

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PLANIFICAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS

por

Walter Miranda Ramalho

Campina Grande, Paraíba

SETEMBRO - 1978



R165p Ramalho, Walter Miranda.
Planificação e racionalização de redes
hidrometeorológicas / Walter Miranda Ramalho. - Campina
Grande, 1978.
87 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade
Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1978.
"Orientação : Prof. Dr. Vajapeyan Shirangachar
Srinivasan".
Referências.

1. Hidrometeorologia. 2. Redes Hidrometeorológicas -
Planificação e Racionalização. 3. Recursos Hídricos. 4.
Dissertação - Ciências. I. Srinivasan, Vajapeyan
Shirangachar II. Universidade Federal da Paraíba - Campina
Grande (PB). III. Título

CDU 551.579(043)

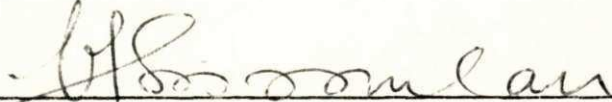
PLANIFICAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DE REDES
HIDROMETEOROLÓGICAS

Walter Miranda Ramalho
- Engenheiro Civil -

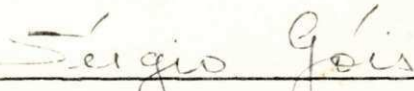
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE
PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISAS DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECES
SÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovado por:

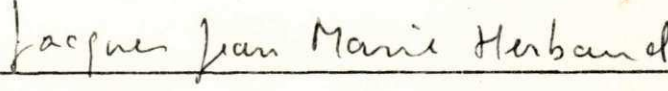
COMISSÃO



PROF. VAJAPEYAN SRIRANGACHAR SRINIVASAN
Presidente



PROF. RAIMUNDO SÉRGIO SANTOS GÓIS



PROF.

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL
SETEMBRO - 1978

DEDICATÓRIA

a Maria

Assim como o mar
reúne todas as águas
Maria reúne em si
todas as graças.

Stº Agostinho

A G R A D E C I M E N T O S

O Autor agradece:

Aos Professores Vajapeyan Srirangachar Srinivasan e J. Herbaud, pela orientação e valiosos ensinamentos.

A Maria Jacy Lessa Ramalho, pela companhia fiel e única na persistência de um dever.

Ao Professor Átila Augusto Freitas de Almeida, pela capacidade de avaliação.

Aos Professores Heronides Dias de Barros e Heber Carlos Ferreira, pelo incentivo na continuidade deste Curso.

Aos franceses Nouvelot e Jacon, por seus próprios artigos e demais bibliografias do ORSTOM, generosamente doados.

Ao 3º BEC CNST, de modo especial ao seu ex-Comandante Tenente Coronel Aldo Peixoto e ao Capitão Cleon Valentim de Sousa, Comandante da 1ª Cia. de Construção, pela benevolência na concessão da licença para conclusão deste mestrado.

Aos colegas Gleryston Lucena, José do Patrocínio e Aydil de Gusmão, pela facilidade na aquisição de bibliografia e dados da SUDENE, e a Mário Adelmo, pela colaboração cartográfica.

A Raimundo Sérgio Santos Góis, pela colaboração na revisão gráfica.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - pelo financiamento do estudo, através do auxílio de pesquisa concedido para seu orientador, Professor V.S. Srivivasan.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - CAPES - e CNPq, pelas bolsas concedidas durante o Curso de Pós-Graduação.

A todos os Professores e colegas do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba que, direta ou indiretamente, cooperaram na concretização desta pesquisa.

RESUMO

Os dados hidrometeorológicos sendo fundamentais no aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, o sistema de informações destes dados deve ser bem planejado. Neste trabalho, são considerados o processo de planificação de uma rede hidrometeorológica, bem como o processo de otimização de uma rede instalada, levando em conta os aspectos especiais das regiões áridas e semi-áridas do Nordeste do Brasil.

O processo de otimização de rede, chamado de racionalização, é aplicado para uma região do Estado da Paraíba - a depressão de Cabaceiras - uma área hidrologicamente homogênea do Agreste. O método e os programas elaborados por Herbaud (5) são utilizados. Os resultados indicam que, embora não existam dados disponíveis de duração e qualidade adequadas para racionalizar a rede, o método é válido e deve ser considerado como a etapa posterior à planificação da rede.

ABSTRACT

The hydrometeorological data being fundamental in the utilization of water resources of any region, the system of these information must be well planned. In this work the planning process of a hydrometeorological network as well as the optimization process of an installed network are considered, taking into account the arid and semi-arid conditions of the Northeastern region of Brasil.

The network optimization process, here in called rationalization, is applied to a region in the State of Paraíba - the Depression of Cabaceiras - a hydrologically homogeneous dry area. The method and programs developed by Herbaud are used. The results indicate that, though the available data are not of adequate duration and quality, the method is valid and must be considered as a step posterior to the planning of the network.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - PLANIFICAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS	3
1.0 - Generalidades	3
2.0 - Conceitos e Definições	5
3.0 - Processos de Planificação	7
3.1 - Processos das Redes Intensivas	9
4.0 - Critérios para o Desenvolvimento de uma Rede Mínima	9
5.0 - Métodos e Fases da Planificação	12
5.1 - Documentação Geral do Meio Físico - Climático Regional a ser Usada na Planificação	13

5.2 - Estudo dos Caracteres do Meio Físico - Climático Regional	14
6.0 - Determinação das Zonas Hidro lógicas Teoricamente Homogê neas	22
7.0 - Implantação das Estações de Medição Hidrométricas	23
CAPÍTULO III - RACIONALIZAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS	26
1.0 - Generalidades	26
2.0 - Métodos de Racionalização de Redes Hidrometeorológicas	27
3.0 - Métodos de Racionalização	28
3.1 - Escolha dos Métodos e Instruções para Racionalização	29
4.0 - Escolha da Variável para Raci onalização de uma Rede Hidro meteorológica de Medição	31
4.1 - Estudo Estatístico da Variável Escolhida	33
5.0 - Tratamento Automático	38
6.0 - Estudo das Correlações Entre as Estações	40

	Página
CAPÍTULO IV - PLANIFICAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DE REDES PLUVIOMÉTRICAS NO NORDESTE DO BRASIL	42
1.0 - A Região Nordeste do Brasil	42
1.1 - Histórico da Implantação da Rede Hidrometeorológica no Nordeste Brasileiro	43
1.2 - Situação Existente	46
2.0 - Racionalização da Rede Pluviométrica da Depressão de Cabeceiras	48
2.1 - Seleção da Área	48
2.2 - Documentação Existente	50
2.3 - As Características Físico-Climáticas	50
2.4 - Tratamento Automático da Racionalização	51
2.4.1 - Descrição dos Programas	52
2.5 - Dados Pluviométricos para Racionalização	62
CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES	77
- Bibliografia	79
- Apêndice - Detalhes dos Programas	82

LISTA DE SÍMBOLOS

Os seguintes símbolos são usados neste trabalho:

- A = área da bacia
 $A_1, A_2 \dots A_i$ = classes de altitudes
 a_i = porção (%) da superfície A da bacia compreendida entre curvas de nível vizinhas c_i e c_{i-1}
 α = risco em percentagem (%)
 C = índice de capacidade da bacia
 C_r = coeficiente de correlação entre duas séries de dados pluviométricos para um período comum
 C_v = coeficiente de variação
 D = densidade (número de estações/km²) de todas as estações hidrometeorológicas em um momento dado
 D' = densidade de todas as estações de mais de 10 anos no mesmo momento
 D_m = densidade mínima
 D_s = desnível específico
 d = distância entre duas estações em km
 d_i = desnível entre duas curvas de nível vizinhas ($c_i - c_{i-1}$)
 E = eficácia relativa
 $f(p, \alpha)$ = função precisão-risco
 f_o = limite da função precisão-risco
 $H_1, H_2 \dots H_i$ = classes de clima de uma região
 I_G = índice de declividade global
 I_p = índice de declividade de uma bacia em (m/km) ou em (%)

J	=	prazo total de racionalização
J'	=	prazo intermediário de racionalização
K	=	fator de forma
k	=	número de anos comuns de observações em uma estação secundária e em uma primária
L	=	comprimento do retângulo equivalente
N	=	número de locações
N_p	=	número de primárias em cada lote
N_e	=	número de locações para vários lotes de estações primárias
n	=	anos de observações nas estações primárias
P	=	perímetro da bacia
$P_1, P_2 \dots P_i$	=	classes de permeabilidade de um solo
p	=	precisão em percentagem (%)
$R_1, R_2 \dots R_7$	=	classes de relevo de uma bacia
r	=	coeficiente de correlação entre duas estações
$k^{r_{xy}}$	=	coeficiente de correlação de x e y em k anos de observações comuns
S_i	=	estação secundária
k^{S_x}	=	desvio padrão de x em k anos de observações comuns
k^{S_y}	=	desvio padrão de y em k anos de observações comuns
T	=	período total de racionalização
t	=	variável reduzida de Gauss
V	=	volume total de observações
x	=	observações na estação primária
\bar{x}	=	média das observações x
\bar{x}_k	=	média de x em k anos de observações comuns
\bar{x}_n	=	média de x em n anos de observações comuns
Y	=	observações na estação secundária
\bar{y}	=	média das observações y

\hat{y} = estimativa da média da variável y

\bar{y}_k = média de y em k anos de observações comuns

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Qualquer projeto de aproveitamento dos recursos hídricos necessita de informações hidrometeorológicas, como base. A previsão de enchentes, de tempestades e de outras causas de calamidade, assim como os projetos de irrigação, de saneamento etc., confirmam esta necessidade. Os postos pluviométricos, fluviométricos e as estações hidrometeorológicas são utilizados para observação e coleta destas informações, em pontos pré-determinados. O conjunto dessas estações de medição, constitui a rede hidrometeorológica. O objetivo do desenvolvimento desta rede é, claramente, o de se obter o máximo de informação com o mínimo de custo.

A planificação da densidade mínima e da repartição adequada dos postos em uma área, constitui a primeira fase no planejamento de uma rede hidrometeorológica. Uma reavaliação do comportamento desta rede planejada, a otimização em termos de custo e a coleta de informações seriam a segunda fase. Este processo é geralmente conhecido como a racionalização da rede.

A importância do planejamento para um país em desenvolvimento como o Brasil, é bem evidente (6, 16). É ainda mais im

portante nas regiões áridas e semi-áridas, onde a variabilidade dos fatores hidrometeorológicos, sendo bem grande, torna este processo fundamental no aproveitamento dos raros recursos hídricos. O objetivo principal deste trabalho é a avaliação dessa situação no Nordeste e uma aplicação, de maneira científica, dos processos de planificação e racionalização de redes, qualquer que seja o caso.

Um dos bons trabalhos que trata da teoria da planificação de uma rede hidrométrica mínima é dado por Dubreuil e Guiscafre (1), o qual foi aplicado em duas regiões da França, na Lorena e no Maine. Tomando esta teoria por base, foi desenvolvido, no Nordeste do Brasil, um plano geral de planificação da rede hidrometeorológica.

Com o processo de planejamento, mais ou menos completo seria necessário e também interessante tentar o processo de racionalização no sentido de otimizar a rede planejada. Marcel Roche (14) e Herbaud (5) tratam dos aspectos práticos do processo de racionalização, muito bem, e Herbaud desenvolveu programas para computador que tratam do volumoso trabalho de racionalização. Aqui será apresentada a aplicação desse processo da racionalização para uma região semi-árida no Nordeste do Brasil, conhecida como a depressão de Parari-Cabaceiras.

Nos capítulos seguintes serão apresentados e descritos os processos de planificação e de racionalização e, em seguida, serão tratados os programas da racionalização. Os resultados da aplicação do processo de racionalização para a área da depressão de Cabaceiras são tratados no Capítulo V.

CAPÍTULO II

PLANIFICAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS

1.0 GENERALIDADES

A Hidrologia é uma ciência que trata de fenômenos, em sua maioria, aleatórios, com grande variabilidade no espaço e no tempo, seja em termos de pluviometria ou de fluviometria.

O controle do volume das águas em eclusas de um canal navegável, o cálculo da carga sobre uma represa, o cálculo de vazão para produção de energia, para irrigação de cultivos ou para abastecimento de cidades, indústrias etc., tornam necessário o conhecimento de um ou vários elementos da hidrologia. Com a finalidade de conhecer estes é que se instalam as redes de medição e informação hidrometeorológicas.

Os aparelhos de medição, tendo uma área de captação muito pequena (em torno de 400 cm^2) nos fornecem apenas observações pontuais que representam uma área circunvizinha bem maior que aquela. Para uma maior precisão da representatividade sobre uma região geográfica, é necessário planificar, de maneira científica, a rede hidrometeorológica. A finalidade desta planificação é a obtenção do máximo de informações com o mínimo de custo.

Medições de precipitação parece já terem sido feitas, muitos séculos antes de Cristo. Assim, na Índia 300 a.C., já existiam padrões para predizerem a distribuição pluviométrica nas estações chuvosas. Uma previsão de tal distribuição podia ser feita observando-se a posição e o movimento de Júpiter, o movimento de ascensão e ocaso de Vênus e o natural ou artificial aspecto do Sol. O acima exposto confirma que registros de precipitação já haviam sido feitos na Índia.

Embora já existissem medidores de chuva na Coréia, em 1442 e, em 1662, Sir Christopher Wren tivesse inventado o pluviômetro basculador, não há notícia de registros de confiança, com período superior a 100 anos. Só na Década Hidrológica Internacional da ONU foi dada ênfase, no sentido de se estabelecerem redes básicas e de se expandirem as já existentes, desde as pequenas bacias até o mundo como um todo (UNESCO, 1964).

A implantação de uma rede hidrometeorológica básica pode apresentar vários aspectos e modalidades. Pode surgir no âmbito da administração nacional, ou da manutenção, em funcionamento, das estações terciárias, após atingidos os objetivos específicos para que estas foram criadas. Pode surgir da competência de várias administrações coligadas, com domínio jurídico na medição dos recursos hídricos, criando um serviço hidrométrico etc.

A rede hidrométrica não é fruto de uma criação casual, repentina e integral, mas o resultado de processos diversos, repartidos no tempo. Dubreuil e Guiscafre (1) afirmam que sem planificação, deixando jogar livremente as estruturas administrativas e técnicas, há fortes possibilidades de se criar um aspecto desordenado e repartição muito irregular das estações.

2.0 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Aqui serão definidos os conceitos de rede hidrometeorológica e de planificação da mesma. Conceitos estes a serem utilizados nos parágrafos e capítulos seguintes. Também serão descritos a natureza de cada espécie de dado, os tipos de redes e as categorias das estações.

Rede Hidrometeorológica - "é o conjunto de estações distribuídas no espaço, onde se mede, durante um período indefinido ou não, certo número de parâmetros referentes a um ou vários fenômenos hidrológicos e meteorológicos. Esta estrutura corresponde às necessidades da dupla variabilidade em questão" (14)

Planificação de Redes - "é o estabelecimento de um plano de localização das estações de medição, destinadas a formar o esqueleto de base permanente desta rede, levando-se em conta as condições físicas, climáticas e econômicas do meio regional considerado." "É a definição dos critérios de escolha das localizações." (1)

Natureza dos Dados - A Organização Mundial de Meteorologia - OMM - (10) cita nove espécies de dados hidrológicos e climatológicos:

- 1 - Precipitação e cobertura de neve,
- 2 - Nível e descarga de rios e nível de lagos e reservatórios,
- 3 - Evaporação e evapotranspiração,
- 4 - Transporte e deposição de sedimentos,
- 5 - Qualidade química da água,
- 6 - Temperatura da água,
- 7 - Cobertura de gelo sobre rios, lagos e reservatórios
- 8 - Densidade de plantas aquáticas nos leitos dos rios,
- 9 - Umidade do solo e água subterrânea,

e dá ênfase para os registros de precipitação e descargas de rios. Esses dois elementos, usualmente se constituem a maior parte das redes hidrológicas e climatológicas. Propõe a OMM que: a temperatura da água e a amostra para o estudo físico-químico da qualidade da mesma, sejam tomadas, toda vez em que sejam visitadas a estação hidrométrica para medição da vazão, as estações de medição de descarga de sedimento e sedimentação, funcionem como componentes da rede de medição de vazão de rios, e as estações de medição de evaporação funcionem de tal maneira a fornecerem as informações conjuntas de evaporação e precipitação diárias, temperatura máxima e mínima, umidade relativa e o ponto de orvalho.

Tipos de Redes - Conforme o grau de evolução dos critérios de densidade, repartição e idade das estações, as redes se classificam em dois tipos, (1, 5, 9):

Rede Mínima, que é o conjunto de estações de medição pontual, visando incluir todas as regiões geográficas ao preencher todas as lacunas de informação e ao representar cada zona hidrológica, teoricamente homogênea de uma região. Ela pode, por técnicas adequadas, permitir interpolação ou extrapolação das características gerais dos elementos hidrológicos e meteorológicos(15).

Rede Ótima, que se fundamenta no amadurecimento da rede mínima, com uma densidade maior que esta, e uma repartição adequada para permitir cálculo direto, ou por extensão estatística de todos os dados quantitativos, médias e valores extremos. Estes dados são observados em uma estação de base, com precisão conhecida e qualidade definida pelo risco admitido.

Esta classificação se refere a qualquer natureza de rede, quer seja fluviométrica, pluviométrica, evaporimétrica etc.

Existem três categorias de estações de medição (5):

Estações Primárias, quando são fixas e observadas por um período indefinido e contínuo.

Estações Secundárias, quando operadas por um número limitado de anos, até que seja possível se estabelecer uma correlação entre estas e as estações primárias. Estabelecida a correlação, aquelas serão transferidas para novos locais e novas correlações serão desenvolvidas.

Estações Terciárias, que são específicas de um problema particular e não funcionam, geralmente, mais de cinco anos. O objetivo terciário é prioritário na criação de estações. A noção básica de rede lhe é posterior. O conjunto terciário não constitui uma rede, mas esta se edifica, de preferência, por adiantamento no conjunto terciário (5).

3.0 O PROCESSO DE PLANIFICAÇÃO

O processo de planificação de uma rede tem, como objetivo, a localização das estações de medição numa região.

As tendências seculares na altura de precipitação são pesquisadas através das observações de alturas de chuva em um "ponto" (a área de captação do medidor). Benham e Lee, 1956, citados por Rainbird (13) verificaram que o erro do valor médio anual deduzido de t anos é aproximadamente proporcional a $1/t$. Assim, este erro, baseado em um registro de 20 anos, é cerca de 30% menor que em um de 10 anos. A quantidade mínima de anos de observações necessárias para um cálculo estável do valor anual médio é uma função da variabilidade interanual de precipitação e varia de uma zona climática para outra.

O projeto de uma rede pluviométrica envolve então consideração das densidades mínima e ótima de área dos medidores, e também do período de anos que cada medidor deve ser operado. Esses dois fatores não devem ser calculados independentemente. Por exemplo, em um estudo de precipitação sobre o Rio Colorado Superior, Marlaht e Riehl (1963) descobriram que as alturas anuais de precipitação para a bacia do rio (100.000 milhas quadradas) avaliadas a partir de registros em treze estações aproximavam-se de uma distribuição gaussiana. O número de anos de registros requeridos para definir adequadamente a distribuição de frequência da precipitação anual da bacia, é, assim, relacionado neste caso, ao número de estações usados para avaliar as alturas de precipitação da bacia.

A densidade dos medidores requerida para determinar as alturas médias de precipitação em uma área com um erro médio especificado tem sido determinada através de dois processos de estudos (Kohler, 1958) citado por Rainbird (13). O primeiro é baseado na teoria estatística do erro da amostragem, e o segundo na comparação de estimativas de altura em uma área a partir de redes de densidade variável, com aquelas a partir de redes muito densas de medidores.

O segundo processo foi muito bem pesquisado por Osborn e Keppel (11) em redes densas de medidores de chuva, como complemento de redes de regiões semi-áridas. Podemos, daí, fazer a classificação das redes, em extensivas e intensivas, as duas sendo comparáveis (8) O segundo processo, das redes intensivas, será delineado a seguir.

3.1 O Processo das Redes Intensivas

É impossível recomendar um processo universal para planificação de redes. Mas, de uma maneira geral, a planificação, em qualquer região, depende:

- 1º) Do tamanho da área
- 2º) Da extensão do intervalo de tempo sobre a precipitação a ser medida
- 3º) Do tipo de precipitação
- 4º) Dos fins a serem servidos pelos dados
- 5º) Da precisão com que a distribuição de área e tempo devem ser medidos.

Estudando as chuvas convectivas de verão em quatro regiões áridas do Arizona e do Novo México, Osborn e Keppel (11) compararam os dados pluviométricos da rede extensiva federal e os da rede intensiva instalada pelo Serviço de Pesquisas da Agricultura. Chegaram à conclusão de que os mapas de isoietas da rede extensiva não eram significativos, levando em conta os dados de observação da rede intensiva. Por exemplo, para uma grande tormenta (em 13 de julho de 1961, na bacia experimental do regato de Alamogordo) um dos pluviômetros da rede intensiva instalada registrou 3.09 in em 15 minutos e a rede extensiva oficial federal, apenas 0,70 in. Isto mostra a necessidade de redes intensivas como complemento das redes extensivas em zonas áridas e semi-áridas (4).

4.0 CRITÉRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE MÍNIMA

Os critérios para o desenvolvimento de uma rede mínima em geral são três: o critério da densidade, o da repartição das estações e o da idade das estações. (1)

Pelo critério da densidade, são estabelecidas regras gerais para definir normas de densidade, dividindo-se as regiões em três tipos (10):

- a) Em região montanhosa, uma estação para 300 a 1.000 km^2 ;
- b) Em região não montanhosa, uma estação para 1.000 a 2.500 km^2 ;
- c) Em regiões áridas e polares, uma estação para 5000 a 20.000 km^2 .

Estas regras e normas são estabelecidas baseando-se somente em medidores de armazenagem e registros ordinários. Em certas situações, no entanto, estabelecem-se normas provisórias, atendendo às condições de população esparsa, falta de meios de comunicação, de acesso e de outras razões econômicas.

Dubreuil analisa a situação de uma rede em função desses critérios, acima estabelecidos, e classifica cinco situações, de acordo com o quadro a seguir:

Densidade D	$D < D_m$	$D_m < D < 2D_m$	$D > 2D_m$
Densidade D' $D' < D_m$	Planificação Útil	Planificação Urgente	Planificação Pouco Útil
$D' > D_m$	-	Racionalização Útil	Racionalização Urgente

Sendo D = Densidade (número de estações/ km^2) de todas as estações hidrometeorológicas em um momento dado

D' = Densidade de todas as estações de mais de 10 anos no mesmo momento

D_m = Densidade mínima.

Dubreuil recomenda: "não se deve deixar uma rede crescer anarquicamente, até uma densidade $D > 2D_m$, sem antes planificá-la. Se tal acontecer, deve-se procurar mais racionalizá-la do que planificá-la, que implicará num mal menor." (1)

A OMM (10) usa um único critério para o desenvolvimento da rede mínima: o critério da densidade. Mas, embora se reconheça ser este o único critério possível e realizável em nível mundial, se a criação da rede é desordenada, Dubreuil e Guiscafre (1) aconselham usar os critérios da repartição e da idade das estações. Pelo critério da repartição das estações, entende-se a ausência de lacunas geográficas e o melhor grau de correlação entre essas estações. Este é o principal critério para verificação, "a priori", da eficiência da planificação e da racionalização, não podendo, contudo, ser expresso numericamente. Pelo critério da idade das estações, pode-se verificar, "a priori", a maturidade da rede e o grau de evolução da mesma e, ainda, avaliar se é tempo de planificá-la ou de racionalizá-la. Este critério, como o da densidade, pode ser expresso numericamente. Herbaud aconselha um mínimo de dez anos de observação para que seja possível uma correlação entre duas estações. (5)

Quanto ao fechamento de estações, caso a locação de alguma estação já antiga por ocasião da planificação não seja satisfatória, a OMM (10) também aconselha a instalar-se uma estação nas proximidades daquela e tentar uma correlação entre as duas. Se isto for conseguido por 10 anos, só então se abandonará a antiga. Caso não se consiga esta correlação, abandona-se a estação velha, principalmente se é constatado que os registros não são de confiança. A nova estação poderá permanecer se

pela planificação, houver necessidade de estação para aquela zona hidrológica.

