

MOACYR MONDARDO JÚNIOR

# PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE CHEIA NUMA SÉRIE DE RESERVATÓRIOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica, promovido pelo Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza — CEHPAR, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

CURITIBA  
1991

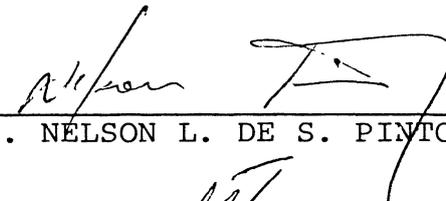
PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE CHEIA NUMA SÉRIE DE RESERVATÓRIOS

POR

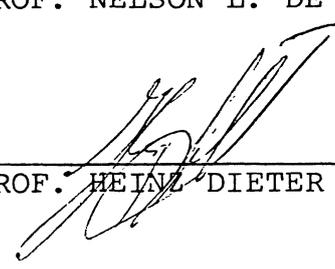
MOACYR MONDARDO JÚNIOR

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica pela comissão formada pelos professores:

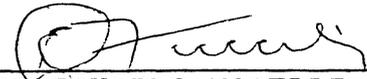
ORIENTADOR:

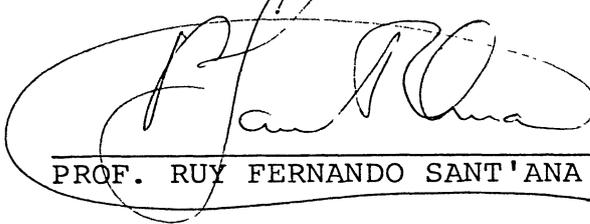
  
\_\_\_\_\_  
PROF. NELSON L. DE S. PINTO

CO-ORIENTADOR:

  
\_\_\_\_\_  
PROF. HEINE DIETER O. A. FILL

MEMBROS:

  
\_\_\_\_\_  
PROF. CARLOS EDUARDO MORELLI TUCCI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. RUY FERNANDO SANT'ANA

CURITIBA, 04 DE JANEIRO DE 1991

## AGRADECIMENTOS

Ao prof. Heinz Dieter Fill, por sua orientação segura e pelos conhecimentos transmitidos.

À ELETROSUL - Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. que me deu o apoio necessário a realizar os créditos do curso em 1988 bem como a elaboração da presente tese. À Diretoria de Engenharia e Construção, ao Departamento de Engenharia de Hidrelétricas e à Divisão de Engenharia Civil de Hidrelétricas agradeço o apoio para realizar o curso e elaborar a tese.

Aos professores Eloy Kaviski, Fábio Ramos, Gilberto Bobko, José Junji Ota, Laertes Munhoz da Cunha, Luiz Francisco Sibut Gomide, Marcos Tozzi, Mirian Moro Mine, Nelson Luiz de Sousa Pinto, Ralph Groszewicz, Ruy Fernando Sant'Ana e Sinildo Neidert pelos conhecimentos transmitidos nos cursos que frequentei na UFPR.

Aos colegas de curso, Carlos Fernando Bley Carneiro, Cristovão Vicente S. Fernandes, Ingrid Illich, João Carlos Fernandes, José Franco Pinheiro Machado, Julio Gomes, Marcílio U. Nagayama e Ronaldo V. Mayrhofer pela amizade e convivência num ambiente de cooperação mútua.

A bibliotecária Lourdes Cardoso, responsável pela biblioteca do CEHPAR, pelo apoio durante o curso e a elaboração da tese.

A engenheira Martha Sugai da COPEL pelo apoio na obtenção de dados para elaboração da tese.

Aos colegas da ELETROSUL Ricardo Kern, Miguel Kawasaki, Nelson Dornellas e Carlos Eduardo Nascimento pelo apoio e auxílio na elaboração deste trabalho. A Vera Maria Mendonça de Barros pelo apoio na fase de programação computacional.

