

UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
CENTRO DE HIDROLOGIA APLICADA

UNESCO

Proposição de um modelo determinista
de simulação hidrológica
para bacias hidrográficas com dados
plúvio-hidrométricos escassos

Tese apresentada como um dos requisitos ao grau de
Mestre em Ciência em Hidrologia Aplicada

Por

RUY LUZ DA SILVEIRA

Dezembro de 1974

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DETERMINISTA DE SIMULAÇÃO
HIDROLÓGICA PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS COM DADOS
PLÚVIO-HIDROMÉTRICOS ESCASSOS.

Autor:

Ruy Luz da Silveira

Orientador:

Prof. Ceferino Alvarez

SUMÁRIO

Este trabalho tem como objetivo propor um Modelo de Simulação Hidrológica que proporcione bons resultados especialmente quando aplicado a bacias hidrográficas com poucos dados básicos, situação muito frequente nos países em desenvolvimento.

Trata-se de um modelo de fácil aplicação, consistindo essencialmente num Algoritmo que, partindo da precipitação ocorrida no incremento do tempo adotado, calcula chuva efetiva e alimentação da zona de saturação. Esse mecanismo é complementado por dois operadores plúvio-hidrométricos que determinam as descargas superficiais e o fluxo de base na bacia.

AGRADECIMENTOS

Manifestamos nosso reconhecimento às pessoas e instituições seguintes:

- Ao Professor Orientador Ceferino Alvarez, pela grande atenção que nos dispensou nas diferentes fases do trabalho.

Prof. C. Alvarez - Doutor Engenheiro Civil (Toulouse). Perito da UNESCO em Hidrologia Aplicada. Professor de Análise de Sistemas e Meios Porosos no CHA).

- Ao Professor Roger Berthelot, pelos valiosos conhecimentos que nos transmitiu no campo da Hidrologia Moderna durante sua permanência na Direção Técnica do CHA (1969-1973).

Prof. R. Berthelot - Licence ès Sciences Mathématiques de Doctorat (UNIV. de Paris). Ingénieur Hydraulicien (Grenoble). Directeur de Recherches (ORSTOM) Perito da UNESCO em Hidrologia Aplicada. Ex-chefe do Projeto BRA/67/527 e Diretor Técnico e Professor do CHA (1969-1973). Senior Technical Adviser - UNDP, em Nova York (1974).

- Ao Professor Carlos Eduardo Morelli Tucci, pela inestimável colaboração que nos prestou no uso do computador.

Prof. C. Tucci - Engenheiro Civil (UFRGS). Chefe do Setor de Computação do IPH. Professor de Programação e Tecnologia do Computador e de Processamento de Dados, no CHA.

- Ao Professor Héctor Raúl Muñoz E., pelas interessantes sugestões na elaboração deste trabalho.

Prof. H.R.Muñoz - Prof. de Matemáticas e Física. Licenciado em Meteorologia (Univ. del Norte - Chile). Mestre em Hidrologia Aplicada (CHA). Consultor da UNESCO em Hidrologia Aplicada.

- Ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP) e à Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), pela concessão da Bolsa de Estudos para a realização de um Curso Teórico de Hidrologia Científica na ORSTOM, em Paris (1970/71).

- Ao Conselho de Pesquisas da UFRGS pelo Auxílio concedido, possibilitando a realização do Curso acima citado.

- Ao Departamento da Lagoa Mirim da SUDESUL, em Pelotas, pela documentação e dados hidrológicos que pôs à nossa disposição.

- Ao Centro de Processamento de Dados da UFRGS, pela colaboração dispensada.

Símbolos Empregados

Δt	= Incremento de tempo;
PRECI	= Precipitação ocorrida no Δt ;
Pr	= Altura pluviométrica mensal;
PRUTI	= Precipitação útil no Δt ;
PEFET	= Chuva Efetiva;
PRINF	= Água infiltrada e percolada;
t	= Temperatura ($^{\circ}\text{C}$);
ETP	= Evapotranspiração potencial;
EVAPQ	= Evapotranspiração real no Δt ;
UMID	= Teor de umidade do solo;
UMIDL	= Parâmetro de Ajustamento (umidade correspondente à água capilar absorvível);
UMIDS	= Parâmetro de Ajustamento (valor indicativo de solo saturado);
R	= Reservas de umidade do solo;
ΔR	= Variação das reservas de umidade;
DEFICIT	= Déficit de evaporação;
i	= Índice de Thornthwaite;
Kc	= Índice de compactidade;
T	= Período de recorrência de um evento;
QSUP	= Descarga superficial;
QBAS	= Descarga básica;
QSIM	= Descarga simulada ou calculada;
QCALC	= Descarga calculada;
QCAR	= Descarga característica da bacia;

Q_k = Descarga no incremento K ;
 Q_{obs} = Descarga média diária observada;
 \bar{Q}_{obs} = Descarga média anual observada;
PERC = Coeficiente Percentual;
VAUX = Valor auxiliar;
DIF = Diferença;
CODIS = Parâmetro de Ajustamento (distribuição da PRUTI);
DISTR = Parâmetro de Ajustamento (distribuição da PRUTI);
COINF = Parâmetro de Ajustamento (coeficiente de percolação);
VOB = Volume observado;
OPH = Operador plúvio-hidrométrico;
HUSUP = Hidrograma unitário superficial;
HUBAS = Hidrograma unitário básico;
DEFL = Deflúvio anual;
EFIC = Eficiência.

ÍNDICE

CAP.		PAG.
I	- Introdução	I-1
	I.1 - Generalidades	I-1
	I.2 - Considerações breves sobre Simulação Hidrológica e Objetivos do Modelo	I-3
II	- Descrição do Modelo de Simulação Hidrológica proposto. Suas características - Algoritmo, Fluxograma, Parâmetros, Operadores Plúvio-Hidrométricos	II-1
III	- Índice de Eficiência e Sensibilidade do Modelo	III-1
IV	- Bacia Hidrográfica do Arroio Grande	IV-1
	IV.1 - Descrição sumária da bacia	IV-1
	IV.2 - Dados básicos	IV-6
V	- Análise dos resultados da Simulação. Conclusões	V-1
VI	- Metodologia de aplicação do Modelo proposto. Valores iniciais dos Parâmetros de Ajusta- mento	VI-1
VII	- Delineamento das aplicações futuras do Modelo	VII-1
VIII	- Fluxogramas, Programas e Sub-rotinas utiliza- dos	VIII-1
IX	- Bibliografia	IX-1

I - Introdução

I.1 - Generalidades

A água é uma substância vital para a existência de vida na face da Terra. Desde o tempo das sociedades primitivas até as sociedades altamente industrializadas do presente, vem a água representando um elemento essencial à sobrevivência e ao progresso do homem. Modernamente ela lhe proporciona também conforto e distração.

Segundo Reichel (4), a precipitação média anual sobre a superfície do globo terrestre seria de cerca de 800 mm, ao que corresponderia uma evaporação média diária na superfície da Terra de 2,37 mm. Como não se verificam, porém, ocorrências uniformes desses eventos nas diferentes áreas do nosso planeta, esses valores médios pouco sentido têm quando se estuda uma região particular. Caberá sempre ao hidrólogo realizar estudos específicos e estabelecer de início balanços hidrológicos da área que o possibilitem avaliar os recursos hídricos dessa região.

Estimativas feitas por Wolman (4) demonstram que apenas 3% de toda a água do nosso planeta se constitui de "água doce", cabendo aos cursos d'água somente 0,03% dessa pequena parcela.

Analisando o aproveitamento da água num país industrial, verifica-se que uma pequena percentagem das águas superficiais (6% para indústrias, 3% para necessidades humanas, 2% para irrigação) é utilizada pelo homem. Assim, considerando um balanço hídrico global, haveria água suficiente no nosso planeta para satisfazer as demandas atual e futura. Mas o desenvolvimento das civilizações (núcleos populacionais, industriais, etc.) se fixam e se concentram em áreas

relativamente limitadas do planeta. Desta forma, aquelas reservas de água diretamente aproveitáveis da Terra, que há meio século pareciam inesgotáveis, hoje, com o aumento extraordinário da demanda dos centros populacionais e industriais, em determinadas áreas do globo, já se tornam escassas.

Cabe, então, ao hidrólogo solucionar os árduos problemas do melhor aproveitamento do ciclo hidrológico, sem prejudicar em demasia as qualidades da água.

O melhor aproveitamento das águas superficiais e subterrâneas e a conservação dessas reservas pressupõem bons conhecimentos dos fatores do regime, do mecanismo de circulação da água no globo, dos padrões aceitáveis de qualidade do líquido, dos fatores de população. Cabe à hidrologia científica moderna equacionar e solucionar esses problemas.

O desenvolvimento de uma região (maiores núcleos populacionais e industriais), se traduz em aumento da demanda da água, agravado pelo fato de que quanto melhor for o padrão de vida de um povo, maior será o seu consumo.

Mas o desenvolvimento gera a poluição hídrica (além das outras poluições...), o que fez diminuir a oferta. O Planejamento dos recursos hídricos deve harmonizar demanda e oferta, valendo-se da Análise dos Sistemas (distribuição racional da água, considerando o regime hidrológico e custos da água), da Hidrologia Analítica (processamento dos fenômenos físicos das diferentes fases do ciclo, lançando mão, por vezes, de algoritmos de cálculo), da Hidrol. Sintética (modelos matemáticos para reconstituição ou simulação de certos dados hidrológicos compatíveis com registros disponíveis de pequena duração), da Hidrologia Estocástica (geração de séries de dados hidrológicos com a mesma probabilidade de ocor

rência das séries observadas), de Técnicas de Controle da poluição (profilaxia, despoluição, etc.).

Em conclusão, como o homem está a utilizar a água em quantidades cada vez maiores, esta vem se tornando um fator crítico de desenvolvimento em várias regiões do globo. Devemos, então, ver bem quais são os nossos planos daqui para o futuro, o que queremos fazer ou obter da água nos diferentes locais de uma região, em que proporções a utilizaremos nesta ou naquela finalidade, etc. Temos sempre que nos ater a um cotejo custo-benefício. É o Planejamento. Hoje são idealizados modelos matemáticos que englobam todos os usos propostos para a água numa dada região ou bacia hidrográfica - água potável, hidro-eletricidade, irrigação, conservação do meio ambiente, com finalidade turística ou não, navegação, diferentes formas de recreação, etc., com vistas ao aproveitamento múltiplo e racional dos recursos hídricos, mantendo a qualidade da água em qualquer ponto do sistema estudado (rede hidrográfica) compatível com o seu emprego. É a racionalização cada vez mais obrigatória do uso da água nas regiões habitadas pelo homem.

Em nosso país, com potenciais hidráulicos inexplorados se constituindo em grandes e preciosas fontes de energia, com rios extensos possibilitando sua utilização como hidrovias, com amplas áreas de território carecendo de sistemas de irrigação e drenagem, urge estudar e pesquisar logo o complexo ciclo hidrológico pelos caminhos mais modernos e científicos.

I.2 - Considerações breves sobre Simulação Hidrológica e Objetivos do Modelo proposto.

Cabe inicialmente definir "Sistema Hidrológico" e "Modelo". Segundo Clarke (7), tem-se:

"Sistema Hidrológico" é o conjunto de proces sos (físicos, químicos e biológicos) numa dada área que, atu ando sobre uma variável (ou variáveis) de entrada a converte numa variável (ou variáveis) de saída. Uma "variável" é uma característica do sistema que pode ser observada e medida e que assume diferentes valores ao longo do tempo. Um "parâme tro" é uma quantidade que caracteriza o sistema, permanecen do constante no tempo.

"Modelo", como meio de investigação científi ca, é um mecanismo abstrato ou físico que reproduz um fenôme no, de forma que sua utilização fornece as informações neces sárias para o conhecimento mais completo desse fenômeno, bem como sua descrição quantitativa.

O modelo hidrológico que propomos visa à si mulação plúvio-hidrométrica ou seja, o cálculo dos escoamen tos ao longo do tempo numa bacia hidrográfica, em função das precipitações ocorridas nessa bacia, objetivo fundamental da ciência hidrológica.

Vai interessar, pois, somente a fase terres tre do ciclo hidrológico, englobando processos de armazena mento temporário da água, suas circulações e transformações de estado. Os fatores que regulam a "fase terrestre" do ci clo podem ser considerados em três grupos:

a) A ocorrência das precipitações (as entra das de água no sistema hidrológico);

b) As perdas naturais - evaporação e transpi ração - regidas especialmente pelas condições meteorológicas, tipos de vegetação e de solos e quantidade de água disponí vel para evaporar;

c) O meio natural, isto é, o conjunto de características físicas - morfologia, geologia, solos, vegetação da bacia - que agem diretamente nos processos de armazenamento e transporte da água.

O modelo de simulação hidrológica que propomos pode ser considerado como um "modelo matemático" uma vez que o termo está consagrado na linguagem técnica, mas a rigor não o é, pois não temos um "sistema de equações definindo totalmente o sistema hidrológico" do modelo, segundo Berthelot (3).

Um modelo "matemático" de simulação gera uma sequência de variáveis não obtidas diretamente por observação e medição a partir da sequência dos dados básicos, de entrada. Esse processo se denomina "síntese" das referidas variáveis e os resultados constituem uma série de valores sintéticos.

Os modelos de simulação plúvio-hidrológica utilizam, geralmente, como entrada (input) dados de precipitação e fornecem como dados de saída (output) as descargas.

A relação entrada-saída de um sistema hidrológico pode ser representada matematicamente pela equação:

$$y(t) = \emptyset x(t)$$

output input

onde \emptyset é a "função de transferência" ou "operador de transformação".

O modelo que propomos é "determinista" pois, para qualquer que seja o valor da variável tempo, a resposta a uma dada entrada (input) é sempre a mesma, para um mesmo estado inicial do sistema.

O nosso modelo é ainda "empírico", pois não se baseia em equações regendo específica e exatamente os fenômenos hidrológicos envolvidos no sistema. O modelo é constituído por uma "caixa" que aceita dados de entrada proporcionando dados de saída. Mas não é um modelo "caixa negra", uma vez que em nossos algoritmos de transformação da chuva, ocorrida num dado Δt , em infiltração e escoamento superficial, procuramos, além de mantida a equação de continuidade, não nos afastar do sentido físico ou seja, da lógica hidrológica. A caixa deixa assim de ser "opaca" e passa a ser "translúcida", talvez. Teríamos, então, um modelo "semi-empírico"...

Como muitos dos processos físicos nas diferentes fases do ciclo hidrológico não são ainda suficientemente conhecidos, todo modelo de simulação hidrológica tem um pouco de empirismo, não podendo se estabelecer no presente modelos de simulação hidrológica analíticos.

O modelo proposto é ainda "linear", pois o "output" produzido num dado incremento de tempo é sempre proporcional ao "input" gerador. Desta forma, o modelo que propomos é:

"Um modelo matemático de simulação hidrológica, (semi) empírico, determinista, linear".

O modelo, tal como está estruturado no momento, destina-se a bacias localizadas em zonas rurais, especialmente para aquelas regiões com escassos dados pluviohidrométricos. Talvez a utilização do modelo, tal como está apresentado, fique limitada a bacias pequenas (100 km^2) e a bacias médias (até 2500 km^2), uma vez que não introduzimos de momento nos algoritmos nenhum "tratamento especial" aos dados de precipitação. Efetivamente, o modelo está preparado para receber como dados de entrada as alturas plú

viométricas médias (espessura da lâmina d'água na área ocorridas no incremento Δt considerado, calculadas pelo método de Thiessen. O algoritmo também não dispõe no momento de processos de propagação de descarga. Por "tratamento especial" dos dados pluviométricos entendemos, por exemplo, a consideração de defasagens das chuvas de posto para posto, em função das linhas isócronas, a aplicação de pesos diferentes dos de Thiessen aos postos, a pré-fixação de distribuições da chuva no dia, em função da época do ano (quando inexistem pluviógrafos na bacia), etc.

Não podemos afirmar definitivamente, ^{porém,} que o modelo como está estruturado não seja adequado a bacias grandes, sendo interessante testá-lo nesses casos.

O modelo destina-se a bacias hidrográficas, em regiões onde não ocorram fenômenos naturais excepcionais, tais como geleiras (derretimento de neves), grandes áreas alagadiças, etc.

Os fenômenos de interceptação e retenção não foram considerados. Desta forma, nas taxas de evapotranspiração diárias constantes que consideramos nos Δt , estão incluídos esses fenômenos. Nos dias chuvosos, realmente, baixa a taxa de evapotranspiração (maior umidade relativa e temperatura menor) havendo uma compensação, nessas ocasiões, em que retenção e interceptação ocorrem.

O modelo de simulação proposto talvez represente uma contribuição modesta à hidrologia brasileira. Efetivamente, é um modelo de aplicação simples sem se desvincular do sentido físico das coisas. Por outro lado, a maioria esmagadora das bacias hidrográficas pequenas e médias no Brasil e mesmo nos países mais adiantados não dispõe de redes hidrometeorológicas razoáveis de forma a permitir a aplicação dos modelos matemáticos de simulação mais sofisticados existentes que exigem um acervo de dados básicos grande.

Através desse modelo, pretendemos sanar essa lacuna, isto é, ter um meio moderno, científico, de efetuar a simulação hidrológica e, portanto, previsões de cheias, deflúvios, etc., nessas bacias, contando com dados básicos mínimos ou seja, com o mínimo indispensável. E frize-se, mais uma vez, sem o modelo se tornar totalmente empírico, mas procurando sempre manter-se dentro da lógica hidrológica, dentro de possível, pois ainda é grande a ignorância do homem nos dias atuais sobre o processamento exato dos muitos fenômenos físicos que a todo momento têm lugar no ciclo hidrológico (mecanismo de formação das precipitações, escoamento superficial e sub-superficial ou hipodérmico, escoamentos subterrâneos, evaporação, etc).

O modelo será útil, assim o pensamos, no estudo do aproveitamento dos recursos hídricos dessas bacias: projetos de abastecimento de água, controle de enchentes, construção de lagos, etc.; também na hidrologia de estradas, com vistas ao dimensionamento de obras de arte, etc.

Outra preocupação foi, sem deixar de lado a lógica hidrológica e sem sacrificar a simulação, criar um modelo o mais simples possível de forma a gastar um tempo extremamente curto de computação. Não existe por isso, cálculos iterativos nem comandos aritméticos complexos. Julgamos ter conseguido esse desiderato, pois, para simular as vazões de três anos é consumido um tempo no computador Burroughs 6700 de apenas 40 segundos. Isto é importante, pois a hora de computação é relativamente cara (Cr\$ 2.000,00/hora no C.P.D. da U.F.R.G.S.)(X) e, muitas vezes, deve-se fazer a extensão das descargas (sintetizadas) para 40 ou 50 anos. Cada ano simulado custaria a uma empresa particular a pequena importância de Cr\$ 8,70.

Tendo em vista os nossos objetivos, procura

(X) PROCESSADOR: 2.000,00/hora
ENTR./SAIDA (I/O): 600,00/hora

mos propositalmente escolher uma bacia hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul com área inferior a 2000 km^2 e que contasse com uma rede pluviométrica precária (o que não foi difícil), e dados de vazões regulares.

A nossa escolha recaiu, então, sobre a bacia do Arroio Grande, com 614 km^2 , que conta com apenas dois pluviômetros, mal dispostos na bacia, sem nenhum pluviômetro, no seu interior ou próximo, que permitisse estabelecer correlações e, portanto, determinar experimentalmente hietogramas com incrementos inferiores a 24 horas. Conta, ainda, a bacia em sua seção de saída com um linígrafo, que a primeira vista parecia ser um fator positivo, mas que na realidade trouxe problemas e dúvidas sobre a qualidade dos dados de cotas de nível. Não existe ainda nenhuma estação climatológica suficientemente próxima de forma que tivemos de estimar os dados relativos às temperaturas médias mensais "interpolando" dados de postos circunvizinhos.

Outro aspecto sobre o nosso modelo pode ainda ser comentado nesta introdução. Pelo que se lê na literatura científica estrangeira sobre modelos matemáticos de simulação hidrológica, normalmente, para bacias com áreas inferiores a 1200 km^2 , são adotados incrementos de tempo na simulação iguais ou inferiores a 8 horas.

No presente modelo, embora a área da bacia seja de apenas 614 km^2 , conseguimos usar incrementos de 24 horas, diminuindo o tempo de computação e possibilitando o seu emprego, o que é importante, a bacias mal dotadas de redes hidrometeorológicas como é o caso da bacia do Arroio Grande.

Em conclusão, o modelo proposto pode ter por objetivos:

19) Simular o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas com poucos (ou muitos...) dados básicos, servindo para o preenchimento e (ou) extensão da série de dados de vazões;

29) Gerar séries sintéticas longas de vazão partindo de processos estocásticos de geração de chuva;

39) Simular vazões de enchente a partir da "máxima precipitação provável" calculada para a região:

49) Projeções de modificações da bacia. Como os parâmetros dos algoritmos do modelo podem representar características físicas da bacia, eles podem ser alterados de modo a simular o efeito de alterações na região tais como modificações no tipo de vegetação, maior percentagem de área urbanizada, etc.

Finalmente, cabe ressaltar que os estudos de simulação hidrológica com vistas ao planejamento, projeto, construção e operação de obras de engenharia hidráulica, destinadas a controlar e utilizar os recursos hídricos de uma região, são grandemente reconhecidos pelos Especialistas.

II - Descrição do Modelo de Simulação Hidrológica proposto.

O modelo pluviométrico que propomos gera descargas diárias sintetizadas partindo das precipitações médias diárias (ou em incremento de tempo menor) ocorridas na bacia.