5.0 MÉTODOS E FASES DA PLANIFICAÇÃO

Dumitrescu (2) indica três métodos de planificação:

- a) O método dos coeficientes globais, que diferencia os fatores geográficos fundamentais do escoamento, compreendendo, sob a forma de coeficientes, a influência dos outros fatores.
- b) O método cartográfico de representação e de interpolação geográfica das características hidrológicas. Este método se baseia na variação contínua, sobre o território, dessas características, as quais são submetidas às leis da repartição zonal geográfica.
- c) O método da analogia hidrológica (o mais geral dos métodos de interpolação) que se aplica, também, - quando existe a influência dos fatores não ligados às zonas, e se presta à expressão das características que não podem ser traduzidas por desenho cartográfico (por exemplo: a repartição do escoamento no curso do ano).

Esses métodos de cálculo empregados em hidrologia, no caso de uma rede hidrométrica, por exemplo, refletem a lei das zonas geográficas e salientam as características da repartição zonal hidrológica. Daí, Dubreuil e Guiscafre (1) indicam dois grupos de regras metodológicas para a planificação: Um primeiro grupo de regras que tratam dos caracteres do meio físico-climático regional, podendo ser aplicadas por qualquer método de

cálculo apresentado acima. E um segundo grupo de regras, que se referem aos meios e critérios de implantação das estações, o que constitui mais um problema de administração.

A aplicação dessas regras metodológicas exige três fases para a planificação (1). Na primeira fase, faz-se o estudo teórico das características do meio físico-climático, baseado em documentos gerais. Na segunda, uma confrontação do estudo teórico com as realidades regionais. A conclusão dessas duas primeiras fases, será o desenho do mapa das ZONAS HIDROLÓGICAS TEORICAMENTE HOMOGÊNEAS. Por fim, vem a fase da implantação das estações, de acordo com os objetivos gerais da administração dos recursos hídricos.

No caso de uma rede hidrométrica, a cartografia da planificação pode ser feita na escala da região administrativa ou hidrográfica, variando entre 10.000 a 25.000 km². Sendo a escolha da região hidrográfica preferível à da região administrativa. A planificação regional desta espécie de rede só é válida, contudo, para pequenos e médios cursos de água. Para os grandes rios, o estudo deve ser feito sobre a totalidade do curso. (1).

5.1 Documentação Geral do Meio Físico-Climático Regional a ser Usada na Planificação

A maior parte da planificação se executa sobre mapas. Cada mapa reflete o zoneamento de uma região, conforme o caráter físico climático, em estudo. Assim, os mapas topográficos e os geomorfológicos na escala, em geral, de 1/100.000, são usados para determinação da declividade e nível. E a mesma espécie de mapas, em geral, na escala de 1/250.000 são usados como documentos de síntese. Os mapas hidrogeológicos, os geológicos

e os pedológicos na escala de 1/500.000, são usados na avaliação do caráter permeabilidade. Por fim, temos, ainda, os mapas climáticos, os bioclimáticos e os de vegetação.

Além dessa documentação cartográfica, faz-se necessária, também, toda e qualquer eventual documentação original para a investigação local, como:

- 1º) Inventários regionais dos recursos hídricos;
- 2º) Monografias hidrológicas;
- 3º) Os estudos locais dos fenômenos kársticos etc;
- 4º) Monografia geográfica, que é a concordância de regiões geográficas com zonas hidrológicas teoricamente homogêneas;
- 5º) Informações referentes aos programas passados e atuais, em execução de curto e longo prazos, da utilização dos recursos hídricos e importância de necessidades dos diversos consumidores.

5.2 Estudo dos Caracteres do Meio Físico-Climático Regional

"A priori", não se pode definir os caracteres hidrológicos, porque a implantação da estação tem como finalidade de terminá-los, fazendo a ligação entre esses e os fatores físicos e climáticos da zona. Mas os fatores físico-climáticos são - em geral - bem conhecidos e, por hipótese, uma ZONA FÍSICO - CLIMÁTICA corresponde a uma ZONA HIDROLÓGICA TEORICAMENTE HOMOGENEA.

As quatro principais características físico-climáticas que influenciam o regime hidrológico, são:

I - CLIMA

- II - NATUREZA DO SUB-SOLO (OU SUA PERMEABILIDADE NO SENTIDO MAIS AMPLO)
- III - RELEVO
- IV - VEGETAÇÃO

Esta ordem pode ser alterada de região para região. A ordem acima foi escolhida para o Nordeste do Brasil, por hidrólogos do ORSTOM (9). Esta região Nordeste é pouco acidentada, com vegetação natural homogênea mais ou menos desbravada e os terrenos permeáveis alternam com os impermeáveis. A abundância do escoamento depende, essencialmente, das precipitações, sendo a região semi-árida, em vários setores.

I - CLIMA

O clima intervém, essencialmente, pela precipitação seguida pela temperatura, pelo regime dos ventos e umidade. Para uma pequena região, onde o clima é homogêneo e sem grande variabilidade, pode-se desprezar os fatores secundários, como: umidade, insolação etc. (9).

A pluviosidade seria o único fator do clima, representada pela altura anual de precipitação, porque todos os outros caracteres do regime das precipitações, nas regiões pouco extensas, são estreitamente ligados. Surge, assim, a seguinte divisão, em cinco classes de clima:

- H₁ - Precipitações anuais médias inferiores a 800 mm
- H₂ - Precipitações anuais médias entre 800mm e 1.000 mm
- H₃ - Precipitações anuais médias entre 1.000 mm e 1.400 mm
- H₄ - Precipitações anuais médias entre 1.400 mm e 1.800 mm

H_5 - Precipitações anuais médias superiores a 1.800 mm.

Mas, para regiões quentes tropicais, a temperatura intervém como fator da evaporação potencial, a qual influi na possibilidade de das chuvas produzirem mais ou menos escoamento. Nessas regiões, não só se precisa das isotermas médias e máximas médias mensais como, também, do cálculo da evapotranspiração potencial. Só a prática permite escolher, para determinado local, o bom índice térmico ou evaporimétrico na divisão climática. Nouvelot devido à variabilidade da temperatura interanual muito fraca, - às amplitudes térmicas mensais muito reduzidas (1° a 3°) e ao influente papel da altitude na variação térmica ($0,6^{\circ}$ a $0,8^{\circ}/100$ metros) dá ênfase a três fatores: pluviosidade anual, distribuição mensal e altitude, na determinação dos tipos de clima da região Nordeste do Brasil. (9)

II - NATUREZA DO SUB-SOLO OU SUA PERMEABILIDADE

O solo, conforme sua permeabilidade, pode ser dividido em cinco classes:

- P_1 - Zona permeável com aquífero "drenante" ou "não drenado." O aquífero é drenante quando o terreno é muito permeável, as precipitações se infiltram em sua quase totalidade e, na superfície, a rede hidrográfica é pouco ou não desenvolvida. Diz-se que o aquífero é não drenado quando não alimenta, ou pouco alimenta, a rede hidrográfica no local.
- P_2 - Zona permeável, aquífero drenado. Terreno permeável, tendo um aquífero importante e generalizado, alimentando, em todo ou em parte, a rede hidrográfica no local.

- P_3 - Zona com permeabilidade média ou pequena
 P_4 - Zona kárstica
 P_5 - Zona impermeável.

A determinação das regiões de permeabilidade homogênea é feita em dois estágios. No primeiro estágio sobre decalques, com mapa de fundo na escala de 1/250.000, são representados os principais terrenos ou zonas assinalados com seus índices de permeabilidades (P_1 , P_2 , P_3 , P_4 ou P_5). No segundo, são estabelecidas as regiões de permeabilidade homogênea, reunindo-se os terrenos vizinhos, que têm o mesmo índice, e estilizando-se o contorno dessas regiões.

III - RELEVO

O relevo é um fator importante na maior ou menor aptidão ao escoamento dos terrenos. Dubreuil e Guiscafre (1) dividiram as bacias, segundo o relevo, em sete classes. E julgam que estas classes de relevo são plenamente representadas pelos índices de declividade I_p ou I_G .

Sendo:

$$I_p = L^{-1/2} \sum (a_i d_i)^{1/2} \quad (1)$$

no qual:

a_i - representa a porção (%) da superfície A da bacia compreendida entre duas curvas de nível vizinhas c_i e c_{i-1}

$d_i = c_i - c_{i-1}$ desnível entre as duas curvas de nível vizinhas.

L = comprimento do retângulo equivalente, determinado pela fórmula:

$$L = A^{1/2} (C/1,128) (1 + 1 - (1,128/C)^2) \quad (2)$$

onde:

C é denominado o índice de compacidade ou coeficiente de Gravelius e é expresso pela fórmula:

$$C = 0,282 PA^{-1/2} \quad (3)$$

em que:

A é a área da bacia e P é o perímetro da bacia.

Pode-se simplificar a tarefa, usando-se o índice de declividade global I_G (m/km) ou (%)

$$I_G = D/L \quad (4)$$

D é o desnível calculado em metros e tomado igual àquele que separa as altitudes tendo, aproximadamente, 5% da superfície acima e abaixo delas, sejam H_5 e H_{95} , que se determinam por estimativa, sem traçado da curva hipsométrica.

$$D = H_5 - H_{95} \quad (5)$$

Para uma superfície de base de 25 km^2 , estabeleceu-se uma divisão arbitrária do relevo, em sete classes (1):

R_1 - Relevo muito pequeno $I_G < 2\text{m/km}$

R ₂ - Relevo pequeno	2m/km < I _G < 5m/km
R ₃ - Relevo moderadamente pequeno	5m/km < I _G < 10m/km
R ₄ - Relevo moderado	10m/km < I _G < 20m/km
R ₅ - Relevo moderadamente forte	20m/km < I _G < 50m/km
R ₆ - Relevo forte	50m/km < I _G < 100m/km
R ₇ - Relevo muito forte	I _G > 100m/km

Os índices têm seus logaritmos em variação linear com o logaritmo da superfície, por isto, para declividades de superfícies diferentes, eles não são comparáveis. Para torná-los comparáveis, toma-se o desnível específico D_s, que é homogêneo a um comprimento, livre do efeito de superfície e expresso em metros. Temos que:

$$D_s = I_G \cdot A^{1/2} \quad (6) \quad D_s = D \cdot K$$

onde:

$$K = A^{1/2}/L \quad (7)$$

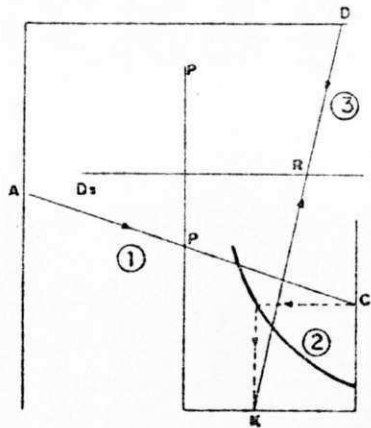
e da fórmula (2),

$$1/K = L/A^{1/2} = (C/1,128) (1 + \sqrt{1 - (1,128/C)^2}) \quad (8)$$

Sendo D_s independente da superfície da bacia, seus valores para diferentes bacias são imediatamente comparáveis entre si. Daí, a tabela abaixo foi deduzida da precedente, sendo aplicável a bacias com áreas diferentes:

R ₁ - Relevo muito pequeno	D _s < 10m
R ₂ - Relevo pequeno	10m < D _s < 25m
R ₃ - Relevo moderadamente pequeno ...	25m < D _s < 50m
R ₄ - Relevo moderado	50m < D _s < 100m
R ₅ - Relevo moderadamente forte	100m < D _s < 250m

Modo de operação



segundo J. GUISCAFRE

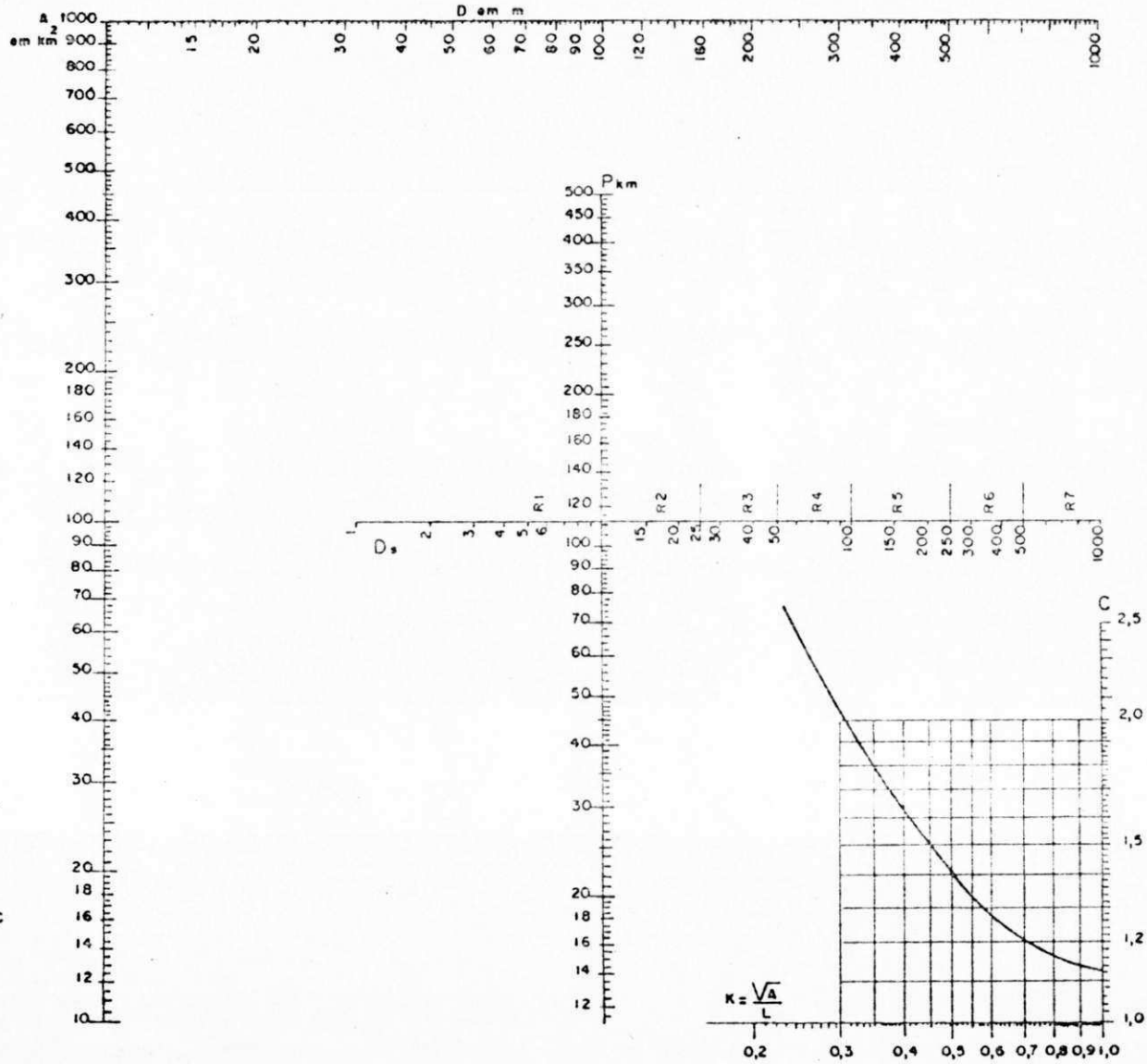


Fig. 1 — Abaco de cálculo do desnível específico e das classes de relevo.

R_6	- Relevo forte	250m < Ds < 500m
R_7	- Relevo muito forte	Ds > 500m

Também é usado um ábaco muito simples, pois Ds é função somente de D e de C (Figura 1). Na prática, determina-se, com a carta de 1/100.000, dotada de curva de nível:

- a) o cálculo do desnível D
- b) a superfície A por planimetragem
- c) o perímetro P com a ajuda do curvímetro.

As operações de planimetragem, curvimetragem, cálculo de D e determinação de R (relevo) devem ser feitas para os grandes conjuntos, bacia por bacia. Também se realizam estas operações para bacias, variando de, no mínimo, 25 km² e, no máximo, em conjuntos de sub-bacias unitárias de 500 km² (1). Temos, assim, duas etapas nessas operações. Na primeira, registram-se os limites das bacias estudadas sobre decalque na escala de síntese (1/250.000) por exemplo: indicando seu número e a classe de relevo ao qual pertence. Na segunda etapa, são traçados, sobre um segundo decalque, os limites das zonas de mesma classe de relevo e é feita a estilização destas, devendo ser guardado o primeiro para a ocasião da escolha das estações.

IV - VEGETAÇÃO

Não como aspecto botânico ou natural, mas como cobertura do solo, mais ou menos modificada pelo homem, a vegetação pode intervir como elemento de diferenciação. Daí, a classificação seguinte:

- 1a. Vegetação Plurianual
 - a) Floresta e bosque
 - b) Cultura arbustiva
 - c) Pasto não ceifado

2a. Vegetação Anual

- a) Floresta, bosque e culturas arbustivas
- b) Campinas não ceifadas
- c) Campinas ceifadas e grandes culturas

Os desmembramentos das terras (previsto pelo INCRA por exemplo) pode não recomendar a implantação de estações que não seriam mais representativas, antes de atingir os seus fins. Então, considerando-se este aspecto, apresenta-se a divisão abaixo:

- a) Floresta
- b) Mata
- c) Mata com desmembramento previsto
- d) Mata desmembrada (ou em curso de desmembramento)
- e) Campos abertos.

Esta divisão deve ser adaptada a cada região, em função das particularidades desta, pois, em países de agricultura extensiva, a vegetação natural (floresta, mata, capoeira, caatingas etc.) permanece como fator básico. E o efeito do maior ou menor desbravamento deve ser considerado para efetuar a divisão em classes homogêneas.

O traçado das zonas homogêneas referente à cobertura vegetal concretiza-se tomando a percentagem (75 ou 50%) da cobertura vegetal dominante, mas se houver complexidade, deve-se fazer referência aos outros fatores no todo ou em parte.

6.0 DETERMINAÇÃO DAS ZONAS HIDROLÓGICAS TEORICAMENTE HOMOGÊNEAS

Cada mapa é usado várias vezes, contendo, cada vez, um zoneamento diferente, de acordo com o que a região cartografada

É dividida em setores de mesmo clima, relevo, permeabilidade ou vegetação. É feita, então, a superposição de um sobre o outro determinando-se os setores de mesmo clima e mesma permeabilidade. Depois, novo decalque é feito desta última determinação, com o mapa referente ao zoneamento relativo ao relevo. Prossegue-se assim, até que sejam definidas as zonas de mesmo clima, mesmo relevo, mesma permeabilidade e mesma vegetação. A superposição desses mapas, decalcados cada um sobre os demais, faz aparecerem os limites dos setores das zonas físico-climáticas - homogêneas, as quais correspondem, como explicado anteriormente (Página 14), às zonas hidrológicas teoricamente homogêneas. E após se definirem: primeiro, as zonas cruciais e, segundo, os setores de aproveitamento hidráulico, parte-se para a implantação.

7.0 Implantação das Estações de Medição Hidrométricas

Como explicado anteriormente, Dubreuil e Guiscafre (1) indicaram dois grupos de regras metodológicas para a planificação de redes hidrométricas. O primeiro referente à determinação dos caracteres do meio físico-climático, e o segundo dizendo respeito aos meios e critérios de implantação, de acordo com os objetivos gerais da administração dos recursos hídricos. Esses meios e critérios de implantação das estações (hidrométricas, tomadas no exemplo) serão descritos abaixo.

Os critérios de implantação podem ser físicos, econômicos, hidrológicos, de repartição das estações e de densidade mínima de uma rede.

Os critérios físicos são a natureza da rede hidrológica, os pontos singulares etc.

Os critérios econômicos referem-se às zonas cruciais, às zonas com recursos de água deficitários, às zonas ameaçadas por inundações ou às que necessitam de abastecimento de água etc., as quais devem sempre ser consideradas na preferência da escolha.

O critério da repartição das estações e de densidade - mínima de uma rede (hidrométrica, por exemplo) determinam que para grandes bacias hidrográficas, as estações devem ser igualmente repartidas entre bacias de menos de 1.000 km^2 e de mais 1.000 km^2 . Na planificação regional, contudo, a densidade das estações para bacias menores que 1.000 km^2 não pode ser superior à metade da densidade mínima regional.

Superpondo-se o decalque das zonas hidrologicamente homogêneas e o decalque das bacias unitárias estudadas, obtém-se um inventário das bacias incluídas nas zonas hidrológicas homogêneas, inteiramente ou na base de (80 a 90%). Neste estágio, é que entra a consideração da vegetação. Sendo todos os outros critérios iguais (P_i , R_i e H_i) conduzem à implantação de dois tipos de estação: primeiro, a estação representativa da mata desmembrada, isto é, da situação final da evolução da paisagem; segundo, a estação representativa da mata natural, no estado inicial, antes da evolução, escolhida de maneira a funcionar, o maior tempo possível. Sobre o lote das bacias retidas, procede-se à nova seleção por superposição dos mapas das zonas cruciais e de aproveitamento, determinando uma prioridade ou uma eliminação.

Chega-se, então, à escolha definitiva. E como várias bacias são aptas, "a priori", a representar certas zonas homogêneas, no caso de rede hidrométrica, o mapa de implantação terá de definir a escolha. As zonas hidrologicamente homogêneas podem ser representadas por alguns setores, porém nem todos podem ser escolhidos para implantação de estações. Na escolha de esta

ções representativas de zonas hidrológicas homogêneas é coberta em geral, uma superfície menor que 1.000 km^2 . Para superfícies maiores que 1.000 km^2 , a implantação de um segundo grupo de estações deve levar em consideração: a confluência dos principais cursos d'água e dos afluentes, o escalonamento das estações ao longo do curso principal e o logaritmo das superfícies drenadas, admitido para superfície de até 2.000 km^2 . Valores, além desta superfície, podem não ser econômicos, o que conduz a não estabelecer regras gerais. E os problemas de implantação de redes hidrométricas para os grandes rios são específicos.

Finalmente, uma revisão é feita na densidade, comparando-a com aquela adotada, "a priori", e uma confrontação desta planificação com a situação existente, em vista da manutenção, fechamento ou criação de estações. Não sendo recomendado, porém, fechar postos, que tenham mais de dez anos de existência.

CAPÍTULO III

RACIONALIZAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS

1.0 GENERALIDADES

Uma rede hidrológica pode ultrapassar o estágio de rede mínima, por sua densidade, pela repartição adequada no espaço e por sua antiguidade. Quando isto acontece, a rede é solicitada, então, a ser operada em sua estrutura, e evoluir para a rede ótima. A racionalização é a segunda etapa na evolução de uma rede, em que se procura uma otimização que depende do máximo de informação, com uma precisão escolhida e um determinado custo. Porquanto, é possível se fixar uma situação e se procurar, para isto, o custo mínimo. É possível, também, se fixar um custo e se procurar a melhor situação, ou seja, a situação ótima referente àquele custo. Verifica-se a situação, pela densidade e repartição geográfica dos pontos de medição, pela precisão do valor pontual da grandeza físico-climática considerada e pela probabilidade de risco de falha na satisfação desta precisão.

