utilizável (RFU), empregou-se a seguinte fórmula:

$$RFU = (RFU_1 + \dots + RFU_n)$$

$$RFU_{1,n} = \frac{Ps - Pc}{100} \times \frac{m}{n} \times pH, \text{ onde:}$$

RFU_{1,n} - Reserva facilmente utilizável, em milímetros

- Ps - Teor de umidade do solo, em porcentagem, correspondente ao ponto de sucção mínima-máxima produção (0,3 atm), para cada horizonte
- Pc - Teor de umidade, em porcentagem, correspondente ao "ponto crítico" (valor médio: 3,0 atm), para cada horizonte
- m - Massa específica aparente do solo, em g/cm³
- m' - Massa específica da água (1 g/cm³)
- pH - Profundidade do horizonte, em milímetros
- n - Número de horizontes considerados

D - BALANÇO HÍDRICO

Empregou-se o modelo descrito por POIRRE e OLLIER (1970).

No modelo figuram os valores da evapotranspiração potencial (ETP), da precipitação (P), da diferença (P-ETP) e dos valores correspondentes ao armazenamento de água no solo (ARM) que poderão ser positivos, negativos ou nulos, conforme haja, no solo, água armazenada, deficiência ou equilíbrio, respectivamente

Inicia-se o cálculo no mês em que a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial for igual ou superior à reserva facilmente utilizável (RFU). Com essa precaução, assegura-se que, efetivamente, naquele mês o solo estava com a sua capacidade de retenção de água plenamente satisfeita. Em se tratando de balanço mensal, facilmente se consegue esta situação. Entretanto, para o cálculo diário, dificilmente ocorre uma precipitação que seja igual ou superior à reserva facilmente utilizável. Assim sendo, quase sempre se inicia o cálculo no dia em que o somatório das diferenças (P-ETP) igual ou superar a RFU.

O cuidado de se calcular, inicialmente, a diferença (P-ETP) para os meses ou dias, facilita consideravelmente os cálculos. Uma vez constatado que a reserva do solo satisfeita, procede-se simplesmente, a uma soma algébrica entre (P-ETP) e (ARM) com um valor inicial, logicamente, igual a RFU. Quando aparecer o primeiro valor negativo para o armazenamento, este será o valor correspondente à primeira deficiência (necessidade de irrigação) naquele dia ou mês. Para o balanço do período seguinte, parte-se de um armazenamento nulo.

Para a obtenção das necessidades de irrigação, procedeu-se, inicialmente ao cálculo do balanço hídrico mensal. Esta fase, que constitui um trabalho aproximado, é importante, uma vez que poderá caracterizar de início, os períodos de deficiências de água no solo, bem como eliminar um grande número de anos nos quais não ocorrem déficits consideráveis.

Posteriormente, calculou-se o balanço hídrico diário para todos os meses nos quais o balanço mensal acusava deficiências, objetivando, com isto, determinar as necessidades reais de irrigação. Nesta etapa, realizou-se um estudo prévio da distribuição e quantidade de precipitação para os meses de novembro e março (período em que ocorrem as maiores deficiências). Nos meses em que se constata uma má distribuição das chuvas ou nos meses em que, embora a precipitação tenha ocorrido mais ou menos uniforme, o mês precedente acusava déficits, bem como nos dias em que ocorriam precipitações superiores à reserva facilmente utilizável, procedeu-se também ao cálculo do balanço hídrico diário, com a finalidade de detectar possíveis deficiências não acusadas pelo balanço mensal.

No cálculo do balanço hídrico diário, adotou-se o critério de não se levar em consideração precipitações diárias inferiores a 2,0 milímetros, pois precipitações desta ordem são, na maioria das vezes, interceptadas pela vegetação, não chegando a atingir, por conseguinte, a superfície do solo.