Ao projetista Edegar de Amorim pela execução eficiente dos desenhos e apoio na montagem final deste trabalho.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PROPAGAÇÃO DE CHEIAS.....	7
	2.1 As Equações de Saint-Venant.....	7
	2.2 Métodos Aproximados de Propagação de Ondas de Cheia	9
	2.3 Esquemas Numericos.....	14
3	CAPACIDADE DE DESCARGA EM CANAIS DE SEÇÃO COMPOSTA.....	23
	3.1 Revisão Bibliografica sobre a Capacidade de Descar-	
	ga de Seções Compostas.....	23
	3.2 O Coeficiente Corretor da Quantidade de Movimento e	
	a Propagação de Cheias.....	52
	3.3 O Coeficiente de Manning e o Cálculo da Capacidade	
	de Descarga.....	60
4	MODELO COMPUTACIONAL PROPAGA.....	65
	4.1 Descrição da Entrada de Dados.....	71
	4.1.1 Entrada de Dados do Bloco 1.....	73
	4.1.2 Entrada de Dados do Bloco 2.....	74
	4.1.3 Entrada de Dados do Bloco 3.....	75
	4.1.4 Entrada de Dados do Bloco 4.....	77
	4.1.5 Entrada de Dados do Bloco 5.....	78
	4.2 Processo de Calculo.....	78
	4.3 Apresentação dos Resultados.....	81
5	APLICAÇÃO DO MODELO PROPAGA.....	82
	5.1 Aplicação a Canais Prismaticos.....	82
	5.2 Aplicação ao Rio Parana.....	97
	5.3 Estudo de Regras de Operação.....	109

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
ANEXO 1 RESOLUÇÃO NUMÉRICA DAS EQUAÇÕES DE SAINT-VENANT PELO ESQUEMA DE DISCRETIZAÇÃO DE VASILIEV.....	128
ANEXO 2 RESOLUÇÃO NUMÉRICA DAS EQUAÇÕES DE SAINT-VENANT PELO ESQUEMA DE DISCRETIZAÇÃO DE PREISSMANN....	140
ANEXO 3 LISTAGEM DO PROGRAMA PROPAGA.....	152
ANEXO 4 EXEMPLO DE ENTRADA DE DADOS DO PROGRAMA PROPAGA.	188
ANEXO 5 EXEMPLOS DE SAIDAS DO PROGRAMA PROPAGA.....	206

## LISTA DE TABELAS

3.1 Erros Percentuais na Vazão.....	36
3.2 Erros Percentuais na Quantidade de Movimento e de Energia.	38
5.1 Comparação dos resultados caso 1A Seção a 250 km.....	86
5.2 Comparação dos resultados caso 1A Seção a 500 km.....	87
5.3 Comparação dos resultados caso 2A Seção a 500 km.....	90
5.4 Comparação dos resultados caso 3A Seção a 500 km.....	90
5.5 Comparação dos resultados casos Casos 2B, 2C, 2D E 2E....	94
5.6 Comparação dos resultados casos Casos 3B, 3C, 3D E 3E....	95
5.7 Regras de operação testadas para a Cheia de 1983.....	110
5.8 Curva de Descarga do Vertédouro da UHE Ilha Grande com comportas totalmente abertas.....	111
5.9 Resultados obtidos com as regras de operação para a cheia de Maio a Julho de 1983.....	111

## LISTA DE FIGURAS

1.1 Fluviograma da Cheia de Julho de 1983 UHE Passo Fundo.....	3
1.2 Cheia Maxima Provavel da UHE Passo Fundo.....	3
1.3 Efeito do reservatorio Columbia no rio Duck sobre os hidro- gramas de cheia.....	5
3.1 Esquematzacao de secao composta.....	23
3.2 Padrão de velocidades superficiais mostrando a posição de grandes vortices.....	25
3.3 Distribuição de velocidades medias para a região central da seção transversal com e sem fluxo sobre as planicies de inundação.....	25
3.4 Aspectos hidraulicos do fluxo no canal composto.....	40
3.5 Seção transversal com os parametros como considerados por Chee e Ray (1985).....	41
3.6 Canal composto e a classificacao de regiões de fluxo con forme Pasche e Rouve (1985).....	48
3.7 Vazão total e sobre a planicie na cidade de Naga.....	54
3.8 Nivel de agua e fator $\beta$ na cidade de Naga.....	55
3.9 Seção transversal de medição de vazão em Porto Vitoria (PR) ....no rio Iguacu, com os respectivos graficos de $\alpha$ e $\beta$ .....	59
3.10 Fluxo atraves de Trigo - Coeficiente de Manning.....	63
3.11 Fluxo atraves de Sorgo - Coeficiente de Manning.....	63
3.12 Vegetação e rugosidade equivalente de uma planicie de inundação tipica.....	64
4.1 Elementos de definição da seção composta do modelo PPOPAGA	66
4.2 Fluviograma do programa PPOPAGA.....	70
5.1 Seção transversal 1.....	83