2.0 MODELOS DE RACIONALIZAÇÃO DE REDES HIDROMETEOROLÓGICAS

Racionalizar significa partir de uma situação concreta em uma data determinada e procurar alcançar, no fim de um prazo J , ou uma situação ótima para um custo fixo, ou um custo mínimo, para uma situação determinada. No primeiro caso, existem três variáveis que definem uma otimização: um número máximo de locações em que se possuirão dados, uma precisão máxima sobre esses dados e um mínimo de risco associado a esta precisão. É, então, possível, se otimizar uma das três variáveis acima, fixando-se, "a priori", as outras duas. A precisão e o risco podem, contudo, ser expressos em uma só função (5):

$$f(p, \alpha) = a^2 = (p/100t)^2$$

onde: p é a precisão em percentagem (%)

t é a variável reduzida de Gauss associada ao risco

α é o risco em percentagem (%)

(esta função será tratada mais detalhadamente no item - estudo estatístico da variável escolhida). Verificamos, então, que nos restam duas alternativas. A primeira fixa o limite f_0 da função precisão-risco e procura o número máximo de locações. E a segunda fixa o número de locações e procura, em cada ponto, que a função precisão-risco, $f(p, \alpha)$ tenha, para o conjunto da rede, um valor f_x máximo, o menor possível. A precisão é inversamente proporcional ao valor da função $f(p, \alpha)$. A segunda alternativa nem sempre é viável, pois o número de locações N é uma decisão que poucos utilizadores podem formular, restringindo-se, assim, ao uso da primeira alternativa. Ela, além de econômica, é a mais indicada, como modelo de racionalização para um custo fixado com antecedência.

No segundo caso, procura-se um custo mínimo para uma situação estabelecida com antecedência. Determina-se um limite

f_0 da função precisão-risco, $f(p, \alpha)$ e se fixa o número N de locações. Estas locações devem ser escolhidas dentre as observadas pelo menos oito anos, antes da data da racionalização, desde que uma amostragem com dimensão menor que oito anos não seria representativa, estatisticamente (5). O custo mínimo seria escolhido entre uma das combinações possíveis das obtenções de dados, com ou sem extensão, que definam os períodos de observação em cada ponto.

3.0 MÉTODOS DE RACIONALIZAÇÃO

Há dois métodos de racionalização. O primeiro contabiliza o volume de observações nas secundárias. O segundo enumera as estações que devem ser primárias.

Contabilização do Volume de Observações nas Estações Secundárias

A soma dos números de anos k , estação por estação, fornece o volume total V de observações, necessário nas estações secundárias. Este volume V é chamado de "estações-anos" de observação. Ele é tanto menor quanto maior o número de estações primárias. Esta afirmativa se justifica porque, escolhendo-se, judiciosamente, para cada estação secundária S_i , a estação primária a utilizar no cálculo de k_i , pode-se minimizar cada um dos números k_i . O custo das operações depende do volume V , ou melhor, das "estações-anos" de observação. Este primeiro método consiste da escolha de vários lotes de primárias, tirados do lote de primárias iniciais estabelecido, "a priori", e do cálculo de V , para cada um desses lotes de primárias.

Contabilização das Estações Primárias

Neste método, são enumeradas as estações que devem ser primárias, para que os dados sejam conhecidos, satisfazendo a uma condição de precisão e risco. Determinam-se as estações - que podem ser primárias dentre as primárias iniciais, pelo primeiro método. Escolhem-se, então, as novas primárias dentre as restantes. Esta maneira de escolha do lote final de primárias em duas etapas é mais econômica do que escolher todas as primárias de uma só vez.

3.1 Escolha dos Métodos e Instruções para Racionalização

Quer se proceda à escolha de um objetivo de racionalização para uma situação fixada, "a priori", ou para um custo pré estabelecido, verifica-se que este é, sempre, determinado pelo número de estações-anos de observação nas estações secundárias e primárias. Chamando-se o número de observações nas secundárias de N_s e nas primárias de N_p , as despesas de racionalização devem se referir à exploração da rede secundária durante N_s anos, mais as despesas nas estações primárias, N_p anos, ou seja, $(N_s + N_p)$ anos. O processo de escolha do lote de primárias que obtém o mínimo de volume V de observações é, ainda, aplicado mais uma vez, para a escolha das novas primárias. Costuma-se adotar, em geral, um prazo de racionalização bastante grande. Herbaud adotou 200 anos para a racionalização da rede pluviométrica na Alsácia (5). Pode-se, então, tomar um número total de estações que permanecerá até o vencimento do prazo de racionalização. Fixa-se a qualidade com um limite para função precisão risco e, logo que a grandeza físico-climática, observada pela estação secundária, seja obtida, desloca-se a estação secundária. Observa-se, então, não o volume de informação, mas o número

ro de locações de medição. Sendo que cada primária conta como uma locação, e cada secundária (à qual foi determinado um número k de anos de observações) conta como T/k locações, T sendo a base de tempo, até o vencimento do prazo de racionalização, que na realidade não é infinito.

Combinação dos Dois Métodos de Racionalização

Para definir um plano de desenvolvimento a partir da data zero, pode-se fazer uma combinação dos métodos definidos acima, até a data final J . Por outro lado, pode ainda ser tomado um prazo intermediário numa data anterior J' . Nesta combinação um método completará o outro, pois ambos apresentam pontos negativos e positivos que se excluem.

Plano de Racionalização até uma Data Final J

Este caso apresenta três etapas: na primeira etapa, selecionam-se as "estações primárias iniciais"; em seguida, fazem-se as várias combinações possíveis, para verificar se estas estações podem alcançar o seu objetivo ou, na melhor das hipóteses, escolhe-se o melhor lote de primárias iniciais que necessitam do menor número de anos k_i , nas diversas estações secundárias S_i , para aplicação da extensão estatística; na segunda etapa, determinam-se lotes de estações primárias pré-selecionadas, que compreendem as primárias iniciais mais certo número de novas primárias; na terceira etapa, determinam-se as estações primárias selecionadas entre as anteriores, ou seja, entre as pré-selecionadas, levando-se em conta o número total de locações, fixado pelo modelo citado anteriormente (III Capítulo, Pág 27) que procura estabelecer a situação ótima. As duas primeiras etapas são consideradas na base de uma hipótese de período

de observação infinita nas primárias. Isto implica em um mecanismo muito dispendioso, mesmo em cálculo automático. Toma-se, então, um plano de racionalização em duas fases, como se segue

Plano de Racionalização com um Prazo de Duração Intermediário J' em Duas Fases

Procurar-se-á, na primeira fase, de acordo com Herbaud (5) "homogenizar o conhecimento da grandeza medida", nos diversos pontos da rede, aumentando, o mais possível, o número desses pontos. Na segunda fase será feita a aplicação das três etapas indicadas nas seções anteriores. A vantagem desse plano é que na segunda etapa, a seleção de estações primárias já parte de uma melhor avaliação dos coeficientes de variação e de correlação para o cálculo do benefício de informação, baseado na extensão estatística. Outra vantagem é que o equipamento usado em estações que já foram observadas por longo tempo e não tiveram condições de se tornarem primárias, pode ser usado em outras locações.

O método proposto repousa sobre todas as possibilidades de extensão das séries observadas por correlação inter-estações. O cálculo do benefício é feito através de uma fórmula que leva em conta uma duração de observação não infinita nas primárias.

4.0 ESCOLHA DA VARIÁVEL PARA RACIONALIZAÇÃO DE UMA REDE HIDRO METEOROLÓGICA DE MEDIÇÃO

Os resultados da racionalização dependem da escolha da variável. Pode-se escolher, então, uma variável, e proceder à racionalização. Por outro lado, pode-se proceder à racionaliza

ção para diversas variáveis e escolher o caso em que os resultados sejam os mais significativos.

Segundo Marcel Roche (14) quando se estudo um fenômeno a primeira coisa a definir é o parâmetro a que se refere este fenômeno. E, entre as avaliações possíveis deste parâmetro, a variável a se levar em conta. A altura pluviométrica numa estação e o número dos dias de chuva são parâmetros diferentes. Se tomarmos o primeiros destes como parâmetro representativo do fenômeno de precipitação, pode-se escolher, para duração de um ano, as alturas anuais de precipitação e calcular a média ou outro valor estatístico qualquer, sobre as mesmas. Temos assim, a variável, Altura Anual Média de Precipitação.

As variáveis em termos matemáticos podem ser de um valor médio, ou de um valor raro de frequência dada. Tal valor médio pode apresentar, por exemplo, a altura média anual de precipitação, a altura média mensal de precipitação etc. O valor raro de frequência dada pode ser apresentado como as alturas diárias de precipitação, com dado valor de probabilidade de serem excedidas.

Marcel Roche (14) faz a distinção entre fenômenos hidrológicos e fenômenos meteorológicos. Os fenômenos meteorológicos são de caráter pontual, no sentido em que as chuvas medidas em um pluviômetro A em um dia determinado, não incluem a chuva medida em um pluviômetro B, qualquer que seja a posição relativa de A e de B. Por outro lado, uma estação hidrológica A, digamos, uma estação hidrométrica em uma rede hidrográfica, inclui a medição de uma outra estação fluviométrica B, situada a montante: por exemplo, em algum afluente do rio principal em que está situada a estação A, toda a água que passa em B - menos as perdas - irá passar por A. Por esta exposição vemos que as alturas pluviométricas são medições pontuais e, como tais, terão de ser estudadas estatisticamente, enquanto os valores das estações fluviométricas, de um mesmo curso d'água, estão

correlacionadas fisicamente.

4.1. Estudo Estatístico da Variável Escolhida

Nesta seção, será apresentada a análise estatística da variável escolhida. Com base em discussões anteriores, estabelecendo-se (\hat{y}) altura pluviométrica interanual, como variável, esta pode ser definida diretamente a partir de séries cronológicas. Vários estudos já indicaram que esta variável é gáussica ou tem a distribuição normal (5, 14).

Julgou-se desnecessário verificar esse fato para o caso em estudo, apesar de se ter boas razões de pensar que a distribuição seja "super-gáussica" (com valores altos mais afastados da média que no caso de distribuição gáussica para uma mesma probabilidade). Contudo, já que o resultado do estudo não foi considerado definitivo, não sendo reunidas as condições para uma boa racionalização, esta conclusão só poderia ser confirmada se fosse modificada a metodologia em função do caráter não gáussico da distribuição.

Considerando a estação A como primária e a estação B como secundária, uma estimativa \hat{y} da média em B (média de y) levando-se em conta observações x na estação primária A, é dada pela equação da reta de regressão de y em x, onde x é representado pelo valor médio \bar{x} . Seja k o número de anos de observação em B e n o mesmo parâmetro em A. Tem-se que n é maior que k. É conhecida, também, a estimativa da média na estação B, levando-se em conta as observações em A, a qual é dada por (14):

$$\hat{y} = \bar{y}_k - k^r_{xy} \frac{k^S_y}{k^S_x} (\bar{x}_k - \bar{x}_n) \quad (9)$$

onde:

k^S_y = desvio padrão de y em k anos de observações comuns

k^S_x = desvio padrão de x em k anos de observações comuns

k^r_{xy} = coeficiente de correlação de x e y em k anos de observações comuns

\bar{x}_k = média de x em k anos de observações comuns

\bar{x}_n = média de x em n anos totais de observações

\bar{y}_k = média de y em k anos de observações comuns.

Sendo r o coeficiente de correlação entre as variáveis x e y , o parâmetro E é dado pela equação:

$$E = 1 + \left(1 - \frac{k}{n}\right) \left(\frac{1 - (k-2)r^2}{(k-3)}\right) \quad (10)$$

é conhecido como a eficácia relativa das estimativas $\hat{\bar{y}}$ e \bar{y}_k , (5, 14).

Sendo $k' = k/E$ anos, a eficácia relativa significa que a estimativa $\hat{\bar{y}}$ terá a mesma precisão, se for determinada com k anos de observação em B e n anos de observação em A ou k' anos de observação direta em B .

É claro que k' é compreendido entre k e n , e a diferença entre k' e k será o benefício da racionalização, ou

$$G = k' - k \quad (11)$$

A eficácia relativa, dada pela equação (10) tende para o valor seguinte, quando n cresce indefinidamente:

$$E = \frac{k-2}{k-3} (1 - r^2) \quad (12)$$

Sendo n bastante grande, em geral, esta forma simples pode ser aceita sem qualquer prejuízo significativo.

Exige-se, geralmente, para o conhecimento da precipitação média anual (\bar{y}) em algum ponto da rede, uma precisão de mais ou menos $p\%$ ($\pm p\%$) e um risco menor ou igual a $\alpha\%$ ($\leq \alpha\%$) de se encontrar o valor de \bar{y} fora do intervalo definido por esta precisão, através da distribuição gaussiana desta variável. Esta condição de risco implica que p seja maior ou igual a t

vezes o desvio padrão da estimativa dividido pelo valor médio da estimativa \hat{y} , tudo isto multiplicado por 100, onde t é a variável gaussiana reduzida associada ao valor de risco α % (por ex: $t = 1,645$ para $\alpha = 10\%$).

$$\text{Então: } p/100 \geq t \cdot (s_{\text{est}}/\hat{y}) \quad (13)$$

O desvio padrão da estimativa de \bar{y} pode ser expresso assim:

$$s_{\text{est}} = \frac{s_y}{k'} \quad (14)$$

A desigualdade representada na equação (13) torna-se, adotando o valor limite de E para a eficácia relativa:

$$t s_y / \sqrt{k'} \leq p\hat{y}/100 \quad (15)$$

e lembrando-se que $k' = k/E$, substituindo-se E pelo valor da equação (12) e elevando-se ao quadrado, teremos:

$$t^2 s_y^2 \frac{(k-2)(1-r^2)}{k(k-3)} \leq \left(\frac{p}{100}\right)^2 \hat{y}^2 \quad (16)$$

$$\text{ou: } \frac{(k-2)(1-r^2)}{k(k-3)} \leq \left(\frac{p}{100t}\right)^2 \cdot \frac{\hat{y}^2}{s_y^2} \quad (17)$$

Introduzindo o coeficiente de variação:

$$C_v = \frac{s_y}{\hat{y}} \quad (18)$$

e fazendo $a^2 = (p/100t)^2$, que é chamado de função precisão - risco, ter-se-á:

$$\frac{(k-2)(1-r^2)}{k(k-3)} < \frac{a^2}{C_v^2} \quad (19)$$

A resolução da equação (19) acima, no caso da igualdade, fornece o limite de duração de observação necessária k na estação B E representando:

$$\frac{C_v^2}{a^2} (1-r^2) = d \quad (20)$$

a equação (19) torna-se:

$$k^2 - (3+d)k + 2d = 0 \quad (21)$$

fazendo

$$u^2 = \frac{3+d}{2}$$

$$\text{teremos : } k = u^2 \pm \sqrt{(u^2 - 2)^2 + 2}$$

Na forma extensa a expressão para u^2 é:

$$u^2 = \frac{C_v^2}{2a^2} (1-r^2) + \frac{3}{2} \quad (22)$$

que é, assim, uma função do coeficiente de variação C_v , da função precisão-risco, e do coeficiente de correlação r . As duas raízes são funções crescentes de u^2 , o que não permite a escolha entre elas. Se se exige uma precisão infinitamente grande (então se p é infinitamente pequena) u^2 tende para o infinito e k , igualmente, já que ele é uma das duas raízes da equação (ainda que a menor raiz seja um infinitamente grande de ordem infe

rior). Por isso, nós não podemos escolher entre as raízes raciocinando desta maneira. A maneira correta seria considerar uma correlação infinitamente grande (r tendendo para 1), u^2 tendendo para 1,5 e as raízes k da equação do segundo grau tendendo, respectivamente, para 0 e 3. É claro que a maior raiz seja a única útil, porque para $k = 0$ nenhuma extensão será possível. Tem-se, então:

$$k = u^2 + \sqrt{(u^2 - 2)^2 + 2} \quad (23)$$

Finalmente, verifica-se que k pode ser calculado em cada ponto da rede atual, em função do coeficiente de variação (C_v) da variável y , do coeficiente de correlação (r) entre as variáveis x e y (a série x sendo observada em uma das estações primárias) e da função precisão-risco (a^2).

Até para os casos onde a variável escolhida não é gaussiana, o exposto matemático precedente é válido, qualitativamente, possibilitando o cálculo de k em função de C_v , r e a^2 . A previsão do sentido de variação de k é que quando C_v cresce, k deve crescer igualmente, quando r cresce, k deve então decrescer.

O benefício traduzido matematicamente por $(k' - k)$ pode ser ilustrado por um exemplo (14):

Suponha-se que uma estação secundária foi observada durante 10 anos com o coeficiente de correlação = 0,925, relativo às médias pluviométricas de uma estação de base. Substituindo se os dados acima, na fórmula da eficácia relativa, encontra-se esta igual a 0,16. Para um período estendido de $k' = 62$ anos, o benefício seria $62 - 10 = 52$ anos, que é a vantagem de se poder deslocar o equipamento desta estação secundária para uma outra locação, não depois de 62 anos, mas depois de 10 anos. Por

tanto, com uma extensão estatística de uma primária para a secundária, evita-se um período de observação de 52 anos nesta estação, enquanto é proporcionada a mudança do equipamento para novas locações. Cada vez mais se tem a chance de cobrir a área com maior número de locações de estações secundárias. Isto depende, também, da escolha devida da estação primária e do limite da função precisão-risco selecionado. Para uma precisão dada, existe uma estação primária que exige o menor tempo de observação comum na secundária e que possibilita uma extensão estatística, satisfazendo àquela precisão.

5.0 TRATAMENTO AUTOMÁTICO

Os cálculos exigidos para racionalização de uma rede hidrometeorológica são baseados no desenvolvimento estatístico, discutido na seção anterior. Na realidade, os cálculos são imensos, necessitando de um tratamento automático num computador. Herbaud (5) desenvolveu um programa, com os cálculos divididos em três partes e que foi aplicado na racionalização da rede pluviométrica da região da Alsácia, na França. Em virtude da eficiência e da aplicabilidade deste programa, ele será discutido sucintamente.

O programa consiste de três partes, as quais são chamadas de programas POH 113, POH 114 e POH 115. No programa POH 113 são calculados os parâmetros estatísticos de cada estação. É feita a correlação entre os vários pares de estações. E, por fim, quando a primeira estação do par é uma primária inicial, é feita a extensão das variáveis desta para a segunda estação do par. No POH 114 são efetuadas as avaliações dos números de anos de observações necessários, em cada estação. Isto é feito a fim de que a extensão, para esta, a partir de cada primária

inicial, forneça $\hat{\bar{y}}$ satisfazendo às exigências dos níveis de precisão (expressos em valores de $f(p, \alpha) = (p/100t)^2$). Os números de anos, de um mesmo nível de precisão, nas estações tomadas como secundárias, são somados e conseguimos, assim, as estações-anos de observações. Nos programas de Herbaud são usados 9 valores de função precisão-risco, cada vez. No programa POH 115, depois de escolhido o lote de estações primárias iniciais, o mais econômico (isto é, com o menor número de estações - anos nas secundárias) tomam-se vários lotes de novas estações primárias entre as secundárias. Procuram-se, como no programa POH 114, as durações de observações, contando, porém, com diferentes valores limites para estas durações (valores de k_0) com 9 hipóteses de precisão e vários métodos de seleção pelo número de ligações. Entendendo-se, por ligação, de uma estação B, o fato de que a extensão da série de observações em B (na hipótese em que a^2 e k_0 tenham valores determinados) levando-se em conta as observações de A, necessita de um número de anos de observações em B: $k \leq k_0$. Por exemplo, uma estação pode ter ligação com outra, dando um valor $k_1 \leq k_0$ de acordo com o critério de precisão. Este fato é considerado como 1 (uma) ligação, só quando esta segunda estação não está ligada com qualquer primária inicial por um valor de $k_2 \leq k_0$.

Um programa conta, assim, o número de ligações para cada estação, inicialmente, em relação com todas as outras. A estação A_1 , com o maior número de ligações, fica qualificada como a primeira estação secundária, que se pode tornar nova primária. Na segunda sequência, o processo é repetido contando ligações. Mas, neste caso, a ligação é contada somente quando a estação em consideração (estação B) não está ligada com nenhuma primária inicial nem com a estação A_1 escolhida anteriormente. A estação A_2 , com maior número de ligações, como dito anteriormente, torna-se como segunda nova primária. Assim, podem ser esco

lhidas as novas primárias na ordem do número de ligações, até quando não exista mais nenhuma ligação. O restante das estações, automaticamente, será considerado novas primárias.

O mecanismo de seleção das primárias, de acordo com o maior número de ligações, como explanado acima, geralmente dá o menor número de estações novas primárias. Este processo não é necessariamente o melhor para obter o menor número de estações. Então, será necessário tentar outras maneiras de escolha. No programa são utilizados 4 (quatro) métodos, chamados 1, 2, 3 e 4. O primeiro método será o mesmo descrito anteriormente. De maneira geral, os métodos serão diferentes na escolha da estação, dependendo da contagem das ligações. Colocando as estações, com o número de ligações respectivos na ordem decrescente o primeiro método escolhe a primeira estação na primeira rodada o segundo método escolhe a segunda estação, e o *i*ésimo método - escolhendo a *i*ésima estação. Em todos os métodos, o processo é repetido, de maneira idêntica, para escolher primárias subsequentes. Como o programa usa 4 (quatro) métodos de seleção, 4 (quatro) valores de duração e 9 (nove) valores de precisão, teremos $4 \times 9 \times 4 = 144$ combinações de parâmetros regendo as condições de ótima escolha das novas primárias.

6.0 ESTUDO DAS CORRELAÇÕES ENTRE AS ESTAÇÕES

Como k depende do coeficiente de variação C_v e do coeficiente de correlação r , pode-se, então, traçar as curvas, de mesmo coeficiente de variação - curvas iso- C_v - calcular os coeficientes de correlação dependendo da distância e , em seguida, traçar as curvas de mesmo período de tempo de medição - curvas iso- k - ao redor das estações primárias, sem precisar do cálculo automático. Este é o chamado "método geográfico" de cálculo do coeficiente de correlação.

Por exemplo, pode-se locar curvas de mesmo período de tempo de medição - curvas iso- k - ao redor de três estações primárias iniciais A_1 , A_2 e A_3 . Estas curvas podem se cortar, definindo-se certo número de regiões onde k é menor que k_0 ou regiões em que k é maior que k_0 . Onde k_0 é um valor limite de k arbitrado para os prazos intermediários de racionalização. No segundo caso em que k é maior que k_0 , a extensão não pode ser obtida sem a criação de estações novas primárias, observadas como as primárias iniciais, indefinidamente, ou na suposição de assim o serem. É fácil verificar isso, tomando-se um ponto qualquer A_i , se, após o traçado da curva $k = k_0$ ao seu redor, ainda existirem pontos onde k seja maior do que k_0 , qualquer que seja a escolha de A_1 , A_2 , A_3 e A_i .

Sendo possível relacionar os coeficientes de correlação com as características físicas como, por exemplo, a distância entre as estações, ou a altitude etc., o ajustamento da relação geral pode ser feito graficamente. Os ramos de hipérbolas, curvas exponenciais, logarítmicas ou outras curvas geométricas até as linhas retas, podem ser escolhidas de maneira a fornecerem a melhor correlação e o melhor ajustamento entre si. Tem-se assim um processo de racionalização, por cálculos, nos gráficos sem se recorrer a um processo de computação rigorosa. Mas a combinação dos dois processos também é útil e profícua.

CAPÍTULO IV

PLANIFICAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DE REDES PLUVIOMÉTRICAS NO NO NORDESTE DO BRASIL

1.0 A REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

A região Nordeste do Brasil tem uma extensão de 1.600.000 km² e uma população de, aproximadamente, 30 milhões de habitantes. Os Estados que dela fazem parte são 9 (nove) Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão. O Nordeste brasileiro compreende quatro zonas geográficas: Zona da Mata, Agreste, Sertão e Zona Norte ou de Transição (9).