Somente com o advento dos Computadores tornou-se possível o aprimoramento das técnicas de simulação hidrológica, dada a enorme quantidade de cálculos que exigem essas técnicas. Os programas do modelo, todas as suas subrotinas, foram escritos em linguagem FORTRAN, tendo sido usado o computador Burroughs 6700 do Centro de Processamento de Dados da U.F.R.G.S..

Consideramos a bacia hidrográfica como um sistema hidrológico e ainda, no caso, a perfeita identidade entre bacia hidrográfica e bacia hidrogeológica.

Para a bacia do Arroio Grande tivemos que adotar um incremento de tempo igual a 24 horas pelo fato de inexistir sequer um pluviômetro, mas apenas dois pluviômetros e muito mal localizados na bacia. Mas o modelo que propomos permite que se trabalhe com um Δt menor qualquer. Aliás, como já foi dito, a área da bacia (614 km²) estava a indicar um Δt bem menor que 24 horas.

O modelo é constituído por um Algoritmo de transformação ou decomposição da chuva total "PRECI" ocorrida na bacia, no incremento de tempo considerado, em "Chuva Infiltrada" (PRINF) e em "Chuva Efetiva" (PEFET), após descontada uma taxa de evaporação e satisfeitas as carências momentâneas de umidade do solo, dentro de um sentido físico plausível.

Após ter-se a decomposição da chuva nas duas parcelas PEFET e PRINF, estas são transformadas, respectivamente, em escoamento superficial e escoamento subterrâneo, ao longo de certos períodos de tempo, através dos operadores plúvio-hidrométricos HUSUP e HUBAS, que traduzem as ações modeladoras do complexo físico que é a bacia vertente. Essas descargas superficiais e básicas vão sendo somadas em cada incremento de tempo de modo a ficar-se com a descarga total sintetizada, incremento por incremento.

Vamos a seguir analisar pormenorizadamente, o modelo acompanhando pari passu o fluxograma anexo (diagrama de blocos).

Como dados de entrada constam:

19) A precipitação ocorrida no dia (PRECI) ou seja, a altura pluviométrica média calculada para a bacia. Como só existem dois pluviômetros na bacia e em face da localização dos mesmos, tomamos co-participação idêntica dos dois postos. Em outras palavras, teríamos dois "polígonos" de Thiessen de mesmo peso. No capítulo anterior já frisamos a nossa preocupação em não "mexer" de nenhuma forma nos dados pluviométricos. Por outro lado, estudos já realizados mostraram não haver boa correlação entre chuvas diárias dos dois pçtos.

29) A taxa de evapotranspiração real ou efetiva (EVAPO) ocorrida na bacia, no incremento de tempo considerado. Com relação a esse fator também adotamos uma simplificação importante no modelo. Inicialmente, tomando as temperaturas médias mensais para a bacia do Arroio Grande (não existindo esses dados na própria bacia, tomamos os valores das temperaturas médias mensais registradas nas estações climatológicas mais próximas, situadas nas cidades de

Jaguarão e Pedro Osório, calculando as médias aritméticas que foram adotadas para a bacia) e as alturas pluviométricas médias mensais (3 anos), considerados os postos de Herval e Arroio Grande, efetuamos o balanço hídrico mensal segundo Thornthwaite. Para tanto, calculamos antes as evapotranspirações potenciais mensais segundo a fórmula do referido hidrólogo:

$$ETP = 1,6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a ; (t = \text{temperatura média mensal}).$$

tomando as expressões simplificadas propostas pelo hidrólogo francês J. Serra:

$$i = 0,09t^{3/2} ; I = \sum i ;$$

$$a = \frac{1,6}{100} I + 0,50$$

Os valores da ETP são para um mês fictício de 30 dias e uma insolação de 12 horas. Esses valores foram, então, corrigidos considerando-se a latitude da bacia do Arroio Grande - 32° S.

Como "reservas superficiais de umidade" do solo, isto é, a quantidade de umidade do solo suscetível de ser retirada pelas raízes dos vegetais (água útil) tomamos o valor R = 100 mm. Verifica-se que, dado o "regime pluviométrico" da região, mesmo para qualquer outro valor superior a 100 que fosse atribuído a R, teríamos praticamente os mesmos valores mensais para a evapotranspiração real. O cálculo da evapotranspiração real é feito nas seguintes bases:

1) Se as precipitações do mês forem superiores à ETP:

a) a evapotranspiração efetiva é igual à ETP corrigida;

- b) o excedente de precipitação sobre a ETP é armazenado no solo, aumentando as reservas, até atingir o valor R;
- c) a parcela ultrapassando a reserva R

constitui o excedente que se acha disponível para alimentar o escoamento de superfície e o lençol freático segundo uma repartição totalmente arbitrária adotada por Thornthwaite, mas que não vai interessar ao nosso modelo;

2) Se as precipitações do mês forem inferiores à ETP, a evapotranspiração efetiva será a soma das precipitações do mês e de toda ou parte da reserva de água do solo (se esta existir) como segue:

- a) se a reserva anterior é bastante grande para cobrir a insuficiência das precipitações, a evaporação real é ainda igual à ETP. As reservas do solo são então reduzidas da diferença entre a ETP e as precipitações do mês considerado;
- b) se a reserva de umidade do solo é insuficiente para satisfazer a ETP, a evaporação efetiva ficará inferior à ETP e igual à soma das precipitações do mês e das reservas disponíveis.

Realizado o balanço hídrico mensal (ver planilha anexa), ficamos conhecendo as evapotranspirações efetivas mês por mês para a bacia do Arroio Grande. Esses valores divididos respectivamente pelos números de dias de cada mês, deram as taxas diárias de evapotranspiração efetiva (EVAPO), constantes em cada mês, que são dados de entrada do modelo. Não vamos discutir aqui os méritos ou deméritos do método de Thornthwaite, pois não é o objetivo do nosso estudo. Serviu-nos ele, oportunamente, para determinar os índices EVAPO, na falta de dados básicos que possibilitas-

Balanço Hídricos Mensal de Thornthwaite

	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	Σ
t (°C)	13.3	15.9	17.4	19.8	22.8	23.7	23.5	21.3	17.3	15.9	13.4	13.1	-
i	4.40	5.76	6.61	8.03	9.95	10.55	10.41	8.97	6.55	5.76	4.45	4.30	85,74
10 t/I	1.551	1.854	2.029	2.309	2.659	2.764	2.741	2.484	2.018	1.854	1.563	1.528	-
(10 t/I) ^a	2.274	3.176	3.759	4.790	6.238	6.707	6.603	5.490	3.722	3.176	2.307	2.211	-
ETP (mm)	36.4	50.8	60.1	76.6	99.8	107.3	105.6	87.8	59.6	50.8	36.9	35.4	-
Fator de corr.	0.95	1.00	1.12	1.15	1.23	1.21	1.03	1.06	0.95	0.91	0.84	0.89	-
ETPcorr.	35	51	67	88	123	130	109	93	57	46	31	31	-
Pr (mm)	120	89	83	103	110	119	108	123	58	95	104	91	1203
R	100	100	100	100	87	76	75	100	100	100	100	100	-
ΔR	0	0	0	0	-13	-11	-1	-25	0	0	0	0	-
EVAPOR. EFETIVA	35	51	67	88	123	130	109	93	57	46	31	31	861
DEFICIT DE EVAP.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
EXCEDENTES	85	38	16	15	0	0	0	5	1	49	73	60	342

OBS.: Para qualquer R > 100, ter-se-ão os mesmos valores acima de Evapotranspiração Efetiva.

Cálculo das evapotranspirações efetiva mensais segundo Thornthwaite, partindo de alturas pluviométricas médias mensais e temperaturas médias mensais na B.H. do Arroio Grande.

LATITUDE : 32° SUL

R = 100 mm

Os valores dos índices i de Thornthwaite foram tirados de uma tabela: $i = f(\text{LAT}, \text{MES})$ (3).

Índice anual : $I = \sum i = 85,74$

$$a = \frac{1,6I}{100} + 0,50 = 1,872$$

Cálculo de:

$$N^a = (10 t/I)^a \quad \text{e da} \quad ETP_{\text{não corr}} = 16 N^a \text{ mm/mês}$$

Mês	N=10 t/I	log N	a.log N	N ^a	ETP mm/mês Não corrigida
AGO	1,551	0,1906	0,3568	2,274	36,4
SET	1,854	0,2681	0,5019	3,176	50,8
OUT	2,029	0,3072	0,5751	3,759	60,1
NOV	2,309	0,3634	0,6803	4,790	76,6
DEZ	2,659	0,4247	0,7950	6,238	99,8
JAN	2,764	0,4415	0,8265	6,707	107,3
FEV	2,741	0,4379	0,8197	6,603	105,6
MAR	2,484	0,3851	0,7396	5,490	87,8
ABR	2,018	0,3049	0,5708	3,722	59,6
MAI	1,854	0,2681	0,5019	3,176	50,8
JUN	1,563	0,1939	0,3630	2,307	36,9
JUL	1,528	0,1841	0,3446	2,211	35,4

sem uma determinação mais exata da evaporação na região. Por outro lado, como já dissemos no capítulo anterior, desprezamos nesse estágio do modelo, os efeitos de retenção e interceptação, considerando-os como englobados nas taxas de evapotranspiração tomadas.

Vamos analisar a partir de agora os diferentes passos da subrotina IPHRS que criamos, originada do fluxograma citado, traduzindo o Algoritmo que vai nos levar às parcelas de água destinadas ao escoamento superficial e ao fluxo de base.

Inicialmente, é calculada a "chuva útil" (PRUTI), que vem a ser a chuva ocorrida no incremento de tempo descontada da taxa de evapotranspiração no incremento, na época do ano:

$$PRUTI = PRECI - EVAPO ;$$

Prosseguindo o raciocínio, segundo o fluxograma, analisamos primeiramente a situação em que não ocorreu chuva no incremento de tempo ou esta foi inferior à EVAPO. É feito o teste pelo computador, chegando-se no caso a um valor de PRUTI negativo. Nesse caso, se não ocorreu nenhuma precipitação, a taxa de evaporação é satisfeita às custas da umidade do solo, isto é, há evaporação a partir da superfície do terreno e transpiração, baixando o teor de umidade do solo (UMID). Caso tenha chovido, mas essa chuva foi muito pequena, inferior à taxa de evaporação do dia (ou do incremento de tempo tomado no modelo), toda essa chuva é aproveitada para satisfazer a EVAPO, sendo a parcela que falta completada às expensas da umidade do solo. Essa lógica está sintetizada no comando aritmético:

$$UMID = UMID - (EVAPO - PRECI) ;$$

Verifica-se, pois, que para começar a simulação, deve-se entrar com um valor criteriosamente arbitrado do teor de umidade do solo na ocasião (UMID).

A seguir é feito um novo teste pelo computador sobre o valor de UMID. Se der UMID negativo, evidentemente faz-se UMID igual a zero, não havendo nem percolação, nem escoamento superficial na ocasião. Se o valor de UMID for positivo, é feito um novo teste, comparando-o com o valor de UMIDL, que é o primeiro parâmetro a aparecer no modelo. Cabe, então, ver o significado de UMIDL.

UMIDL é um valor representativo do teor de umidade do solo quando este estiver totalmente "umedecido", ou seja, com a recarga total ou a quantidade total de sua água capilar absorvível, mas poderemos considerar que UMIDL seja a "água útil" do solo (capacidade de campo menos ponto de murchamento). Enquanto que UMID nulo significaria solo sem água capilar absorvível.

A seguir é feito um novo teste entre o teor de umidade do solo no momento e o valor UMIDL.

Admitamos que se o teor de umidade UMID do solo for inferior ou igual ao valor UMIDL, isto é, quando houver déficit de água capilar absorvível, não ocorra percolação (escoamento gravitacional) e nessa ocasião logicamente não haverá escoamento superficial ($PEFET = 0$ e $PRINF = 0$). Em outras palavras, a água que se infiltra nessa ocasião vai reabastecer o solo da umidade de que este carece, ou seja, da água capilar absorvível.

Tem-se a recarga total de água capilar absorvível quando for atingido o valor UMIDL (solo totalmente "umedecido").

Se, porém, UMID for superior a UMIDL, haverá, então, percolação da água excedente, alimentação da zona de saturação e acréscimo do escoamento subterrâneo na bacia. Mais adiante veremos como ocorre o fluxo de base a partir da PRINF que se tem na ocasião.

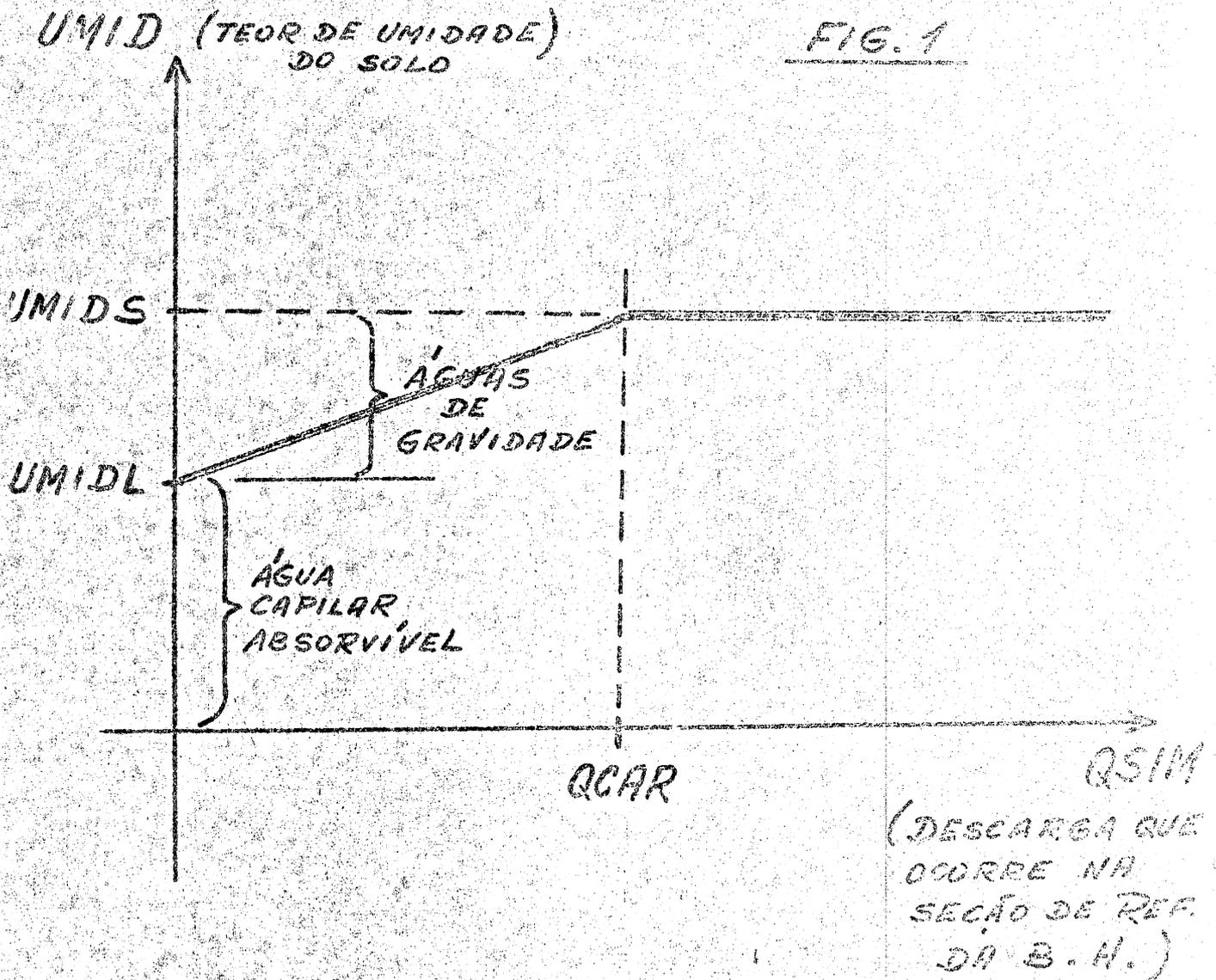
Analisemos agora as situações que se têm quando ocorre uma precipitação no incremento de tempo considerado no modelo, com valor superior à taxa de evapotranspiração no Δt relativa à época do ano considerada. Ter-se-á, então, uma "chuva útil" PRUTI positiva, sendo realizado a seguir um teste, comparando o valor da descarga que ocorre no momento na seção de saída da bacia, designada por QSIM (descarga simulada no Δt imediatamente anterior), com o valor da "descarga característica" da bacia hidrográfica QCAR, que é outro parâmetro do nosso modelo.

A "descarga característica" vem a ser um valor da descarga na bacia acima do qual se terá sempre o solo já com um certo teor de saturação, isto é, será um solo contendo sua "água higroscópica" mais a água capilar não absorvível, mais a "água capilar absorvível" e já contendo as "águas de gravidade" (escoamentos lento e rápido), mas não necessariamente (estas últimas) em sua totalidade.

Estimamos o valor provável desse parâmetro QCAR através de uma análise rápida de alguns hidrogramas de ondas de cheia ocorridas na bacia. Determinávamos os pontos de término do escoamento superficial, tendo no eixo das ordenadas do fluviograma os valores correspondentes da descarga QCAR. Achemos para a bacia do Arroio Grande, para os referidos hidrogramas, valores de QCAR variando de 15,0 a 30,0 m³/s.

A figura 1 mostra o significado de QCAR ,

FIG. 1



TRES PARÂMETROS DO MODELO :

QCAR : "DESCARGA CARACTERÍSTICA" DA BACIA ;

UMIDL e UMIDS : VALORES INDICATIVOS DE TEORES CARACTERÍSTICOS DA UMIDADE DO SOLO.

(VER TEXTO)

de do solo, num dado momento, vai condicionar sua maior ou menor permeabilidade. Assim, pode ocorrer escoamento superficial mesmo o solo não estando saturado, bastando para tal que a intensidade da chuva no momento iguale e ultrapasse a intensidade da capacidade de infiltração do solo, no instante, na sua camada mais superficial (26).

Temos: $VAUX = UMIDS - UMID$
 $DIF = PRUTI - CODIS * VAUX$
 Se $DIF > 0$
 $PRUTI = DIF$
 $UMID = UMID + CODIS * VAUX$
 Se $DIF < 0$
 $UMID = UMID - DISTR * PRUTI$
 $PRUTI = (1.0 - DISTR) * PRUTI$

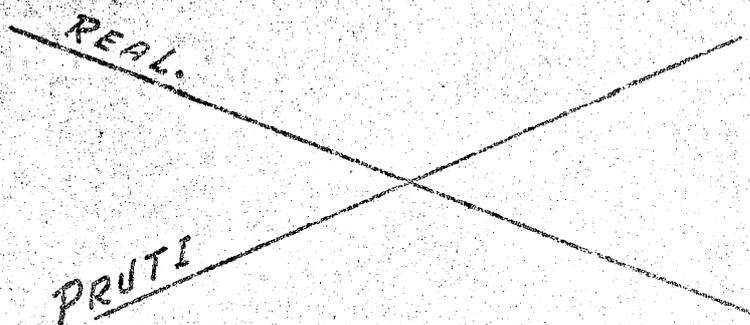
Surgem, pois, nesta fase mais dois parâmetros de ajustamento do modelo:

19) O parâmetro CODIS, que designaremos por "primeiro parâmetro de distribuição da água", com valor evidentemente sempre inferior à unidade ($0 < CODIS < 1.0$). Um CODIS = 0.60 significa, por exemplo, que 60% da diferença entre UMIDS e o teor de umidade do solo, com DIF positivo, destina-se à realimentação do aquífero, ou seja, suprindo o solo de umidade. A lógica do modelo nesta fase é a seguinte: para uma mesma altura pluviométrica, a medida que o teor de umidade do solo (UMID) cresce, decresce proporcionalmente a quantidade de água destinada à recarga do aquífero (ver fig. 2), restando uma parcela maior para a PRUTI

29) O parâmetro DISTR só funciona na hipótese de DIF negativa ou nula, ou seja, no caso de solo relativamente seco e (ou) altura pluviométrica relativamente pequena, no incremento de tempo adotado no modelo. DISTR,

VARIACÕES DA "REALIMENTAÇÃO DO AQUIFERO" E DA "CHUVA ÚTIL" NO Δt , PARA UMA DADA ALTURA PLUVIOMÉTRICA, EM FUNÇÃO DE UMID (H2O20).

REALIMENTAÇÃO DO AQUIFERO E PRUTI



$$UMID_n = Real. = UMID_{n-1} + CODIS(UMIDS - UMID_{n-1})$$

UMID (TEOR DE UMIDADE DO SOLO)

FIG. 2

que desinaremos por "segundo parâmetro de distribuição da água" tem, portanto, valor inferior à unidade. Nesta hipótese, a umidade do solo fica acrescida da percentagem DISTR da PRUTI, com realimentação do aquífero, sendo que o restante da água permanece como chuva útil (PRUTI). Aliás, no início dos testes com o modelo, não existia o parâmetro DISTR, mas os resultados nesse estágio mostraram a conveniência da introdução de um parâmetro que desse maior sensibilidade ao modelo em situações de precipitações pequenas no incremento Δt .

Neste ponto da descrição do fluxograma, convém voltarmos atrás no modelo, ou seja, à outra alternativa possível do teste UMID - UMIDS. No caso de se ter UMID igual ou superior a UMIDS, teríamos um solo completamente saturado. Nesta hipótese não haverá nenhuma parcela d'água destinada ao reabastecimento do solo, o teor de umidade do solo permanecendo como está, e toda a PRUTI permanece como chuva útil.

Voltemos agora novamente ao teste:

QSIM - QCAR ;

Essa diferença positiva está a indicar que o solo da bacia apresenta alto teor de saturação, UMID próximo de UMIDS. Portanto, suas carências de umidade deverão ser mínimas. Vamos, então, destinar apenas uma percentagem ínfima (PERC=1%) da chuva útil à realimentação do aquífero:

$$UMID = UMID + PERC * PRUTI$$

Permanecendo a quase totalidade da PRUTI (99%) como tal. Fica satisfeita a equação da continuidade e PERC representa apenas um "coeficiente", pois não houve necessidade de to-

mã-lo como parâmetro de ajustamento.