Obteve-se a evapotranspiração diária dividindo-se a mensal pelo número de dias do mês, sendo, desta forma, um valor constante para cada dia. Este procedimento é, até certo ponto, justificável, pois segundo MORETTI FILHO (1965) "a ocorrência de dias secos é uma função de evapotranspiração acumulada sobre um certo número de dias, os quais tendem a reduzir a um mínimo os efeitos da variação diária."

Na realização do balanço hídrico diário utilizou-se o computador eletrônico IBM/370.

Elaborou-se um programa de linguagem FORTRAN IV (Apêndice). O referido programa realiza, em linhas gerais, o seguinte: imprime o título da programação, o valor correspondente à reserva facilmente utilizável (RFU), os dados de evapotranspiração mensal de cada ano e os dados de precipitações diárias para cada ano.

Como um balanço hídrico não deve sofrer solução de continuidade dentro do período considerado, introduziu-se uma memória auxiliar a que se denominou ANT que permite ligar o armazenamento do primeiro dia de cada mês ou do primeiro dia de cada ano com o armazenamento precedente.

Os resultados fornecidos pelo programa são os armazenamentos diários para cada mês, separadamente, em um único quadro. Fornece também o somatório dos armazenamentos negativos (deficiências) diários para cada mês do ano.

Adverte-se que, antes dos cartões de dados, deve-se colocar dois cartões. O primeiro refere-se ao período em que se quer conhecer o balanço hídrico (ano inicial e ano final), no segundo deve constar o valor da reserva facilmente utilizável.

Os cartões correspondentes aos valores da evapotranspiração potencial mensal devem ser colocados no início de cada ano.

E - ANÁLISE FREQUENCIAL

No cálculo das frequências, empregou-se a fórmula:

$F = m/n + 1$, expressando-se a frequência em número de anos sobre dez, e permitindo, desta forma, o traçado das curvas necessidades - frequências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo acham-se reunidos em forma de gráfico (Figuras 2, 3, 4 e 5) que relacionam as necessidades de irrigação x frequências para as quatro localidades, durante o período mais seco do ano.

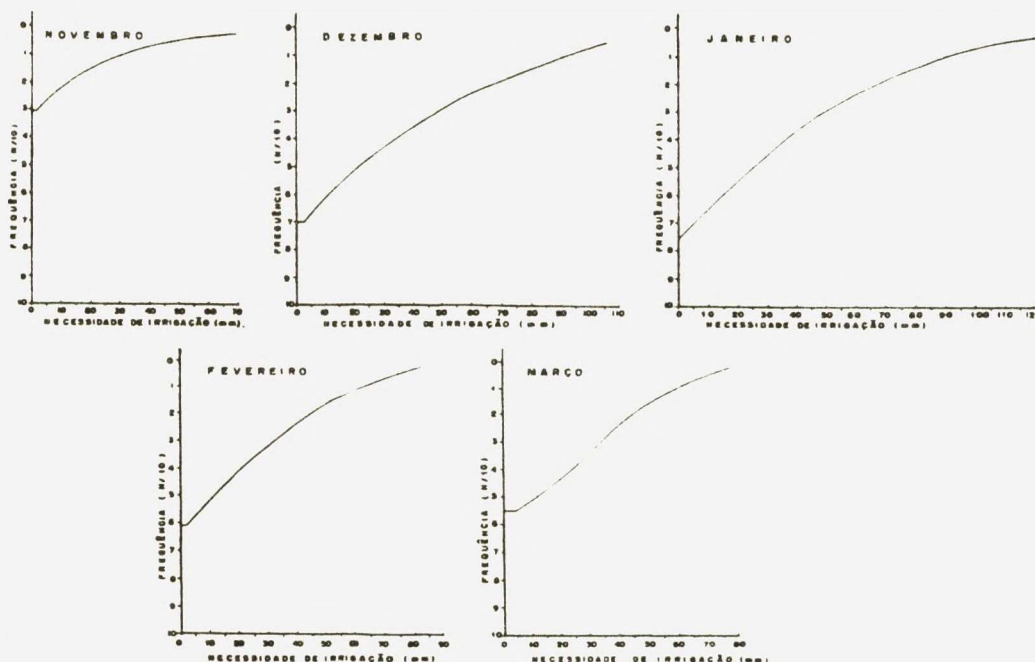


FIGURA 2 - Curvas Necessidades - Frequências (Balanço Hídrico Diário) Pelotas.