A Zona da Mata possui uma altura pluviométrica de 1000 a 2.000mm por ano e é constituída por uma faixa de aproximadamente 100 km de largura, ao longo da costa. A Zona Agreste tem em média uma altura de chuva de 800 a 1.000mm por ano. Separa o litoral das regiões semi-áridas. O Sertão, com uma altura pluviométrica anual de 300 a 800mm/ano e clima semi-árido, apresenta irregularidade na pluviometria e é constituído de caatingas, floresta rala, desfolhada, grande parte do ano. A Zona Norte,

com pluviometria anual de 1.000 a 2.000mm, separa o Sertão árido da Amazônia Úmida. (9)

Reunindo toda a documentação possível, e utilizando a metodologia de planificação elaborada por Dubreuil (1), Novelet (9) realizou a "Tentativa de Determinação de Zonas Hidrológicas Homogêneas", para a região Nordeste. Foram examinados os caracteres físico-climáticos e determinadas 207 zonas hidrológicas, que foram divididas em 3 (três) grandes grupos:

19)	Zonas Áridas	43
29)	Zonas medianamente Úmidas	112
39)	Zonas Úmidas	52

TOTAL 207

Foi feito, então, o estudo de implantação de bacias representativas para o Nordeste do Brasil (9). Levaram-se em conta as condições físico-climáticas, a extensão e considerações sobre as necessidades de água. A classificação das zonas hidrológicas teoricamente homogêneas foi feita conforme a aptidão ao escoamento. Elas foram separadas nos três grupos, referidos acima, tabelados e decalcados em mapas. (9)

1.1 Histórico da Implantação da Rede Hidrometeorológica no Nordeste Brasileiro

A seguir, serão descritas as duas épocas de implantação da rede hidrometeorológica no Nordeste do Brasil. Na primeira, foram tomadas medidas iniciais de socorro às vítimas das secas e feitas as primeiras instalações de postos aleatórios para medições plúvio-meteorológicas. Na segunda, com a criação da SUDENE e o advento das Missões estrangeiras, procurou-se planejar, cientificamente, a implantação dos diversos tipos de re

de de medições hidrometeorológicas.

Época Inicial

A implantação da rede hidrometeorológica do Nordeste não começou de uma maneira científica, mas foi sendo instalada de acordo, principalmente, com a premência dos flagelos das secas, desde a época colonial (9). Por ser o Estado do Ceará um dos mais afetados com esta calamidade, foi criado, em Fortaleza, sua Capital, o primeiro posto pluviométrico do Nordeste, em 1849 (18). Na época colonial foi fundada a Pia Sociedade Agrícola como proteção aos flagelados do Sertão. Durante o Império foi criada a Comissão Científica para construção de açudes, meios de comunicação etc., para o Nordeste, principalmente para a região mais afetada pelas secas. Em 1909, é criada a Inspetoria de Obras Contra Secas - IOCS - incluindo, então, em seu programa, a instalação de uma rede plúvio-meteorológica. Em 1919 a IOCS passou a chamar-se IFOCS - Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas. Em 1945, a IFOCS passou a chamar-se DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Em 1948, é fundada a Comissão do Vale do São Francisco. Em 1951 - 52 e 58, anos de grandes secas, o DNOCS passou a promover e planificar as redes e obras já existentes (9).

Época da Implantação Científica

Com o BNB foi fundado o GTDN - Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste - e então a SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, em dezembro de 1959. Com a SUDENE, veio a fase de implantação científica de redes pluviométricas, fluviométricas, evaporimétricas etc., de acordo com as normas de densidade mínima da OMM. Vieram também Missões es

trangeiras, com ajuda técnica e financeira, interessadas em de cifrar a disparidade de anos de grandes secas alternados, ou não, com anos de grandes cheias.

A SUDENE criou o GASUP - Grupo de Águas Superficiais - com a tarefa de instalar uma rede de estações pluviométricas, fluviométricas e de evaporação, mas esta entidade não chegou a concluir a tarefa que lhe fora destinada. Foi feito então, um convênio com o Ministério da Agricultura, o qual vigora até hoje, e criado o GEMM - Grupo Executivo Mixto de Meteorologia) órgão executor do referido convênio. A ele coube implantar a RE DE METEOROLÓGICA do Nordeste, com a meta final de:

- 10 Estações de rádio-sondas
- 13 Estações de balão-piloto
- 66 Estações climatológicas principais
- 06 Estações agrometeorológicas

Missões e Ajudas Estrangeiras

Várias Missões estrangeiras contribuíram no desenvolvimento da rede hidrometeorológica do Nordeste do Brasil. As Missões trouxeram, em muitos casos, além da ajuda financeira, equipamentos para instalação de rede, consultores para planejamento instalação e operação de rede hidrometeorológica. Estes fatores ajudam muito num processo de desenvolvimento científico da rede hidrometeorológica. Como exemplo podemos citar: O Programa de Desenvolvimento da ONU, com término em 30.03.1972, que forneceu US\$1.100.000 e mais equipamentos, técnicos estrangeiros e treinamento de Engenheiros e Meteorologistas brasileiros no Exterior. A Missão Alemã trouxe uma ajuda de 1.500.000 marcos e equipamentos para 80 estações com instalação de oficina-laboratório, manutenção, calibragem e aferição de instrumentos,

e teve término em 30.06.1973. A Aliança para o Progresso fez um empréstimo de Cr\$1.800.000, a longo prazo, para os mesmos fins. E as etapas já atingidas até 17.12.1973 são 60% de implantação da rede, com recursos do FURENE - Fundo de Recursos Estrangeiros para o Nordeste. (7)

1.2 Situação Existente

As planificações das redes pluviométrica e hidrométrica baseiam-se na determinação de setores e zonas físico-climáticas homogêneas, conforme sua aptidão ao escoamento. Estas redes no Nordeste ainda não atingiram a densidade mínima estabelecida pela OMM, em certas bacias hidrográficas e zonas homogêneas. A tentativa de implantação de bacias representativas "tipo rede" já foi pesquisada, elaborada e publicada por Nouvelot (9) Esta implantação visa o estudo científico detalhado das características físico-climáticas das áreas que têm, atualmente, menor densidade de rede. Sendo dada a preferência de implantação destas bacias representativas "tipo rede" às zonas prioritárias carentes em água.

Em termos do que foi exposto anteriormente, vimos que a planificação da rede pluviométrica já foi elaborada. Esta rede vem atingindo as exigências de rede mínima. Então, seria interessante, para as regiões onde a densidade já se encontra além da mínima recomendada pela OMM, considerar a possibilidade de otimização da rede pluviométrica existente. Dizemos rede pluviométrica, por ser a mais antiga e a mais densa com maior número de anos de observações.

Há duas condições para a racionalização ser útil. A primeira é que a densidade da rede seja maior que a mínima e menor que duas vezes a mínima (1). E a segunda é que a densidade

das estações de mais de 10 anos seja maior que a mínima. Podemos verificar isto, consultando as normas da OMM (10) e o quadro apresentado por Dubreuil (1), citado no II Capítulo deste trabalho. Os postos pluviométricos do Nordeste e, particularmente, da Paraíba, são observados pela SUDENE, pelo menos desde 1963. Quanto à rede hidrométrica, até 1971 ela ainda se apresentava com a densidade aquém da mínima em algumas bacias hidrográficas. A concentração maior das estações era em áreas de maior solicitação, por motivos de inundação (por exemplo: o Rio Capibaribe - Pernambuco) ou de assolamento pelas secas (por exemplo: o Rio Jaguaribe - Ceará). Algumas redes foram intensificadas devido à construção de hidroelétricas, como a CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco) Boa Esperança etc. Como a densidade mínima para regiões áridas é de 5.000 a 20.000 km²/estação (10), a rede hidrométrica nestas áreas já ultrapassava a densidade recomendada pela OMM. A rede pluviométrica em muitas zonas já ultrapassava a rede mínima, também, verificada em termos das normas da OMM para zonas áridas. Então, foi considerado interessante e útil apresentar uma tentativa da racionalização de rede pluviométrica (a mais antiga) para alguma zona hidrologicamente homogênea nesta região. O processo de racionalização, contudo, é muito extensivo, mesmo em tratamento automático, o que não justifica a sua aplicação em regiões muito grandes, na fase inicial. Aconselha-se dividir esta região em setores, aproveitando a divergência de algum caráter físico climático (14). Além disto, a região Nordeste do Brasil não preenche as duas condições de densidade citadas acima, para época da racionalização, em todas as zonas e setores.

Existe a dificuldade de se lidar com uma região semi árida, em que a grande variabilidade espacial e temporal da pluviometria é sua característica fundamental, exigindo um longo período de observações. É nossa intenção apresentar um pro

cesso de racionalização em tratamento automático e não um projeto definitivo para alguma entidade administrativa. Assim sendo tomamos uma pequena região do Nordeste para tentativa de racionalização de sua rede pluviométrica.

2.0 RACIONALIZAÇÃO DA REDE PLUVIOMÉTRICA DA DEPRESSÃO DE CABACEIRAS

2.1 Seleção da Área a Racionalizar

Escolhemos a depressão periférica de Parari-Cabaceiras no Estado da Paraíba, para apresentação da tentativa de racionalização. Esta depressão é homogênea da depressão de Tauá - Ceará - zonas já classificadas hidrologicamente por Nouvelot (9). Esta dupla é única no Nordeste e têm as mesmas características físico-climáticas. Ambas as depressões possuem zona impermeável, baixa pluviometria de 400 a 600mm/ano, altitude abaixo de 600 metros e relevo moderado, com desnível específico situado entre 50 e 100 metros. Formam um vasto circo contornado de montanhas.

A depressão de Cabaceiras inclui as nascentes do Rio Paraíba. Fica situada na região chamada de Cariris do Paraíba, onde foi construído o açude de Boqueirão para abastecimento de água da cidade de Campina Grande. As estações de mais de 10 anos têm uma densidade de 191 km² por estação, sejam, 21 estações para aproximadamente 4.000 km². Pelo critério de Dubreuil apresentado no Capítulo II deste trabalho, vemos que a situação é de racionalização útil, pois a densidade baseada sobre todas as 23 estações da área é menor que duas vezes a mínima ($D < 2D_m$) O posto de Cabaceiras, um dos mais baixos da depressão, com 390

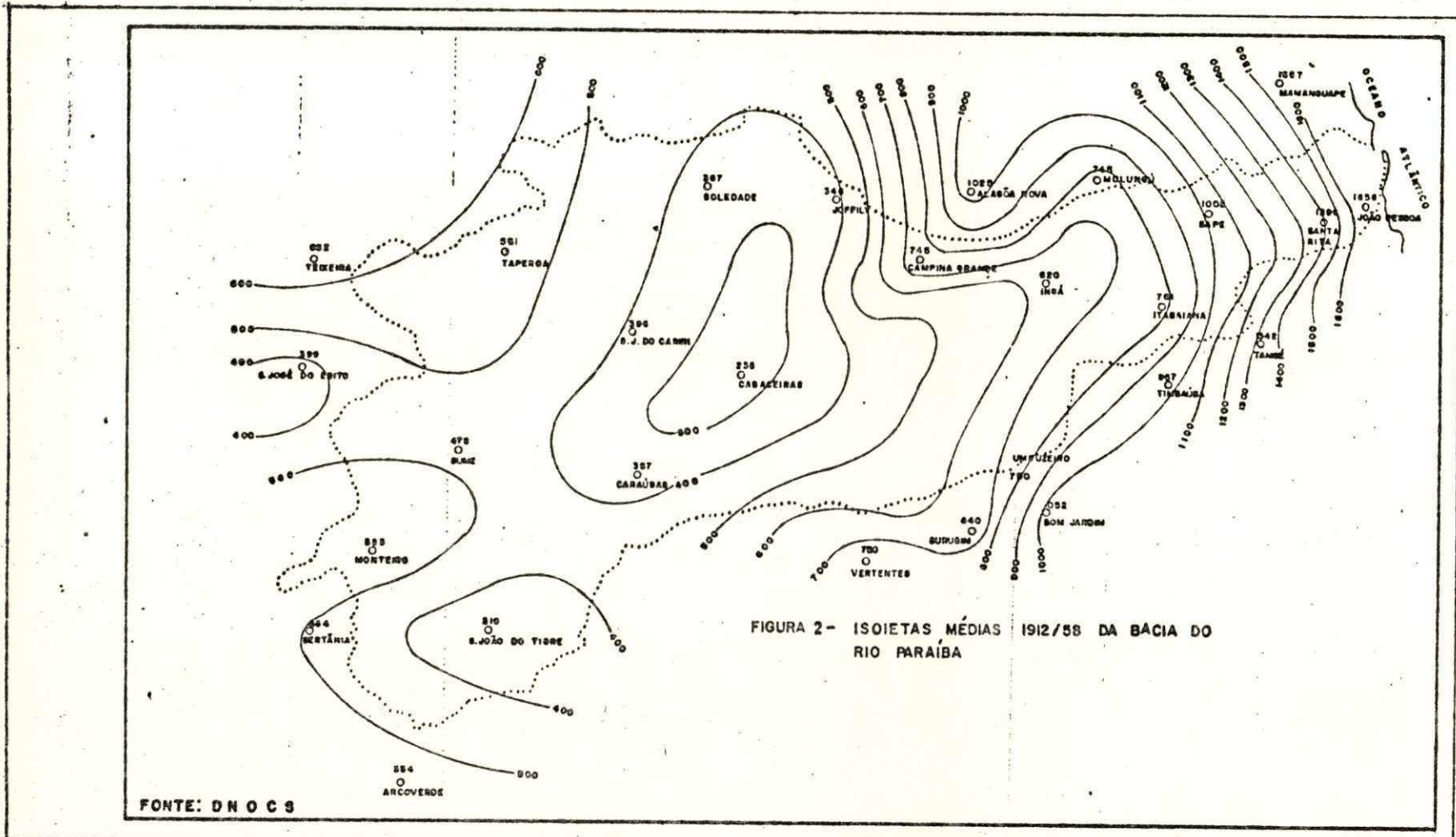


FIGURA 2- ISOIETAS MÉDIAS 1912/58 DA BACIA DO RIO PARAIBA

FONTE: DN OCS

metros de altitude, é o de menor pluviometria no Território Nacional, com uma média de 266mm em 57 anos de observações, um máximo de 776mm e mínimo de 22mm. Então, esta região, além de satisfazer os critérios mínimos para racionalização, também foi conveniente em termos de localização e de suas singularidades físico-climáticas. Tentamos, então, a otimização da rede de postos que coletam observações pluviométricas pontuais na depressão de Cabaceiras.

2.2 Documentação Existente

Para o Estado da Paraíba, incluindo a depressão de Cabaceiras, há vários trabalhos e boletins publicados (19) com apresentação de mapas geológicos, geomorfológicos, de vegetação, climáticos e bio-climáticos. Como, também, existe um mapa pedológico do Rio Paraíba (SUDENE - MA) um mapa hipsométrico e um mapa fisiográfico do Estado da Paraíba (19). Mapas topográficos na escala de 1/100.000 cobrem toda a área da depressão de Cabaceiras, possibilitando o estudo do seu relevo. Há, também, um mapa de isoietas médias 1912/1958, para a bacia do Rio Paraíba, compreendendo a depressão de Cabaceiras (Figura 2). Existem publicações muito úteis como "O Nordeste e as Lavouras Xerófilas" (3), "Reconhecimento dos Solos da Paraíba" (19), "Hidrologia das Secas" (18), monografias etc.

2.3. As características Físico-Climáticas

A depressão de Cabaceiras é classificada, segundo Nouvelot (9) em H_2 , P_1 , R_4 e A_1 .

Indicando,

- H_2 - Precipitações anuais médias entre 400 e 600mm
 P_1 - Zonas impermeáveis
 R_4 - Relevo moderado
 50m < DS (desnível específico) < 100m
 A_1 - Altitude inferior a 600 metros

De acordo com a classificação de Köppen, a superfície dos Cariris, que compreende a depressão de Cabaceiras, tem índice Bsh: semi-árido quente (19). A vegetação desta região é a Caatinga (do Tupi-Guarani, Caa = mato e Tinga = branco) que apresenta o grau mais acentuado de xerofitismo. Esta depressão tem seu contorno limitado pela Borborema Central, Borborema Oriental e outras Serras Limítrofes, divisores de água do Paraíba, com outras bacias hidrográficas (Pajeú - SW, Piranhas - W etc.) Estas serras, de constituição granítica, mais resistentes, servem de anteparo à propagação das frentes de ar que atuam sobre a área. Só o Vale do Paraíba permite a entrada dos ventos alísios de SE para esta depressão. Seu relevo é mais ou menos chato, com inclinação suave dirigida para o sul.

2.4 Tratamento Automático da Racionalização

O método de racionalização realizado utilizou uma só variável. A variável escolhida foi a altura média das precipitações anuais. Os dois métodos descritos anteriormente no III Capítulo, foram aplicados de uma maneira combinada, para definir a racionalização a partir da data 0 (zero). O custo é relacionado com o número de estações, que é fixo, até o prazo final de racionalização. A otimização é dada pela satisfação a um nível de precisão adotado, com um grau de risco associado. Logo que a grandeza físico-climática na estação secundária é obtida, satisfazendo a esta precisão e risco, esta estação é deslocada

Conta-se, então, o número máximo de locações que cobrirão toda a região em estudo, até o prazo final da racionalização. Finalmente, é feita a comparação de vários lotes de primárias e o respectivo número de locações. O lote que proporciona o maior número de locações é escolhido definitivamente para o prazo total de racionalização, porque isto implica em maior benefício de informação para um mesmo custo.

Herbaud desenvolveu um conjunto de três programas para racionalizar uma rede pluviométrica (5). Ele utilizou esses programas para racionalização da rede pluviométrica da região - da Alsácia, na França, em 1965. Esta região tinha então, para uma área de 8.400 km², 152 estações, das quais 70 eram suscetíveis de se tornarem primárias e, como esta densidade correspondia a uma estação por 120 km², vê-se, conforme o quadro de Dubreuil (1), apresentado no II Capítulo, que era urgente a racionalização. Em termos de semelhança na ordem de grandeza da área os programas foram aproveitados com algumas modificações necessárias. O funcionamento dos programas será descrito em seguida.

2.4.1 Descrição dos Programas

Programa 1

Introdução de Dados

Para cada estação perfura-se um cartão de informação básica, com o seu número, o nome, a latitude e a longitude e, enfim, um índice que, se é diferente de 0 (zero), caracteriza uma primária e, se é 0 (zero), caracteriza uma secundária. Este cartão tem, por formato:

I5, 16X, 6A4, I7, I8, I4, 5X e I1

São perfurados cartões com o número da estação e as alturas anuais (com um mínimo de 10 valores) precedidas, cada uma do ano correspondente, representado pelos 3 (três) últimos algarismos. Esses cartões têm, por formato:

I5, 10 (I3, I4)

e devem ser perfurados sem deixar lacunas, mesmo em caso de falta de dados pluviométricos anuais. Coloca-se um cartão branco depois de cada conjunto de cartões de cada estação e dois cartões brancos depois do último conjunto.

Operações Efetuadas

1 - Impressão das séries de alturas anuais de precipitação, com o mesmo formato de entrada, para fins de verificação

2 - Cálculo e impressão dos parâmetros seguintes, para as séries observadas:

- média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação e número de anos de observações.

3 - Cálculo e impressão dos parâmetros seguintes, para as séries de observações simultâneas:

- distância entre as estações
- média, variância e desvio padrão da variável X (ou seja: alturas de precipitação da primeira estação do par)
- média, variância e desvio padrão da variável y (para a segunda estação do par)
- coeficiente de correlação
- número de anos de observações simultâneas.

Se existem N estações, são feitas as combinações de duas a duas das N estações, a começar pela 1a. e 2a., 1a. e 3a.

1a. e enésima, então 2a. e 3a., ... 2a. e enésima etc.

4 - Nos pares em que a 1a. é uma estação "primária inicial", aos cálculos, acima, juntar-se-ão os cálculos de impressão dos parâmetros seguintes, para a secundária (série y)

- Média estendida
- variância estendida
- desvio padrão estendido
- coeficiente de variação estendido.

Se os anos de observações são simultâneos e iguais na primária e na secundária (x e y), então a impressão comandada é: "Extensão impossível atualmente." Os parâmetros estendidos serão tomadas como os calculados, anteriormente, na segunda estação do par.

5 - Se, só, há dois ou menos anos de observações simultâneas, não existe correlação nem extensão e a impressão comandada é a seguinte:

- "Não há extensão (... anos de observações comuns)

6 - Quando o coeficiente de correlação é menor que 0,95 e a variância não estendida é maior que a estendida, aquela é tomada em lugar desta. Quando o coeficiente de correlação é $\geq 0,95$, a variância estendida permanece.

7 - O Programa 1 fornece - para processamento do Programa 2 - lotes de cartões perfurados.

1º Lote:

Cada cartão possui:

- O número da estação - O número de anos de observações
O coeficiente de variação

2º Lote:

Cada cartão para pares de estações em que a primeira é uma primária inicial e a segunda é uma primária inicial

ou não, apresenta:

- Número da primeira estação do par
- número de anos de observações da série X
- coeficiente de variação de X
- número da segunda estação do par
- distância das duas estações (em km)
- número de anos de observações simultâneas
- coeficiente de correlação
- coeficiente de variação estendido de y

Estes cartões são perfurados no formato:

5X,I4,5X,I2,7X,F5 . 3,6X,I4,3X,F7 . 0,5X,I2,5X,F6 . 3,4X,F5.3

Descrição do Programa 2

Introdução de Dados

1. Valores da "Função Precisão-Risco" (a^2)

São escolhidos 2 (dois) conjuntos de 9 (nove) valores correspondentes a limites de função precisão-risco, com uma precisão de 2 a 5% e de risco de não satisfação de 2 a 10%; e, a limites de precisão de 4 a 10% e de risco de não satisfação de 10 a 20%. A esses conjuntos se dá a denominação de precisão 1 e de precisão 2, conforme é abaixo demonstrado:

P%	2	3	4	5
$\alpha = 2\%$ (t = 2,327)	0,000074	0,000166		
$\alpha = 5\%$ (t = 1,960)	0,000104	0,000234	0,000417	0,000651
$\alpha = 10\%$ (t = 1,645)	0,000148	0,000331	0,000522	

P %	4	7	10
$\alpha = 10\%$ (t = 1,645)	0,000591	0,001811	0,003695
$\alpha = 15\%$ (t = 1,439)	0,000773	0,002366	0,004829
$\alpha = 20\%$ (t = 1,282)	0,000973	0,002981	0,006084

O valor de a^2 é dado por $(p/100 t)^2$ e é chamado de FON PR (K) no programa e é introduzido na ordem crescente no formato 9F8.6

2. Parâmetros Estatísticos Fornecidos pelo 2º Lote de Cartões Perfurados pelo Programa 1

Para evitar o tratamento das primárias iniciais com as mesmas, será necessário colocar um cartão de controle em cada posição onde o programa tentaria tratar a extensão estatística. Por exemplo, se as estações 1, 2, 3 e i fossem as primárias, precisar-se-ia de um cartão de controle depois do primeiro cartão do primeiro conjunto, depois do segundo cartão do segundo conjunto ..., depois do iésimo cartão do iésimo conjunto etc. Cada conjunto consiste, então, de n cartões iguais ao número total das estações na área, contando com o cartão de controle dito acima. Um cartão branco é colocado no fim deste conjunto, antes de começar o segundo conjunto. Lembra-se que, com exceção do cartão de controle, os conjuntos são fornecidos durante o processamento do programa 1 em um só lote. O cartão de controle tem os valores indicados abaixo:

- 0 (zero) para os números de anos; 9 (nove) para os coeficientes de variação;
- 0 (zero) para os coeficientes de correlação e 0 (zero) para a distância.

Operações Efetuadas

1. Cálculo dos números de anos de observações necessárias em cada estação, para que a extensão, a partir de cada "primária inicial", forneça \bar{y} satisfazendo as exigências expressas por a^2 (nove valores de k).

2. Para o primeiro dos nove valores de a^2 (maior precisão e maiores valores de k) escolha da estação X (primária inicial) que permite ter o menor valor de k .

3. Impressão dos resultados da seleção precedente com a seguinte amostragem:

- Uma linha por "estação Y" e, sobre esta linha:
 - Indicação do número da "estação X" selecionada
 - Lista dos nove valores de k obtidos para este par de X e Y.

4. Cálculo do número de estações-anos de observações que é a soma dos valores de k , correspondentes a cada valor de a^2 para todo conjunto de estações Y, exceto para as que são "primárias iniciais."

5. Estabelecimento de um valor INOT (I) que permite utilizar diversos lotes de "Estações Primárias Conservadas", obtidos por diminuição do lote de "Primárias Iniciais."