Neste momento da descrição, cabe dar o conceito de "precipitação útil" (PRUTI) do modelo:

Precipitação útil é a parcela da água precipitada sobre a superfície do solo no Δt que restou após descontadas as "perdas" provocadas pela evaporação e transpiração (no Δt) na bacia. Em outras palavras, a PRUTI é a parcela da chuva total caída na região que:

1º) Vai infiltrar-se e percolar suprimindo o solo de suas carências de umidade; e

2º) Realimentar a zona de saturação provocando um aumento das descargas do fluxo de base;

3º) Vai escoar-se superficialmente na bacia. Não fazemos no modelo distinção entre escoamento superficial e escoamento sub-superficial (ou hipodérmico ou retardado), englobando essas diferentes formas de escoamento sob a designação de "escoamento superficial", o responsável pelas ondas de cheia no curso d'água.

Retornemos ao algoritmo, examinando a fase em que são definidas a "chuva efetiva" (PEFET) e a "chuva infiltrada ^{e percolada}" (PRINF).

Após uma parcela da "precipitação útil" ter sido destinada a suprir as carências de umidade do solo, como vimos, o restante da PRUTI será sub-dividida nas duas parcelas que vão originar o escoamento superficial e o acréscimo de escoamento subterrâneo, respectivamente.

Resumindo, então, os passos anteriores do

algoritmo, temos:

- a) apresentando o solo certo teor de saturação, ou seja, quando a descarga que ocorre for superior à "descarga característica"; ou
- b) quando o teor de umidade do solo atingir o valor UMIDS; ou
- c) quando satisfeitas, dentro do possível, as carências de umidade do solo, ~~no~~ incremento de tempo, restar uma parcela de PRUTI:

A PRUTI ~~desse~~ Δt biparte-se tomando os destinos abaixo indicados.

1º) Vai, através da percolação, alimentar a zona de saturação, causando um aumento da contribuição subterrânea na seção de referência da bacia, através de uma distribuição no tempo comandada pelo operador plúvio-hidrométrico do fluxo-base (HUBAS) ou seja, um hidrograma unitário básico;

2º) Vai escoar superficialmente (escoamento superficial mais escoamento sub-superficial) com a contribuição na seção de referência da bacia, tendo uma distribuição no tempo ditada pelo operador plúvio-hidrométrico das águas superficiais (HUSUP) ou seja, um hidrograma unitário superficial.

A bipartição da chuva útil nesse estágio do algoritmo, no incremento de tempo, em chuva infiltrada, ou percolada (PRINF) e em chuva efetiva (PEFET) far-se-á segundo a expressão:

$$PRINF = \frac{(PRUTI \times 0,01)^{1/n}}{COINF} \quad (a)$$

$$e \quad \text{PEFET} = \text{PRUTI} - \text{PRINF} \quad (b)$$

ou seja, admitimos que a alimentação da zona de saturação (pela percolação) se faça segundo uma lei parabólica em função da chuva útil, com valor relativamente alto para os valores de PRUTI diários baixos, crescendo essa alimentação pouco (no Δt) para valores de PRUTI diários altos. Há ~~sendo~~ sendo físico nessa lógica do modelo, pois se num dado incremento de tempo (um dia, no caso) ocorrer uma grande precipitação, o volume da infiltração e percolação será proporcionalmente pequeno, com maior escoamento superficial. O volume da chuva efetiva, em função da PRUTI, segue uma ~~variação parabólica~~ com valor relativamente alto no Δt em que ocorrer uma grande precipitação.

Poderíamos, ao invés da ~~variação parabólica~~ (2º grau) ter tentado adotar ~~uma lei~~ linear, por exemplo, mas aquela pareceu-nos ajustar-se bem melhor às correlações entre a precipitação ocorrida numa bacia e a lâmina d'água escoada superficialmente (ou a lâmina infiltrada) se gundo dados experimentais conseguidos em bacias hidrográficas já estudadas. (Ver figura nº 3 na página seguinte)

Variação de PEFET e PRINF
em função da PRUTI, no Δt

$$\text{PRINF} = f(\text{PRUTI})$$

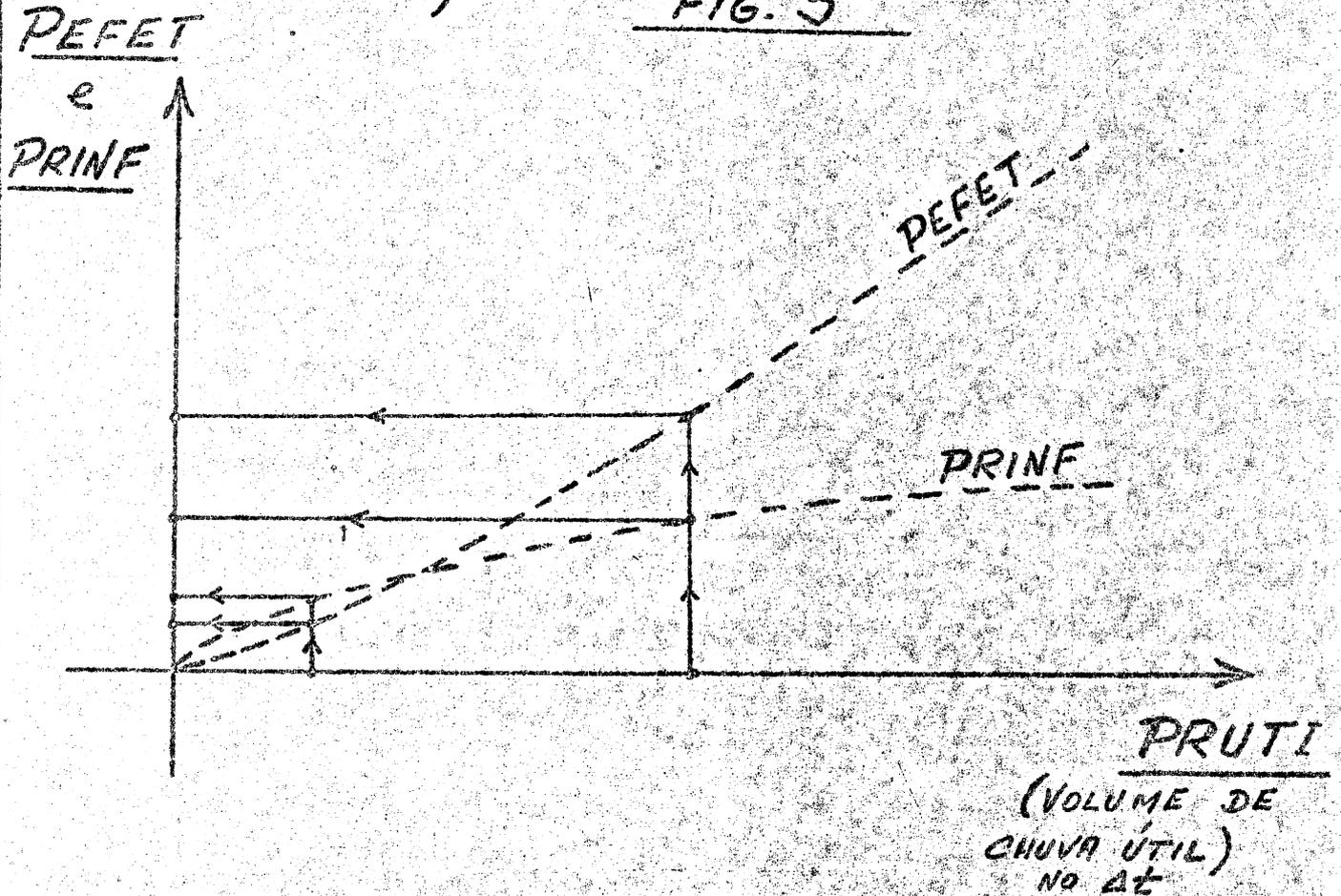
Para trabalhar com o parâmetro COINF que designaremos por "parâmetro da percolação", com valor 10 vezes menor e já tomando $n=2$:

$$\text{PRINF} = (\text{PRUTI} \times 0,01)^{0,5} / \text{COINF} ;$$

$$e \quad \text{PEFET} = \text{PRUTI} - \text{PRINF} ;$$

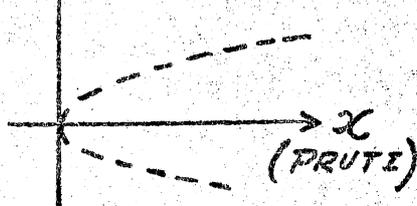
(VOLUMES ESC. SUPTE
E PERCOLADO NO Δt)

FIG. 3



VARIAÇÕES (NOS Δt) DO VOLUME ESCOADO SUPERFICIALMENTE E DO VOLUME PERCOLADO ATÉ A ZONA DE SATURAÇÃO EM FUNÇÃO DA "PRECIPITAÇÃO ÚTIL" OCORRIDA.

$y \wedge (PRINF) \quad x = y^2$



$y = x^{1/2}$

$PRINF = f(PRUTI)^{0.5}$

Exemplo: se se desejar ter PRINF = 9,0 mm (parcela da água da chuva que percolou alcançando a zona de saturação) quando a PRUTI (= PRECI - EVAPO - unidade retirada pelo solo) for de 100,0 mm no incremento de tempo considerado (um dia).

$$\text{Faz-se: } \frac{1}{\text{COINF}} = 9,0 \therefore \text{COINF} = 0,1111$$

Outros valores de PRINF e PEFET segundo as expressões (a) e (b):

(1)	(2)	(3)	(4)
PRUTI	$(\text{PRUTI} \times 0,01)^{0.5}$	PRINF (2)/COINF	PEFET (1) - (3)
100	1,0	9,00	91,00
50	0,707	6,36	43,64
10	0,3162	2,85	7,15
5	0,2238	2,01	2,99
4	0,2000	1,80	2,20
3	0,1732	1,56	1,44
2	0,1414	1,27	0,73
1	0,1000	0,90	0,10

Observação: no fluxograma há um teste PRINF - PRUTI, tendo se PRINF = PRUTI quando aquela diferença der positiva, para evitar-se uma PEFET negativa. Essa hipótese só ocorreria para uma PRUTI muito pequena (<1,0 mm).

Uma vez calculados no Δt o volume d'água percolado que alimenta o lençol freático (PRINF) e o volu-

me que se escoam superficialmente (PEFET), através dos operadores plúvio-hidrométricos do fluxo de base e do escoamento superficial, passam a ser conhecidas no tempo as distribuições desses volumes que, somados, constituem as vazões sucessivas dia após dia, na seção de referência da bacia. Vamos considerar esses dois OPH como sub-modelos deterministas e lineares no modelo proposto.

O hidrograma unitário de escoamento superficial foi por nós estabelecido, seguindo dentro do possível as hipóteses e axiomas de Sherman, de forma bastante expedita, pois suas ordenadas poderiam ser, caso se desejasse, parâmetros de ajustamento (variação dentro de certos limites, sem afetar ou deformar a forma do HU inerente à bacia considerada). Chegamos a um HUSUP (lmm, 24 horas), com a condição:

Volume = lmm x Área da Bacia.
HUSUP

A determinação do hidrograma unitário de escoamento subterrâneo é menos simples que a precedente, exigindo mais "sentimento" por parte do hidrólogo, uma vez que a Hidrologia Analítica ainda não sabe bem como se processa a variação da descarga subterrânea durante a ocorrência de uma onda de cheia.

Pode-se determinar a curva de depleção do rio, isto é, o decréscimo gradual que as descargas do fluxo de base vão tendo ao longo do tempo, pelo esvaziamento da zona de saturação, em épocas sem precipitação. Essa lei de depleção do rio é representada pelos hidrólogos por uma função exponencial:

$$q_t = q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}, \text{ onde } \alpha \text{ é}$$

o coeficiente de depleção.

Mas durante o período acentuado do escoamento superficial não se tem como determinar a variação das descargas básicas, sabendo-se apenas que elas passam por um máximo defasado do máximo do escoamento superficial. Dentro do acima exposto estabeleceu-se o HUBAS (1mm, 24h), para 65 dias, com a condição:

$$\text{HUBAS Volume} = 1\text{mm} \times \text{Área da Bacia.}$$

Valores das ordenadas "e" (descargas médias diárias) para os dois OPH:

HIDROGRAMA UNITARIO SUPERFICIAL									
0.500	3.100	2.500	0.880	0.127					

HIDROGRAMA UNITARIO BASICO									
0.090	0.270	0.450	0.325	0.200	0.142	0.140	0.138	0.136	0.135
0.134	0.132	0.130	0.128	0.126	0.124	0.122	0.120	0.119	0.118
0.117	0.116	0.114	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.101
0.100	0.099	0.098	0.096	0.095	0.094	0.093	0.092	0.090	0.088
0.087	0.086	0.085	0.083	0.081	0.079	0.078	0.076	0.074	0.072
0.070	0.068	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060
0.058	0.056	0.054	0.052	0.050					

A forma do escoamento resultante - superficial e básico - é dada pela subrotina PROPA, dentro do seguinte mecanismo, segundo os axiomas de Sherman, conforme está sintetizado na figura seguinte.

Voltando ao fluxograma: uma vez determinada a PEFET no incremento através do HUSUP, tem-se as vazões sucessivas QSUP do escoamento superficial.

Da mesma forma, determinada a PRINF no incremento, através do HUBAS, tem-se as vazões sucessivas QBAS do fluxo de base.

Das somas, em cada incremento, ao longo do tempo, dessas descargas, vão resultando as descargas simuladas:

$$QSIM = QSUP + QBAS ;$$

Analiticamente, podemos representar essa operação de computação pela expressão geral abaixo, uma vez que as descargas provocadas por precipitações anteriores vão sendo somadas, com a devida defasagem, em cada Δt (3).

$$QSIM_i = \sum_j \left[(PEFET)_j * l_{sup_{i-j+1}} \right] + \sum_j \left[(PRINF)_j * l_{BAS_{i-j+1}} \right]$$

$QSUP_i$
 $QBAS_i$

Em seguida é feita pelo computador, segundo a subrotina TOLP2, a plotagem das decargas observadas e simuladas, dia por dia, num gráfico, com escalas previamente fixadas.

São também calculados os deflúvios anuais e a "Eficiência".

	P_1	P_2		P_j		P_N				
$HU(P_1, 1)$	$P_1 e_1$	$P_1 e_2$	$P_1 e_3$				$P_1 e_K$		$P_1 e_M$	
$HU(P_2, 1)$		$P_2 e_1$	$P_2 e_2$				$P_2 e_{K-1}$		$P_2 e_{M-1}$	$P_2 e_M$
$HU(P_j, 1)$				$P_j e_1$	$P_j e_2$		$P_j e_{K-j+1}$			$P_j e_M$
$HU(P_n, 1)$							$P_n e_1$	$P_n e_{K-N+1}$		$P_n e_M$
Σ	Q_1	Q_2	Q_3				Q_K			

EXPRESSÃO GERAL DAS DESCARGAS

$$Q_K = \sum_j P_j e_{K-j+1}$$

Considerou-se: HIETOGRAMA COM N INCREMENTOS, SENDO J O TERMO GÊNÉRICO;

HU DE M ORDENADAS, SENDO K A ORDENADA GÊNÉRICA (3).

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSIS (°C)

PEDRO OSÓRIO

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1967	§	§	15.3	12.8	§	§
1968	21.2	20.7	19.2	10.5	§	§
1969	§	§	§	§	§	§
1970	24.2	25.3	23.8	21.2	17.9	13.3
1971	24.7	23.2	21.9	18.0	14.8	11.2
1972	22.3	§	21.6	17.9	17.2	16.8
1973	22.5	22.5	20.3	§	14.5	14.2
t med	22.98	22.93	20.35	16.08	16.10	13.88

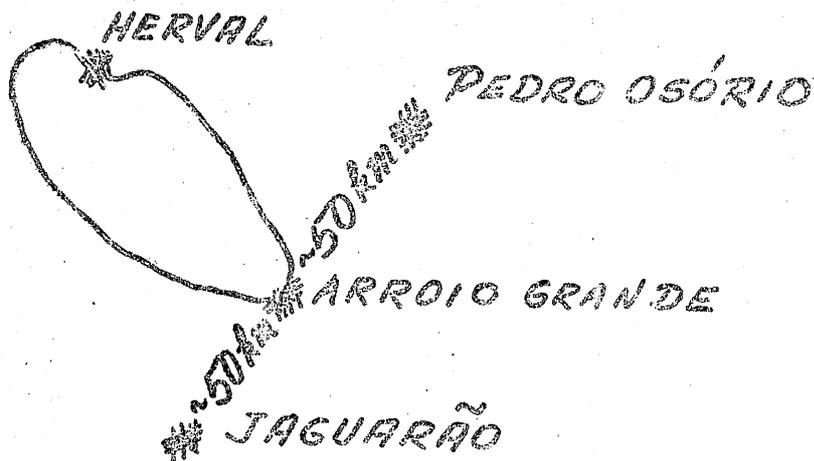
JAGUARÃO

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1967	24.5	23.0	20.9	18.2	18.2	10.4
1968	24.7	24.2	22.1	15.8	12.9	12.6
1969	24.2	24.8	22.7	19.8	16.6	13.8
1970	24.1	26.0	23.2	20.3	16.1	13.1
1971	24.0	23.3	21.9	16.9	13.5	10.3
1972	24.2	23.5	21.7	19.0	17.4	15.8
1973	§	§	23.0	19.5	15.3	11.9
t med	24.28	24.13	22.21	18.50	15.71	12.84

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSIS TOMADAS PARA ARROIO GRANDE :

23.7 23.5 21.3 17.3 15.9 13.4

§ : sem observação



TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS (°C)

PEDRO OSORIO

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1967	§	11.1	13.8	16.8	16.9	21.9
1968	§	§	§	§	§	19.0
1969	§	12.1	16.0	16.8	20.4	23.3
1970	13.0	14.1	16.3	17.8	19.1	§
1971	12.3	13.4	16.8	16.1	19.6	22.0
1972	§	13.0	§	15.3	10.6	22.5
1973	13.1	12.5	14.7	18.4	§	§
t med	12.80	12.70	15.52	16.87	18.92	21.74

JAGUARAO

	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1967	12.8	13.9	16.1	19.2	21.1	25.4
1968	14.4	15.3	15.3	18.9	22.6	23.1
1969	13.6	12.4	15.6	17.1	20.2	24.0
1970	13.1	14.1	16.5	17.3	19.2	22.5
1971	13.6	13.9	17.5	18.5	21.9	23.8
1972	§	§	§	16.3	19.4	§
1973	12.3	§	§	§	§	§
t med	13.30	13.92	16.20	17.83	20.73	23.76

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS TOMADAS PARA ARROIO GRANDE :

13.1 13.3 15.9 17.4 19.8 22.8

§ : sem observação

III - Índice de Eficiência e Sensibilidade do modelo.

III.1 - Índice de eficiência.

A calibração do modelo se processa através de variações sucessivas que se faz nos valores dos diferentes parâmetros de ajustamento, até conseguir-se uma boa simulação das descargas para um dado agrupamento de valores. Comparam-se as descargas sintetizadas com as observadas, em saio por ensaio. AS alterações na série sintetizada de vazões de um ensaio de simulação para outro são por vezes sutis, necessitando-se de um número ou "índice" que indique qual a melhor simulação conseguida. Existem diferentes formas de estabelecimento desse índice de eficiência, dependendo do objetivo principal da simulação, seja a obtenção de deflúvios anuais com boa precisão, seja a simulação mais perfeita possível das grandes ondas de cheia (picos), etc.

No caso presente, não procuramos atender especificamente a um certo aspecto da simulação, o que seria mais simples, mas procuramos sim obter uma boa simulação global. Desta forma, adotamos uma fórmula simples que dá a eficiência ano por ano da simulação obtida:

$$\text{Eficiência} = \frac{\sqrt{\sum (Q_{\text{obs}} - Q_{\text{sim}})^p}}{19.10 * \bar{Q}_{\text{obs}}^{1/2}} ;$$

onde:

$p = 2.0$;

\bar{Q}_{obs} : descarga média anual observada ;

Q_{obs} : descarga média diária observada ;

Q_{sim} : descarga média diária simulada ;

19.10 : $\sqrt{365}$.

Observa-se que no caso de uma simulação perfeita, ter-se-ia o índice de eficiência igual a zero. Quanto melhor for a simulação, tanto menor será o valor do índice, e o mesmo será sempre positivo.

Chegamos a expressão acima, fazendo inicialmente:

$$EEIC = \frac{1}{\sqrt{\frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{N * (\sum Q_{obs}/N)}}} = \frac{19.10 * (\bar{Q}_{obs})^{1/2}}{\sqrt{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}}$$

onde N é o número de observações; com N = 365 dias, desprezando a alteração do ano bissexto, $N^{1/2} = 19.10$. Sob esta forma, teríamos $E = + \infty$ para o caso de simulação perfeita, e valores muito altos para simulações boas, o que poderia conflitar com a capacidade do computador, o que nos levou a inverter a expressão.

III.2 - Sensibilidade do modelo.

É interessante verificar se o modelo proposto é sensível aos seus parâmetros de ajustamento.

Verificamos, pela análise dos resultados dos ensaios que o "índice de eficiência" reflete bem a qualidade da simulação bem como a maior ou menor precisão no cálculo dos deflúvios anuais. Assim sendo, consideramos esse índice como o "índice de controle da sensibilidade" do modelo. As variações que demos aos parâmetros de ajustamento do modelo foram de 50% em relação àqueles valores considerados como os melhores. O quadro da página seguinte resu

ne os resultados conseguidos, por onde se verifica que todos os parâmetros proporcionam sensibilidade ao modelo.