5.2 Hidrogramas afluente e incremental caso A.....	84
5.3 Seção transversal 2.....	89
5.4 Seção transversal 3.....	89
5.5 Hidrogramas B.....	92
5.6 Hidrogramas C.....	93
5.7 Hidrogramas D.....	93
5.8 Hidrogramas E.....	94
5.9 Localização das seções transversais no reservatório da da UHE Ilha Grande.....	98
5.10 Representação da localização das estações fluviométricas	100
5.11 Hidrogramas observado e calculado em Guaira Cheia de Maio a Julho/1983.....	104
5.12 Hidrograma em Guaira com e sem o reservatório de Ilha Grande.....	107
5.13 Hidrogramas simulados para a cheia de maio a julho de 1983 com a existencia dos reservatórios de Ilha Grande e Itaipu operando com cota constante.....	108
5.14 Regras de Operação para a UHE Ilha Grande.....	110
5.15 Cheia de Projeto da UHE Ilha Grande- Simulação com o modelo PROPAGA.....	113

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$A$  - área de seção transversal

$A_i$  - área projetada de uma planta  $i$  na direção do fluxo

$A_c$  - área da seção relativa ao canal principal

$A_{bf}$  - área da seção relativa ao canal principal sem haver extravasamento (bankfull)

$A_P$  - área da seção transversal relativa a planície lateral

$A_{\frac{\partial A}{\partial x}}^y$  =  $\left( \frac{\partial A}{\partial x} \right)_y$  - termo que representa o afastamento da seção da

forma prismática

$\alpha$  - coeficiente de Coriolis: coeficiente corretor de energia cinética relativo a distribuição não uniforme de velocidades na seção transversal

$B$  - largura superficial

$B_P$  - largura superficial relativa a planície lateral

$B_c$  - largura superficial relativa ao canal principal

$\beta$  - coeficiente de Boussinesq: coeficiente corretor de quantidade de movimento relativo a distribuição não uniforme de velocidades na seção transversal

$c$  - celeridade da onda de cheia :  $\sqrt{g \cdot h}$

$C_d$  - coeficiente de forma utilizado no cálculo da força de arraste

$D_1$  - componente da equação dinâmica devido a quantidade de movimento da vazão incremental :  $Vq \cdot \Delta g$

$d_0$  - profundidade na condição inicial

$\Delta V$  - diferença de velocidades

$f$  - frequência

$g$  - aceleração da gravidade

$h$  - profundidade

$k$  - constante de von Karman

$K$  - condutividade hidráulica

$k_s$  - coeficiente da fórmula de Zheleznyakov para correção da vazão no canal principal

$k_p$  - coeficiente da fórmula de Zheleznyakov para correção da vazão sobre a planície

$L_s$  - distância entre seções ao longo do canal principal

$L_p$  - distância entre seções ao longo da planície

$n$  - coeficiente de Manning

$n_b$  - coeficiente de Manning básico, excluindo efeitos de vegetação

$n_c$  - coeficiente de Manning relativo ao canal principal

$n_p$  - coeficiente de Manning relativo a planície lateral

$n_p^*$  - coeficiente de Manning relativo a planície lateral, ajustado para levar em conta os efeitos dos comprimentos diferentes ao longo da planície e ao longo do canal principal

$\theta$  - coeficiente de ponderação na linha de tempo

$q$  - vazão incremental em  $m^3/s/m$

$Q$  - vazão

$Q_{bf}$  - vazão que escoar no canal principal sem extravasamento

$Q_s$  - vazão que escoar no canal principal

$Q_p$  - vazão que escoar sobre a planície

$Q_s^*$  - vazão que escoar num trecho quando a linha de energia tem mesma declividade que o fundo do canal

$Q_{sc}$  - vazão calculada no canal principal considerando uma interface vertical com a planície de inundação

$Q_{sp}$  - vazão calculada na planície de inundação considerando uma

interface vertical com o canal principal

$Q_{bf}$  - vazão que escoar no canal principal sem extravasamento

$R$  - raio hidráulico

$R_c$  - raio hidráulico da seção relativa ao canal principal

$R_{bf}$  - raio hidráulico da seção relativa ao canal principal sem haver extravasamento (bankfull)