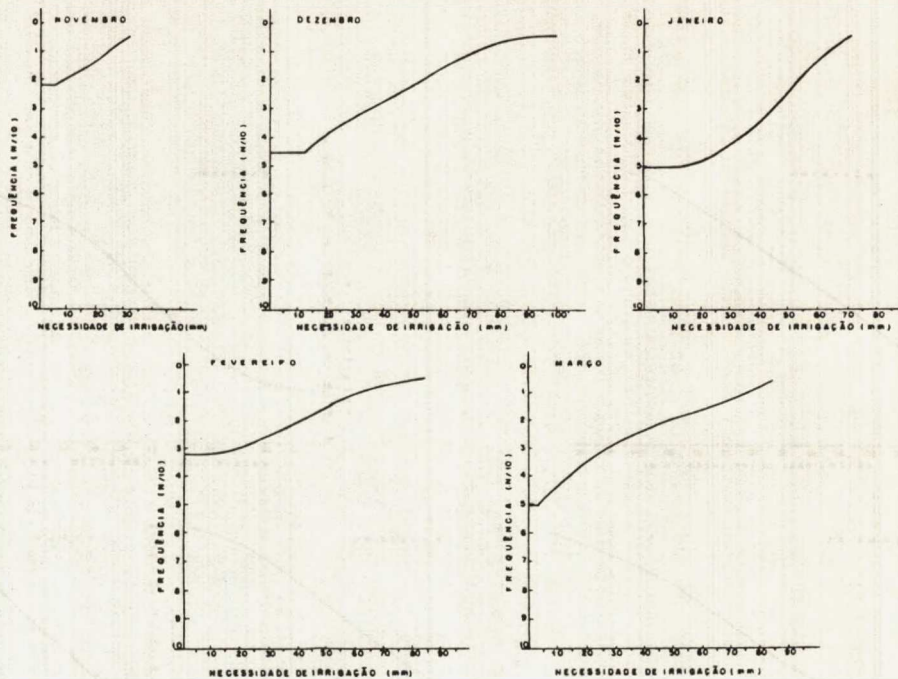


FIGURA 3 - Curvas Necessidades - Frequências (Balanço Hídrico Diário) Palmeira do Sul.