Para um número IZ das estações primárias, o objetivo é estudar vários grupos das primárias menores que IZ. Mas o custo da análise de todas as combinações ficando proibitivo em termos de computação, o programa tenta testar somente algumas combinações sendo (IZ-1), (IZ-2), IZ, 1 e 2, números das estações novas primárias. No caso de haver repetição de um número o controle no programa automaticamente evita repetição de cálculo.

Por exemplo, começando com 4 estações primárias, os números indicados acima serão $IZ - 1 = 3$, $IZ - 2 = 2$, $IZ = 4$, 1 e 2. Sendo 2 igual ao valor de $IZ - 2$, o programa não repete o último cálculo. Lembra-se que cada redução do número de lotes das estações primárias representa um número de combinações como, por exemplo: C_6^2 representa 15 combinações de 2 estações onde cada grupo de 2 é tomado dentre as 6 estações primárias iniciais. Este vetor $INOT(I)$ tem, como elementos, o número zero e o número 9999, e cada um dos números de ordem das estações primárias aumentados de uma unidade (na ordem de introdução dos dados: números 2 a $(IZ - 1)$ se há IZ "primárias iniciais"). 0 (zero) e 9999 para $INOT(I)$ são valores de controle. 0 (zero) sendo utilizado para indicação do término de uma certa combinação do fim do cálculo de todas as combinações de certo número das estações primárias. Então, depois do fim de todas as combinações para todas as ordens, o programa encontra o número de controle de 9999 que termina os cálculos.

A variável IM é utilizada como um índice para encontrar o número código de uma estação escrita numa ordem numérica. Por ex: $NOSTAP(IM)$ indica o código da estação no lugar IM escrito sequencialmente. A correspondência entre a lista das estações, com o código correspondente, é feita com este índice IM . Como o vetor $INOT(I)$ utiliza número de identificação igual ao número da sequência aumentada por 1, para reencontrar a estação correspondente da $INOT(I)$, o elemento é diminuído de 1 e se torna, assim, o índice IM . A partir da análise de todas as combinações das estações primárias, o resultado do programa, para cada combinação, termina com o número total das estações - anos nas secundárias, para cada valor de precisão-risco adotado. O objetivo final é escolher uma combinação particular que é ótima ou que daria o menor número das estações-anos de observações nas secundárias para um conjunto das primárias iniciais. Em

qualquer caso, se algumas primárias do conjunto selecionado não são utilizadas, verifica-se que elas não dão nenhum benefício como primárias e podem passar para secundárias. Então, no cálculo total das estações-anos das secundárias, os valores correspondentes para estas primárias, que faltaram correlacionar com outras secundárias, devem ser somados. Estes valores serão os valores de k obtidos por correlação destas primárias com outra primária, que saem no resultado. Esta operação então deve ser feita por análise pessoal.

Fazendo esta análise, verificamos que uma das combinações de cinco estações tomadas dentre as 7 (sete) primárias - iniciais escolhidas, "a priori", dá o mínimo de estações - anos nas estações secundárias. Estas primárias são as de número, código e nomes a seguir:

- 87 - Soledade
- 91 - Boa Vista
- 118 - Caraúbas
- 123 - Bodocongô
- 89 - Santa Tereza

Descrição do Programa 3

Introdução de Dados

1. Introdução dos 9 (nove) valores de precisão e risco como no programa 2.
2. Limites máximos de duração adotados para as observações nas secundárias. Quatro valores do limite k_0 no formato 4I5, são usados, sendo 30, 40, 60 e 100 anos, no presente caso.

3. A partir do caso ótimo, dando o menor número total das estações-anos nas secundárias, determinado por resultados do programa 2, as informações referentes a todas as secundárias deste caso, com o valor do coeficiente de variação serão levadas neste programa. No estudo presente, o caso ótimo correspondeu a um conjunto de cinco (5) estações primárias, as outras 16 permanecendo como secundárias. 16 cartões, cada um com o número da estação, os valores de k correspondentes aos 9 (nove) valores da função precisão-risco e o coeficiente de variação, nesta situação, são perfurados. Um cartão branco será necessário, após o conjunto, indicando o fim das informações sobre as estações.

4. Devem ser fornecidos, ainda, os coeficientes de correlação (já disponíveis nos resultados do Programa 1) para todos os pares das estações (ditos acima) possíveis. No presente caso, eles foram fornecidos na ordem de uma série de 15 coeficientes de correlação $Cr(1,2)$ a $Cr(1,16)$, uma série de 14 coeficientes $Cr(2,3)$ a $Cr(2,16)$, ... até $Cr(15,16)$ representando 120 valores. O fim de cada série deverá ter um espaço em branco ou um cartão branco.

Operações Efetuadas

1. Cálculo de duração de observações necessárias em cada estação, para que \bar{y} seja conhecido em cada estação (satisfazendo as condições expressas por a^2) quando a extensão é efetuada a partir de cada uma das outras estações. Os resultados são impressos em um formato onde aparecem, alternativamente:

- Uma linha definindo o par de estações
- uma linha onde figuram os 9 (nove) valores de duração chamados variável KA neste programa, -

calculados para cada um dos valores de a^2 .

- como $KA(I, J)$ é diferente de $KA(J, I)$ no presente caso, teremos $16 \times 15 = 240$ séries de 9 valores de KA .

2. Determinação dos lotes de estações, podendo-se tornar primárias, para que \bar{y} seja conhecido em todas as estações, satisfazendo as condições expressas por a^2 sem que a duração de observação não tenha de exceder a k_0 .

As operações são efetuadas na ordem imposta por 3 (três) loops embutidos.

Um loop em que o contador JK , variando de 1 a 4, permite, sucessivamente, a escolha dos 4 (quatro) valores de k_0 representados no programa pelo vetor KS (30, 40, 60 e 100 anos como foi dito).

No interior deste loop existe um segundo loop, onde o contador JF , variando de 1 a 9, permite, sucessivamente, a escolha de 9 valores de a^2 (função precisão-risco).

No interior desses loops há um terceiro loop, onde o contador $MVAR$, variando de 1 a 4, permite, sucessivamente, a escolha dos 4 métodos de seleção das novas primárias, baseado na contagem dos números de ligações de acordo com a metodologia descrita na seção - Tratamento Automático - no capítulo anterior. Assim, teremos $4 \times 9 \times 4 = 144$ combinações possíveis para a seleção das novas primárias. Em alguns casos, pode ser que os 4 métodos não sejam utilizados, dependendo da existência das ordens das ligações. Neste caso, o programa daria a seleção das primárias pelo primeiro método, que sempre funciona

2.5 Dados Pluviométricos para Racionalização

Para a área de racionalização escolhida, a depressão - de Parari-Cabaceiras, situada abaixo da curva de nível de 600 metros, encontramos 23 estações pluviométricas. Duas das estações foram desprezadas por não apresentarem período suficiente para correlação estatística. Usamos, então, apenas, 21 estações, todas situadas abaixo da cota de 600 metros ou nesta. Os dados pluviométricos são publicações da SUDENE para o período de 1963-1971. O período de 1972 - 1976 foi adquirido diretamente do Departamento de Recursos Naturais daquela autarquia. O tratamento dos dados de precipitação para verificação da qualidade dos mesmos é descrito pela SUDENE, no Prefácio da publicação "Dados Pluviométricos", Período 1963 - 1971. (17). Os dados pluviométricos apresentam-se incompletos em várias dessas estações. Faltam dados mensais para alguns dos postos e, por isso, não é garantido nem calculado o total anual pela SUDENE. Fizemos, contudo, a complementação mensal de algumas estações correlacionando-a sempre com os três postos mais vizinhos. Evitamos a complementação em anos com falta de mais de três observações mensais. Nestes casos, preferimos não considerar o ano de observação, também não considerado pela SUDENE. Usamos, para complementar as falhas mensais, o "Método das Relações Normais" - (12) expresso pela seguinte fórmula:

$$P_x = \frac{1}{n} \left(\frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right) \quad (24)$$

em que:

M_x = Precipitação média mensal na estação X a preencher
 M_a , M_b e M_c = Precipitação média para o mês de falha nas estações vizinhas
 P_x = Precipitação mensal a preencher na estação X

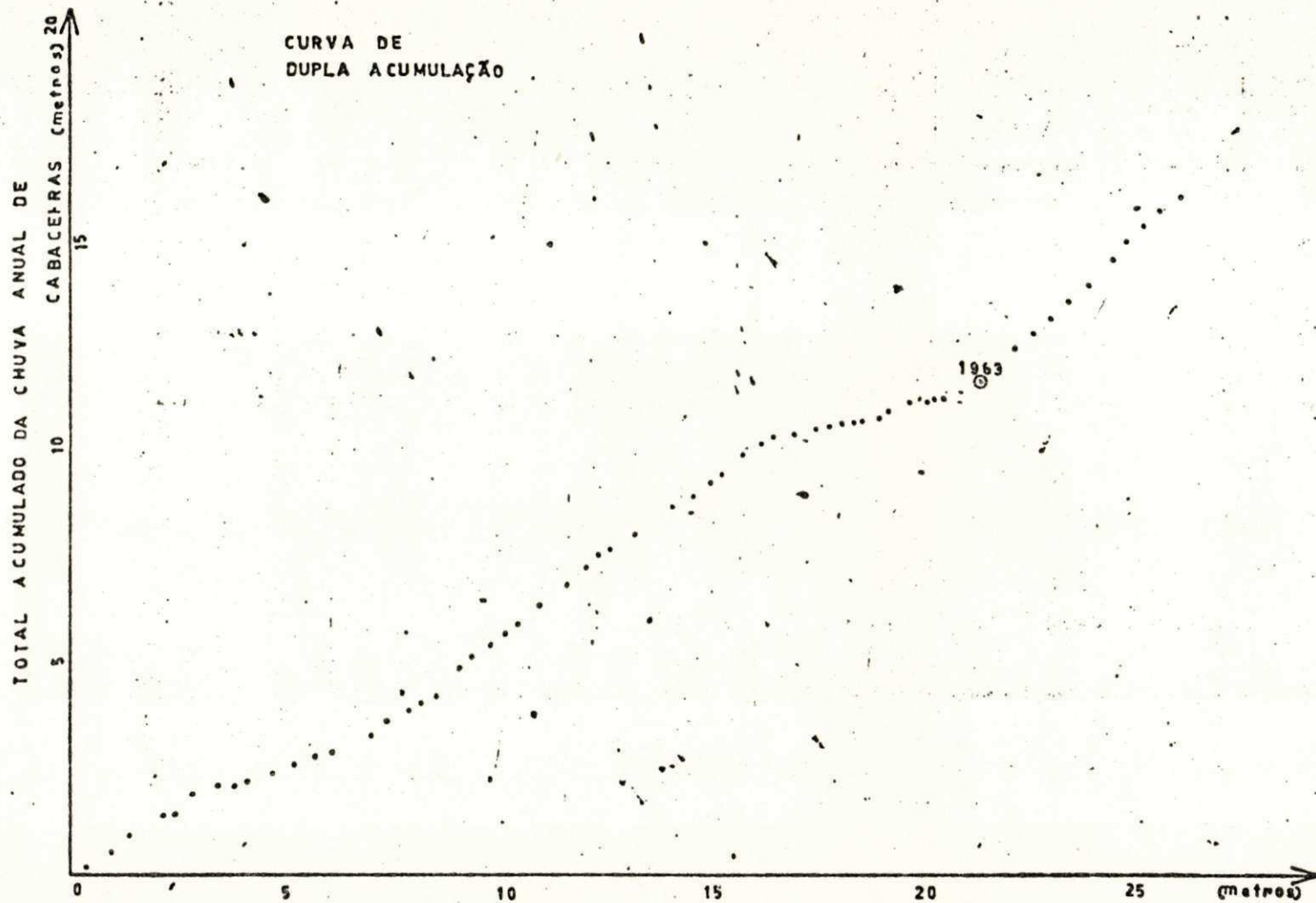


FIGURA 2 - MEDIA TOTAL ACUMULADA DA PLUVIOMETRIA ANUAL DOS POSTOS DE :
SJCARIRI, UMBUZEIRO, SOLEDADE, CABACEIRAS

Tomamos 8 (oito) estações primárias iniciais, 4 com dados desde 1911, uma desde 1923, uma desde 1932 e duas desde 1934. As treze estações restantes foram consideradas secundárias. Elas possuem dados: uma a partir de 1959 e doze a partir de 1963. Após calcular, através do programa, os coeficientes de correlação, verificamos que certos deles eram pequenos de mais ou negativos. A qualidade dos dados, heterogeneidade das estações, variação do clima etc., podem ser responsáveis por baixa correlação desta natureza. Foi decidido superar este problema e usar dados da mesma qualidade em todas as estações, utilizando o método da dupla acumulação para verificação da consistência dos dados. Nos casos onde a tendência não era linear, para o período total de observações, foram considerados somente os dados que se conformavam no último trecho linear. Um exemplo disto é indicado na Figura (3). O número código de cada posto, nome e precipitações anuais são indicados na Tabela (I) Plotamos todos os dados pluviométricos acumulados da estação de Cabaceiras contra a média acumulada das estações observadas desde 1911 (Cabaceiras, São João do Cariri, Umbuzeiro e Soledade). Depois plotamos os dados acumulados de cada uma das outras três contra a mesma média. Verificamos que Cabaceiras, nº 93, e Umbuzeiro, nº 126, não conservavam nenhuma tendência definida maior que 14 anos. Fazendo a mesma operação de dupla acumulação para as estações de menor período, encontramos Santa Tereza com tendência quase linear em 17 anos. Tomamos, então, esta estação para primária e consideramos as duas outras como secundárias. Ficamos, assim, com 7 estações primárias iniciais, tomadas, "a priori." Embora utilizando esses dados de maior consistência a correlação continuou pequena, senão negativa. Isto indica que a racionalização para esta região ainda não encontra boa correlação entre os postos. Contudo, para apresentar o método que poderá ser utilizado em futuro não muito distante, tentamos a correlação geográfica. A distância é um fator físico que tem

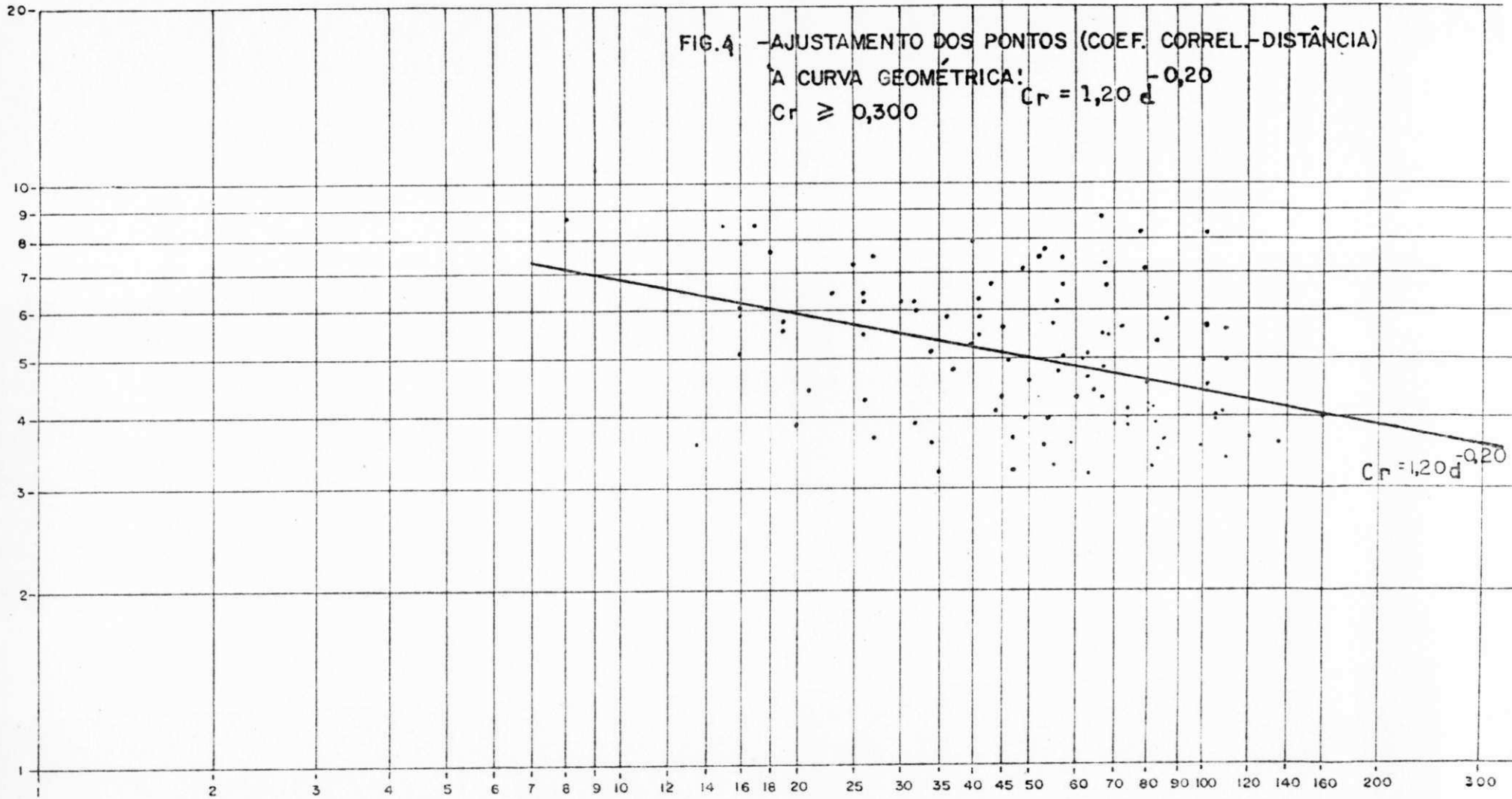
TABELA I

NOME DO POSTO	NÚMERO-CÓDIGO DO POSTO	DADOS ANUAIS, DE CHUVA, DISPONÍVEIS	COMENTÁRIOS
Soledade	087	1911 - 1976	Complementados meses de 1965 e 1959
São João do Cariri	085	1911 - 1974	Compl. meses de 1969, 71, 74 e 1970
Olivedos	041	1934 - 1976	Complementado em 1972
Boa Vista	091	1923-1960 e 1962-1971	Complementado em 1971
Caraúbas	118	1934 - 1976	Complementado em 1974 Rejeitado o Período de 1934 - 1947
Bodocongô	123	1933 - 1976	
Santa Tereza (Fz.)	089	1959-1961 e 1963-1976	Compl. meses de 1966
Umbuzeiro	126	1911 - 1976	Compl. 1964 e 66. Rej. Período 1911-62
Cabaceiras	093	1911-1959 e 1963-1976	Compl. 1970. Rej. Período de 1911-62
Santo André	083	1963 - 1976	
Serra Branca	086	1963 - 1976	
Gurjão	090	1963 - 1976	Complementados 1965, 1972 e 1974
Coxixola	115	1963 - 1976	Complementado 1970
Prata	112	1963 - 1975	
Camalaú	120	1963 - 1976	
Barra de S. Miguel	122	1963 - 1976	Complementados 1966 e 1972

TABELA I

(Continuação)

NOME DO POSTO	NÚMERO-CÓDIGO DO POSTO	DADOS ANUAIS, DE CHUVA, DISPONÍVEIS	COMENTÁRIOS
Aroeiras	125	1963 - 1976	Complementado em 1966 e 1970
Lagoa dos Marcos (Fz)	124	1963 - 1975	Complementado em 1972
Riacho Santo Antônio	121	1963-72 e 1974-1976	1969 e 1970 - 1974 e 1975
Congo	119	1963-72 e 1975	1972
Catolé	092	1963-68 e 1970-1976	1971



grande influência na correlação entre postos. Fizemos a correlação entre a distância e os coeficientes de correlação maiores que 0,3. Procuramos a curva de melhor ajustamento. No papel bi-log (Figura 4) traçamos uma reta correspondente à melhor curva geométrica, dando a relação:

$$Cr = 1,2 d^{-0,2} \quad \text{Eq. (25)}$$

onde:

Cr = Coeficiente de correlação

e d = Distância entre estações em km

Esta foi a curva que melhor se ajustou aos dados reais com o coeficiente de correlação razoável, em termos de distância. No cálculo dos parâmetros estatísticos, através do programa 1, foram conservados todos os outros, e somente o coeficiente de correlação foi calculado através da equação (25). Este artefato não é totalmente real, mas é suposto que, se houvesse dados bem homogêneos, os coeficientes de correlação teriam valores bem próximos do definido pela equação.

Desta maneira, complementando e homogenizando os dados pluviométricos e se calculando os coeficientes de correlação pela distância entre estações, os três programas foram utilizados na tentativa da racionalização. Em virtude da grande quantidade dos resultados gerados por cada programa, somente um exemplo de cada tipo de resultado é indicado no Apêndice.

O programa 2 é uma das fases importantes no qual a condição ótima de seleção das estações primárias é obtida para o menor número de estações-anos de observação para as estações secundárias com um certo valor da função precisão-risco escolhida. Isto implica o mínimo de custo para um certo número das locações escolhidas. O resultado para o caso ótimo é apresentado a seguir e será discutido no próximo Capítulo. É importante no

tar que, este caso ótimo, não é indicado pelo computador, mas deverá ser escolhido por verificação manual.

O programa 3 utilizou os resultados do programa 2, citado anteriormente, e deu, como resultados, a listagem das estações secundárias que podem passar a novas primárias, para obter uma maior número de locações na segunda fase da racionalização. A escolha das estações correspondentes para o caso da função precisão-risco = 0,000773 ($p = 4\%$ $\alpha = 15\%$) e $k_0 = 30, 40, 60$ e 100 anos, são indicados nas páginas seguintes, para análise posterior.

CAPÍTULO V

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados finais dos Programas 2 e 3 foram apresentados no Capítulo anterior. Aqui serão discutidos alguns aspectos desses resultados e as condições de racionalização.

Operamos o Programa 2 com o primeiro conjunto de 9 valores da função precisão-risco. A este conjunto chamamos de Precisão 1. Encontramos um número de estações-anos demasiadamente grande. Repetimos o tratamento automático deste programa com o segundo conjunto de 9 valores de $f(p, \alpha)$, ao qual chamamos de Precisão 2. Adotamos este último conjunto por ele fornecer os números de estações-anos menores. Esses dois conjuntos se encontram tabelados no Capítulo IV. Este Programa 2 nos mostrou o melhor lote de primárias iniciais constando somente de 5 (cinco) das 7 (sete) estações primárias escolhidas, inicialmente. Essas cinco estações primárias nos dão os menores períodos necessários de observação, para que sejam conhecidas as precipitações médias anuais, nas secundárias, com os valores de precisão-risco admitidos (o que define a qualidade de informação). Isto sendo possível, por causa da possibilidade de extensão estatística efetuada a partir daquelas cinco primárias para as es

tações secundárias.

No Programa 3, entra-se com os dados dos Programas 1 e 2. E, considerando-se, somente, as 16 estações restantes como secundárias, calculam-se todos os lotes possíveis de novas primárias. A pesquisa do menor lote é feita estabelecendo-se uma precisão e verificando que lote de novas primárias, junto com as primárias iniciais selecionadas, dão o maior número de locações, durante o período de racionalização. Este número de locações é calculado tomando-se para cada secundária, o seu menor número k de anos de observação necessário para satisfazer as exigências da função precisão-risco. Isto é feito com o exame dos resultados dos Programas 2 e 3. Divide-se, então, o prazo total de racionalização, por este número de anos de observação necessário em cada secundária. Isto nos dá o número de locações para as secundárias que, somado ao número de locações para as primárias (cada primária conta uma locação) dá o total de locações da rede durante todo o prazo de racionalização. O prazo foi tomado igual a 200 anos.

O objetivo do Programa 3 é obter o máximo número de locações possíveis durante o prazo de racionalização. Isto será feito baseando-se no aproveitamento da existência da correlação entre secundárias iniciais, transformando em primárias as estações que apresentam a melhor correlação com as outras estações. Com esta escolha de novas primárias, e considerando que as outras secundárias terão o menor número k de anos de observação, dentro do limite da função precisão-risco, pode-se, então, mudar, para outra locação, cada estação que permaneceu como secundária. Mas existe uma relação entre o número das estações que podem ser usadas como primárias, e o máximo número das locações para as secundárias dentro do prazo. Esta função em geral não é linear, e o objetivo é obter a situação ótima em termos de máximo número de locações possíveis para os vários lotes de primárias que possam ser considerados. Este cálculo é feito da

márias que possam ser considerados. Este cálculo é feito da seguinte maneira.