Sensibilidade do Modelo

	UMIDS	QCAR	CODIS	DISTR	COINF	EFIC.	VAR.% da EFIC.
	117.00	20.00	0.60	0.90	0.1111	3.156	-
UMIDS	175.50					4.130	30.86
QCAR		13.33				3.496	10.77
CODIS			0.40			4.307	36.47
DISTR				0.60		4.823	52.82
COINF					0.1444	3.298	4.50

IV - Bacia Hidrográfica do Arroio Grande.

IV.1 - Descrição sumária da bacia.

O Arroio Grande é um dos afluentes da margem esquerda da Lagoa Mirim, drenando uma área de 614 km² e abrangendo os municípios de Arroio Grande e Herval, no Estado do Rio Grande do Sul. Essa área de 614 km² corresponde a uma bacia hidrográfica, cuja seção de referência se situa junto a uma ponte na rodovia que interliga as cidades de Arroio Grande e Jaguarão. As coordenadas do posto fluviométrico são:

Latitude 32° 13'

Longitude 53° 06'

Esse posto fluviométrico está constituído por:

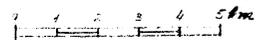
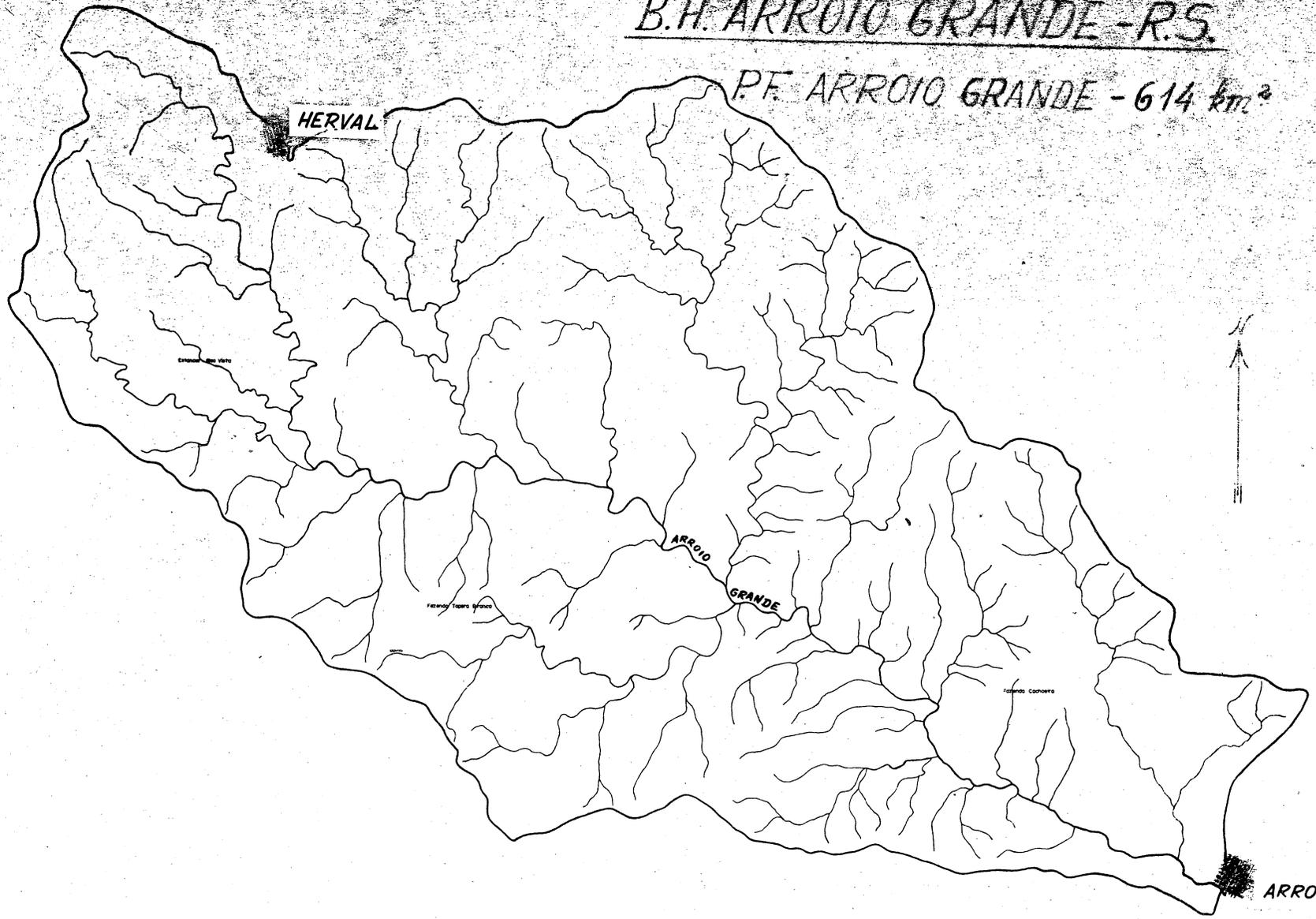
- a) Um linígrafo de bóia instalado na margem direita do curso d'água, com autonomia de um mês;
- b) Um lance único de escala linimétrica (16,00 a 27,00 m) afixado no tubo do linígrafo, referenciado ao N. M. M. (datum de Torres-RS);
- c) Um R.N. situado na sapata do primeiro pilar (m. direita) da ponte, com cota igual a 24,677 m.

Os dois postos pluviométricos existentes na época (1967 a 1970) se situavam junto às sedes dos municípios de Herval e Arroio Grande (ver mapa da bacia).

52°00'

B.H. ARROIO GRANDE - R.S.

P.F. ARROIO GRANDE - 614 km²



52°45'

Topografia da bacia do Arroio Grande.

A parte baixa da bacia considerada fica próxima à cidade de Arroio Grande, com altitude em torno de 20,00 m, enquanto a parte alta, bastante ondulada, atinge no divisor de águas a altitude de 350,00 m.

A bacia tem forma elíptica, com uma rede de drenagem uniformemente distribuída em toda sua superfície.

Não existem lagos naturais ou artificiais na bacia, nem qualquer obra de engenharia hidráulica importante em toda a área drenada pelo Arroio Grande.

O perímetro da bacia é de 126 km e o seu índice de compacidade de Gravelius é:

$$K_c = \frac{P}{2 \sqrt{\pi} \sqrt{A}} = 1,43 ;$$

% SUP. A
B. H.

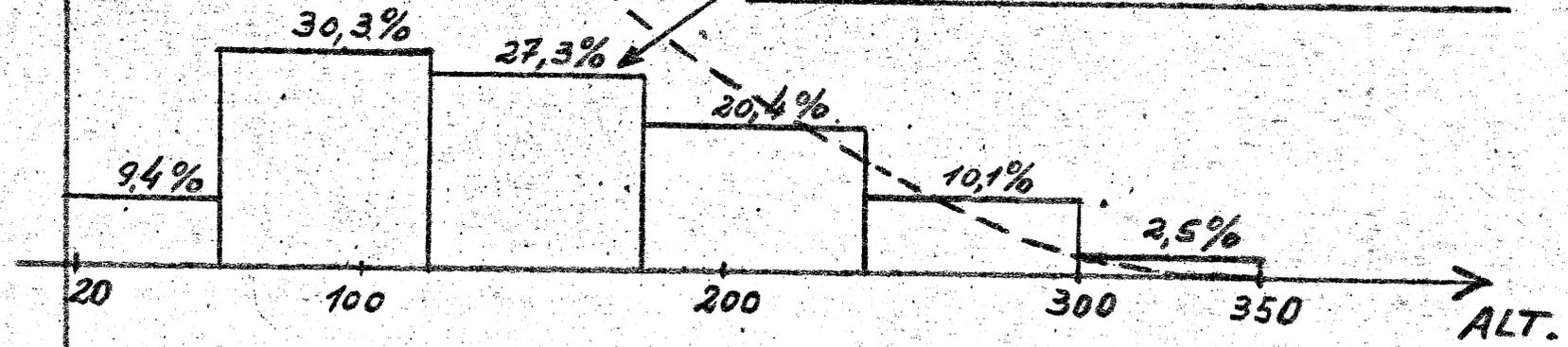
B. H. ARROIO GRANDE - RS

100

CURVA HIPSOMÉTRICA

50

FREQUÊNCIAS ALTIMÉTRICAS



do Arroio Grande, extraídos do Estudo feito pelo Setor de Solos do Projeto Regional da Lagoa Mirim - SUDESUL, em 1968. A SUDESUL possui um mapa da região na escala 1:500.000 com a classificação apresentada abaixo (9).

1) Terras altas rochosas (Zona das Serras) (Símbolo - Sr)

Topografia - fortemente ondulado e montanhoso, com afloramentos rochosos de comuns a freqüentes.

Geologia - várias rochas metamórficas, efusivas (Riólitos, basaltos) e granitos.

Solos - solos rasos bem drenados (afloramentos rochosos e vários litosolos).

Uso atual da terra - pastagens com arbustos.

Uso potencial da terra - pastagens melhoradas e florestamento.

2) Zona das colinas - Zona Central (Símbolo C)

Topografia - fracamente ondulada para ondulada, com pouco ou nenhum afloramento (< 2%).

Geologia - rochas cristalinas, principalmente constituídas de migmatitas.

Solos - principalmente profundos, com boa drenagem e de variável fertilidade química.

Sub-Zona 2C- fertilidade química moderna (Reddish Prairie Soil Intergrading to Red - Yellow Podzolic Soil).

Uso atual da terra - pastagens naturais e agricultura localizada.

Uso potencial da terra - agricultura (com substancial fertilização) e pastagens melhoradas.

3) Terras elevadas baixas (Símbolo M)

Topografia - ondulação muito fraca.

Geologia - sedimentos bastante novos (Pleistoceno), compreendendo argilas de sedimento pedregoso, geralmente sobrepondo-se rasamente às rochas cristalinas.

Solos - drenados com alguma imperfeição, de fertilidade química variável.

Sub-Zona 3M- fertilidade relativamente baixa (Red-Yellow Podzlic Soil).

Uso atual da terra - pastagens limpas e agricultura local.

Uso potencial da terra - pastagens melhoradas e irrigadas, agricultura local irrigada.

4) Zona de Planície (baixa) - a jusante da seção de referência (Símbolo LA)

Topografia - plana, sem inundações e com relevos médios localizados.

Geologia - sedimentos bastante jovens (antigo Pleistoceno), constituído de argilas siltosas.

Solos - drenagem imperfeita, de variável fertilidade química e variável alcalinidade.

Sub-Zona 3LA - fertilidade relativamente baixa, mas sem alcalinidade (Oligotrophic or Mesotrophic Planosol).

Uso atual da terra - cultivo de arroz.

Uso potencial da terra - arroz, produção de forragem irrigada e pastagens irrigadas.

IV.2 - Dados básicos

a) Dados pluviométricos

Foram utilizadas as alturas pluviométricas diárias observadas nos ~~postos de Herval e Arroio Grande. Esses~~ ~~postos~~ ~~estão~~ ~~mal~~ ~~localizados~~ ~~na~~ ~~bacia,~~ ~~como~~ ~~se~~ ~~pode~~ ~~ob-~~ ~~servar~~ no mapa (página seguinte). A disposição desses dois postos pluviométricos levou-nos a admitir uma contribuição i dêntica para os mesmos no cálculo da altura pluviométrica mê dia diária na bacia, como se definissem dois "polígonos" de Thiessen de mesmo peso.

Por outro lado, não sendo possível efetuar testes de verificação de homogeneidade desses dados, somos forçados a admiti-los como fieis.

Finalmente, cabe frizar que esses valores funcionaram como dados de entrada (input) na simulação realizada tais como se encontram nas tabelas (ver adiante), sem terem sido afetados por coeficientes de distribuição temporal.

b) Dados linimétricos

As medições de descarga efetuadas pelo Setor de Hidrologia do Departamento da Lagoa Mirim da SUDESUL no posto fluviométrico do Arroio Grande atingiram cotas de nível variando de 16,00 a 21,27 m. As cotas médias diárias eram obtidas dos linigramas e das duas leituras diárias (7h e 18h) da escala linimétrica.

Foi ajustada a curva de calibração (ver adiante) para os pontos plotados no gráfico $h \times Q$, sendo feita a sua extrapolação para os níveis mais elevados pelo processo "área-cota-velocidade média de escoamento". São apresentados abaixo os valores cotas-descargas tirados da curva-chave, com os quais se entrou no computador para o cálculo, por interpolação linear, das descargas médias diárias observadas (programa "VAZÕES").

O linígrafo durante o período 1967-1970 sofreu "enguiços" e esteve "danificado" em várias ocasiões. Durante os períodos de estiagem, por exemplo, veículos com rodas de aros metálicos passavam sobre o conduto da tomada de pressão, amassando-o completamente. A observação dos hidrogramas mostra mesmo em certos períodos "anomalias" que não nos parecem naturais. Aliás, a vivência na hidrologia de campo mostra que os dados que menos fé merecem são os relativos às cotas de nível registradas pelos "observadores" locais.

No caso presente, como não havia outro P.F. na bacia, não foi possível estabelecer-se uma correlação, com a posterior (e provável) homogeneização dos dados do nosso posto.

Foram, assim, considerados, para efeito de

comparação na simulação efetuada, todos os valores de descarga média diária, mesmo os estimados.

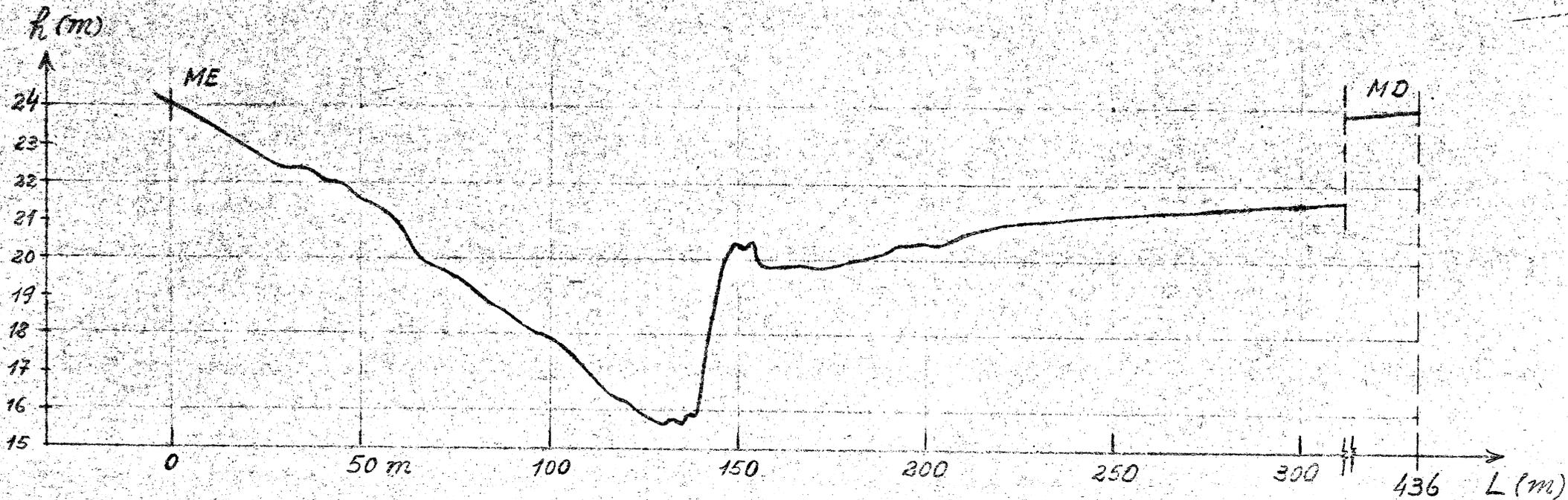
c) Dados de temperatura: este assunto já foi tratado no capítulo II.

Curva de Calibração do Posto Fluviométrico do Arroio Grande.

<u>h (cm)</u>	<u>Q (m³/s)</u>	<u>h (cm)</u>	<u>Q (m³/s)</u>
1585	0.00	1840	49.20
1602	0.60	1880	60.10
1604	1.20	1920	72.20
1606	1.40	1980	92.30
1608	1.60	2020	108.00
1610	1.90	2040	116.00
1616	2.60	2060	131.20
1622	3.40	2130	180.30
1640	6.00	2200	230.00
1700	14.00	2280	298.00
1780	33.00	2400	410.00

POSTO FLUVIDIMÉTRICO DO ARROIO GRANDE

PERFIL TRANSVERSAL



POSTO DE HERVAL

Precipitações Diárias em mm - 1968

DIAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAT	JUN
1	1.6		0.1	0.1		
2	0.1		0.1	0.1		
3						
4				1.4		
5				0.3		
6		4.0				
7		3.0				
8	0.1					
9			8.0			
10		5.6			5.3	
11		23.1	0.1		0.1	
12	5.7	0.1				
13					12.8	
14		2.5	29.5		0.1	7.2
15			0.3	0.1		6.2
16						9.4
17				0.1		
18	9.0			7.6		
19			0.9	2.0		
20	23.3					
21			0.2			
22		55.8				
23						
24			21.0		1.1	
25	20.0		73.0	0.1	0.2	
26	6.1		41.5		18.0	
27	1.4		0.1	54.0	1.0	8.0
28	13.0		37.6	10.0	0.3	
29	2.8		2.7	9.0	0.2	
30			3.7	2.2		
31					0.4	
Total	83.0	94.1	218.7	87.0	39.4	30.7

B. H. ARROIO GRANDE

POSTO DE HERVAL

Precipitações Diárias em mm - 1968

DIAS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1		0.3			11.0	
2					15.0	
3		3.2			15.5	
4	3.8	0.1		4.1	0.7	
5		0.1		7.1	3.2	1.4
6		35.7		9.7	21.0	
7	0.5	3.8		0.1		
8	3.7	3.2			13.0	
9		0.1	7.4		32.3	
10			47.8		0.1	0.1
11		0.2		0.8		
12						
13			0.1	0.4	0.2	20.0
14	7.6	0.2	37.8			8.0
15	6.2	0.1	19.3		0.1	
16	4.0		4.5	4.5		0.2
17	0.1		0.2	3.4	0.2	
18	3.1			2.2		
19	7.5	0.9	16.9			9.5
20	8.3	3.1		0.6	0.1	71.0
21	0.2					
22	0.1	0.1		0.1	0.1	3.0
23						
24	5.0			3.2		
25	0.2		30.0	2.1		
26	0.1	0.2	0.1	13.4		0.1
27	0.1	0.2	12.0	22.7		20.0
28			11.5	11.4		23.0
29		1.8	1.1	0.1		
30		0.4				
31						
Total	50.4	53.6	188.6	85.8	112.4	156.3

Total anual = 1200.8

E. M. ARRUDA BRANCO
POSTO DE MARVAL

Precipitações Diárias em mm - 1969 ✓

DIAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1	0.1	13.1		3.1		
2					1.0	
3					31.4	7.1
4				1.0	37.0	
5	57.4		0.3			0.1
6	0.8	6.0				0.1
7		1.6				7.4
8		11.5				
9	11.0	0.6				7.3
10						
11		1.4	1.0			
12					10.4	31.0
13						28.6
14	21.5			0.1	0.3	
15	0.1					2.8
16		21.0				
17		12.6	16.1			
18			1.3			
19	0.1					
20				0.1	2.0	
21			2.0		21.7	
22			0.2			
23	0.1					
24	1.3			0.1		0.3
25	4.6	9.2	16.0	0.2		
26	1.2				1.8	
27	2.6	0.1		9.2		
28	17.0	0.2		0.5	0.1	
29			3.7			11.8
30			0.7		9.0	1.4
31					4.7	
Total	127.7	77.2	41.2	14.2	119.3	97.6

B. H. ARROIO GRANDE

POSTO DE HERVAL

Precipitações Diárias em mm - 1969

DIAS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1		38.0	0.5		1.8		
2			3.3				
3			11.5	0.1			
4				0.1	19.4		
5		0.1			29.0		
6	3.7		2.0		4.0		
7					2.2		
8	10.0				0.4		
9	48.0	6.8					
10	46.0	25.0				8.5	
11		52.8				31.6	
12							
13	0.4	0.6					
14		0.6		2.0	0.1		
15		2.2	0.3		5.0		
16	0.3				0.7		
17							
18							
19	21.2		3.3			6.1	
20	0.5		33.6				
21			1.6	13.0	14.0		
22			0.3			1.0	
23		17.0					
24		40.0					
25		7.6					
26		1.8	9.6				
27		4.5	0.3	70.2			
28		0.5	1.9	6.0	100.0		
29		0.2	5.5				
30							
31							
Total	130.1	197.6	73.6	91.4	176.6	47.2	
		Total Anual = 1194.6					

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE HERVAL
 Precipitações Diárias em mm - 1970

DIAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1						14.6
2	0.5	99.0		3.4		5.0
3		0.9				28.0
4					1.0	18.4
5	38.2	10.0				
6	8.5	4.0				
7		8.0				0.3
8	53.0					0.6
9						10.6
10						0.1
11				2.2		4.0
12						9.9
13	5.4			10.1		0.1
14					59.0	
15			43.7	0.1	12.0	
16			15.0			
17						30.6
18			1.1		1.0	
19					12.0	
20			2.2			58.0
21			12.6	1.0		2.0
22			24.0			
23			8.0			
24						
25				17.5		
26	0.1			6.1		0.1
27			0.4		0.2	28.5
28	25.3					2.0
29	4.3				2.6	
30					0.1	
31					19.0	
Total	135.3	121.9	107.0	131.3	106.9	212.7