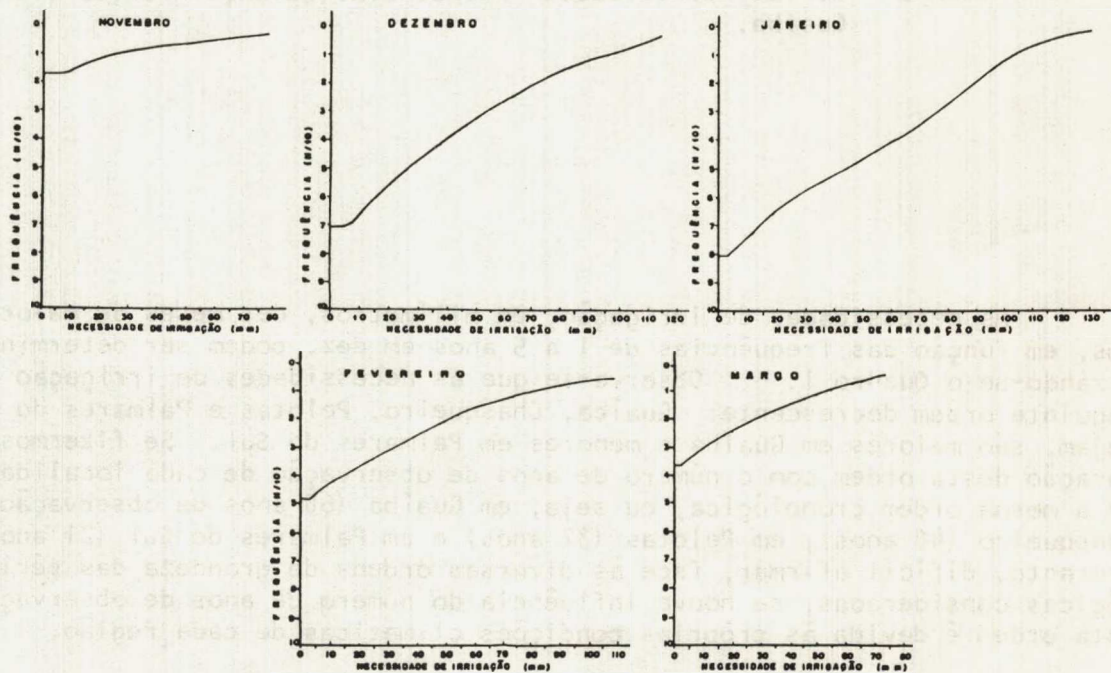


FIGURA 4 - Curvas Necessidades - Frequência (Balanço Hídrico Diário) Baía do Arroio Chasqueiro

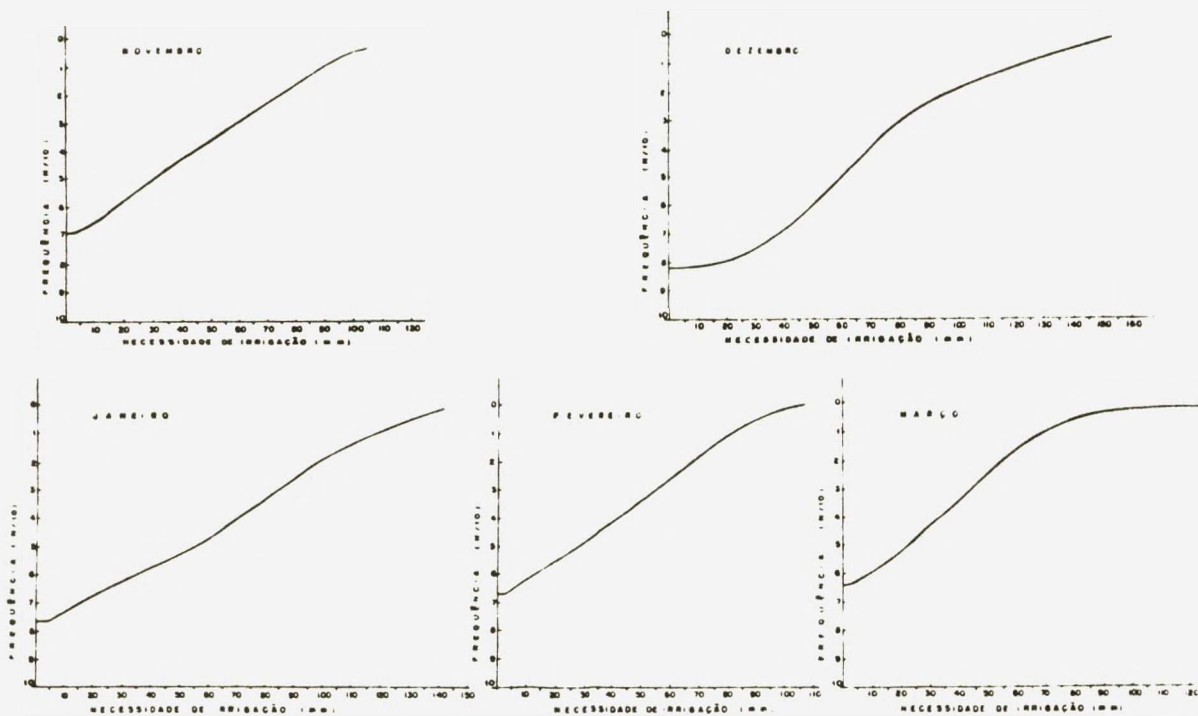


FIGURA 5 - Curvas Necessidades - Frequências (Balanço Hídrico Diário) Guaíba.