O Programa 3 fornece o número das secundárias que se podem tornar primárias, para vários casos da função precisão-risco e o prazo intermediário de racionalização k_0 . Desta maneira, para um certo valor da precisão-risco estabelecido, teremos pelo menos quatro números das estações novas primárias correspondente aos valores de $k_0 = 30, 40, 60$ e 100 anos. Sabendo se a duração mínima de observação para as restantes estações (secundárias), nos Programas 2 e 3, pode ser calculado o número das mudanças ou locações possíveis para cada grupo de primárias. Por exemplo, se uma estação S_j , que permanece como secundária, tem o menor número de anos de observação possível igual a k_i anos em relação com uma primária inicial ou a uma nova primária S_i , então o número de locações para S_j seria igual a $200/k_i$. Assim, serão somados os números das locações para todas as restantes secundárias que não se tornam primárias e teremos, então, para cada lote de primárias, o número de locações possíveis. Quando k_0 é maior, o número de estações primárias será menor, porque as secundárias terão bastante tempo para estabelecer a melhor correlação dentro do valor da função precisão-risco. Nota-se que as primárias iniciais serão somadas com as novas primárias durante o cálculo das locações.

Como foi indicado anteriormente no Programa 3, há quatro métodos possíveis de seleção das novas primárias e, dependendo da situação, os 4 métodos podem dar o mesmo número de novas primárias iguais ou diferentes. Quando ele não é o mesmo, torna-se mais simples o estabelecimento do número das locações das secundárias para mais valores das primárias. No caso em que alguns desses métodos dão igual número das novas primárias, deve ser usado somente o conjunto que dá o maior número das locações calculado da maneira já explicada. Examinando a situação com a²

(função precisão-risco = 0,000773) resultaram, para a condição de $k_0 = 100$ anos, 3 lotes de 9 estações e 1 lote de 10 estações (novas primárias). Para os outros casos de $k_0 = 30, 40$ e 60 anos, resultou somente 1 lote em cada caso, iguais a 16, 15 e 13, respectivamente. Através dos cálculos, os 3 lotes de 9 estações novas primárias corresponderam, para o número de locações = 33, 31 e 33. Sendo a opção arbitrária, escolheu-se um caso de 33.

Para este caso de precisão, a situação ótima foi definida pelo cálculo das locações, como segue:

As primárias iniciais, conservadas no Programa 2, são as 5 estações citadas abaixo:

- 87 - Soledade
- 91 - Boa Vista
- 118 - Caraúbas
- 123 - Bodocongô
- 89 - Santa Tereza

O número das locações possíveis para o caso das nove primárias é:

- 1º) Na condição do prazo intermediário $k_0 = 30$ anos, o programa fornece todas as 16 estações tornando-se novas primárias e, então, dando um total de:
 $16 + 5 = 21$ locações
- 2º) Na condição de $k_0 = 40$ anos, resultam 15 novas primárias, ficando 1 como secundária que permite cinco locações e dando, então, ao todo:
 $15 + 5 + 5 = 25$ locações
- 3º) Para $k_0 = 60$ anos, são selecionadas 13 estações novas primárias, dando:
 $13 + 5 + 11 = 29$ locações

49) Então, para $k_0 = 100$ anos, o programa apresenta 4 lotes de novas primárias, sendo estes iguais a 3 lotes de 9 e 1 lote de 10 estações:

O primeiro e o segundo lotes de 9 dão:

$$19 + 9 + 5 = 33$$

$$\text{O terceiro lote de 9 dá: } 17 + 9 + 5 = 31$$

$$\text{O lote de 10 fornece: } 17 + 10 + 5 = 32$$

Estes cálculos estão resumidos no quadro abaixo, sendo

N_p = Número de primárias de cada lote

N_e = Número de locações para vários lotes de estações primárias.

Ne/Np	Lotes de 14	De 15	De 18	De 20	De 21
LOCAÇÕES	33	32	29	25	21
	31	-	-	-	-
	33	-	-	-	-

Finalmente, a informação apresentada no quadro anterior, pode ser plotada graficamente, para obter a situação ótima. Esta relação é apresentada na Figura (5). Esta representação gráfica, se fosse para uma rede de alta qualidade, seria semelhante na tendência à Figura (6).

Neste caso, em virtude das várias aproximações e qualidade dos dados, isto não foi possível. Apesar disso, o processo da racionalização é bem desenvolvido nesta aplicação, indi

cando que, pelo menos futuramente, o processo dará melhores resultados. O mesmo gráfico pode ser elaborado para outros casos de precisão-risco. Contudo, por causa da aproximação introduzida, uma análise para uma melhor precisão não poderá ser justificada em termos dos resultados.

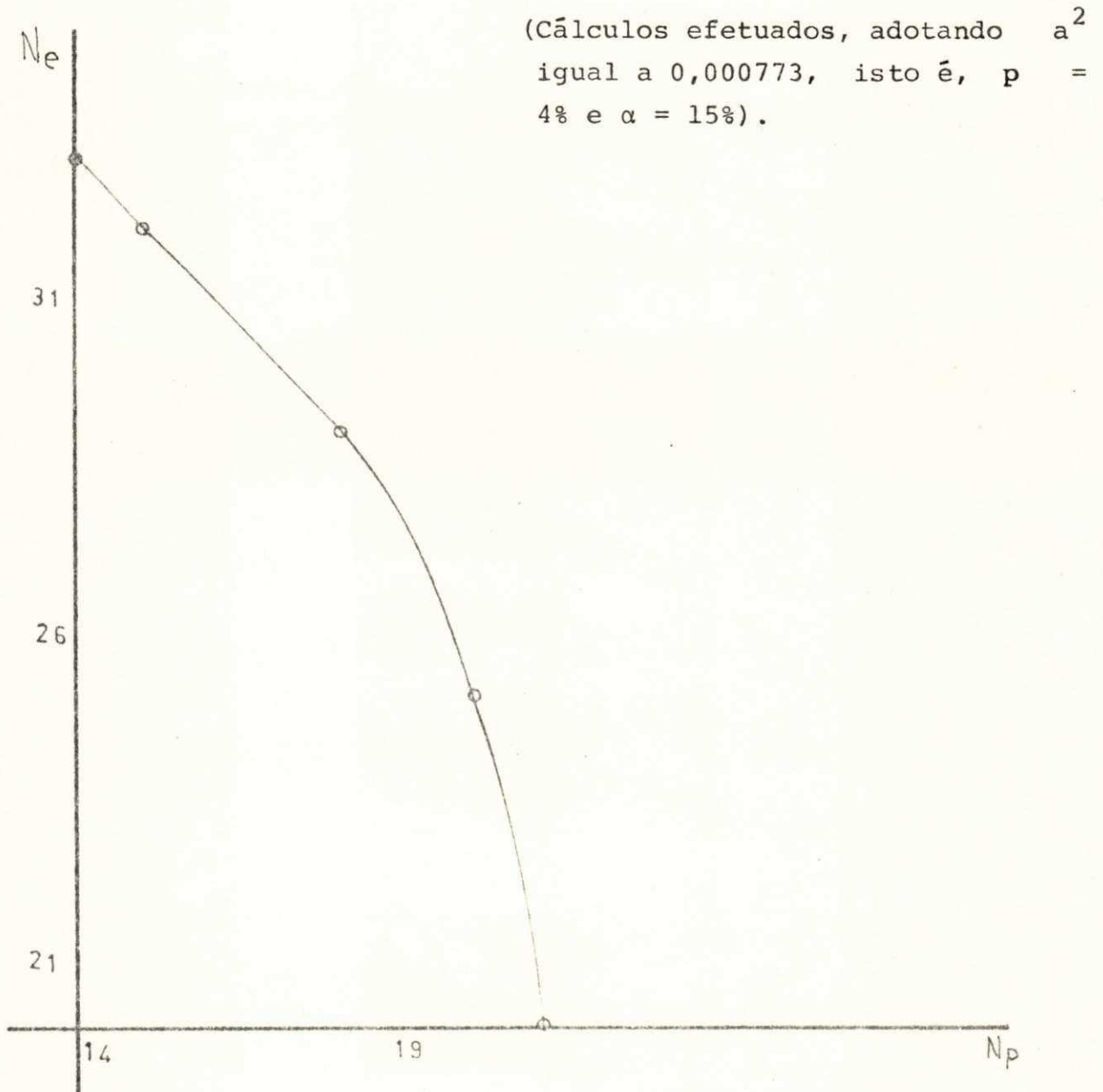


FIG. 5 GRÁFICO DO Nº DE PRIMÁRIAS N_p contra O Nº DE LOCAÇÕES N_e

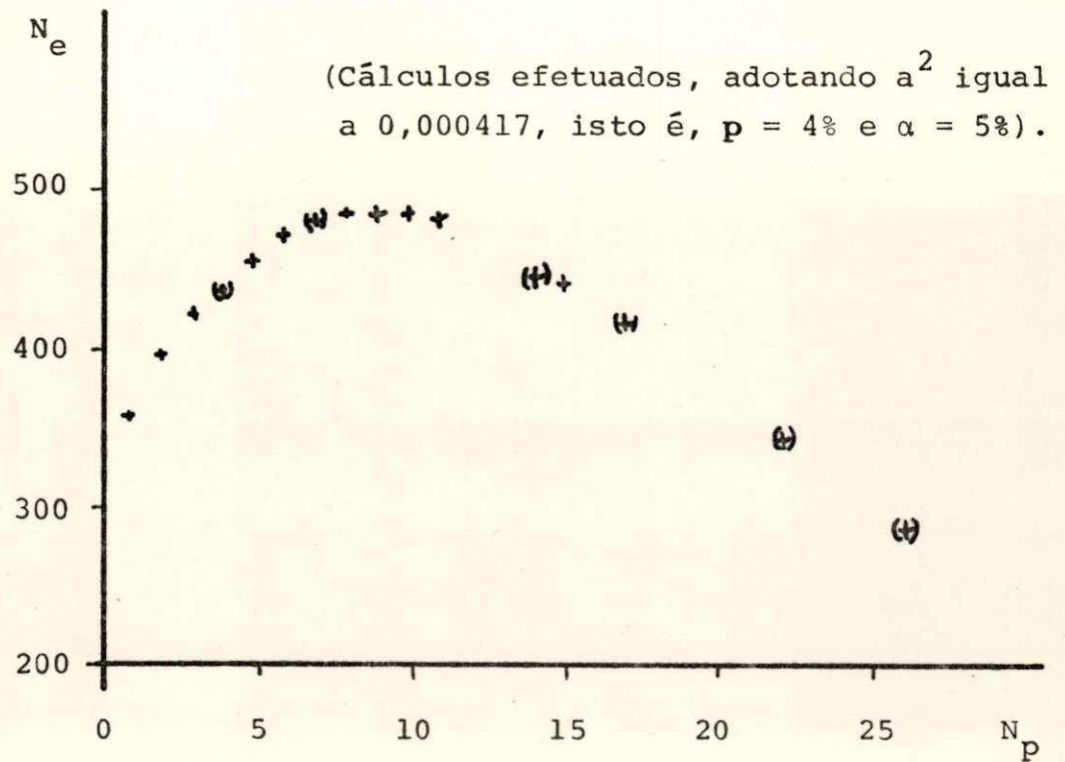


Figura 6 - Resultado final para o caso da racionalização da rede pluviométrica da Alsácia.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

Baseado neste estudo, pode ser concluído o seguinte:

1) As informações disponíveis e as publicações da SUDENE indicam que a planificação da rede hidrometeorológica ou, pelo menos, as das redes pluviométrica e fluviométrica são feitas de acordo com os principais critérios da OMM e, neste sentido, estão quase completas.

2) A maior parte das redes pluviométrica e fluviométrica possui dados de, pelo menos, 10 anos. Neste caso, a tentativa de racionalização destas redes, é mais útil que ampliar o processo de planificação.

3) O processo de racionalização, aplicado para a região da Depressão de Cabaceiras, demonstra a sua validade e a sua utilidade, e que seus resultados não são definitivos.

4) O processo de racionalização aplicado para a área em estudo, não pôde ser definido porque, ou os dados não tiveram extensão de tempo adequada, ou não foram de boa qualidade, ou a rede não atingiu a densidade razoável para esta região. Esta conclusão é baseada em observação de coeficientes de correlação negativos e muito pequenos.

5) A região, sendo sujeita a uma variabilidade de regime pluviométrico muito grande, a racionalização somente poderá ser viável economicamente, com um valor da função precisão-risco relativamente alto.

BIBLIOGRAFIA

1. DUBREUIL, P. et GUISCAFRE, J. La planification du réseau hydrométrique minimal. Paris, Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol VIII, nº 2, 1971
2. DUMITRESCU, V. Les principes de la planification et de l'organisation des réseaux hydrométriques. WMO and IASH Symposium Design of Hydrological Networks, Québec, Canada, publication nº 67, 1965.
3. DUQUE, José Guimarães. O nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza, Ceará, Banco do Nordeste do Brasil e ETENE, 1964.
4. DURRANT, E. F. Special problems in the development of hydrometeorological networks for arid and semi-arid areas. WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks Québec, Canada, publication nº 67, 1965.
5. HERBAUD, J. Essai sur les problèmes de rationalisation de réseaux. Mise en oeuvre sur un réseau pluviométrique. Paris, Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol. VI, nº 4, 1969.

6. LANGBEIN , W.B. National networks of hidrological data . WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks Québec, Canadá, publication nº 67, 1965.
7. LUCENA, Gleryston. Simpósio sobre recursos naturais da região nordeste - Trabalho apresentado - Recife, Documentação do DRN, SUDENE, Dezembro, 1973.
8. NEFF, Earl. Principles of precipitation network design for intensive hydrologic investigations. WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks, Québec, Canadá, publication nº 67, 1965.
9. NOUVELOT, J.F. Planificação de implantação de bacias representativas. Recife, SUDENE-ORSTOM, 1974.
10. OMM. Guide to hydrological practices. Publication nº 168 , 1974.
11. OSBORN, H.B. and KEPPEL R.V. Dense rain gage networks as a supplement to regional networks in semiarid regions, WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks, Québec, Canadá, publication nº 67, 1965.
12. PINTO, N.L. de Sousa; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, S.A. Hidrologia de superfície. Curitiba, Escola de Engenharia, 1967
13. RAINBIRD, A.F. Precipitation basic principles of networks design. WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks, Québec, Canadá, publication nº 67, 1965.

14. ROCHE, Marcel. Composition et rationalisation des réseaux hydrométéorologiques. Paris, Cah. ORSTOM, sér. Hydrol vol. IV, nº 3, 1967.
15. ROCHE, Marcel. Principe et organisation des réseaux hydro métriques planifiés em climats tropicaux (pays en voie de développement). WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks, Québec, Canadá, publication nº 67, 1965.
16. SACEYFIO, H.W.A.K., KRISHNAMURTHY, K. Ghana hydrological networks, WMO and IASH, Symposium Design of Hydrological Networks, Québec, Canadá, publication nº 67, 1965.
17. SUDENE. Dados pluviométricos da Paraíba, período 1963-1971 Recife, Publicação do Departamento de Recursos Naturais
18. SUDENE. Hidrologia das Secas. Recife, DRN, série Hidrogeologia nº 41, 1972.
19. SUDENE. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Recife, Levantamento Exploratório, boletim nº 15, série Pedologia nº 8, 1972.

A P Ê N D I C E

VARIÁVEIS USADAS NO PROGRAMA 1

- ALT (K) = Altitude em metros
- PRIMI (K) = Índice que se é diferente de zero indica uma estação primária e, se é igual a zero, indica uma estação secundária.
- NOSTA(K) = Número de qualquer estação
- FRAG (K, JS) = Nome por extenso da estação
- ITOTO (I) = Precipitação anual em mm
- ITOTA (K, JAN) = É o mesmo valor de ITOTO preparado para ser -
usado nos anos comuns das estações do par.
- JON (I) = Os anos (1911, 1927 etc.) de observação mas só os
três últimos algarismos
- XLAMB(K) = Longitude em minutos contados a partir da longitude
de 35^o tomada como inicial
- YLAMB(K) = Latitude em minutos contados a partir da latitude
de 6^o tomada como inicial
- NA = N(K) = Número de anos de observação
- MOY(K) = Média pluviométrica interanual de qualquer estação
- VAR(K) = Variância das alturas anuais de chuvas de qualquer
estação
- ET (K) = Desvio padrão de qualquer estação

- DT (I, J)** = Distância entre duas estações em km
NCT (I, J) = Número de anos de observações comuns
CRT (I, J) = Coeficiente de correlação entre dados pluviométricos anuais de duas estações.
- XMOY, VARX, ETX, COVAX** = Média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, respectivamente da série de dados pluviométricos anuais de cada estação (primária ou secundária)
- XNC = NC** = Número de anos de observações comuns
XMOYC, YMOYC, VARCX, VARYC, ETCX, ETCY = Médias, variâncias e desvios padrões na primária e na secundária, respectivamente da série de dados pluviométricos para o período de observações comuns
- YMOYE, VARYE, ETYE, COVAY** = Média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação estendidos da série de dados pluviométricos de cada estação (primária ou secundária) Extensão a partir de uma primária cada vez.
- ÍTEM 53 SX** = Somatório de todas as alturas anuais de chuva de cada estação
ÍTEM 54 SX2 = Somatório do quadrado das alturas anuais de chuva de cada estação
ÍTEM 92 SXY = Somatório do produto das alturas anuais tomadas de cada par de estações para o período de observações comuns
ÍTEM 93 SX = Somatório de todas as alturas anuais de chuva da primeira estação do par

- ÍTEM 94 SY = Somatório de todas as alturas anuais de chuva da segunda estação do par
- ÍTEM 95 SX2 = Somatório do quadrado de todas as alturas anuais da primeira estação do par
- ÍTEM 96 SY2 = Somatório do quadrado de todas as alturas anuais da segunda estação do par

VARIÁVEIS USADAS NO PROGRAMA 2

- FONPR (I) = Função precisão-risco
- KASOM (I) = Número de estações-anos
- KAMI (J, I) = Duração k de anos
- NOSTAP (I) = Tabela das estações primárias
- NOSTAS (J) = Tabela de todas as estações
- CR(I, J) = Coeficiente de correlação entre duas estações
- COVAY(I, J) = Coeficiente de variação da segunda estação do par
- D(I, J) = Distância entre estações em km
- KA(I, J, K) = Duração k de anos
- NAP(I) = Número de anos de observação na primária
- COV(I) = Coeficiente de variação da primária
- NC(I, J) = Número de anos de observação na segunda estação do par
- IM = Explicado no Capítulo IV
- INOT = Explicado no Capítulo IV
- IZ = Explicado no Capítulo IV

As demais variáveis IZI, IZA, IZE, IAE, IZR etc., ou têm uma função de contador ou são usadas na operação de combinação

$$C_{IZ}^{IZ-1}, \quad C_{IZ}^{IZ-2} \quad \text{etc.}$$

VARIÁVEIS USADAS NO PROGRAMA 3

FONPR (K)	=	Função precisão-risco
KS (I)	=	k_o = Quatro limites de duração de observação nas secundárias
KCH(I,K)	=	Durações mínimas de observações nas secundárias, devido às correlações destas com as primárias iniciais. Dados do Programa 2
NS(I)	=	Estação secundária que possui um certo número de ligações com outras secundárias
NS(J)	=	Estações secundárias que não têm ligações nem com as primárias iniciais nem com as novas primárias. Serão, por isto, escolhidas como novas primárias.
IL(I,J)	=	Teste para verificar se a estação secundária é ligada a uma outra estação secundária
IPOP (J)	=	Teste para verificar se a estação secundária é ligada a uma primária inicial
TL(I)	=	Contador de quantidade de ligações para uma NS(I)
NOSOL(I)	=	Estação que possui certo número de ligações com outras (ou outra) secundárias (secundária)
NT(IR)	=	Todas as novas primárias
KA(I,J,K)	=	Durações nas secundárias devidas à correlação com as outras secundárias
NN	=	Número total das estações secundárias das quais se verificará a possibilidade de se tornarem novas primárias
JK	=	Contador que, variando de 1 a 4, permite a escolha dos quatro limites de duração de observação.

- JF = Contador que, variando de 1 a 9, permite a escolha das nove hipóteses de precisão-risco
- MVAR = Contador que, variando de 1 a 4, permite a escolha dos quatro métodos de seleção
- NSOL = Contador do número de estações com ligações
- NIEP = Número de estações ligadas às primárias iniciais e com ligações com as secundárias
- NV = Número das novas primárias ligadas às primárias iniciais
- NNR = Número de estações B ligadas às novas primárias
- NR = Número total das novas primárias

```

$JOB          PRG1,TIME=15,PAGES=300,LINES=59
C   TENTATIVA DE RACIONALIZACAO DE REDE PLUVIOMETRICA PARA DEPRESSAO
C   DE CABACEIRAS HIDROLOGICAMENTE HOMOGENEA DA DEPRESSAO DE TAUA, AQUE
C   LA NOS CAPRIS DO PARAIBA, ESTA NO SERTAO DOS INHAMUNS, ESTADO DO
C   PARA
C   CORRELACAO INTERPOSTOS DAS CHUVAS ANUAIS
C   EXTENSAO DOS DADOS
1   INTEGER ALT(50),PRMT(50)
2   DIMENSION NOSTA(50),FRAG(50,6),ITOTD(99),ITOTA(50,99),JON(99),XLAM
    1B(50),YIAMB(50),N(50),MCY(50),VAR(50),FT(50),DT(50,50),NCT(50,50),
    2CRT(50,50),VARCXT(50,50),VARCYT(50,50),XMDYCT(50,50),YMDYCT(50,50)
    3,ETCXT(50,50),ETCYT(50,50),CCV(50)
3   1 FORMAT(15,16X,6A4,17,18,14,5X,11)
4   2000 FORMAT(15,10(13,14))
5   3500 FORMAT(///2X,'ESTACAO X NUMERO',16,6X,6A4)
6   3600 FORMAT(/3X,'MEDIA DE X',T30,F12.0,7X,'MM'/3X,'VARIANCIA DE X',T30
    1,F12.0,7X,'MM2'/3X,'DESVIO PADRAO DE X',T30,F13.1,6X,'MM'/3X,'COEF
    2ICIENTE DE VARIACAO DE X',T40,F5.3//3X,'NUMERO DE ANOS DE OBSERVAC
    3OES',T40,13)
7   44 FORMAT(/////2X,'ESTACAO 1 (VARIABEL X) NUMERO',16,6X,6A4/2X,'ALTI
    1TUDE ESTACAO 1',T30,I4,6X,'M'/2X,'ESTACAO 2 (VARIABEL Y) NUMERO',
    216,6X,6A4/2X,'ALTITUDE ESTACAO 2',T30,I4,6X,'M'//)
8   55 FORMAT(3X,'DISTANCIA ENTRE AS ESTACOES',4X,F7.0,8X,'KM'/3X,'MEDIA
    1 DE X',T30,F12.0,8X,'MM'/3X,'VARIANCIA DE X',T30,F12.0,7X,'MM2'/3X
    2,'DESVIO PADRAO DE X',T30,F13.1,7X,'MM'/3X,'MEDIA DE Y',T30,F12.0
    3,8X,'MM'/3X,'VARIANCIA DE Y',T30,F12.0,7X,'MM2'/3X,'DESVIO PADRAO
    4 DE Y',T30,F13.1,7X,'MM'/3X,'COEFICIENTE DE CORRELACAO',F10.3//3X
    5,'CALCULO A PARTIR DOS',I3,1X,'ANOS DE OBSERVACOES COMUNS')
9   60 FORMAT(///3X,'MEDIA EXTENDIDA DE Y',T30,F12.0,8X,'MM'/3X,'VARIANCIA
    1A EXTENDIDA DE Y',T30,F12.0,7X,'MM2'/3X,'DESVIO PADRAO EXTENDIDO D
    2E Y',T30,F13.1,7X,'MM'/3X,'COEFICIENTE VARIACAO EXTENDIDA DE Y',T4
    35,F5.3)
10  5500 FORMAT(1H1)
11  WRITE(6,9500)
12  DO 96 K=1,50
13  DO 96 JAN=1,99
14  56 ITOTA(K,JAN)=0
15  K=0
16  99 K=K+1
17  98 READ(5,1)NOSTA(K),(FRAG(K,JS),JS=1,6),LATI,LONGI,ALT(K),PRMT(K)
18  NOST=NOSTA(K)
19  IF(NOST)100,120,100
20  100 WRITE(6,3500)NOSTA(K),(FRAG(K,JS),JS=1,6)
21  XIAMB(K)=LONGI
22  YIAMB(K)=LATI
23  DO 97 I=1,99
24  97 ITOTD(I)=0
25  DO 95 I=1,99
26  95 JON(I)=0
27  J=1
28  JI=10
29  1100 READ(5,2000)IOSTA,(JON(I),ITOTD(I),I=J,JI)
30  IF(IOSTA)1000,1000,1200
31  1200 WRITE(6,6000)IOSTA,(JON(I),ITOTD(I),I=J,JI)
32  6000 FORMAT(/3X,15,10(13,14,1X))
33  J=JI+1
34  JI=J+9
35  GO TO 1100
36  1000 N=JON(1)-910