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1970

DIAS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0.5			2.2	0.8	
2		6.7				
3						
4	20.3	84.0				
5	7.0	4.3		1.0		
6	1.8	11.6				
7	4.0					
8				3.2		21.7
9						
10						
11						36.2
12			9.2	0.8	2.8	10.2
13		19.2			1.0	20.6
14						
15				28.4		
16	2.9			9.6		2.2
17			19.2			14.7
18	5.5					
19						
20		11.2			2.5	
21	3.4				1.2	
22					0.6	
23						
24				13.0		
25						
26	19.0					
27		2.2		1.3		8.0
28		1.6		1.9		33.6
29	44.0					11.2
30						
31				21.2		
Total	108.4	140.7	28.4	82.5	8.8	158.4

Total Anual = 1256.0

B. N. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1968

DIAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1	46.2					
2						
3						
4						
5						
6		2.8				
7						
8						
9	0.6		8.6			
10	6.8	3.8			4.0	
11		40.6	2.3			
12						
13					13.0	
14		0.8	40.0			4.2
15						
16						
17						10.4
18				7.2		
19				1.4		
20	14.6					
21	0.6					
22		87.0				
23						0.6
24			42.0			
25	24.8		61.0		0.6	
26	4.6		37.4		40.6	
27	3.8			33.6	19.2	5.6
28	9.4		49.0	5.4		
29	4.2		12.6	15.4		
30			0.6	1.2		
31						
Total	115.5	135.0	253.4	64.1	77.4	20.7

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1968

DIAS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1					35.0	
2					37.4	
3		4.8			4.2	
4	2.0			3.8		
5				2.6	0.4	
6		24.0		8.0	24.6	
7	0.8	2.5				
8	1.0	0.6			9.4	
9			4.4		40.6	
10			45.0			
11				4.0		
12						
13						7.0
14	4.4		32.8			7.4
15			4.8			2.8
16	7.0		1.2	2.2		
17	0.6			1.0		
18	0.8			6.8		
19	15.0		18.0			4.4
20		3.8				66.0
21	0.8					
22						1.2
23						
24	1.8			3.4		1.4
25			13.0			
26				8.4		
27			27.0	20.6		
28		2.0	0.4	24.4	0.6	18.0
29						
30						
31						
Total	34.2	37.8	146.5	85.1	152.1	108.1

Total Anual = 1230.6

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1969

DIAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1	3.6	7.2				
2					1.2	
3					26.4	1.4
4				5.8	51.0	0.6
5	34.0					
6	0.6	4.0				
7						6.0
8		20.2				
9	9.0					8.6
10	0.6					
11						
12					13.4	
13						4.6
14	32.0					15.0
15	3.2					2.2
16		13.8				
17		9.4	18.6			
18			0.8			
19						
20					1.8	
21			5.4		17.2	
22			1.8			
23						
24				1.0		
25	20.4		16.6		2.6	
26	3.2	1.6				
27	0.8					
28	3.4			7.0		
29			3.6	1.0		12.8
30			3.8		3.0	0.6
31					9.8	
Total	110.7	56.1	50.5	14.8	126.3	51.7

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1969

DIAS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1		28.2			1.6	
2			5.4			
3			9.2			
4					38.8	
5					13.6	
6	3.0				7.4	
7					2.7	
8	39.2					
9	54.0					
10						
11		17.0				60.8
12		28.6				
13						
14				2.4		
15		1.2			3.8	
16					1.2	
17						
18			1.8			
19	23.6					4.4
20			32.0			
21	4.6		0.6	10.0	4.0	
22						6.6
23		21.6				
24		33.4				2.8
25		9.6	18.6			
26		0.4				
27		4.6		34.4		
28		1.0	5.2	11.6	77.0	
29						
30						
31	0.4					
Total	124.7	145.5	72.8	58.4	150.0	74.5

Total Annual = 1036.8

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1970

DIAS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
1						37.0
2		100.8				19.9
3	0.8					5.8
4					1.2	
5	21.3	8.0				14.8
6	0.3	15.2				
7		9.3				
8	95.0					2.4
9						
10						3.2
11		3.6		3.6		
12						22.3
13	1.5	8.0		8.0		2.1
14					72.0	
15			22.5		12.5	
16			15.2			
17						19.5
18					0.6	
19					14.0	
20						54.3
21		7.2	8.8	7.2		0.5
22		2.2		2.2		
23			22.4			2.2
24						
25						
26		15.4		15.4		
27						28.6
28	20.5					1.5
29	5.8				2.0	
30						
31						
Total	145.2	169.6	68.9	36.3	102.3	214.0

B. H. ARROIO GRANDE
 POSTO DE ARROIO GRANDE
 Precipitações Diárias em mm - 1970

DIAS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0.5			2.2	0.8	
2		6.7				
3						
4	20.3	84.0				
5	7.0	4.3		1.0		
6	1.8	11.6				
7	4.0					
8				3.2		21.7
9						
10						
11						36.2
12			9.2	0.8	2.8	10.2
13		19.2			1.0	20.6
14						
15				28.4		
16	2.9			9.6		2.2
17			19.2			14.7
18	5.5					
19						
20		11.2			2.5	
21	3.4				1.2	
22					0.6	
23						
24				13.0		
25						
26	19.0					
27		2.2		1.3		8.0
28		1.6		1.9		33.6
29	44.0					11.2
30						
31				21.2		
Total	108.4	140.7	28.4	82.5	8.8	158.4

Total Anual = 1256.0

B. H. ARROIO GRANDE

COTAS DE NÍVEL MÉDIAS DIÁRIAS - 1966

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR
01	1605	1604	1602	1682
02	1609	1603	1601	1664
03	1607	1603	1601	1657
04	1603	1602	1601	1644
05	1602	1602	1601	1636
06	1601	1602	1601	1632
07	1601	1601	1601	1627
08	1601	1602	1601	1624
09	1601	1603	1601	1622
10	1601	1603	1603	1620
11	1601	1602	1604	1619
12	1602	1624	1604	1618
13	1601	1628	1603	1616
14	1601	1613	1602	1614
15	1601	1607	1606	1614
16	1601	1605	1610	1613
17	1601	1603	1607	1612
18	1601	1602	1603	1613
19	1601	1601	1602	1615
20	1601	1601	1601	1618
21	1601	1601	1602	1618
22	1602	1602	1603	1614
23	1602	1620	1602	1613
24	1601	1629	1601	1612
25	1602	1611	1648	1611
26	1605	1605	1733	1610
27	1607	1603	1820	1611
28	1610	1602	1724	1655
29	1613	1602	1821	1682
30	1612		1866	1672
31	1607		1722	

E. H. ARBOLE GRANDE
 COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1968

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO
01	1658	1642	1622	1625
02	1641	1639	1622	1625
03	1633	1635	1621	1626
04	1629	1633	1620	1627
05	1626	1632	1621	1628
06	1624	1630	1621	1626
07	1622	1628	1620	1679
08	1621	1628	1619	1701
09	1620	1626	1621	1680
10	1620	1625	1622	1663
11	1621	1624	1619	1655
12	1621	1624	1618	1650
13	1618	1625	1617	1647
14	1631	1626	1618	1642
15	1638	1631	1622	1639
16	1626	1628	1624	1637
17	1620	1625	1627	1635
18	1618	1643	1631	1634
19	1617	1642	1636	1633
20	1617	1629	1664	1633
21	1617	1624	1654	1633
22	1617	1622	1643	1633
23	1615	1621	1640	1629
24	1615	1622	1637	1628
25	1614	1622	1637	1626
26	1615	1621	1642	1625
27	1685	1620	1636	1624
28	1718	1625	1632	1623
29	1670	1630	1629	1623
30	1652	1625	1628	1624
31	1646		1626	1623

B. P. ARBOZO GRANDES

CONAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1968

DIA	SEPT	OCT	NOV	DEZ
01	1622	1705	1638	1616
02	1622	1691	1812	1614
03	1620	1681	1848	1612
04	1619	1672	1730	1608
05	1618	1668	1706	1608
06	1618	1674	1768	1611
07	1617	1689	1898	1610
08	1617	1678	1780	1608
09	1616	1658	1793	1608
10	1647	1650	1990	1608
11	1714	1647	2035	1608
12	1668	1647	1804	1606
13	1639	1642	1727	1607
14	1649	1637	1704	1609
15	1729	1634	1691	1613
16	1749	1632	1679	1613
17	1751	1634	1687	1611
18	1713	1636	1658	1608
19	1714	1636	1651	1633
20	1742	1632	1646	1708
21	1707	1628	1642	1663
22	1688	1625	1638	1630
23	1678	1623	1635	1619
24	1668	1622	1631	1615
25	1660	1622	1627	1614
26	1680	1622	1624	1612
27	1732	1631	1624	1612
28	1738	1683	1623	1642
29	1798	1714	1620	1649
30	1738	1659	1617	1623
31		1639		1618

B. H. ARROYO GRANDE

COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1969

DIA	JAN	FEB	MAR	ABR
01	1616	1615	1603	1606
02	1614	1618	1603	1605
03	1612	1617	1603	1604
04	1611	1612	1603	1603
05	1646	1611	1603	1603
06	1677	1611	1602	1603
07	1640	1613	1603	1603
08	1626	1611	1603	1602
09	1626	1626	1603	1602
10	1628	1616	1603	1602
11	1620	1611	1603	1602
12	1616	1610	1603	1603
13	1613	1607	1603	1603
14	1646	1606	1603	1603
15	1768	1606	1603	1602
16	1672	1606	1602	1602
17	1638	1613	1604	1602
18	1625	1628	1608	1602
19	1619	1625	1607	1602
20	1617	1614	1605	1602
21	1616	1609	1605	1602
22	1615	1607	1605	1602
23	1612	1606	1605	1602
24	1671	1606	1604	1602
25	1747	1606	1604	1602
26	1649	1605	1607	1602
27	1634	1605	1609	1602
28	1632	1604	1606	1602
29	1627		1605	1604
30	1620		1605	1604
31	1616		1606	

B. EL ARROYO GRANDE

COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1969

DIA	MAY	JUN	JUL	AGO
01	1604	1614	1623	1719
02	1607	1608	1618	1708
03	1624	1606	1616	1671
04	1656	1606	1616	1659
05	1655	1606	1614	1653
06	1622	1607	1615	1646
07	1611	1606	1616	1641
08	1608	1606	1615	1638
09	1607	1611	1793	1635
10	1606	1621	2119	1639
11	1605	1618	1962	1690
12	1608	1616	1764	1892
13	1608	1660	1717	1970
14	1606	1689	1690	1791
15	1605	1679	1687	1726
16	1605	1654	1675	1706
17	1605	1640	1663	1691
18	1605	1634	1654	1680
19	1604	1630	1649	1672
20	1604	1626	1684	1662
21	1613	1624	1705	1654
22	1616	1622	1673	1649
23	1610	1621	1658	1717
24	1606	1620	1652	1914
25	1606	1618	1650	1919
26	1605	1617	1646	1813
27	1605	1617	1643	1751
28	1605	1616	1640	1729
29	1605	1625	1637	1709
30	1606	1632	1633	1696
31	1613		1643	1685

B. H. ARROIO GRANDE
 COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1969

DIA	SET	OUT	NOV	DEZ
01	1677	1634	1640	1687
02	1667	1629	1633	1668
03	1677	1625	1629	1654
04	1692	1624	1627	1645
05	1672	1624	1670	1640
06	1656	1622	1706	1635
07	1652	1621	1740	1632
08	1648	1619	1703	1629
09	1645	1619	1683	1625
10	1642	1621	1663	1623
11	1639	1620	1650	1651
12	1636	1619	1644	1701
13	1633	1618	1639	1652
14	1632	1618	1638	1629
15	1629	1617	1637	1623
16	1628	1617	1635	1621
17	1627	1616	1633	1619
18	1627	1615	1629	1617
19	1630	1613	1624	1617
20	1701	1613	1621	1617
21	1691	1614	1620	1617
22	1654	1619	1626	1615
23	1641	1620	1627	1613
24	1637	1616	1621	1612
25	1639	1614	1618	1611
26	1654	1612	1617	1610
27	1648	1613	1616	1610
28	1639	1685	1809	1609
29	1642	1745	2047	1608
30	1640	1676	1805	1608
31		1651		1607

B. H. ARROYO GRANDE
 COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1970

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR
01	1607	1607	1604	1604
02	1606	1626	1604	1604
03	1605	1745	1604	1613
04	1605	1753	1603	1611
05	1605	1657	1603	1606
06	1611	1649	1604	1604
07	1623	1650	1603	1604
08	1801	1645	1603	1604
09	1906	1637	1603	1604
10	1684	1627	1602	1603
11	1638	1622	1602	1603
12	1628	1618	1603	1603
13	1623	1616	1602	1603
14	1621	1614	1602	1603
15	1619	1613	1602	1606
16	1615	1612	1609	1605
17	1614	1610	1618	1604
18	1612	1610	1612	1603
19	1611	1610	1608	1603
20	1610	1609	1606	1603
21	1609	1608	1605	1603
22	1608	1607	1607	1603
23	1607	1606	1619	1603
24	1606	1606	1643	1603
25	1606	1605	1623	1602
26	1605	1605	1612	1604
27	1605	1605	1608	1607
28	1605	1604	1606	1608
29	1608		1605	1605
30	1612		1605	1603
31	1611		1604	

B. H. ARROIO GRANDE
 COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS ~ 1970

DIA	MAI	JUN	JUL	AGO
01	1603	1647	1708	1755
02	1603	1678	1696	1712
03	1603	1696	1686	1710
04	1602	1702	1680	1773
05	1602	1775	1728	2213
06	1603	1732	1786	2210
07	1602	1685	1763	1961
08	1602	1672	1735	1867
09	1602	1660	1710	1775
10	1602	1672	1696	1732
11	1602	1681	1687	1713
12	1602	1720	1681	1699
13	1602	1715	1673	1689
14	1603	1702	1665	1727
15	1662	1679	1659	1727
16	1698	1664	1654	1688
17	1640	1669	1650	1680
18	1622	1758	1648	1673
19	1617	1746	1645	1664
20	1625	1763	1650	1664
21	1626	2083	1649	1684
22	1619	2094	1657	1673
23	1615	1843	1662	1661
24	1612	1744	1651	1653
25	1611	1712	1644	1647
26	1610	1697	1639	1644
27	1610	1688	1666	1639
28	1609	1808	1715	1640
29	1608	1908	1729	1644
30	1608	1753	2028	1641
31	1611		1956	1636

B. H. ARROIO GRANDE

COTAS DE NIVEL MEDIAS DIARIAS - 1970

DIA	SET	OUT	NOV	DEZ
01	1633	1616	1646	1603
02	1631	1617	1643	1603
03	1630	1617	1627	1603
04	1628	1614	1619	1603
05	1626	1613	1615	1602
06	1625	1612	1613	1602
07	1625	1612	1613	1602
08	1624	1612	1613	1601
09	1622	1612	1613	1605
10	1621	1612	1612	1606
11	1620	1611	1611	1612
12	1619	1612	1610	1610
13	1624	1616	1611	1610
14	1636	1614	1612	1619
15	1627	1612	1613	1616
16	1621	1615	1612	1610
17	1619	1661	1611	1608
18	1619	1686	1610	1643
19	1637	1641	1609	1641
20	1640	1627	1607	1613
21	1627	1622	1606	1608
22	1622	1622	1606	1606
23	1620	1622	1605	1605
24	1620	1618	1605	1604
25	1619	1616	1605	1603
26	1618	1615	1605	1602
27	1617	1614	1605	1606
28	1617	1613	1605	1653
29	1617	1617	1604	1685
30	1617	1619	1604	1634
31		1620		1619

POSTO 1

PPHERVAL68 116	16	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	57	0	0	0	0
PPHERVAL68 131	0	90	0	233	0	0	0	0	0	200	61	14	130	28	0	0	0
PPHERVAL68 216	0	0	0	0	0	40	30	0	0	0	56	231	1	0	25	0	0
PPHERVAL68 229	0	0	0	0	0	558	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL68 316	1	1	0	0	0	0	0	0	0	80	0	1	0	0	295	3	0
PPHERVAL68 331	0	0	9	0	2	0	0	0	210	730	415	1	376	27	37	0	0
PPHERVAL68 416	1	1	0	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
PPHERVAL68 430	1	76	20	0	0	0	0	0	0	1	0	540	100	90	22	0	0
PPHERVAL68 516	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	1	0	128	1	0	0
PPHERVAL68 531	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2	180	10	3	2	0	4	0
PPHERVAL68 616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	62	94
PPHERVAL68 630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
PPHERVAL68 716	0	0	0	38	0	0	5	37	0	0	0	0	0	0	76	62	40
PPHERVAL68 731	1	31	75	83	2	1	0	50	2	1	1	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL68 816	3	0	32	1	1	357	38	32	1	0	2	0	0	0	2	1	0
PPHERVAL68 831	0	0	75	31	0	1	0	0	0	0	2	2	0	18	4	0	0
PPHERVAL68 916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	478	0	0	1	378	193	45
PPHERVAL68 931	2	0	169	0	0	0	0	0	0	300	1	120	115	11	0	0	0
PPHERVAL681016	0	0	0	41	71	97	1	0	0	0	0	8	0	4	0	0	45
PPHERVAL681031	34	22	0	6	0	1	0	32	21	134	227	114	1	0	0	0	0
PPHERVAL681116	110	150	155	7	32	210	0	130	323	1	0	0	0	2	0	1	0
PPHERVAL681130	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL681216	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	1	0	0	200	80	0	2
PPHERVAL681231	0	0	95	0	710	30	0	0	0	0	1	200	230	0	0	0	0

POSTO 2

ARGRANDE68 116	462	0	0	0	0	0	0	0	6	68	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 131	0	0	0	146	6	0	0	0	248	46	38	94	42	0	0	0	0
ARGRANDE68 216	0	0	0	0	0	28	0	0	0	38	406	0	0	8	0	0	0
ARGRANDE68 229	0	0	0	0	0	870	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 316	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	23	0	0	400	0	0	0
ARGRANDE68 331	0	0	0	0	0	0	0	420	610	374	0	490	126	6	0	0	0
ARGRANDE68 416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 430	0	72	14	0	0	0	0	0	0	0	336	54	154	12	0	0	0
ARGRANDE68 516	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	130	0	0	0	0
ARGRANDE68 531	0	0	0	0	0	0	0	0	6	406	192	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0
ARGRANDE68 630	104	0	0	0	0	0	6	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 716	0	20	0	0	0	0	8	10	0	0	0	0	0	44	0	70	0
ARGRANDE68 731	6	8	150	0	8	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 816	0	0	48	0	0	240	26	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 831	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
ARGRANDE68 916	0	0	0	0	0	0	0	0	44	450	0	0	0	328	48	12	0
ARGRANDE68 930	0	0	180	0	0	0	0	0	130	0	270	4	0	0	0	0	0
ARGRANDE681016	0	0	0	38	26	80	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	22
ARGRANDE681031	10	68	0	0	0	0	0	34	0	84	206	244	0	0	0	0	0
ARGRANDE681116	350	374	42	0	4	246	0	94	406	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE681130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
ARGRANDE681216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	74	28	0
ARGRANDE681231	0	0	44	660	0	12	0	14	0	0	0	180	0	0	0	0	0

POSTO 1

PPHERVAL69 116	1	0	0	0	574	8	0	0	110	0	0	0	0	215	1	0
PPHERVAL69 131	0	0	1	0	0	0	1	13	46	12	26	170	0	0	0	0
PPHERVAL69 216	131	0	0	0	0	60	16	115	6	0	14	0	0	0	0	210
PPHERVAL69 228	126	0	0	0	0	0	0	0	92	0	1	2	0	0	0	0
PPHERVAL69 316	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
PPHERVAL69 331	161	13	0	0	20	2	0	0	160	0	0	0	37	7	0	0
PPHERVAL69 416	31	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
PPHERVAL69 430	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	92	5	0	0	0	0
PPHERVAL69 516	0	10	314	370	0	0	0	0	0	0	0	104	0	3	0	0
PPHERVAL69 531	0	0	0	20	217	0	0	0	0	18	0	1	0	90	47	0
PPHERVAL69 616	0	0	71	0	1	1	74	0	73	0	0	310	286	28	0	0
PPHERVAL69 630	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	118	14	0	0
PPHERVAL69 716	0	0	0	0	0	37	0	100	480	460	0	0	4	0	0	3
PPHERVAL69 731	0	0	212	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL69 816	380	0	0	0	1	0	0	0	68	250	528	0	6	6	22	0
PPHERVAL69 831	0	0	0	0	0	0	170	400	76	18	45	5	2	0	0	0
PPHERVAL69 916	5	33	115	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
PPHERVAL69 930	0	0	33	336	16	3	0	0	0	96	3	19	55	0	0	0
PPHERVAL691016	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
PPHERVAL691031	0	0	0	0	130	0	0	0	0	0	702	60	0	0	0	0
PPHERVAL691116	18	0	0	194	290	40	22	4	0	0	0	0	0	1	50	7
PPHERVAL691130	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0
PPHERVAL691216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	312	0	0	0	0	0
PPHERVAL691231	0	0	61	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