As necessidades de irrigação, em milímetros, dos meses de maiores consumos, em função das frequências de 1 a 5 anos em dez, podem ser determinadas utilizando-se o Quadro 1. Observa-se que as necessidades de irrigação seguem a seguinte ordem decrescente: Guaíba, Chasqueiro, Pelotas e Palmares do Sul, ou sejam, são maiores em Guaíba e menores em Palmares do Sul. Se fizermos uma comparação desta ordem com o número de anos de observação de cada localidade, nota-se a mesma ordem cronológica, ou seja, em Guaíba (60 anos de observação), em Chasqueiro (40 anos), em Pelotas (32 anos) e em Palmares do Sul (21 anos). É, entretanto, difícil afirmar, face às diversas ordens de grandeza das séries hidrológicas consideradas, se houve influência do número de anos de observação ou se esta ordem é devida às próprias condições climáticas de cada região.

QUADRO 1 - Necessidades de Irrigação (mm) nos meses de máximo consumo

LOCALIDADE	Frequência (N/10)				
	1	2	3	4	5
Guaíba	1,25 (jan)	98 (jan)	84 (jan)	70 (jan)	60 (dez)
Pelotas	94 (dez)	68 (dez)	50 (jan)	36 (jan)	25 (jan)
Palmares	75 (mar)	54 (jan)	44 (jan)	33 (jan)	15 (jan)
Chasqueiro	104 (jan)	90 (jan)	76 (jan)	62 (jan)	45 (jan)

Com relação à consistência dos resultados obtidos, as necessidades de irrigação são bem mais reais em Guaíba, do que em Palmares do Sul, em decorrência do número de anos de observação.

Analisando o Quadro 2, onde constam os valores das necessidades máximas mensais de irrigação e as probabilidades de ocorrências, verifica-se que para a frequência decenal (uma vez em dez anos) ou uma probabilidade 90%, para Guaíba, por exemplo, a necessidade de irrigação será de 1.560 m³/ha ou 0,58 l/s/ha. Isto significa que existe 90% de probabilidade de ocorrer um déficit agrícola menor que 1.560 m³/ha ou, em outras palavras, existe somente 10% de probabilidade de que a necessidade de irrigação seja igual ou superior a 1.560 m³/ha. A interpretação das demais probabilidades é idêntica.

QUADRO 2 - Probabilidades de Ocorrências de necessidades máximas de irrigação, em m³/ha e em l/s/ha.

LOCAL	Neces. Irrigação (unidade)	Probabilidade de Ocorrência				
		90%	80%	70%	60%	50%
Guaíba	m ³ /ha	1560	1200	1050	880	750
	l/s/ha	0,58	0,45	0,39	0,33	0,28
Pelotas	m ³ /ha	1269	918	675	486	338
	l/s/ha	0,47	0,34	0,25	0,18	0,13
Palmares	m ³ /ha	990	710	580	440	220
	l/s/ha	0,37	0,26	0,22	0,16	0,08
Chasqueiro	m ³ /ha	1331	1152	973	794	576
	l/s/ha	0,50	0,43	0,36	0,30	0,22

O citado quadro pode fornecer, desta forma, uma base racional para se projetar todas as estruturas hidráulicas de um projeto de irrigação, empregando-se convenientemente a frequência adequada.

Segundo GRASSI (1968) o risco a correr depende do valor econômico do cultivo. Em geral, para a agricultura irrigada, onde se realizam inversões conside

ráveis, deve-se trabalhar com uma probabilidade de 80%, ou seja, com a frequência quinquenal. POIRÉE e OLLIER (1970) procuram dar, à questão, um aspecto mais realista, sugerindo que a melhor frequência deve ser determinada experimentalmente, comprovando o valor da produção com as diversas quantidades de água calculadas em função das frequências. Seguindo este raciocínio, o presente estudo fornece também dados básicos experimentais, que poderão comprovar quais as demandas de água e frequências economicamente viáveis.