```

```

37      MA=JON(1)
38      I=1
39      NA=0
40      SX=0.
41      SX2=0.
42      DO 3000 JAN=M.75
43      IF (JON(I)-MA)210,700,210
44 700 ITOTA(K,JAN)=ITOTA(I)
45      I=I+1
46      MA=MA+1
47      GO TO 4000
48 210 ITOTA(K,JAN)=0
49      MA=MA+1
50 4000 Y=ITOTA(K,JAN)
51      IF (X)3000,3000,130
52 130 NA=NA+1
53      SX=SX+X
54      SX2=SX2+X*X
55 3000 CONTINUE
56      XN=NA
57      XMOY=SX/XN
58      VARX=(XN*SX2-SX*SX)/(XN*(XN-1.))
59      FTX=SQRT(VARX)
60      COVAX=FTX/XMOY
61      MOY(K)=XMOY
62      VAR(K)=VARX
63      FT(K)=FTX
64      COV(K)=COVAX
65      N(K)=NA
66      WRITE(6,3600)XMOY,VARX,FTX,COVAX,NA
67      IF (PRIMI(K))1007,99,1007
68 1007 WRITE(7,1008)NOSTA(K),NA,COVAX
69 1008 FORMAT(2X,'ESTACION PRIMARIA NUMERO',5X,I3,10X,'OBSERVADA',I4,1X,'A
1NOST',10X,'COV=',F5,3)
70      GO TO 99
71 120 K=K-1
72      DO 350 I=1,K
73      XIAMB1=XIAMB(I)
74      YIAMB1=YIAMB(I)
75      DO 350 J=1,K
76      IF (J-I)5001,350,5002
77 5002 XIAMB2=XIAMB(J)
78      YIAMB2=YIAMB(J)
79      D=1.85*SQRT((XIAMB2-XIAMB1)**2+(YIAMB2-YIAMB1)**2)
80      WRITE(6,44)NOSTA(I),(FRAG(I,JS),JS=1,6),ALT(I),NOSTA(J),(FRAG(J,JS
1),JS=1,6),ALT(J)
81      NC=0
82      SXY=0.
83      SX=0.
84      SY=0.
85      SX2=0.
86      SY2=0.
87      DO 300 JAN=1.75
88      X=ITOTA(I,JAN)
89      Y=ITOTA(J,JAN)
90      IF (X*Y)300,300,145
91 145 NC=NC+1
92      SXY=SXY+X*Y
93      SX=SX+X

```

```

94      SY=SY+Y
95      SX2=SX2+X*X
96      SY2=SY2+Y*Y
97      300 CONTINUE
98      XNC=NC
99      IF (XNC-2.) 252, 252, 351
100     352 DT(I,J)=D
101     NCT(I,J)=NC
102     CRT(I,J)=0
103     WRITE(6,56)D,NC
104     56  FORMAT(3X,'DISTANCIA ENTRE AS ESTACOES',4X,F7.0/3X,'NAO HA EXTENS
105     1AD',13,1X,'ANOS DE OBSERVACOES COMUNS')
106     GO TO 350
107     351 CR=1.2/D**0.2
108     VARCX=(XNC*SX2-SX*SX)/(XNC*(XNC-1.))
109     VARYC=(XNC*SY2-SY*SY)/(XNC*(XNC-1.))
110     XMCYC=SX/XNC
111     YMCYC=SY/XNC
112     ETCX=SQRT(VARCX)
113     ETCY=SQRT(VARYC)
114     DT(I,J)=D
115     NCT(I,J)=NC
116     CRT(I,J)=CR
117     VARCXT(I,J)=VARCX
118     VARYT(I,J)=VARYC
119     XMCYCT(I,J)=XMCYC
120     YMCYCT(I,J)=YMCYC
121     ETCXT(I,J)=ETCX
122     ETCYT(I,J)=ETCY
123     GO TO 200
124     5001 WRITE(6,44)NOSTA(I),(FRAG(I,JS),JS=1,6),ALT(I),NCSTA(J),(FRAG(J,JS
125     1),JS=1,6),ALT(J)
126     D=DT(J,I)
127     NC=NCT(J,I)
128     CR=CRT(J,I)
129     IF (CR) 5003, 5004, 5003
130     5004 WRITE(6,56)D,NC
131     GO TO 350
132     5003 VARCX=VARYT(J,I)
133     VARYC=VARCXT(J,I)
134     XMCYC=YMCYCT(J,I)
135     YMCYC=XMCYCT(J,I)
136     ETCX=ETCYT(J,I)
137     ETCY=ETCXT(J,I)
138     200 IF (PRIMI(I)) 150, 155, 150
139     150 NA=N(I)
140     IF (NA-NC) 153, 153, 190
141     153 WRITE(6,7000)
142     7000 FORMAT(2X,'EXTENSAO IMPOSSIVEL ATUALMENTE'/)
143     YMCYF=MCY(J)
144     VARYF=VAR(J)
145     ETYF=ET(J)
146     GO TO 154
147     190 XMCY=MCY(I)
148     VARX=VAR(I)
149     YMCYF=YMCYC+CR*(ETCY/ETCX)*(XMCY-XMCYC)
150     VARYF=VARYC+CR**2*(VARYC/VARCX)*(VARX-VARCX)
151     IF (CR-0.950) 160, 165, 165
152     160 IF (VARYF-VARYC) 170, 165, 165

```



```
151 170 VARYE=VARYC
152 165 FTYE=SORT(VARYE)
153 154 COVAY=FTYE/YMOYE
154 WRITE(6.55)D,XMOYC,VARCX,ETCX,YMOYC,VARYC,ETCY,CR,NC
155 WRITE(6.60)YMOYE,VARYE,FTYE,COVAY
156 WRITE(7.70)NOSTA(I),N(I),CCV(I),NOSTA(J),D,NC,CR,COVAY
157 70 FORMAT('PRIM.',I4,1X,'OBS.',I2,'ANS CV=',F5.3,2X,'SEC.',I4,1X,'D='
1.F7.0,2X,'NC=',I2,2X,'CR=',F6.3,1X,'CV=',F5.3)
158 GO TO 350
159 155 WRITE(6.55)D,XMOYC,VARCX,ETCX,YMOYC,VARYC,ETCY,CR,NC
160 350 CONTINUE
161 WRITE(6.9500)
162 STOP
163 END
```

\$ENTRY

ESTACAO X NUMERO 87 SOLFONADE

87911 426 912 481 913 595 914 626 515 151 916 314 917 450 918 282 919 229 920 710
 87921 479 922 481 923 302 9241015 925 332 926 610 927 386 928 316 929 565 930 152
 87931 322 932 197 933 259 934 547 935 701 936 373 937 434 938 209 939 469 940 585
 87941 437 942 267 943 303 944 367 945 304 946 163 947 292 948 388 949 182 950 277
 87951 138 952 201 953 168 954 188 955 298 956 322 957 188 958 94 959 211 960 332
 87961 298 962 234 963 308 964 435 565 344 966 327 967 620 968 204 969 568 970 274
 87971 413 972 639 973 373 974 813 575 581 976 401 0 0 0 0 0 0 0 0

MEDIA DE X 378. MM
 VARIANCIA DE X 32276. MM2
 DESVIO PADRAO DE X 179.7 MM
 COEFICIENTE DE VARIACAO DE X 0.475
 NUMERO DE ANOS DE OBSERVACOES 66

ESTACAO X NUMERO 85 SAO JOAO DO CARIRI

85911 236 912 511 913 370 914 672 915 125 916 371 917 491 918 319 919 222 920 466
 85921 524 922 522 923 202 924 995 925 411 926 459 927 324 928 307 929 474 930 198
 85931 283 932 181 933 227 934 523 935 805 936 149 937 366 938 302 939 561 9401472
 85941 393 942 177 943 130 944 222 945 635 946 188 947 651 948 345 949 278 950 44
 85951 178 952 192 953 391 954 132 955 870 956 333 957 454 958 233 959 240 960 414
 85961 503 962 459 963 221 964 443 965 541 966 316 967 294 968 336 969 344 970 196
 85971 390 972 337 973 435 974 718 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

MEDIA DE X 392. MM
 VARIANCIA DE X 53889. MM2
 DESVIO PADRAO DE X 232.1 MM
 COEFICIENTE DE VARIACAO DE X 0.592
 NUMERO DE ANOS DE OBSERVACOES 66

DESVIO PADRAO DE Y 232.1 MM

COEFICIENTE DE CORRELACAO 0.570

CALCULO A PARTIR DOS 64 ANOS DE OBSERVACOES COMUNS

MEIA EXTENDIDA DE Y 355. MM

VARIANCIA EXTENDIDA DE Y 53889. MM2

DESVIO PADRAO EXTENDIDO DE Y 232.1 MM

COEFICIENTE VARIACAO EXTENDIDA DE Y 0.588

ESTACAO 1 (VARIABEL X) NUMERO 87 SOLEDADE
ALTITUDE ESTACAO 1 560 M

ESTACAO 2 (VARIABEL Y) NUMERO 41 OLIVEDOS
ALTITUDE ESTACAO 2 545 M

DISTANCIA ENTRE AS ESTACOES 16. KM

MEIA DE X 355. MM

VARIANCIA DE X 26741. MM2

DESVIO PADRAO DE X 163.5 MM

MEIA DE Y 483. MM

VARIANCIA DE Y 53315. MM2

DESVIO PADRAO DE Y 230.9 MM

COEFICIENTE DE CORRELACAO 0.450

CALCULO A PARTIR DOS 43 ANOS DE OBSERVACOES COMUNS

MEIA EXTENDIDA DE Y 506. MM

VARIANCIA EXTENDIDA DE Y 58568. MM2

DESVIO PADRAO EXTENDIDO DE Y 242.0 MM

COEFICIENTE VARIACAO EXTENDIDA DE Y 0.479

ESTACAO 1 (VARIABEL X) NUMERO 87 SOLEDADE
ALTITUDE ESTACAO 1 560 M

ESTACAO 2 (VARIABEL Y) NUMERO 61 POA VISTA
ALTITUDE ESTACAO 2 490 M

\$JOB

PROG2,PAGES=500,LINES=59,TIME=15

```
C ESTUDO DE RACIONALIZACAO DE REDE
C SUPOE SE INFINITA A DURACAO DE OBSERVACOES NAS ESTACOES PRIMARIAS
C CALCULA SE O NUMERO DE ESTACOES ANOS NECESSARIAS NAS ESTACOES SE
C CUNDARIAS
C 9 HIPOTHESES CONFORME A PRECISAO E O RISCO ADOADOS
1 DIMENSION FONPR(12),KASOM(12),KAMI(50,12),NOSTAP(10),NOSTAS(50),
1 CR(10,50),CONVAY(10,50),D(10,50),KA(10,50,12),NAP(10),COV(10),NC(10
2.50)
2 DIMENSION INOX(100),INDT(600),NOSTAQ(600)
3 DO 504 J=1,50
4 504 NOSTAS(J)=0
5 DO 505 I=1,12
6 FONPR(I)=0
7 KASOM(I)=0
8 DO 505 J=1,50
9 505 KAMI(J,I)=0
10 DO 506 I=1,10
11 NOSTAP(I)=0
12 NAP(I)=0
13 COV(I)=0
14 DO 506 J=1,50
15 NC(I,J)=0
16 CR(I,J)=0
17 CONVAY(I,J)=0
18 D(I,J)=0
19 DO 506 K=1,12
20 506 KA(I,J,K)=0
21 DO 550 I=1,100
22 550 INOX(I)=0
23 DO 551 I=1,600
24 NOSTAQ(I)=0
25 551 INDT(I)=0
C LEITURA DOS DADOS A F B
C A) VALORES DE FONPR QUE REPRESENTAM AS CONDICAOES DE PRECISAO E RIS
C CO
26 READ(5,72)(FONPR(K),K=1,9)
27 72 FORMAT(9F8.6)
28 I=1
29 511 J=1
C B) 17 LOTS DE UM MESMO NUMERO DE CARTOES
C -----
C CADA LOTE E SEGUIDO DE UM CARTAO BRANCO
C O ULTIMO LOTE E SEGUIDO DE 2 CARTOES BRANCOS
C TODOS OS CARTOES DE UM MESMO LOTE TEM O MESMO NOSTAP (NUMERO DE ES
C TACOES PRIMARIAS)
C AS 17 SERIES FORMADAS PELOS NOST DE CADA LOTE SAO IDENTICAS
C - - - - -
C OS NUMEROS DE TODAS AS ESTACOES MUSMO AS PRIMARIAS FIGURAM NA TABE
C LA NOSTAS
C NOS CARTOES RELATIVOS A EXTENSAO DE UMA ESTACAO PRIMARIA POR ELA
C MESMA SE ENCONTRA SUCESSIVAMENTE NP=0,CV=9..D=0..NC=0,CR=0..CV=9.
C (PER CONVENCAO)
30 509 READ(5,71)NOSP,NP,CV,NOST,P(I,J),NC(I,J),CR(I,J),CCVAY(I,J)
31 71 FORMAT(5X,I4,5X,I2,7X,F5.3,6X,I4,3X,F7.0,5X,I2,5X,F6.3,4X,F5.3)
32 IF(NOSP)508,508,507
33 507 NOSTAP(I)=NOSP
34 IF(NOSTAS(J))520,521,520
35 521 NOSTAS(J)=NOST
```

```

36      GO TO F22
37      520 IF (NOSTAS(J)-NOST) 930, 522, 930
38      522 NAP(I)=NP
39      COV(I)=CV
40      J=J+1
41      GO TO 509
42      508 IF (J-1) 600, 600, 510
43      510 I=I+1
44      GO TO 511
45      600 I=1
C      CONSIDERANDO SUCESSIVAMENTE A ESTACAO NOSP DE CABA LOTE COMO UNICA
C      PRIMARIA..
C      -----
C      CALCULAM SE OS NUMEROS DE ANOS DE OBSERVACOES NECESSARIOS A CADA
C      UMA DAS OUTRAS PARA QUE A EXTENSAO RESPONDA AS CONDICOES REPRESEN
C      TADAS POR CADA VALOR DE FONPR
46      605 IF (NOSTAP(I)) 699, 699, 604
47      604 J=1
48      601 IF (NOSTAS(J)) 602, 602, 603
49      603 DO 606 K=1, 9
50      U2=0.5*(COVAY(I, J))**2/FONPR(K)*(1.-(CR(I, J))**2)+1.5
51      606 KA(I, J, K)=1+FIX(U2+SQRT((U2-2.)**2+2.))
52      J=J+1
53      GO TO 601
54      602 I=I+1
55      GO TO 605
C      PARA CADA ESTACAO NOSTAS(J) A EXTENDER, SELECAO DA PRIMARIA NOSTAP(
C      IV) QUE PERMITE A EXTENSAO COM O NUMERO DE ANOS DE OBSERVACOES MIN
C      IMO KAMI(J, I) NESTA ESTACAO NOSTAS(J), NAS CONDICOES AS MAIS SEVE
C      RAS (PRIMEIRO VALOR DE FONPR)
56      699 WRITE(6, 84)
57      84 FORMAT('11', '1', 'NUMERO DE ANOS DE OBSERVACOES MINIMO NECESSARIO EM CA
1 DA DAS ESTACOES SECUNDARIAS PARA CADA DAS HIPOTHESES DE PRECISAO E
2RISCO')
C      ESTABELECE SE UMA SERIE DE INDICES INCT FORMADO DE SERIES PARCIAIS
C      DE ESTACOES PRIMARIAS INICIAIS S.P.I. SEPARADAS POR ZEROS (DEPOIS
C      ULTIMA S.P.I., COLOCA SE ZERO, DEPOIS 9999)
C      UM INDICE INCT CORRESPONDE A FAIXA (AUMENTADA DE 1) DE UMA DAS 17
C      ESTACOES PRIMARIAS RELACIONADAS NA TABELA NOSTAP (VEJA ENTRE INS
C      TRUCAO 841 E 842 A SERIE INCT PARA I7=2)
58      I7=I-1
59      IF (I7-2) 930, 841, 842
60      841 INCT(1)=3
61      INCT(2)=0
62      INCT(3)=2
63      INCT(4)=0
64      INCT(5)=3
65      INCT(6)=2
66      INCT(7)=0
67      INCT(8)=9999
68      GO TO 800
C      INICIO DA PROCURA DAS S.P.I DE (I7-1) TERMOS
69      842 DO 801 I=1, I7
70      INOX(I)=I+1
71      ID=I+I7
72      801 INOX(ID)=INOX(I)
73      DO 802 IAA=1, I7
74      IA=IAA-1
75      I7A=IA*I7

```

```

76      DO 803 IAB=2.17
77      I=IAB-1
78      803 INOT(I7A+1)=INOX(I+IA+1)
79      802 INOT(I7A+17)=0
80      I7I=I7A+17
      C      INICIO DA PROCURA DAS SPI DE (17-2) TERMOS
81      DO 807 I7F=2.17
82      I7R=I7*(I7F-2)
83      DO 804 IAC=2.17
84      I=IAC-1+I7R
85      INOX(I)=INOT(I)
86      IC=I+I7-1
87      804 INOX(IC)=INOX(I)
88      DO 805 IAD=17F.17
89      IA=IAD-I7F
90      I7A=IA*(I7-1)
91      DO 806 IAE=3.17
92      I=IAE-2
93      806 INOT(I7I+I7A+1)=INOX(I+IA+1+I7R)
94      805 INOT(I7I+I7A+I7-1)=0
95      807 I7I=I7I+I7A+I7-1
      C      INICIO DA DEFINICAO DA SERIE S.P.I. DE 17 TERMOS
96      DO 810 I=1.17
97      810 INCT(I7I+1)=I+1
98      I7I=I7I+I7+1
99      INOT(I7I)=0
100     IF (I7-2)930.830.813
      C      SE HA 4 ESTACOES PRIMARIAS PELO MENOS. PRINCIPIO DA PROCURA DAS S
      C      P.I DE UM TERMO
101     813 DO 820 IAF=1.17
102     I=IAF+1
103     INOT(I7I+1)=I
104     I7I=I7I+2
105     820 INOT(I7I)=0
106     IF (I7-4)930.830.825
      C      SE HA PELO MENOS 5 ESTACOES PRIMARIAS. INICIO DA PROCURA DAS S.P.
      C      DE 2 TERMOS
107     825 DO 829 I=2.17
108     DO 829 JAA=1.17
109     J=JAA+1
110     INCT(I7I+1)=I
111     INCT(I7I+2)=J
112     I7I=I7I+3
113     829 INCT(I7I)=0
114     830 INCT(I7I+1)=9999
115     900 IC=0
      C      A ESCOLHA DAS ESTACOES PRIM. E CONTINUADA ATÉ A INSER. 920 TANTO QU
      C      NTE EXISTIR S.P.I. INOT (E CADA VEZ, SE AUMENTA IC)
116     910 J=1
117     700 I=IC+1
118     IM=INOT(I)-1
      C      CONTROLE DE FIM DE SERIE INOT
119     IF (IM-9998)702.930.930
120     702 IF (J-1)730.730.731
121     730 WRITE(6,88)INCTAB(IM)
122     88 FORMAT(//2X,'ESTACOES PRIMARIAS UTILIZADAS'/10X,I4)
123     731 KAMI(J,1)=KAMI(IM,J,1)
124     IV=IM
125     701 IN=INOT(I+1)-1

```

```

126         IF (IN) 704, 704, 710
127         710 IF (J-1) 720, 720, 708
128         720 WRITE (6, 89) NOSTAP (IN)
129         89  FORMAT (10X, I4)
130         NOSTAQ (I+1) = NOSTAP (IN)
131         708 IF (KAMI (J, 1) - KA (IN, J, 1)) 711, 711, 703
132         703 KAMI (J, 1) = KA (IN, J, 1)
133         IV = IN
134         711 I = I + 1
135         GO TO 701
C         CUMULACAO DO NUMERO DE ANOS DETERMINADO SUCESSIVAMENTE PARA CADA
C         ESTACAO NOSTAS (J)
C         DIFERENCA DAS PRIMARIAS SELECIONADAS
136         704 IF (NOSTAS (J) - NOSTAP (IN)) 740, 750, 740
137         740 IB1 = IC + 2
138         IBF = MAX0 (IB1, I)
139         DO 745 IB = IB1, IBF
140         IF (NOSTAS (J) - NOSTAQ (IB)) 745, 750, 745
141         745 CONTINUE
142         DO 705 K = 1, 9
143         705 KASOM (K) = KASOM (K) + KA (IV, J, K)
144         750 IF (NOSTAS (J) - NOSTAP (IV)) 755, 760, 755
145         755 WRITE (6, 85) NOSTAS (J), NOSTAP (IV), (KA (IV, J, K), K = 1, 9)
146         85  FORMAT (/ 2X, 'EST. NO.', I5, 2X, ', K MINI. PER. EST. P. NO.', I5, 2X, ', SEJA', 3X
           1, 9 I6)
147         760 J = J + 1
148         IF (NOSTAS (J)) 706, 706, 700
C         SAIDA DOS RESULTADOS DA CUMULACAO, NO FIM DE UMA OPERACAO DE ESCOL
C         HA
149         706 WRITE (6, 83) (KASOM (K), K = 1, 9)
150         83  FORMAT (/ 2X, 'NR. DE ST. ANOS NECESS. NAS ST. SEGUND. SOB CADA DAS
           1 HIPOTHESES DE PRECISAO E RISCO' / 2X, 9 I8)
151         WRITE (6, 1912)
152         1912 FORMAT (1H1)
153         IC = I + 1
154         DO 920 K = 1, 9
155         920 KASOM (K) = 0
156         GO TO 910
157         930 STOP
158         END

```

\$ENTRY

ESTACIONES PRIMARIAS UTILIZADAS

91
118
123
89
87

EST.NO	87	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	142	109	87	47	37	29	24	19	15
EST.NO	89	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	141	108	86	47	36	29	24	19	15
EST.NO	41	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	87	.SEJA	205	157	125	68	52	42	34	26	21
EST.NO	91	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	76	58	47	26	20	16	14	11	9
EST.NO	118	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	87	.SEJA	331	253	202	109	84	67	54	42	34
EST.NO	123	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	106	81	65	36	28	22	18	14	12
EST.NO	89	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	87	.SEJA	85	65	52	29	22	18	15	12	10
EST.NO	126	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	260	199	159	86	66	53	43	33	27
EST.NO	93	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	155	119	94	51	40	32	26	20	17
EST.NO	83	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	64	49	39	22	17	14	12	9	8
EST.NO	86	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	91	.SEJA	108	83	66	36	28	23	19	15	12
EST.NO	90	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	66	51	41	23	18	14	12	10	8
EST.NO	115	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	222	170	136	74	57	45	37	29	23
EST.NO	112	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	148	113	90	49	38	31	25	20	16
EST.NO	120	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	91	.SEJA	90	69	55	30	24	19	16	13	10
EST.NO	122	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	240	184	146	79	61	49	40	31	25
EST.NO	125	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	283	216	172	93	72	57	46	36	29
EST.NO	124	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	123	.SEJA	134	103	82	45	35	28	23	18	15
EST.NO	121	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	164	126	100	55	42	34	29	22	17
EST.NO	119	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	118	.SEJA	339	260	207	112	86	69	56	43	34
EST.NO	92	.K	MINI	PER	EST.P.NO.	89	.SEJA	160	122	98	53	41	33	27	21	17