POSTO 2

ARGRANDE69 116	36	0	0	0	340	6	0	0	90	6	0	0	0	320	32	0
ARGRANDE69 131	0	0	0	0	0	0	0	0	204	32	8	34	0	0	0	0
ARGRANDE69 216	72	0	0	0	0	40	0	202	0	0	0	0	0	0	0	138
ARGRANDE69 228	94	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE69 316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE69 331	186	8	0	0	54	18	0	0	166	0	0	0	36	38	0	0
ARGRANDE69 416	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE69 430	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	70	10	0	0	0
ARGRANDE69 516	0	12	264	510	0	0	0	0	0	0	0	134	0	0	0	0
ARGRANDE69 531	0	0	0	18	172	0	0	0	26	0	0	0	0	30	98	0
ARGRANDE69 616	0	0	14	6	0	0	60	0	86	0	0	0	46	150	22	0
ARGRANDE69 630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	6	0	0
ARGRANDE69 716	0	0	0	0	0	30	0	392	540	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE69 731	0	0	236	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
ARGRANDE69 816	282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	286	0	0	12	0
ARGRANDE69 831	0	0	0	0	0	0	216	334	96	4	46	10	0	0	0	0
ARGRANDE69 916	0	54	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE69 930	0	18	0	320	6	0	0	0	186	0	0	52	0	0	0	0
ARGRANDE691016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
ARGRANDE691031	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	344	116	0	0	0	0
ARGRANDE691116	16	0	0	388	136	74	27	0	0	0	0	0	0	0	38	12
ARGRANDE691130	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	770	0	0	0	0
ARGRANDE691216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	608	0	0	0	0	0
ARGRANDE691231	0	0	44	0	0	66	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0

POSTO 1

PPHERVAL70 116	0	5	0	0	382	85	0	530	0	0	0	0	54	0	0	0
PPHERVAL70 131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	253	43	0	0	0
PPHERVAL70 216	0	990	9	0	100	40	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL70 228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL70 316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	437	150
PPHERVAL70 331	0	11	0	22	126	240	80	0	0	0	4	0	0	0	0	0
PPHERVAL70 416	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	101	0	1	0
PPHERVAL70 430	0	0	0	0	10	0	0	0	175	61	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL70 516	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	590	120	0
PPHERVAL70 531	0	10	120	0	0	0	0	0	0	0	2	0	26	1	190	0
PPHERVAL70 616	146	50	280	184	0	0	3	6	106	1	40	99	1	0	0	0
PPHERVAL70 630	306	0	0	580	20	0	0	0	0	1	285	20	0	0	0	0
PPHERVAL70 716	0	0	0	210	30	20	14	0	0	0	0	0	15	0	0	0
PPHERVAL70 731	0	0	20	22	50	25	0	0	0	6	194	0	354	0	0	0
PPHERVAL70 816	0	92	65	850	54	72	26	0	0	0	0	0	150	0	0	0
PPHERVAL70 831	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	0
PPHERVAL70 916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0
PPHERVAL70 930	0	150	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL701016	40	0	0	0	14	0	0	6	0	0	0	32	0	0	0	340
PPHERVAL701031	130	5	4	0	0	0	0	0	32	0	12	50	0	0	295	0
PPHERVAL701116	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	65	0	0	0
PPHERVAL701130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPHERVAL701216	0	0	0	0	0	0	0	230	0	0	70	0	165	0	0	80
PPHERVAL701231	196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	463	0	0	0	0

POSTO 2

ARGRANDE70 116	0	0	8	0	213	3	0	950	0	0	0	0	15	0	0	0
ARGRANDE70 131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205	58	0	0	0
ARGRANDE70 216	0	1008	0	0	80	152	93	0	0	0	36	0	80	0	0	0
ARGRANDE70 228	0	0	0	0	72	22	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE70 316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	152
ARGRANDE70 331	0	0	0	0	88	0	224	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE70 416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	80	0	0	0
ARGRANDE70 430	0	0	0	0	72	22	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE70 516	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	125	0
ARGRANDE70 531	0	6	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
ARGRANDE70 616	370	199	58	0	148	0	0	24	0	32	0	223	21	0	0	0
ARGRANDE70 630	195	0	0	543	5	0	22	0	0	0	286	15	0	0	0	0
ARGRANDE70 716	5	0	0	203	70	18	40	0	0	0	0	0	0	0	0	29
ARGRANDE70 731	0	55	0	0	34	0	0	0	0	190	0	0	440	0	0	0
ARGRANDE70 816	0	67	0	840	43	116	0	0	0	0	0	0	192	0	0	0
ARGRANDE70 831	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	22	16	0	0	0	0
ARGRANDE70 916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0
ARGRANDE70 930	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE701016	22	0	0	0	10	0	0	32	0	0	0	8	0	0	284	96
ARGRANDE701031	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	13	19	0	0	212	0
ARGRANDE701116	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	10	0	0	0
ARGRANDE701130	0	0	0	25	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARGRANDE701216	0	0	0	0	0	0	0	154	0	0	362	102	206	0	0	22
ARGRANDE701231	147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	336	112	0	0	0

ANO ANO 1968

DIA	JANEIRO	FEVEREIRO	MARCO	ABRIL	MAIO	JUNHO
	ALTURA	VAZAO**ALTURA	VAZAO**ALTURA	VAZAO**ALTURA	VAZAO**ALTURA	VAZAO**ALTURA
1	1605	12 1604	12 1602	6 1682	115 1658	83 1642
2	1609	17 1603	9 1601	5 1664	92 1641	61 1639
3	1607	14 1603	9 1601	5 1657	82 1633	49 1635
4	1603	9 1602	6 1601	5 1644	65 1629	44 1633
5	1602	6 1602	6 1601	5 1636	54 1626	39 1632
6	1601	5 1602	6 1601	5 1632	48 1624	36 1630
7	1601	5 1601	5 1601	5 1627	41 1622	34 1628
8	1601	5 1602	6 1601	5 1624	36 1621	32 1628
9	1601	5 1603	9 1601	5 1622	34 1620	31 1626
10	1601	5 1603	9 1603	9 1620	31 1620	31 1625
11	1601	5 1602	6 1604	12 1619	29 1621	32 1624
12	1602	6 1624	36 1604	12 1618	28 1621	32 1624
13	1601	5 1628	42 1603	9 1616	26 1618	28 1625
14	1601	5 1613	22 1602	6 1614	23 1631	46 1626
15	1601	5 1607	14 1606	13 1614	23 1638	57 1631
16	1601	5 1605	12 1610	19 1613	22 1626	39 1628
17	1601	5 1603	9 1607	14 1612	21 1620	31 1625
18	1601	5 1602	6 1603	9 1613	22 1618	28 1643
19	1601	5 1601	5 1602	6 1615	24 1617	27 1642
20	1601	5 1601	5 1601	5 1618	28 1617	27 1629
21	1601	5 1601	5 1602	6 1618	28 1617	27 1624
22	1602	6 1602	6 1603	9 1614	23 1617	27 1622
23	1602	6 1620	31 1602	6 1613	22 1615	24 1621
24	1601	5 1629	44 1601	5 1612	21 1615	24 1622
25	1602	6 1611	20 1645	70 1611	20 1614	23 1622
26	1605	12 1605	12 1733	218 1610	19 1615	24 1621
27	1607	14 1603	9 1820	437 1611	20 1685	119 1620
28	1610	19 1602	6 1754	268 1655	79 1718	182 1625
29	1613	22 1602	6 1821	440 1682	115 1670	99 1630
30	1612	21 1866	562 1722	102 1672	1652 76	1625 38
31	1607	14 1646	67			

ANO 1968

DIA	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**
1	1622	34	1625	38	1622	34	1705	151	1638	57	1616	26
2	1622	34	1625	38	1622	34	1691	128	1812	416	1614	23
3	1621	32	1626	39	1620	31	1681	114	1848	513	1612	21
4	1620	31	1627	41	1619	29	1672	102	1730	211	1608	16
5	1621	32	1628	42	1618	28	1668	97	1706	154	1608	16
6	1621	32	1626	39	1618	28	1674	105	1768	301	1611	20
7	1620	31	1679	112	1617	27	1689	125	1898	655	1610	19
8	1619	29	1701	142	1617	27	1678	110	1780	329	1608	16
9	1621	32	1680	113	1616	26	1658	83	1793	365	1608	16
10	1622	34	1663	90	1647	69	1650	73	1990	962	1608	16
11	1619	29	1655	79	1744	244	1647	69	2035	1139	1608	16
12	1618	28	1650	73	1668	97	1647	69	1804	394	1606	13
13	1617	27	1647	69	1639	58	1642	62	1727	204	1607	14
14	1618	28	1642	62	1649	71	1637	55	1704	149	1609	17
15	1622	34	1639	58	1729	208	1634	51	1691	128	1613	22
16	1624	36	1637	55	1749	256	1632	48	1679	112	1613	22
17	1627	41	1635	52	1751	261	1634	51	1667	96	1611	20
18	1631	46	1634	51	1713	170	1636	54	1658	83	1608	16
19	1636	54	1633	49	1714	173	1636	54	1651	74	1633	49
20	1664	92	1633	49	1742	239	1632	48	1646	67	1708	158
21	1654	78	1633	49	1707	156	1628	42	1642	62	1663	90
22	1643	63	1633	49	1688	124	1625	38	1638	57	1630	45
23	1640	60	1629	44	1678	110	1623	35	1635	52	1619	29
24	1637	55	1628	42	1668	97	1622	34	1631	46	1615	24
25	1637	55	1626	39	1660	86	1622	34	1627	41	1614	23
26	1642	62	1625	38	1680	113	1622	34	1624	36	1612	21
27	1636	54	1624	36	1732	215	1631	46	1624	36	1612	21
28	1632	48	1623	35	1738	230	1683	117	1623	35	1642	62
29	1629	44	1623	35	1798	378	1714	173	1620	31	1649	71
30	1628	42	1624	36	1738	230	1659	85	1617	27	1623	35
31	1626	39	1623	35			1639	58			1618	28

ANO ANO 1969

DIA	JANEIRO		FEVEREIRO		MARCO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**
1	1616	26	1615	24	1603	9	1606	13	1604	12	1614	23
2	1614	23	1618	28	1603	9	1605	12	1607	14	1608	16
3	1612	21	1617	27	1603	9	1604	12	1624	36	1606	13
4	1611	20	1612	21	1603	9	1603	9	1656	81	1606	13
5	1646	67	1611	20	1603	9	1603	9	1655	79	1606	13
6	1677	109	1611	20	1602	6	1603	9	1622	34	1607	14
7	1640	60	1613	22	1603	9	1603	9	1611	20	1606	13
8	1626	39	1631	46	1603	9	1602	6	1608	16	1606	13
9	1626	39	1626	39	1603	9	1602	6	1607	14	1611	20
10	1628	42	1616	26	1603	9	1602	6	1606	13	1621	32
11	1620	31	1611	20	1603	9	1602	6	1605	12	1618	28
12	1616	26	1610	19	1603	9	1603	9	1608	16	1616	26
13	1613	22	1607	14	1603	9	1603	9	1608	16	1660	86
14	1646	67	1606	13	1603	9	1603	9	1606	13	1689	125
15	1748	253	1606	13	1603	9	1602	6	1605	12	1679	112
16	1672	102	1606	13	1602	6	1602	6	1605	12	1654	78
17	1638	57	1613	22	1604	12	1602	6	1605	12	1640	60
18	1625	38	1628	42	1608	16	1602	6	1605	12	1634	51
19	1619	29	1625	38	1607	14	1602	6	1604	12	1630	45
20	1617	27	1614	23	1605	12	1602	6	1604	12	1626	39
21	1616	26	1609	17	1605	12	1602	6	1613	22	1624	36
22	1615	24	1607	14	1605	12	1602	6	1616	26	1622	34
23	1612	21	1606	13	1605	12	1602	6	1610	19	1621	32
24	1671	101	1606	13	1604	12	1602	6	1606	13	1620	31
25	1747	251	1606	13	1604	12	1602	6	1606	13	1618	28
26	1649	71	1605	12	1607	14	1602	6	1605	12	1617	27
27	1634	51	1605	12	1609	17	1602	6	1605	12	1617	27
28	1632	48	1604	12	1606	13	1602	6	1605	12	1616	26
29	1627	41			1605	12	1604	12	1605	12	1625	38
30	1620	31			1605	12	1604	12	1606	13	1632	48
31	1616	26			1606	13			1613	22		

ANO 1969

DIA	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**
1	1623	35	1719	105	1677	109	1634	51	1640	60	1687	122
2	1618	28	1708	158	1667	96	1629	44	1633	49	1668	97
3	1616	26	1671	101	1677	109	1625	38	1629	44	1654	78
4	1616	26	1659	85	1692	129	1624	36	1627	41	1645	66
5	1614	23	1653	77	1672	102	1624	36	1670	99	1640	60
6	1615	24	1646	67	1656	81	1622	34	1706	154	1635	52
7	1616	26	1641	61	1652	76	1621	32	1740	235	1632	48
8	1615	24	1638	57	1648	70	1619	29	1703	147	1629	44
9	1793	365	1635	52	1645	66	1619	29	1683	117	1625	38
10	2119	1725	1639	58	1642	62	1621	32	1663	90	1623	35
11	1962	862	1690	126	1639	58	1620	31	1650	73	1651	74
12	1764	291	1892	637	1636	54	1619	29	1644	65	1701	142
13	1717	180	1970	889	1633	49	1618	28	1639	58	1652	76
14	1698	137	1791	359	1632	48	1618	28	1638	57	1629	44
15	1687	122	1726	201	1629	44	1617	27	1637	55	1623	35
16	1675	106	1706	154	1628	42	1617	27	1635	52	1621	32
17	1663	90	1691	128	1627	41	1616	26	1633	49	1619	29
18	1654	78	1680	113	1627	41	1615	24	1629	44	1617	27
19	1649	71	1672	102	1630	45	1613	22	1624	36	1617	27
20	1684	118	1662	89	1701	142	1613	22	1621	32	1617	27
21	1705	151	1654	78	1691	128	1614	23	1620	31	1617	27
22	1673	103	1649	71	1654	78	1619	29	1626	39	1615	24
23	1658	83	1717	180	1641	61	1620	31	1627	41	1613	22
24	1652	76	1914	703	1637	55	1616	26	1621	32	1612	21
25	1650	73	1919	718	1639	58	1614	23	1618	28	1611	20
26	1646	67	1813	419	1654	78	1612	21	1617	27	1610	19
27	1643	63	1751	261	1648	70	1613	22	1616	26	1610	19
28	1640	60	1729	208	1639	58	1685	119	1809	408	1609	17
29	1637	55	1709	161	1642	62	1745	246	2047	1213	1608	16
30	1633	49	1696	134	1640	60	1676	108	1805	397	1608	16
31	1643	63	1685	119			1651	74			1607	14

ANO ANO 1970

DIA	JANEIRO		FEVEREIRO		MARCO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**
1	1607	14	1607	14	1604	12	1604	12	1603	9	1647	69
2	1606	13	1625	39	1604	12	1604	12	1603	9	1678	110
3	1605	12	1745	246	1604	12	1613	22	1603	9	1696	134
4	1605	12	1753	265	1603	9	1611	20	1602	6	1702	144
5	1605	12	1657	82	1603	9	1606	13	1602	6	1770	306
6	1611	20	1649	71	1604	12	1604	12	1603	9	1732	215
7	1623	35	1650	73	1603	9	1604	12	1602	6	1685	119
8	1801	386	1645	66	1603	9	1604	12	1602	6	1672	102
9	1906	679	1637	55	1603	9	1604	12	1602	6	1660	86
10	1684	118	1627	41	1602	6	1603	9	1602	6	1672	102
11	1638	57	1622	34	1602	6	1603	9	1602	6	1681	114
12	1628	42	1618	28	1603	9	1603	9	1602	6	1720	187
13	1623	35	1616	26	1602	6	1603	9	1602	6	1715	175
14	1621	32	1614	23	1602	6	1603	9	1603	9	1702	144
15	1619	29	1613	22	1602	6	1606	13	1662	89	1679	112
16	1615	24	1612	21	1609	17	1605	12	1698	137	1664	92
17	1614	23	1610	19	1613	23	1604	12	1640	60	1669	98
18	1612	21	1610	19	1612	21	1603	9	1622	34	1758	277
19	1611	20	1610	19	1608	16	1603	9	1617	27	1746	249
20	1610	19	1609	17	1606	13	1603	9	1625	38	1763	289
21	1609	17	1608	16	1605	12	1603	9	1626	39	2083	1473
22	1608	16	1607	14	1607	14	1603	9	1619	29	2094	1550
23	1607	14	1606	13	1619	29	1603	9	1615	24	1843	500
24	1606	13	1606	13	1643	63	1603	9	1612	21	1744	244
25	1606	13	1605	12	1623	35	1602	6	1611	20	1712	168
26	1605	12	1605	12	1612	21	1604	12	1610	19	1697	135
27	1605	12	1605	12	1608	16	1607	14	1610	19	1688	124
28	1605	12	1604	12	1606	13	1608	16	1609	17	1808	405
29	1608	16			1605	12	1605	12	1608	16	1908	685
30	1612	21			1605	12	1603	9	1608	16	1753	265
31	1611	20			1604	12			1611	20		

ANO 1970

DIA	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**	ALTURA	VAZAO**
1	1708	158	1755	270	1633	49	1616	26	1646	67	1603	9
2	1696	134	1712	168	1631	46	1617	27	1643	63	1603	9
3	1686	121	1710	163	1630	45	1617	27	1627	41	1603	9
4	1680	113	1773	313	1628	42	1614	23	1619	29	1603	9
5	1728	206	2213	2410	1625	39	1613	22	1615	24	1602	6
6	1778	325	2210	2384	1625	38	1612	21	1613	22	1602	6
7	1763	289	1961	859	1625	38	1612	21	1613	22	1602	6
8	1735	223	1867	565	1624	36	1612	21	1613	22	1601	5
9	1710	163	1775	318	1622	34	1612	21	1613	22	1605	12
10	1696	134	1732	215	1621	32	1612	21	1612	21	1606	13
11	1687	122	1713	170	1620	31	1611	20	1611	20	1612	21
12	1681	114	1699	138	1619	29	1612	21	1610	19	1610	19
13	1673	103	1689	125	1624	36	1616	26	1611	20	1610	19
14	1665	93	1727	204	1636	54	1614	23	1612	21	1619	29
15	1659	85	1727	204	1627	41	1612	21	1613	22	1616	26
16	1654	78	1688	124	1621	32	1615	24	1612	21	1610	19
17	1650	73	1680	113	1619	29	1661	87	1611	20	1608	16
18	1648	70	1673	103	1619	29	1686	121	1610	19	1643	63
19	1645	66	1664	92	1637	55	1641	61	1609	17	1641	61
20	1650	73	1664	92	1640	60	1627	41	1607	14	1613	22
21	1649	71	1684	118	1627	41	1622	34	1606	13	1608	16
22	1657	82	1673	103	1622	34	1622	34	1606	13	1606	13
23	1662	89	1661	87	1620	31	1622	34	1605	12	1605	12
24	1651	74	1653	77	1620	31	1618	28	1605	12	1604	12
25	1644	65	1647	69	1619	29	1616	26	1605	12	1603	9
26	1639	58	1644	55	1618	28	1615	24	1605	12	1602	6
27	1666	94	1639	58	1617	27	1614	23	1605	12	1606	13
28	1715	175	1640	60	1617	27	1613	22	1605	12	1653	77
29	1729	208	1644	55	1617	27	1617	27	1604	12	1685	119
30	2028	1112	1641	61	1617	27	1619	29	1604	12	1634	51
31	1956	842	1636	54			1620	31			1619	29

quanto o observado foi 0.318.

A conclusão a que se chega após o exame dos resultados é que o Modelo, apesar de sua extrema simplicidade, tem um comportamento aceitável, proporcionando resultados até certo ponto bons, além daquilo que era lícito esperar. Efetivamente, a simulação obtida para os três anos é razoavelmente boa em seu todo.

Cabe atentar, pois, para alguns dos itens que conferem simplicidade ao modelo:

- 1º) Foram consideradas taxas diárias constantes de evaporação em cada mês;
- 2º) As outras pluviométricas médias diárias foram tomadas como "dados de entrada" sem sofrerem nenhum tratamento prévio;
- 3º) Não foram empregados no modelo parâmetros de ajustamento mensais nem estacionais;
- 4º) O modelo possui apenas seis parâmetros de ajustamento: UMIDL, UMIDS, QCAR, CODIS, DISTR, e COINF. sendo que trabalhamos com apenas cinco parâmetros, pois o valor de UMIDL não foi alterado na fase de calibração, tendo de saída lhe sido atribuído o valor 100.00.
- 5º) Na subrotina IPHRS que representa o modelo não houve necessidade da introdução de cálculos iterativos, sendo ainda os comandos aritméticos do algoritmo bastante simples. Tudo isso reduz a segundos o tempo da simulação no computador.

É possível que o modelo proporcionasse uma simulação melhor do que a apresentada, uma vez que o período de calibração do mesmo consistiu apenas, por falta de tempo de nossa parte, numa única "varredura de otimização". Efetivamente, nessa fase de calibração fomos dando valores diferentes (4 a 5 no máximo) aos parâmetros, sucessivamente, na ordem indicada acima, mas não efetuamos uma melhor otimização através de uma nova "varredura".

Vejamos, finalmente, algumas causas possíveis de erro nas descargas sintetizadas, em face de dados de entrada imprecisos.

Realmente, os dados de entrada são imprecisos em vista de existirem apenas dois pluviômetros e, principalmente, pelo fato de esses aparelhos estarem mal localizados na bacia, para efeito de cálculo da lâmina média diária. Assim, algumas precipitações localizadas, atingindo áreas restritas no "miolo" da bacia, podem ficar sem deteção (chuvas convectivas).

As medições das alturas pluviométricas nos postos de Herval e Arroio Grande eram feitas às 9 horas, sendo o valor medido atribuído todo ao dia anterior, como se depois da meia-noite não tivesse ocorrido nenhuma precipitação na bacia.

VI - Metodologia de aplicação do modelo. Valores iniciais dos parâmetros.

Apresentamos neste capítulo algumas indicações sobre os valores iniciais a dar aos parâmetros do modelo com vistas a possibilitar uma calibração rápida do mesmo (outras bacias).

Parâmetro UMIDL.