CONCLUSÕES

1. A análise de frequência eliminou o perigo de se trabalhar com valores médios.
2. Face ao número de anos de observação, os resultados obtidos são bem mais consistentes em Guaíba.
3. As maiores deficiências verificaram-se em Guaíba e as menores em Palmares do Sul.
4. Em Guaíba e Pelotas, as maiores deficiências ocorreram nos meses de dezembro e janeiro; em Palmares do Sul, ocorreram em janeiro e março e na Bacia do Arroio Chasqueiro, em janeiro.
5. Em Guaíba, o mês mais seco (dezembro) acusou um déficit de 153 mm e ocorreu em 1948; em Pelotas, janeiro foi o mês mais seco (122 mm) e ocorreu em 1955; em Palmares do Sul, o mês mais seco (dezembro) acusou uma deficiência de 100 mm em 1924; em Chasqueiro, janeiro foi o mês mais seco (131 mm) e ocorreu em 1939. Os anos agrícolas mais secos foram, respectivamente: 1942/43; 1942/43; 1924/25 e 1959/60.
6. Para a probabilidade de 80% de ocorrência, as necessidades de irrigação, segundo a vazão contínua, foram:

Guaíba	-	0,45 l/s/ha
Palmares	-	0,26 l/s/ha
Pelotas	-	0,34 l/s/ha
Chasqueiro	-	0,43 l/s/ha

LITERATURA CITADA

- BORNOZ, R. D. Lecarpentier, C. et BESANVAL, G. Etude Freq-entielle des besoins en eau d'irrigation em France metropolitaine, *S.T.C.A.E.* Paris (citado por Saint Foulc, 1968). 1964.
- DARLOT, A. La determination des debits d'equipement des installations d'irrigation a partir de l'etude frequentielle des besoins. *B.T.G.R.* n° 55/1. Paris. 1962.
- GRASSI, C.J. *Estimación de los Usos Consuntivos de Agua y Requerimientos de Riego com Fines de Formulacion y Diseno de Proyectos.* Centro Interamericano de Desarrollo Integral da Águas y Tierras. Mérida, Venezuela. 1968.
- GARCIA LOZANO, F. y BERNALDEZ, F.G. *Métodos en Uso y su Empleo para Cálculo de la Evapo-Transpiracion.* Ministério de Obras Públicas. Centro de Estudios Hidrográficos. S.P. 1964. n° 35 - Madrid.
- MELLO, O. et alii. Levantamento em séries dos solos do centro agrônomo. *Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS.* 1966. Vol. 8, n°s. 1/4.

- MORRETTI FILHO, H. *Caracterização da Seca Agronômica na Zona Canavieira do Estado de São Paulo como Base para os Estudos de Irrigação*. Tese de Concurso para provimento efetivo do cargo de Professor Catedrático da 6ª Cadeira, Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo 1965.
- PIRES, O.L.; MATTOS, A. e VILLELA, S.A. *Análise Estatística de Dados Pluviométricos*. Anais do II Simpósio Brasileiro de Hidrologia. IPH. Porto Alegre. 1972. 49-64.
- POIRÉE, M. e OLLIER, C.H. *El Regadio*. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona. 1970.
- RICHARDS, L.A. *Diagnostico y Rehabilitacion de Suelos Salinos y Sodicos* (Editor). Instituto Nacional de Investigaciones Agricola. Editorial Culytra T.G.S.A. México. 1965.
- SAINT-FOULC, J. d'At. *El Riego por Aspersión*. Editores Técnicos Asociados S.A. 1968.
- THORNTHWAITE, C.H. An approach toward a rational classification of climate *Geographical Review*, 38 (1): 55-94. 1948.
- TURC, L. Evaluation des besoins em eau d'irrigation-evapotranspiration potentielle. *Annales Agronomique*. nº 1 p. 13-49 (citado por Darlot 1962). 1961.
- WIESNER, C.J. *Climate, Irrigation and Agriculture*. Angus and Robertson Ltd Bartholomew Close-London. 1970.
- WINKLER, E.I.G. e GOEDERT, W.J. *Características Hídricas dos Solos de Pelotas, Rio Grande do Sul*. Pesquisas Agropecuárias Brasileiras 7: 1-4, 197 p. 1972.