NR. DE ST. ANOS NECESS. NAS ST. SFCUND. SOB CADA DAS HIPOTHESES DE PRECISAO E RISCO

2779 2129 1696 923 713 572 468 365 294

C RACIONALIZACAO DE UMA REDE PLUVIOMETRICA
 C CRIACAO DE LOTES DE ESTACOES PRIMARIAS
 C NOMEIÇÃO FOMPR(J2),KSI(12),KCHI(50,12),NS(50),LI(50,50),TL(50),
 C ICONV(50),IPRES(1),NI(50),CR(63,63),KA(50,50,12),IPOP(50),NOSOL(50)
 C LETURA LISTA DOS 6 VALORES FOMPR (FUNCAO PRECISAO R12C0)
 C ICNVT1=20
 C ICNVT2=4
 C FFCN15,72IFOMPR(KI,K=1,9)
 C FFCN17(0F,6)

72 LETURA LISTA DOS 4 LIMITES DE DURACAO DE OBSERVACAO DAS ESTACOES
 C SECUNDARIAS
 C FFCN15,10IKSI(1),I=1,4)
 C FFCN17(415)

19 LETURA DOS NUMEROS DAS ESTACOES
 C LETURA DO MAIOR DOS LIMITES DE DURACAO PARA OS QUAIS CADA ESTACAO
 C RECOMENDARIA DEVE SER TESTADA PARA SABER SE ELA SE TORNARA PRIMARIA
 C LETURA DOS COEFFICIENTES DE VARIACAO
 C POP CAPTAD, SE TEM UMA ESTACAO E O LIMITE DE DURACAO PARA AS 9
 C HIPOTHESES FOMPR

I=1
 120 FFCN15,20MNS(11),KCHI(KI,K=1,9),COV(11)
 20 FFCN17(0F,5,2K,F5,3)
 C IFMCE(1100,100,110)
 110 I=1+1
 C GO TO 120

103 K=I-1
 C LETURA LISTA DOS COEFFICIENTES DE CORRELACAO
 C I=1
 230 J=I+1
 220 J=J+12
 C K=J+15,30ICR(11,J),J=J+1,9)
 30 FFCN17(3F,6,3)
 C IFCK(11,1200,200,210)
 210 J=J+1
 C GO TO 220

200 I=I+1
 C FFCN15,111300,230,230
 C CALCULO DAS DURACOES DE OBSERVACOES NECESSARIAS FM NS(I) SE A EXTE
 C TAD E FEITA A PARTIR DE NS(I)

300 GO TO 310 I=I+1
 C GO TO 310 J=J+1
 C IF(J=11320,311,330)
 320 C=1,1,1)=C*(1,1)
 330 C=100 K=1,9
 C I2=0,5*(C*(C*(J1)+27FOMPR(KI)+1)-(C*(11,JI)+2)+1,5
 300 K=I+K*(1+IF(I)I(12+SKT(I(12-2,1)+2,2,1))
 C IFCN17(1-20)3013,3012,3013
 3012 K=I+16,50000
 C IFCN17(1)

3013 IFCN17(100MNT1+1
 C IFCN17(6,70MNS(I),NS(I1),K=1,9)
 7J FOMPR(12K, DURACOES EM 15,2X, PARA EXTENSAO POR 1,15/2K,9171)
 C GO TO 310
 311 GO TO 312 K=I,9
 312 K=I+1,9
 310 CONTINUE
 360 IFCN17(6,50000)

0009
 0010
 0011
 0012
 0013
 0014
 0015
 0016
 0017
 0018
 0019
 0020
 0021
 0022
 0023
 0024

0025
 0026
 0027
 0028
 0029
 0030
 0031
 0032
 0033
 0034
 0035
 0036
 0037
 0038
 0039
 0040
 0041
 0042

0043 5000 FORMAT(11)
 C DETERMINACAO DOS LOTES DE ESTACOES DEVENDO SE TURNAREM PRIMARIAS
 C-----
 C LIMITE DE DIMPACAO

0044 DO 800 JK=1,4
 0045 DO 810 I=1,10
 0046 DO 810 J=1,10
 0047 IF(I,J)=0

0048
 0049 DO 800 JF=1,4
 0050 DO 820 I=1,10
 0051 DO 820 J=1,10
 0052 IF(I,I)=0
 0053 IF(I,J)=KALF*(J,JF)*(KALF+J,JF)-(KSIJKI-1)
 0054 CONTINUE

0055
 0056
 0057
 0058
 0059
 0060
 0061
 0062
 0063
 0064
 0065
 0066
 0067
 0068
 0069
 0070
 0071
 0072
 0073
 0074
 0075
 0076
 0077
 0078
 0079
 0080
 0081
 0082
 0083
 0084
 0085
 0086
 0087
 0088
 0089
 0090
 0091

0092
 0093
 0094
 0095
 0096
 0097
 0098
 0099
 0100
 0101
 0102
 0103
 0104
 0105
 0106
 0107
 0108
 0109
 0110
 0111
 0112
 0113
 0114
 0115
 0116
 0117
 0118
 0119
 0120
 0121
 0122
 0123
 0124
 0125
 0126
 0127
 0128
 0129
 0130
 0131
 0132
 0133
 0134
 0135
 0136
 0137
 0138
 0139
 0140
 0141
 0142
 0143
 0144
 0145
 0146
 0147
 0148
 0149
 0150
 0151
 0152
 0153
 0154
 0155
 0156
 0157
 0158
 0159
 0160
 0161
 0162
 0163
 0164
 0165
 0166
 0167
 0168
 0169
 0170
 0171
 0172
 0173
 0174
 0175
 0176
 0177
 0178
 0179
 0180
 0181
 0182
 0183
 0184
 0185
 0186
 0187
 0188
 0189
 0190
 0191
 0192
 0193
 0194
 0195
 0196
 0197
 0198
 0199
 0200
 0201
 0202
 0203
 0204
 0205
 0206
 0207
 0208
 0209
 0210
 0211
 0212
 0213
 0214
 0215
 0216
 0217
 0218
 0219
 0220
 0221
 0222
 0223
 0224
 0225
 0226
 0227
 0228
 0229
 0230
 0231
 0232
 0233
 0234
 0235
 0236
 0237
 0238
 0239
 0240
 0241
 0242
 0243
 0244
 0245
 0246
 0247
 0248
 0249
 0250
 0251
 0252
 0253
 0254
 0255
 0256
 0257
 0258
 0259
 0260
 0261
 0262
 0263
 0264
 0265
 0266
 0267
 0268
 0269
 0270
 0271
 0272
 0273
 0274
 0275
 0276
 0277
 0278
 0279
 0280
 0281
 0282
 0283
 0284
 0285
 0286
 0287
 0288
 0289
 0290
 0291
 0292
 0293
 0294
 0295
 0296
 0297
 0298
 0299
 0300
 0301
 0302
 0303
 0304
 0305
 0306
 0307
 0308
 0309
 0310
 0311
 0312
 0313
 0314
 0315
 0316
 0317
 0318
 0319
 0320
 0321
 0322
 0323
 0324
 0325
 0326
 0327
 0328
 0329
 0330
 0331
 0332
 0333
 0334
 0335
 0336
 0337
 0338
 0339
 0340
 0341
 0342
 0343
 0344
 0345
 0346
 0347
 0348
 0349
 0350
 0351
 0352
 0353
 0354
 0355
 0356
 0357
 0358
 0359
 0360
 0361
 0362
 0363
 0364
 0365
 0366
 0367
 0368
 0369
 0370
 0371
 0372
 0373
 0374
 0375
 0376
 0377
 0378
 0379
 0380
 0381
 0382
 0383
 0384
 0385
 0386
 0387
 0388
 0389
 0390
 0391
 0392
 0393
 0394
 0395
 0396
 0397
 0398
 0399
 0400

0401
 0402
 0403
 0404
 0405
 0406
 0407
 0408
 0409
 0410
 0411
 0412
 0413
 0414
 0415
 0416
 0417
 0418
 0419
 0420
 0421
 0422
 0423
 0424
 0425
 0426
 0427
 0428
 0429
 0430
 0431
 0432
 0433
 0434
 0435
 0436
 0437
 0438
 0439
 0440
 0441
 0442
 0443
 0444
 0445
 0446
 0447
 0448
 0449
 0450
 0451
 0452
 0453
 0454
 0455
 0456
 0457
 0458
 0459
 0460
 0461
 0462
 0463
 0464
 0465
 0466
 0467
 0468
 0469
 0470
 0471
 0472
 0473
 0474
 0475
 0476
 0477
 0478
 0479
 0480
 0481
 0482
 0483
 0484
 0485
 0486
 0487
 0488
 0489
 0490
 0491
 0492
 0493
 0494
 0495
 0496
 0497
 0498
 0499
 0500
 0501
 0502
 0503
 0504
 0505
 0506
 0507
 0508
 0509
 0510
 0511
 0512
 0513
 0514
 0515
 0516
 0517
 0518
 0519
 0520
 0521
 0522
 0523
 0524
 0525
 0526
 0527
 0528
 0529
 0530
 0531
 0532
 0533
 0534
 0535
 0536
 0537
 0538
 0539
 0540
 0541
 0542
 0543
 0544
 0545
 0546
 0547
 0548
 0549
 0550
 0551
 0552
 0553
 0554
 0555
 0556
 0557
 0558
 0559
 0560
 0561
 0562
 0563
 0564
 0565
 0566
 0567
 0568
 0569
 0570
 0571
 0572
 0573
 0574
 0575
 0576
 0577
 0578
 0579
 0580
 0581
 0582
 0583
 0584
 0585
 0586
 0587
 0588
 0589
 0590
 0591
 0592
 0593
 0594
 0595
 0596
 0597
 0598
 0599
 0600
 0601
 0602
 0603
 0604
 0605
 0606
 0607
 0608
 0609
 0610
 0611
 0612
 0613
 0614
 0615
 0616
 0617
 0618
 0619
 0620
 0621
 0622
 0623
 0624
 0625
 0626
 0627
 0628
 0629
 0630
 0631
 0632
 0633
 0634
 0635
 0636
 0637
 0638
 0639
 0640
 0641
 0642
 0643
 0644
 0645
 0646
 0647
 0648
 0649
 0650
 0651
 0652
 0653
 0654
 0655
 0656
 0657
 0658
 0659
 0660
 0661
 0662
 0663
 0664
 0665
 0666
 0667
 0668
 0669
 0670
 0671
 0672
 0673
 0674
 0675
 0676
 0677
 0678
 0679
 0680
 0681
 0682
 0683
 0684
 0685
 0686
 0687
 0688
 0689
 0690
 0691
 0692
 0693
 0694
 0695
 0696
 0697
 0698
 0699
 0700
 0701
 0702
 0703
 0704
 0705
 0706
 0707
 0708
 0709
 0710
 0711
 0712
 0713
 0714
 0715
 0716
 0717
 0718
 0719
 0720
 0721
 0722
 0723
 0724
 0725
 0726
 0727
 0728
 0729
 0730
 0731
 0732
 0733
 0734
 0735
 0736
 0737
 0738
 0739
 0740
 0741
 0742
 0743
 0744
 0745
 0746
 0747
 0748
 0749
 0750
 0751
 0752
 0753
 0754
 0755
 0756
 0757
 0758
 0759
 0760
 0761
 0762
 0763
 0764
 0765
 0766
 0767
 0768
 0769
 0770
 0771
 0772
 0773
 0774
 0775
 0776
 0777
 0778
 0779
 0780
 0781
 0782
 0783
 0784
 0785
 0786
 0787
 0788
 0789
 0790
 0791
 0792
 0793
 0794
 0795
 0796
 0797
 0798
 0799
 0800
 0801
 0802
 0803
 0804
 0805
 0806
 0807
 0808
 0809
 0810
 0811
 0812
 0813
 0814
 0815
 0816
 0817
 0818
 0819
 0820
 0821
 0822
 0823
 0824
 0825
 0826
 0827
 0828
 0829
 0830
 0831
 0832
 0833
 0834
 0835
 0836
 0837
 0838
 0839
 0840
 0841
 0842
 0843
 0844
 0845
 0846
 0847
 0848
 0849
 0850
 0851
 0852
 0853
 0854
 0855
 0856
 0857
 0858
 0859
 0860
 0861
 0862
 0863
 0864
 0865
 0866
 0867
 0868
 0869
 0870
 0871
 0872
 0873
 0874
 0875
 0876
 0877
 0878
 0879
 0880
 0881
 0882
 0883
 0884
 0885
 0886
 0887
 0888
 0889
 0890
 0891
 0892
 0893
 0894
 0895
 0896
 0897
 0898
 0899
 0900
 0901
 0902
 0903
 0904
 0905
 0906
 0907
 0908
 0909
 0910
 0911
 0912
 0913
 0914
 0915
 0916
 0917
 0918
 0919
 0920
 0921
 0922
 0923
 0924
 0925
 0926
 0927
 0928
 0929
 0930
 0931
 0932
 0933
 0934
 0935
 0936
 0937
 0938
 0939
 0940
 0941
 0942
 0943
 0944
 0945
 0946
 0947
 0948
 0949
 0950
 0951
 0952
 0953
 0954
 0955
 0956
 0957
 0958
 0959
 0960
 0961
 0962
 0963
 0964
 0965
 0966
 0967
 0968
 0969
 0970
 0971
 0972
 0973
 0974
 0975
 0976
 0977
 0978
 0979
 0980
 0981
 0982
 0983
 0984
 0985
 0986
 0987
 0988
 0989
 0990
 0991
 0992
 0993
 0994
 0995
 0996
 0997
 0998
 0999
 1000

0999
 1000
 1001
 1002
 1003
 1004
 1005
 1006
 1007
 1008
 1009
 1010
 1011
 1012
 1013
 1014
 1015
 1016
 1017
 1018
 1019
 1020
 1021
 1022
 1023
 1024
 1025
 1026
 1027
 1028
 1029
 1030
 1031
 1032
 1033
 1034
 1035
 1036
 1037
 1038
 1039
 1040
 1041
 1042
 1043
 1044
 1045
 1046
 1047
 1048
 1049
 1050
 1051
 1052
 1053
 1054
 1055
 1056
 1057
 1058
 1059
 1060
 1061
 1062
 1063
 1064
 1065
 1066
 1067
 1068
 1069
 1070
 1071
 1072
 1073
 1074
 1075
 1076
 1077
 1078
 1079
 1080
 1081
 1082
 1083
 1084
 1085
 1086
 1087
 1088
 1089
 1090
 1091
 1092
 1093
 1094
 1095
 1096
 1097
 1098
 1099
 1100

1101
 1102
 1103
 1104
 1105
 1106
 1107
 1108
 1109
 1110
 1111
 1112
 1113
 1114
 1115
 1116
 1117
 1118
 1119
 1120
 1121
 1122
 1123
 1124
 1125
 1126
 1127
 1128
 1129
 1130
 1131
 1132
 1133
 1134
 1135
 1136
 1137
 1138
 1139
 1140
 1141
 1142
 1143
 1144
 1145
 1146
 1147
 1148
 1149
 1150
 1151
 1152
 1153
 1154
 1155
 1156
 1157
 1158
 1159
 1160
 1161
 1162
 1163
 1164
 1165
 1166
 1167
 1168
 1169
 1170
 1171
 1172
 1173
 1174
 1175
 1176
 1177
 1178
 1179
 1180
 1181
 1182
 1183
 1184
 1185
 1186
 1187
 1188
 1189
 1190
 1191
 1192
 1193
 1194
 1195
 1196
 1197
 1198
 1199
 1200

1201
 1202
 1203
 1204
 1205
 1206
 1207
 1208
 1209
 1210
 1211
 1212
 1213
 1214
 1215
 1216
 1217
 1218
 1219
 1220
 1221
 1222
 1223
 1224
 1225
 1226
 1227
 1228
 1229
 1230
 1231
 1232
 1233
 1234
 1235
 1236
 1237
 1238
 1239
 1240
 1241
 1242
 1243
 1244
 1245
 1246
 1247
 1248
 1249
 1250
 1251
 1252
 1253
 1254
 1255
 1256
 1257
 1258
 1259
 1260
 1261
 1262
 1263
 1264
 1265
 1266
 1267
 1268
 1269
 1270
 1271
 1272
 1273
 1274
 1275
 1276
 1277
 1278
 1279
 1280
 1281
 1282
 1283
 1284
 1285
 1286
 1287
 1288
 1289
 1290
 1291
 1292
 1293
 1294
 1295
 1296
 1297
 1298
 1299
 1300

1301
 1302
 1303
 1304
 1305
 1306
 1307
 1308
 1309
 1310
 1311
 1312
 1313
 1314
 1315
 1316
 1317
 1318
 1319
 1320
 1321
 1322
 1323
 1324
 1325
 1326
 1327
 1328
 1329
 1330
 1331
 1332
 1333
 1334
 1335
 1336
 1337
 1338
 1339
 13

```

0062 532 NV=IV+1
0063 533 IPOP(ITC)=-1
0064 10=10+1
0065 DO 550 J=1,MN
0066 IFC(IPOP(J))550,540,540
0067 IFC(IK(ITC,J,JF1-KS(JK))551,551,560
0068 560 N(ITP)=NS(J)
0069 10=10+1
0070 GO TO 550
0071 551 NV=NV+1
0072 550 CONTINUE
0073
0074 DO 590 J=1,NN
0075 IFC(IPOP(J))590,580,580
0076 580 N(ITP)=NS(J)
0077 10=10+1
0078 590 CONTINUE
0079 GO TO 730
0080 10=10+1
0081 600 IVAR=1
0082 DO 609 JVAR=1,3
0083 IFC(IJVAR)609,651,607
0084 607 IVAR=IVAR+1
0085 IFC(IJVAR)=IC
0086 IFC(IK(ITC))=1
0087 GO TO 601
0088 DO 661 JVAR=1,3
0089 IFC(IJVAR)=I
0090 IFC(IK(ITC))=1
0091 661 IFC(IK(ITC))=NS(IKRES)
0092 CONTINUE
0093 652 NV=NV+1
0094 653 IPOP(ITC)=-1
0095 10=10+1
0096 IFC(IK(ITC,J,JF1-KS(JK))700,710,710
0097 IFC(IK(ITC,J))720,700,700
0098 NFE=NF+1
0099 730 CONTINUE
0100 GO TO 405
0101 730 NV=10-1
0102 NFE=IPOP-NV
0103 IFC(IKONT2-4)3015,3016,3015
0104 3016 N(IK(ITC,5000))
0105 ICOMI2=0
0106 3015 IFC(IKONT2)=I
0107 IFC(NN-NI*P-NR-NNR)750,740,750

```

```

0150 750 MATTELA.3000NTEP.NP.NNR
0151 3000 FORMATEIX.FEBRD DE LOGICA PORQUE DESCONTOS DE NIFP NR NNR SADI.315
0152 760 MATTELA.901KSEJK).FORDP(JFI).MVAR.NR
0153 90 FORMATEI/2X.11411E DE DIRACAO.35K.13.1K.8ANOS/2X.1FUNCAO PRECIS
140 RISCOS.24X.FR.6/2X.METODO DE SELECAO NUMERO.23X.11/2X.NUMER
20 DE ESTACOES PRIMARIAS A AUMENTAR DE.14)
IF MVDJCO.950.960
0154 P40 MATTELA.911
0155 91 FORMATEI/10X.SIPLIMENTO A LISTA DOS NUMEROS DAS ESTACOES PRIMARIAS
0156 11)
0157 990=NR/20
0158 IF NBDI990.R70.R90
0159 70 MATTELA.92INT(I).11=V.NR)
0160 GO TO 950
0161 990=NR-20*NR0
0162 IK1=0
0163 IK2=0
0164 DO 990 K=1,N90
0165 DO 990 IK=1,20
0166 IK1=IK+20*(K-1)
0167 MATTELA.92INT(IK1)
0168 DO 991 K=1,N90
0169 IK2=K+20*IK10
0170 MATTELA.92INT(IK2)
0171 92 FORMATEIX.2015)
0172 950 IF IARIC1990.300.790
0173 790 CONTINUE
0174 900 CONTINUE
0175 970 STOP
0176 END

```

MIRACOPES	FM	41	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
277		212	166	91	70	56	46	35	28
MIRACOPES	FM	126	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
236		181	144	78	60	48	39	30	24
MIRACOPES	FM	93	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
128		99	79	43	33	27	22	17	14
MIRACOPES	FM	83	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
56		43	35	19	15	13	10	9	7
MIRACOPES	FM	86	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
172		132	105	57	44	35	29	22	18
MIRACOPES	FM	90	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
57		44	35	20	16	13	11	9	7
MIRACOPES	FM	115	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
168		129	103	56	43	35	28	22	18
MIRACOPES	FM	112	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
128		99	79	43	33	27	22	17	14
MIRACOPES	FM	120	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
87		67	54	30	23	19	15	12	10
MIRACOPES	FM	122	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
200		153	122	66	51	41	33	26	21
MIRACOPES	FM	125	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
255		196	156	84	65	52	42	33	26
MIRACOPES	FM	124	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
129		99	79	43	34	27	22	17	14
MIRACOPES	FM	121	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
140		107	86	47	36	29	24	19	15
MIRACOPES	FM	110	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
272		208	166	90	69	55	45	35	28
MIRACOPES	FM	92	PARA	EXTENSÃO	PCR	85			
152		116	93	51	39	31	26	20	16
MIRACOPES	FM	85	PARA	EXTENSÃO	PCR	41			
424		324	258	139	107	85	69	53	43
MIRACOPES	FM	126	PARA	EXTENSÃO	PCR	41			
236		181	144	78	60	48	39	30	24
MIRACOPES	FM	93	PARA	EXTENSÃO	PCR	41			
145		112	85	49	38	30	25	19	16
MIRACOPES	FM	83	PARA	EXTENSÃO	PCR	41			
66		51	41	23	18	14	12	10	8
MIRACOPES	FM	86	PARA	EXTENSÃO	PCR	41			
234		179	143	77	60	48	39	30	24

LIMITE DE DURACAO 100 ANOS
FUNCAO PRECISAO RISCO 0.000773
METODO DE SELECACAO NUMERO 1

NUMERO DE ESTACOES PRIMARIAS A AUMENTAR DE 9

SUPLEMENTO A LISTA DOS NUMEROS DAS ESTACOES PRIMARIAS
R5 93 41 126 115 122 125 119 92

LIMITE DE DURACAO 100 ANOS
FUNCAO PRECISAO RISCO 0.000773
METODO DE SELECACAO NUMERO 2

NUMERO DE ESTACOES PRIMARIAS A AUMENTAR DE 9

SUPLEMENTO A LISTA DOS NUMEROS DAS ESTACOES PRIMARIAS
127 R3 R5 41 126 115 125 119 92

LIMITE DE DURACAO 100 ANOS
FUNCAO PRECISAO RISCO 0.000773
METODO DE SELECACAO NUMERO 3

NUMERO DE ESTACOES PRIMARIAS A AUMENTAR DE 10

SUPLEMENTO A LISTA DOS NUMEROS DAS ESTACOES PRIMARIAS
93 R6 R5 41 126 115 122 125 119 92

LIMITE DE DURACAO 100 ANOS
FUNCAO PRECISAO RISCO 0.000773
METODO DE SELECACAO NUMERO 4

NUMERO DE ESTACOES PRIMARIAS A AUMENTAR DE 9

SUPLEMENTO A LISTA DOS NUMEROS DAS ESTACOES PRIMARIAS
115 121 R5 41 126 122 125 119 92