UMIDL é o valor das "reservas de umidade do solo suscetível de ser extraída pelas raízes dos vegetais (função da estrutura do terreno e da cobertura e de seu estágio de desenvolvimento). Podemos considerá-lo também como a "água capilar absorvível" do solo (função apenas da estrutura do terreno). Thornthwaite tomou o valor 100 mm nas suas experiências, mas essas "reservas" dependem da natureza do solo, podendo baixar para 50 mm em terrenos rochosos, sendo em média de 200 mm para a França, segundo M. Geslin, por exemplo (23), chegando até a 300 mm em casos especiais.

As determinações quantitativas da "umidade" do solo através de medições diretas são possíveis, existindo vários métodos. Então, quando forem conhecidas as "reservas", através de medições diretas no solo da bacia, o UMIDL deixará de ser um parâmetro de ajustamento do modelo.

Na fase de calibração do modelo tomamos para UMIDL o valor de 100.00 que não foi alterado posteriormente.

Parâmetro UMIDS.

Este parâmetro, como foi visto no capítulo II, é um índice indicativo de um estado de saturação do solo. Portanto, seu valor será sempre superior àquele do UMIDL, e a diferença entre esses dois valores vai depender da natureza e contextura do solo. Se existirem dados provenientes de experiências feitas no solo da bacia, poderemos partir com um valor de UMIDS já mais ou menos "afinado" na calibração do modelo, poupando-se tempo.

Parâmetro QCAR.

De acordo com o conceito da "descarga característica" dado no capítulo II, deve-se inicialmente analisar alguns hidrogramas de ondas de cheia da bacia em estudo com vistas à determinação dos pontos de término dos ramos de recessão (escoamento superficial) e, portanto, as descargas correspondentes. O valor a arbitrar ao parâmetro QCAR deve estar compreendido na gama de variação dessas descargas.

Parâmetro CODIS.

Este parâmetro destina a "chuva útil" do incremento, em parte, para satisfazer as necessidades de umidade do solo e o restante da PRUTI para os escoamentos. Seu valor é, pois, inferior à unidade e deve variar, parece-nos, dependendo do solo (natureza, contextura, etc.) , entre 0.30 e 0.70.

Parâmetro DISTR.

Este parâmetro visa a dar sensibilidade ao modelo no caso de ocorrência de precipitações pequenas

V - Análise dos resultados da simulação e conclusões.

No capítulo II ficaram claros os significados dos parâmetros de ajustamento do modelo proposto.

Após uma "varredura de otimização" apenas, considerou-se razoavelmente boa a simulação obtida, sendo fixados os valores abaixo indicados para os parâmetros:

UMIDL = 100.00 mm ;
UMIDS = 117.00 mm ;
QCAR = 20.00 m³/s ;
CODIS = 0.60 ;
DISTR = 0.90 ;
COINF = 0.1111 ;

Ao parâmetro UMIDL foi de início dado o valor 100.00 mm, não se lhe atribuindo outros valores na fase de calibração do modelo. No capítulo VI faremos algumas considerações sobre este parâmetro.

Como se pode observar na figura seguinte, o hidrograma sintetizado acompanha razoavelmente bem o hidrograma observado.

Verifica-se que o modelo simula com boa precisão as grandes ondas de cheia. Vejam-se os "picos" máximos ocorridos nos três anos, onde as descargas máximas calculadas pouco diferem das observadas. As curvas de depleção simuladas estão razoáveis, havendo compensações. Nos períodos de forte estiagem tem-se também uma simulação boa no conjunto.

Por outro lado, observa-se que o modelo não corresponde bem a algumas ondas de cheia pequenas. Var-

PRECIPITAÇÃO MÉDIA DIÁRIA

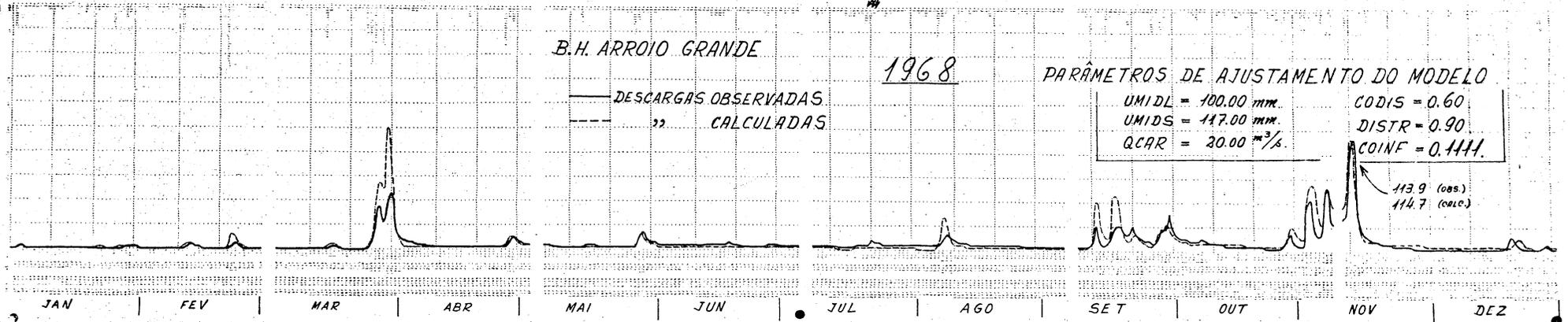
B.H. ARROIO GRANDE

1968

PARÂMETROS DE AJUSTAMENTO DO MODELO

UMIDL = 100.00 mm.	CODIS = 0.60
UMIDS = 117.00 mm.	DISTR = 0.90
QCAR = 20.00 m ³ /s.	COINF = 0.1111.

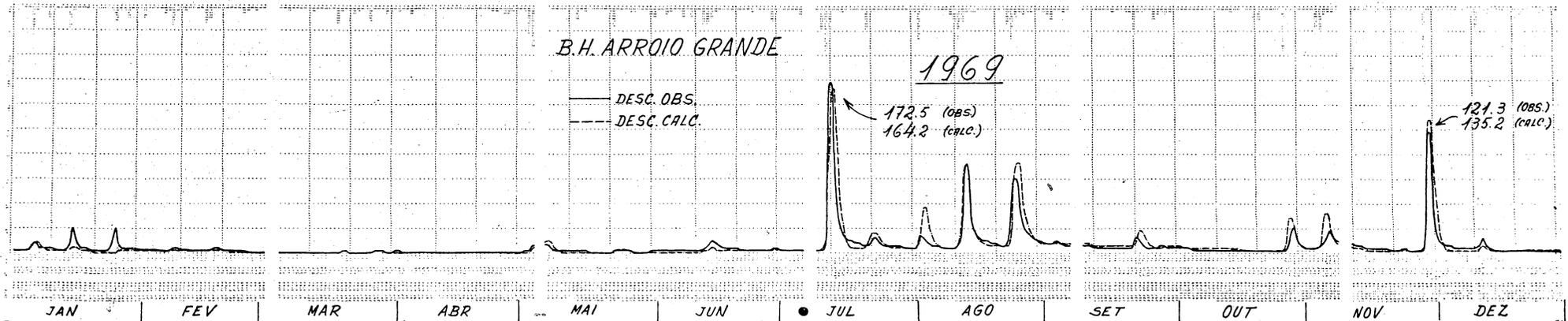
— DESCARGAS OBSERVADAS.
 - - - " " CALCULADAS



B.H. ARROIO GRANDE

1969

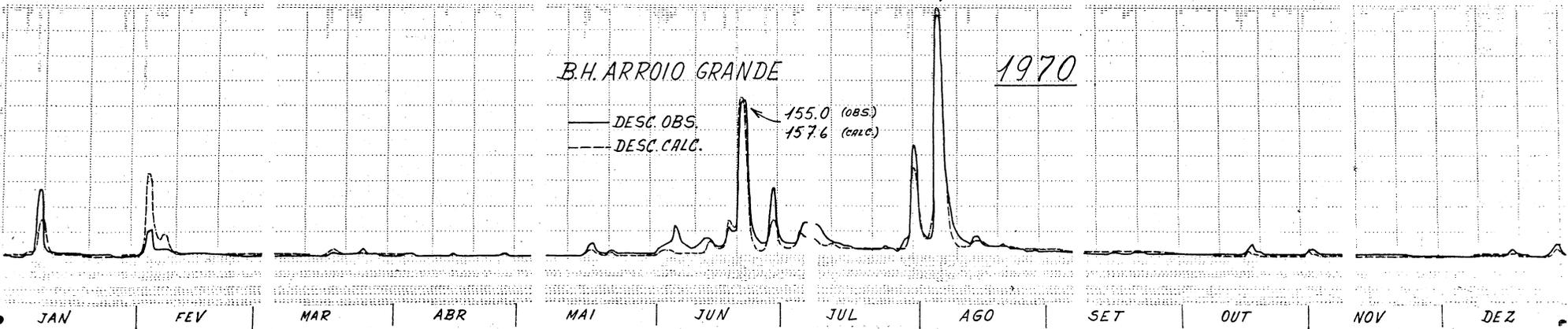
— DESC. OBS.
 - - - DESC. CALC.



B.H. ARROIO GRANDE

1970

— DESC. OBS.
 - - - DESC. CALC.



mos analisar primeiramente estes resultados como se tivéssemos lidando com dados pluviométricos e linimétricos exatos. Então, essa falha do modelo poderá ser atribuída ao fato de aquelas ondas de cheia provirem de chuvas intensas ocorridas num espaço de tempo bem menor que o nosso Δt de 24 horas e (ou) numa área próxima da seção de referência da bacia. No caso em foco, a primeira causa não pode ser detectada por não existirem pluviômetros na bacia, enquanto a determinação da segunda causa exigiria uma rede pluviométrica (e pluviográfica) adequada. Atendidos esses requisitos quanto a aparelhagem e utilizando-se no modelo um Δt menor que 24 h ter-se-ia certamente uma boa simulação também para os pequenos picos.

Embora não queiramos atribuir as discrepâncias entre a série observada e a série sintetizada somente à má qualidade dos dados linimétricos observados, não pode passar sem registro o fato de que nos períodos de águas baixas, devido à passagem de "carroças" sob a ponte, ocorriam danos de monta no conduto da tomada de pressão do linígrafo, ficando o mesmo amassado com obstrução quase total, ou com fendas por onde penetrava areia provocando entupimentos. Some-se a isso a não observância rígida das leituras diárias da escala linimétrica por parte do observador, para se terem dados de cotas de nível falhos. O exame do andamento do hidrograma mostra "anomalias", realmente. (Em 1972 foi sanado esse problema com a mudança de local do aparelho).

No quadro a seguir estão resumidos os resultados conseguidos na simulação. Os deflúvios anuais calculados discreparam de cerca de 11% dos observados, o que parece aceitável. Para os três anos a discordância no deflúvio foi de apenas 2,77%, em vista das compensações, sendo o coeficiente de escoamento calculado igual a 0.327 en-

Resultados da Simulação

1968

	Q _{MAX}	Q _{MIN}	Q _{MED}	DEFLÚVIO (x106m ³)	PRECIP. (x10 ⁶ m ³)	COEF.DE ESC.	EFIC.	ERRO% DEFL.	ERRO% Q _{MAX}
OBS.	113.9	0.5	6.60	208.49	746.44	0.279	3.240	11.4(+)	0.7(+)
CALC.	114.7	0.5(x)	7.52	237.81		0.318			

(x) Não consid. Jan (início simulação)

1969

OBS.	172.5	0.6	6.95	219.09	685.04	0.320	3.551	11.0(+)	4.8(-)
CALC.	164.2	0.2	7.64	241.16		0.352			

1970

OBS.	241.0	0.5	8.82	278.08	787.73	0.353	2.677	11.4(-)	2.6(+)
CALC.	247.2	0.4	7.81	246.26		0.313			

Para os 3 anos

OBS.	241.0	0.5	7.45	705.66	2219.21	0.318	3.156	2.77(+)	2.6(+)
CALC.	247.2	0.2	7.66	725.23		0.327			

no incremento Δt . DISTR está ligado aos fatores que condicionam a maior ou menor permeabilidade da camada superficial do terreno. Seu valor deve variar entre 0.75 e 0.95, segundo os resultados que observamos.

Parâmetro COINF.

Para se ter uma idéia do valor a dar de saída a este parâmetro, convém analisar-se inicialmente alguns hidrogramas de grandes ondas de cheia ocorridas, procedendo-se nos mesmos a separação entre escoamento superficial e escoamento básico e a seguir determinando a percentagem "p" do volume infiltrado em relação ao volume da precipitação total, causadora da onda de cheia.

Então, o valor inicial a dar ao parâmetro será:

$$\text{COINF} = \frac{1}{p\%} ;$$

Operadores Plúvio-Hidrométricos.

Como já foi exposto no capítulo II, os dois operadores de transformação de chuva útil em escoamento, HUSUP e HUBAS, devem ser determinados sem a preocupação dos pormenores, para evitar perdas de tempo. Isso é fácil para o técnico com vivência em hidrologia científica. Efetivamente, no modelo proposto, esses dois OPH podem ser considerados como parâmetros de ajustamento de segunda ordem e, portanto, não requerem rigorismos em sua determinação. É evidente, porém, que a "lógica hidrológica" nunca deve ser mutilada.

Em conclusão, julgamos ter dado diretrizes boas àqueles que desejarem aplicar o modelo proposto para estudos de simulação em outras bacias.

VII - Delineamento das aplicações futuras do Modelo proposto.

a) A pretensão de todo hidrólogo que propõe um modelo de simulação é comprovar a sua universalidade. Não querendo, pois, fugir à regra geral, sugerimos primeiramente que se teste o modelo, tal como está estruturado, em bacias hidrográficas naturais com superfícies variando desde 25,0 km² (Bacia-Escola do CHA, por exemplo) até 2.500,0 km² (Bacia do Rio Forqueta - RS, por exemplo).

b) A seguir seria oportuno aplicar o modelo com vistas à simulação hidrológica em bacias das quais se tenham dados pluviométricos minuciosos (pluviogramas), com o que seria testado o modelo com incrementos de tempo compatíveis com as áreas das bacias, o que não foi possível no presente trabalho.

c) Seria interessante também testá-lo em bacias de zonas urbanas, quando certamente deverá ser introduzido na sub-rotina IPHRS mais um parâmetro, considerando os efeitos de interceptação e retenção.

d) Deveria também ser aplicado o modelo na simulação de grandes cheias em bacias onde se tenham devidamente registrado esses eventos. Com vistas à posterior previsão da cheia máxima, seria necessário conhecer a máxima precipitação provável para um dado período T de recorrência.

e) Seria também uma pesquisa válida aplicar o modelo a bacias contíguas numa região onde haja modificações de alguns fatores naturais ou introduzidas pelo homem (o uso da terra, por exemplo, causando aumento da in

tercepção e da infiltração, vai diminuir o coeficiente de escoamento superficial) de forma a permitir uma análise da variação dos parâmetros do modelo em função das alterações na bacia.

f) Um melhoramento oportuno do modelo consistiria em introduzir um programa que calcule para cada ano, as taxas de evapotranspiração mensal e diária, segundo o balanço hídrico de Thornthwaite, tomando os valores de temperatura e precipitação mensais registrados na região.

g) Sobre a presença dos operadores plúvio hidrométricos no modelo, para se chegar aos escoamentos superficial e básico, achamos interessante não substituí-los por qualquer outro mecanismo, pois consideramos os hidrogramas unitários (HUSUP e HUBAS) um "avanço" em relação aos modelos do tipo "reservatórios" (modelos NASH, SSARR e outros).

h) Finalmente, seria muito interessante introduzir no modelo proposto um programa de auto-otimização, obtendo-se, assim, independentemente das avaliações subjetivas, um conjunto de valores para os parâmetros do modelo que levasse ao "ajustamento ótimo".

Em conclusão, pretendemos ter apresentado neste relatório as vantagens que julgamos possuir o modelo, bem como sugerimos melhorias, abrindo o caminho para pesquisas futuras.

Porto Alegre, dezembro de 1974.

Ruy Luz da Silveira

Ruy Luz da Silveira

VIII - Fluxogramas, Programas e Sub-rotinas utilizados.

Apresentamos neste capítulo os fluxogramas empregados no desenvolvimento do estudo, bem como todos os programas e subrotinas compreendidos nos fluxogramas.

A subrotina IPHRS provém do nosso algoritmo representativo do modelo proposto. O fluxograma relativo a esse algoritmo já foi apresentado no capítulo II.

Os demais programas e subrotinas que aparecem no estudo já existiam na Biblioteca de Programas do C.H.A. e são de autoria do Professor Carlos E.M.Tucci, chefe do Setor de Computação do I.P.H..

Nomes dos Programas empregados e suas funções:

- a) "Precipitações" - Armazena as precipitações diárias dos postos da bacia, numa memória auxiliar.
- b) "Médias" - Lê as precipitações diárias dos postos da bacia e calcula a precipitação média diária pelo método de Thiessen. Armazena os valores calculados numa memória auxiliar.
- c) "Vazões" - Lê níveis e dados da curva-chave, dos cartões, e calcula as vazões diárias por interpolação linear. Armazena os valores numa memória auxiliar.

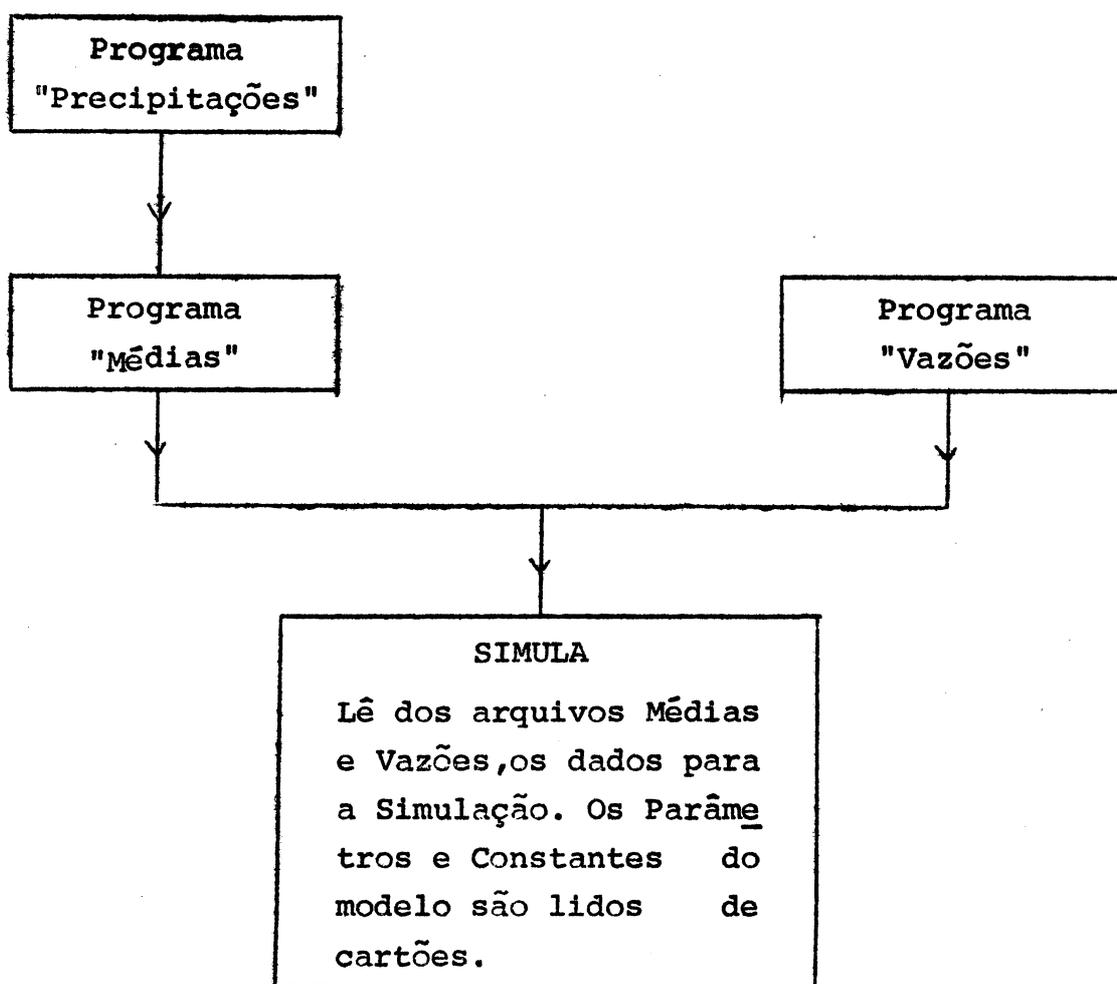
Nomes da Sub-rotinas utilizadas e suas funções.