APENDICE

```

IEF3751 JOB /LUCILOU / START 74336.1815
IEF3761 JOB /LUCILOU / STOP 74336.1816 CPU OMIN 02.16SEC

FORTRAN IV G LEVEL 21          MAIN          DATE = 74336          18/15/46          PAGE 0001

0001          DIMENSION NDIA (12), IEVP(12), EVAP(12), IP(12,31), PREC(12,31), DIF(12
0002          DATA XMES/' ' ' ' JAN' ' ' ' ' FEV' ' ' ' ' MAR' ' ' ' ' ABR' '
1 ' ' ' MAI' ' ' ' ' JUN' ' ' ' ' JUL' ' ' ' ' AGO' ' ' ' ' ' S
2ET' ' ' ' ' OUT' ' ' ' ' NOV' ' ' ' ' ' DEZ' /

C
C          IMPRIMIR O TITULO
C

0003          PRINT 1
0004          1 FORMAT(////////,40X,'*****')
1 *****',//,40X,'*',57X,'*',//,40X,'*',14X,'BALANCO
2 H I D R I C O',14X,'*',//,40X,'*',57X,'*',//,40X,'*****'
3 *****')

C
C          LER PERIODO A CALCULAR E RESERVA FACILMENTE UTILIZAVEL(RFU)
C

0005          READ 207, IAINI, IAFIM
0006          207 FORMAT(10X,14,10X,14)
0007          READ 209, RFU
0008          209 FORMAT(10X,F4.1)

C
C          INICIAR NO DIA EM QUE A DIFERENCA OU O SOMATORIO DAS DIFERENCAS SEJA
C          MAIOR QUE RFU
C

0009          XX=0.0
0010          SOMA=0.0
0011          ANT=0.0
0012          DO 198 JANO=IAINI, IAFIM
0013          IF (JANO)58,58,57
0014          57 PRINT 3
0015          3 FORMAT(1H1,9X,'DADOS DE ENTRADA RFU ETP MENSAL E PRECIPITACOES DIA
BRIAS')
0016          PRINT 4,RFU
0017          4 FORMAT(//,10X,'RESERVA FACILMENTE UTILIZAVEL (RFU)=',F8.2
1,/)

C
C          LER A EVAPOTRANSPIRACAO MENSAL
C

```

```

0018          PRINT 5
0019          5 FORMAT(//,10X,'EVAPOTRANSPIRACOES MENSAIS',//)
0020          READ 6, ESTA,(IEVP(J),J=1,12)
0021          6 FORMAT(4A4,12I4)
0022          PRINT 7,ESTA,(IEVP(J),J=1,12)
0023          7 FORMAT(2X,4A4,2X,12(14,3X))

C
C   LER AS PRECIPITACOES
C

0024          PRINT 12
0025          12 FORMAT(//,10X,'PRECIPITACOES DIARIAS',//)
0026          DO 23 J=1,12
0027             IDIA2=0
0028             DO 21 IO=1,2
0029             IDIA1=IDIA2+1
0030             READ 8,ESTA, IDIA2,(IP(J,K),K=IDIA1, IDIA2)
0031             8 FORMAT(4A3,12,2X,16I4)
0032             21 PRINT 9,ESTA, IDIA2,(IP(J,K),K=IDIA1, IDIA2)
0033             9 FORMAT(2X,4A3,2X,12,2X,16I4)
0034             NDIA(J)=IDIA2
0035             23 CONTINUE

C
C   INICIO PROPRIAMENTE DITO DO BALANCO HIDRICO DIARIO
C

0036          DO 51 J=1,12
0037             EVAP(J)=IEVP(J)*0.1
0038             IF(EVAP(J))69,24,69
0039             24 SOMA=0.0
0040             XX=0.0
0041             ANT=0.0
0042             SOMAR(J)=0.0
0043             MM=NDIA(J)
0044             DO 29 K=1,mm
0045             29 ARM(J,K)=0.00
0046             GO TO 51
0047             69 SOMAR(J)=0.0
0048             L=NDIA(J)
0049             DO 49 K=1,L
0050             PREC(J,K)*0.1
0051             DIF(J,K)=(PREC(J,K)-EVAP(J))/L

```

```

FORTRAN IV G LEVEL 21          MAIN          DATE = 74336          18/15/46          PAGE 0002

0052          IF(XX.EQ.1) GO TO 40
0053          IF(DIF(J,K)-RFU)16,25,25
0054          16 IF(ANT.EQ.RFU) GO TO 40
0055          IF(DIF(J,K))19,18,18
0056          19 DIF(J,K)=0.0
0057          18 SOMA=SOMA+DIF(J,K)
0058          IF(SOMA-RFU)46,25,25
0059          46 ARM(J,K)=0.00
0060          GO TO 49
0061          25 ARM(J,K)=RFU
0062          ANT=RFU
0063          GO TO 49
0064          40 IF(ANT.GE.0.AND.DIF(J,K).GE.0) ARM(J,K)=ANT+DIF(J,K)
0065          IF(ANT.GE.0.AND.DIF(J,K).LT.0) ARM(J,K)=ANT+DIF(J,K)
0066          IF(ANT.LT.0.AND.DIF(J,K).GE.0) ARM(J,K)=DIF(J,K)
0067          IF(ANT.LT.0.AND.DIF(J,K).GT.0.AND.DIF(J,K).LTRFU) ARM(J,K)=DIF(J,
1K)
0068          IF(ANT.LT.0.AND.DIF(J,K).LT.0) ARM(J,K)=DIF(J,K)
0069          IF(ARM(J,K).GE.RFU) ARM(J,K)=RFU
0070          IF(ARM(J,K).LT.0) SOMAR(J)=SOMAR(J)+ARM(J,K)
0071          ANT=ARM(J,K)
0072          XX=1.0
0073          49 CONTINUE
0074          51 CONTINUE
0075          PRINT 63,JANO
0076          63 FORMAT(1H1,//,30X,'ARMAZENAMENTOS DIARIOS EM MILIMETROS',//,30X,'A
7no',2X,14,//)
0077          IF((JANO/4)*4-JANO)10,22,10
0078          22 NDIA(2)=29
0079          10 PRINT 56,(XMES(IJ),IJ=1,24)
0080          56 FORMAT(' DIA',24A4)
0081          PRINT 66,(K,(ARM(J,K),J=1,12),K=1,28)
0082          66 FORMAT(14,12F8.2)
0083          IF(NDIA(2)-28)103,103,104
0084          104 K=29
0085          PRINT 66,K,(ARM(J,K),J=1,12)
0086          GO TO 203
0087          203 K=30
0088          PRINT 76,(K,ARM(1,K),(ARM(J,K),J=3,12))
0089          76 FORMAT(14,F8.2,8X,10F8.2)
0090          GO TO 106
0091          103 PRINT 77,(K,ARM(1,K),(ARM(J,K),J=3,12),K=29,30)
0092          77 FORMAT(14,F8.2,8X,10F8.2)
0093          GO TO 106
0094          106 K=31
0095          PRINT 88,K,ARM(1,K),ARM(3,K),ARM(5,K),ARM(7,K),ARM(7,K),ARM(8,K),ARM(10,K)
1,ARM(12,K)
0096          88 FORMAT(14,F8.2,3F16.2,,F8.2,2F16.2)
0097          PRINT 99,(SOMAR(J),J=1,12)
0098          99 FORMAT(//,30X,'DEFICITS MENSAIS ACUMULADOS (MM/MES)',//,4X,12F8
1.2)
0099          198 CONTINUE
0100          58 STOP
0101          END

```