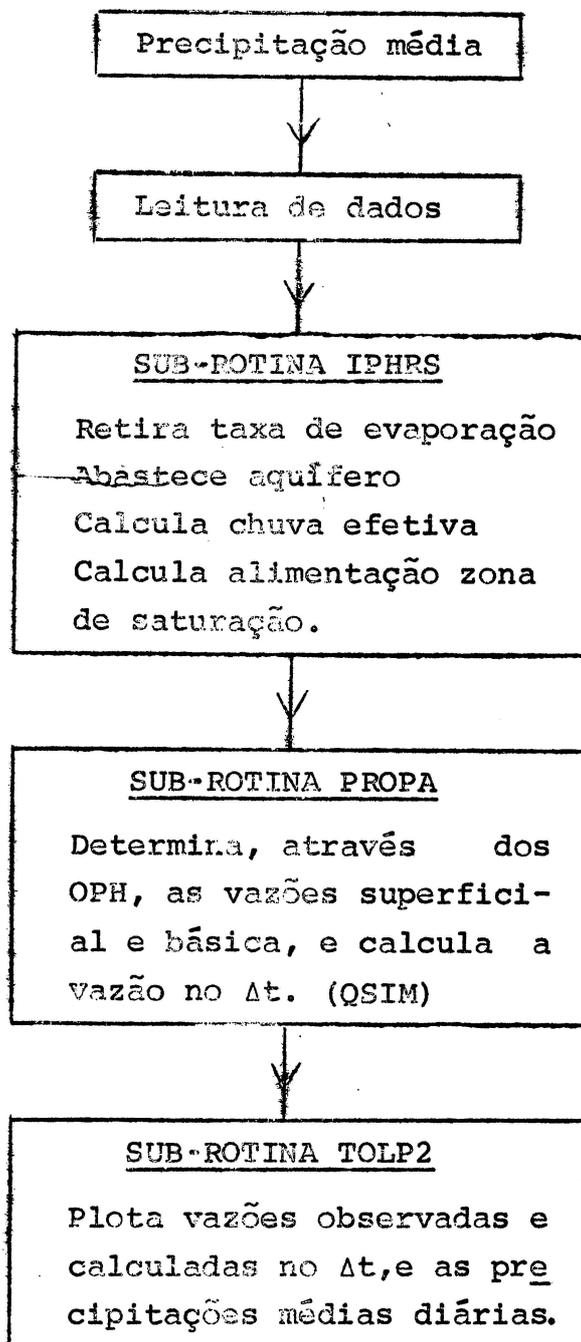
- a) IPHRS - Sua função já foi vista em pormenores no capítulo II.

- b) PROPA = Determina, através dos OPH, as vazões superficiais e básicas e calcula a vazão no Δt .
- c) TOLPS - Faz a plotagem das precipitações diárias, bem como das descargas médias diárias observadas e calculadas.

A seguir são apresentados os fluxogramas gerais e todos os programas e subrotinas escritos em linguagem FORTRAN IV.

Fluxograma Geral



Fluxograma "SIMULA"

```
FILE 1=IPHCHA/ARROIOGRANDE/MEDIA ,UNIT=DISK,RECORD=33,SAVE=7,AREA=84
FILE 2=IPHCHA/ARROIOGRANDE/VAZDES,UNIT=DISK,RECORD=34,SAVE=7,AREA=84
SUBROUTINE IPHRS(PRECI,EVAPO,QSIM,UMID,QCAR,UMIDL,UMIDS,COINF,PEFE
1T,PRINF,CODIS,DISTR,PERC)
  PRUTI=PRECI-EVAPO
  IF(PRUTI)1,1,4
  1 UMID=UMID-(EVAPO-PRECI)
  IF(UMID)12,12,11
  12 UMID=0.
  GO TO 2
  11 IF(UMID-UMIDL)2,2,3
  2 PEFET=0.
  PRINF=0.
  RETURN
  3 PEFET=0.
  PRINF=UMID-UMIDL
  UMID=UMIDL
  RETURN
  4 IF(QSIM-QCAR)5,5,6
  5 IF(UMID-UMIDS)7,9,9
  6 UMID=UMID+PERC*PRUTI
  PRUTI=(1.0-PERC)*PRUTI
  GO TO 9
  7 VAUX=UMIDS-UMID
  DIF=PRUTI-CODIS*VAUX
  IF(DIF)10,10,8
  10 UMID=UMID+DISTR*PRUTI
  PRUTI=(1.0-DISTR)*PRUTI
  GO TO 9
  8 PRUTI=DIF
  UMID=UMID+CODIS*VAUX
  9 PRINF=((PRUTI*0.01)**0.5)/COINF
  IF(PRINF-PRUTI)14,13,13
  13 PRINF=PRUTI
  14 PEFET=PRUTI-PRINF
  RETURN
  END
```

```

SUBROUTINE TOLP2(IDI,J,MQ,KK,YMAX,YMIN,QCALC,QSAI,PRE,PMAX)
DIMENSION MS(101),IPLT(101),IY(11)
DATA MAIS/'+'/,IPONT/'.'/,IAST/'*'/,IBRAN/' '/,IPRE/'I'/
DATA MS/101*'-'/,II/'0'/
IF(KK)11,10,11
10 DO 100 I=1,11
100 IY(I)=YMIN+(YMAX-YMIN)*(I-1)*0.1+0.01
DO 105 I=1,101,10
105 MS(I)=MAIS
WRITE(6,3)(IY(I),I=1,11),MS

11 IF((IDI/10)*10-IDI)13,12,13
13 DO 35 M=1,101
35 IPLT(M)=IBRAN
DO 50 M=1,101,10
IF(M-51)68,69,68
69 IPLT(M)=IPONT
GO TO 50
68 IPLT(M)=IPONT
50 CONTINUE
GO TO 80
12 DO 70 M=1,101
70 IPLT(M)=MS(M)
80 COEF=100./(YMAX-YMIN)
COR=0.5/COEF
K=(QSAI+COR*YMIN)*COEF+1.01
IF(K-100)71,71,72
71 IPLT(K)=II
72 K=100.*(1.-PRE*0.2/PMAX)+0.01
IF(K)45,45,46
45 K=1
46 DO 44 KR=K,100
44 IPLT(KR)=IPRE
K=(QCALC+COR*YMIN)*COEF+1.01
IF(K-100)16,16,15
16 IPLT(K)=IAST
15 WRITE(6,4)IDI,J,MQ,QCALC,QSAI,(IPLT(M),M=1,101)
4 FORMAT(I3,'/',I2,'/',I2,1X,F5.1,F5.1,101A1)
KK=KK+1
3 FORMAT('1',1X,'DATA',5X,'QC',3X,'QD',I2,10I10,/,20X,101A1)
RETURN
END

```

```
SUBROUTINE PROPA(PEFET,PRINF,HUSUP,NS,HUBAS,NB,Q,QSIM)
DIMENSION HUSUP(1),HUBAS(1),Q(1)
DO 2 I=1,NB
X=0.
IF(I-NS)3,3,2
3 X=PEFET*HUSUP(I)
2 Q(I)=Q(I)+PRINF*HUBAS(I)+X
QSIM=Q(1)
K=NB-1
DO 4 I=1,K
4 Q(I)=Q(I+1)
Q(NB)=0.
RETURN
END
```

```

DIMENSION HUSUP(100),HUBAS(100),Q(100),IDIST(6,12),EVAPO(12)
DIMENSION ICHUV(31),IAUX(31)
READ(5,1)QSIM,QCAR,UMIDL,UMIDS,UMID,COINF,CODIS,DISTR,PERC

WRITE(6,2)QSIM,QCAR,UMIDL,UMIDS,UMID,COINF,CODIS,DISTR,PERC
READ(5,3)NS,NB,AT,IAINI,YMAX,YMIN
READ(5,4)(HUSUP(I),I=1,NS)
READ(5,5)(HUBAS(I),I=1,NB)
L=24/AT
PMA=60.
DO 105 KK=1,NB
105 Q(KK)=0.
READ(5,6)((IDIST(I,J),I=1,L),J=1,12)
WRITE(6,7)(HUSUP(I),I=1,NS)
WRITE(6,8)(HUBAS(I),I=1,NB)
DO 101 J=1,12
101 WRITE(6,9)(IDIST(I,J),I=1,L)
51 READ(5,10)IANO,MES1,MES2,QOB
IF(IANO)110,110,52
52 READ(5,11)(EVAPO(I),I=1,12)
WRITE(6,12)IANO,MES1,MES2,(EVAPO(I),I=1,12)
ICH=(IANO-IAINI)*12+MES1
QOB=19.1*SQRT(QOB)
VOB=0.
VSIM=0.
VDIF=0.
IX=IANO-1900
IQ=ICH
KK=0
DO 102 MES=MES1,MES2
READ(1=ICH)I2,(ICHUV(I),I=1,I2)
READ(2=IQ)I2,IFACT,(IAUX(I),I=1,I2)
ICH=ICH+1
IQ=IQ+1
EVD=EVAPO(MES)/I2
DO 102 IDIA=1,I2
QBS=IAUX(IDIA)*10.**IFACT
EVDP=EVD/L
QCALC=0.
PRE=0.
DO 104 ID=1,L
CH=ICHUV(IDIA)*0.1*IDIST(ID,MES)/100.
PRE=PRE+CH
CALL IPHRS(CH,EVDP,QSIM,UMID,QCAR,UMIDL,UMIDS,COINF,PEFET,PRINF,CO
1DIS,DISTR,PERC)
CALL PROPA(PEFET,PRINF,HUSUP,NS,HUBAS,NB,Q,QSIM)
104 QCALC=QSIM+QCALC
CALL TOLP2(IDIA,MES,IX,KK,YMAX,YMIN,QCALC,QBS,PRE,PMA)
VDIF=(QBS-QCALC)**2+VDIF
VOB=VOB+QBS*86400.
VSIM=VSIM+QCALC*86400.
102 CONTINUE
EFI=SQRT(VDIF)/QOB
WRITE(6,13)EFI,VOB,VSIM
GO TO 51
110 CALL EXIT
1 FORMAT(10F8.2)
2 FORMAT('1',1X,'QSIM =',F8.2,2X,'QCAR =',F8.2,2X,'UMIDL =',F8.2,2X,
1'UMIDS=',F8.2,2X,'UMID =',F8.2,2X,'COINF =',F8.4,2X,'CODIS=',F8.
12,3X,'DISTR =',F8.2,2X,'PERC=',F8.2)
3 FORMAT(2I5,F10.2,I5,2F10.2)
4 FORMAT(8F10.3)

```

```
5 FORMAT(8F10.3)
6 FORMAT(6I10)
7 FORMAT(///,5X,'HIDROGRAMA UNITARIO SUPERFICIAL',/,10(5X,10F8.3/))
8 FORMAT(///,5X,'HIDROGRAMA UNITARIO BASICO',/,10(5X,10F8.3/))
9 FORMAT(/,8I10)
10 FORMAT(3I5,F10.2)
11 FORMAT(10F8.2)
12 FORMAT(3I5,/,12F8.2)
13 FORMAT(//,10X,'EFICIENCIA=',F10.3,10X,'DEFLUVIO ANUAL OBSERVADO=',
1F15.3,10X,/,,'DEFLUVIO ANUAL CALCULADO=',F15.3)
    END
```

FOR
FOR

007:015A:5 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEMENT /
007:015C:1 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEMENT /

```

ILE 3=IPHCHA/HERVALARROID/PRECIPITACOES,UNIT=DISK,RECORD=33,SAVE=

```

```

17,AREA=168

```

```

DIMENSION ICOD(10),ID(12),ICH(31,12),TEXT(3)

```

```

99 READ(5,1)IAND,MES1,MES2,ICOD,NP,IAINI

```

```

IF(IAND)51,51,52

```

```

52 IC=(IAND-IAINI)*12*NP+MES1

```

```

ICONT=0

```

```

DO 50 IP=1,NP

```

```

IF(ICOD(IP))10,10,20

```

```

10 IC=IC+MES2-MES1+1

```

```

GO TO 50

```

```

20 ICONT=ICONT+1

```

```

IF(ICONT/2*2-ICONT)21,22,21

```

```

21 WRITE(6,4)IAND

```

```

22 WRITE(6,5)IP

```

```

DO 40 MES=MES1,MES2

```

```

I2=0

```

```

DO 30 IQIN=1,2

```

```

I1=I2+1

```

```

READ(5,2)TEXT,I2,(ICH(I,MES),I=I1,I2)

```

```

30 WRITE(6,3)TEXT,I2,(ICH(I,MES),I=I1,I2)

```

```

40 ID(MES)=I2

```

```

DO 50 MES=MES1,MES2

```

```

I2=ID(MES)

```

```

WRITE(3=IC)I2,(ICH(I,MES),I=1,I2)

```

```

IC=IC+1

```

```

50 CONTINUE

```

```

GO TO 99

```

```

51 LOCK 3

```

```

CALL EXIT

```

```

1 FORMAT(3I5,10X,10I1,2I5)

```

```

2 FORMAT( 3A4,I2,2X,16I4)

```

```

3 FORMAT(1X,3A4,I2,2X,16I4)

```

```

4 FORMAT('1 AND',I5)

```

```

5 FORMAT('/',10X,'POSTO',I2,/)

```

```

END

```

FOR
FOR

002:0085:3 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEMENT A

```

ILE 1=IPHCHA/HERVALARRDIO/PRECIPITACDES,UNIT=DISK,RECORD=33,SAVE=7,ARE
1A=168
ILE 2=IPHCHA/ARRDIOGRANDE/MEDIA,UNIT=DISK,RECORD=33,SAVE=7,AREA=84
DIMENSION AR(2),IPRE(2,12,31),NMES(12),IA(12,31)
READ(5,1)(AR(IP),IP=1,2),AT

17 READ(5,2)IANO
IF(IANO)11,11,12
12 IC=(IANO-1967)*12+2+1
IM=(IANO-1967)*12+1
DO 13 IP=1,2
DO 13 MES=1,12
READ(1=IC)I2,(IPRE(IP,MES,IDIA),IDIA=1,I2)
IC=IC+1
13 NMES(MES)=I2
DO 16 MES=1,12
I2=NMES(MES)
DO 15 IDIA=1,I2
S=0.
DO 14 IP=1,2
14 S=S+IPRE(IP,MES,IDIA)*AR(IP)
15 IA(MES,IDIA)=S/AT
WRITE(2=IM)I2,(IA(MES,IDIA),IDIA=1,I2)
16 IM=IM+1
GO TO 17
11 LOCK 2
CALL EXIT
1 FORMAT(8F10.2)
2 FORMAT(I5)
END

```

FOR

002:0082:2 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEMENT A
002:0083:4 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEMENT A

```
FILE 1=IPHCHA/ARROIOGRANDE/VAZDES,UNIT=DISK,RECORD=34,SAVE=7,AREA=84
FUNCTION XIQR(Y,X,N,ABC)
DIMENSION X(1),Y(1)
NM1=N-1
DO 10 I=2,NM1
IF(ABC-X(I))20,20,10
10 CONTINUE
J=N-1
GO TO 30
20 J=I-1
30 XIQR=Y(J)+(Y(I)-Y(J))*(ABC-X(J))/(X(I)-X(J))
RETURN
END
```

```
INTEGER HH(31,12)
DIMENSION Q(30),H(30),IQQ(31,12)
SOM=0,
NUM=0
IFACT=-1
READ( 5,1)N

READ( 5,2)(H(I),Q(I),I=1,N)
29 READ( 5,1)IANO
IF(IANO)27,27,30
30 IK=(IANO-1967)*12+1
DO 5 J=1,12
I2=0
DO 10 IQ=1,2
I1=I2+1
10 READ( 5,3)I2,(HH(I,J),I=I1,I2)
DO 15 I=1,I2
X=HH(I,J)*0.01
IQQ(I,J)=XIQR(Q,H,N,X)*10,
SOM=SOM+IQQ(I,J)
15 NUM=NUM+1
WRITE(1=IK)I2,IFACT,(IQQ(I,J),I=1,I2)
IK=IK+1
5 CONTINUE
XMEDI=(SOM/NUM)*0.1
WRITE( 6,4)IANO

L2=6
L1=1
L=28
25 DO 21 I=1,L
21 WRITE( 6,6)I,(HH(I,J),IQQ(I,J),J=L1,L2)
IF(L2=12)28,26,26
28 IF(IANO/4*4=IANO)24,23,24
23 WRITE( 6,6)I,(HH(I,J),IQQ(I,J),J=L1,L2)
40 I=I+1
24 WRITE( 6,13)I,HH(I,1),IQQ(I,1),(HH(I,J),IQQ(I,J),J=3,6)
IF(I=30)40,41,41
41 I=I+1
WRITE( 6,8)I,(HH(I,J),IQQ(I,J),J=1,6,2)
L1=7
L2=12
L=30
WRITE( 6,11)IANO
GOTO 25
26 WRITE( 6,7)I,HH(I,7),IQQ(I,7),(HH(I,J),IQQ(I,J),J=8,12,2)
WRITE( 6,12)XMEDI
12 FORMAT(//,'VAZAO MEDIA ANUAL',F10.2,'M3/S')
GO TO 29
27 LOCK 1
CALL EXIT
1 FORMAT(2I5)
2 FORMAT(10F8,2)
3 FORMAT(12X,I2,2X,16I4)
4 FORMAT('1',5(/),10X,'ANO',10X,'ANO',I10,/,1X,'DIA',4X,'JANEIRO',7
1X,'FEVEREIRO',8X,'MARCO',10X,'ABRIL',10X,'MAIO',11X,'JUNHO',/,6X,
2'ALTURA VAZAO**ALTURA VAZAO**ALTURA VAZAO**ALTURA VAZAO**ALTUR
3A VAZAO**ALTURA VAZAO**')
6 FORMAT(I4,1X,6(I6,2X,I5,2X))
7 FORMAT(I4,1X,I6,2X,I5,2X,3(I6,2X,I5,17X))
```

```
8 FDRMAT(I4,1X,3(I6,2X,I5,17X))
9 FDRMAT(I4,2X,I6,2X,I5,3(I6,2X,I5,15X))
11 FDRMAT('1',5(//),10X,'ANO',I10,//,1X,'DIA',5X,'JULHO',9X,'AGOSTO',
19X,'SETEMBRO',7X,'OUTUBRO',7X,'NOVEMBRO',8X,'DEZEMBRO',//,6X,'ALTU
1RA VAZAO**ALTURA VAZAO**ALTURA VAZAO**ALTURA VAZAO**ALTURA VA
1ZAO**ALTURA VAZAO**')
13 FDRMAT(I4,1X,I6,2X,I5,17X,4(I6,2X,I5,2X))
END
```

003:0101:2 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O STATEMENT A

FOR

E

IX - Bibliografia

- 1 - Amorocho, J. - "Deterministic Nonlinear Hydrologic Models" - Proceedings of the First International Seminar for Hydrology Professors - University of Illinois-EEUU, 1969.
- 2 - Berthelot, R. - "Apostilas de Hidrometeorologia I", para o Curso de Mestrado do CHA - IPH - UFRGS - Porto Alegre, 1971.
- 3 - Berthelot, R. - "Apostilas de Hidrometeorologia II", para o Curso de Mestrado do CHA - IPH - UFRGS - Porto Alegre, 1971.
- 4 - Chow, Ven Te - "Handbook of Applied Hydrology" - McGraw Hill - EEUU, 1964.
- 5 - Chow, Ven Te e Kulandaiswamy - "General Hydrologic System Model" - Journal of the Hydraulics Division - Proceedings of the A.S.C.E. - EEUU, 1971.
- 6 - Chow, Ven Te - "System Approaches in Hydrology and Water Resources" - Proceedings of the First International Seminar for Hydrology Professors - EEUU, 1969.
- 7 - Clarke, R.T. - "A review of some mathematical models used in Hydrology" - Journal of Hydrology - Vol 19-1, North Holland Publishing Co. - Amsterdam, 1973.
- 8 - Dawdy, D. e outros - "A Rainfall - Runoff Simulation Model for Estimation of Flood Peaks for Small Drainage Basins" - Geological Survey Professional Paper 506 - B EEUU, 1972.

- 9 - DLM - SUDESUL - "Hidrologia - Trabalhos Técnicos do Projeto Regional da Lagoa Mirim" - Rio Grande, 1969.
- 10- Dubredil, P. e Roche, M. e outros - diversos artigos das Revistas "Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie, 1965 a 1974. ORSTOM - Paris.
- 11- Emshoff, Sisson - "Design and Use of Computer Simulation Models" - The Macmillan Company - EEUU, 1971.
- 12- Gordon, G. - "System Simulation" - Prentice Hall - 1969.
- 13- Garcez, L.N. - "Hidrologia" Ed. Blücher Ltda - U.S.P. - São Paulo, 1967.
- 14- Hidalgo, A.G. - "Metodos Modernos de Riego de Superfície" - Aguilar S.A. de Ediciones - Madrid, 1971.
- 15- Kazmann, R. - "Hidrologia Moderna" - Cia. Editorial Continental S.A. - México, 1969.
- 16- Linsley, Kohler, Paulhus - "Applied Hydrology" - McGraw Hill Book Co. - New York, 1949.
- 17- Linsley, R.K. - "The relation between Rainfall and Runoff" - Journal of Hydrology - Vol V - 4 - North Holland Publishers Co. - Amsterdam, 1967.
- 18- Linsley, Kohler, Paulhus - "Hidrologia para Ingenieros" - McGraw Hill Book Co. - Madrid, 1967.
- 19- Martin, F. - "Computer Modeling and Simulation" - John Wiley & Sons Inc - New York, 1968.
- 20- Muñoz E., H.R. - "Aproximación a un Modelo Determinístico de Simulação Pluvio-Hidrológica" - Tese CHA - IPH -

- UFRGS, 1972.
- 21- Pacitti, T. - "Fortran Monitor - Princípios" - Ao livro Técnico S.A. - Rio, 1969.
- 22- Reitman, J. - "Computer Simulation Applications" - John Wiley & Sons Inc. - New York, 1971.
- 23- Réménieras, G. - L'Hydrologie de L'Ingénieur - Eyrolles - Paris, 1965.
- 24- Roche, M. - "Hydrologie de Surface" - ORSTON - Gauthier Villars - Paris, 1963.
- 25- Santos, R.F. - "Hidrologia" - Ed CEUE - Porto Alegre - 1967.
- 26- Silveira, R.L. - "Hidrometeorologia I - Notas de Aula", para o Curso de Mestrado do CHA - IPH - UFRGS - 1973.
- 27- Silveira, R.L. - "Hidrometria II - Notas de Aula", para o Curso de Mestrado do CHA - IPH - UFRGS - 1973.
- 28- Trindade Neves, E. - "Curso de Hidráulica", Ed. Globo, Rio, 1970.
- 29- Uehara, K. - "Contribuição para o estudo das Vazões mínimas, médias e máximas de pequenas bacias hidrográficas" - U.S.P. - São Paulo, 1968.
- 30- Wisler, Brater - "Hydrology" - John Wiley Sons Inc. - New York, 1959.