$R_p$  - raio hidráulico da seção relativa a planície lateral

$S_f$  - declividade da linha de energia

$S_b$  - declividade longitudinal do fundo do canal

$T_o$  - período da onda

$t$  - tempo

$\tau$  - tensão cisalhante

$u$  - velocidade pontual

$v$  - velocidade

$x$  - local no espaço

$y$  - profundidade

$y_o$  - diferença de profundidade entre canal principal e planície lateral

$z$  - nível d'água ou cota

## RESUMO

### Propagação de Ondas de Cheia numa Série de Reservatórios

Este trabalho apresenta um modelo matemático para o cálculo da propagação de cheias aplicável a uma série de reservatórios. Faz uma revisão bibliográfica quanto as metodologias de cálculo de propagação de cheias bem como as utilizadas para o cálculo da capacidade de descarga em canais de seção composta. Apresenta a aplicação do modelo a casos hipotéticos e reais de propagação de cheia. Nesta aplicação é feita uma investigação quanto a regras de operação de vertedouro.

A utilização do modelo permite chegar a conclusões quanto aos fatores que determinam os efeitos que a formação de reservatórios tem sobre as cheias em relação a sua ocorrência em condições naturais. Verifica-se que os casos com menor declividade do rio e onde ocorram planícies de inundação laterais tem um maior potencial de agravamento das cheias com a formação do reservatório. Neste efeito, quanto mais extensas e com maior rugosidade as planícies de inundação, maior será o agravamento em termos relativos. Entretanto tem-se também que o agravamento depende da própria magnitude da cheia, observando-se que para cheias de menor recorrência, ele é mais significativo. O efeito depende assim do volume e forma dos hidrogramas de cheias que se considerar.

## 1 INTRODUÇÃO

Aproveitamentos de recursos hídricos que envolvem a formação de reservatórios tem sido desenvolvidos desde épocas bastante remotas da Humanidade. Vazões elevadas não previstas foram causa de diversas rupturas de barragem, o que veio justificar e incentivar o estudo de enchentes como uma especialização da Hidrologia. Isso se aplica particularmente ao século XX, quando aproveitamentos foram construídos numa escala muito maior do que os empreendidos em épocas anteriores.

O desenvolvimento recente da Computação e a sua aplicação às equações da Hidráulica permite hoje uma análise apurada dos efeitos dos reservatórios na propagação de cheias. Por outro lado, o porte cada vez maior das barragens disseminou o uso extensivo de comportas em vertedouros e o desenvolvimento de regras operativas mais eficientes para garantir uma adequada proteção contra enchentes. O estabelecimento dessas regras exige um tratamento matemático apurado para a análise dos efeitos da propagação da onda de cheia, seja por interesse do próprio empreendedor ou de terceiros envolvidos na bacia hidrográfica.

A compreensão da questão é exigida desde a fase de projeto no caso da propagação ser afetada significativamente pelos reservatórios, assumindo especial importância no caso da operação

de aproveitamentos com vertedouros controlados por comportas. Fill e Mondardo (1989) realizaram uma análise teórica, com resultados do agravamento de cheias em até 20% na vazão máxima e reduções de 30% no tempo de propagação do pico, com a operação sendo feita para manter constante o nível do reservatório.

Eletrosul (1987) apresenta um estudo da verificação da influência da operação do vertedouro da UHE Passo Fundo, utilizando um modelo de simulação hidrológica baseada no modelo Stanford IV e com dados da operação do vertedouro. Os resultados demonstram uma significativa modificação dos hidrogramas de cheias, conforme as figuras 1.1 e 1.2. A figura 1.1 apresenta os fluviogramas instantâneos da cheia de julho de 1983, que foi a máxima observada na bacia, considerando o efeito do reservatório e o reconstituído com o modelo de simulação para condições naturais da cheia. O fluviograma com efeito de reservatório é o que de fato ocorreu, quando as comportas do vertedouro foram operadas procurando manter o nível constante do reservatório. Visto que essa operação foi realizada sem haver alteração significativa no nível do reservatório, assim pode-se atribuir a aceleração do pico da cheia bem como sua elevação ao efeito da existência do reservatório. A figura 1.2 apresenta os fluviogramas instantâneos da cheia máxima provável em condições naturais e com a existência do reservatório, verificando-se que a vazão máxima provável com a existência do reservatório foi elevada de  $1240 \text{ m}^3/\text{s}$  para  $1960 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou seja, em 58%. A operação com reservatório e simulada, mantendo constante o nível d'água, logo abrindo-se as comportas

com esse objetivo. Verifica-se assim um efeito significativo atribuído a formação do reservatório, que nesse caso é bastante extenso. O projeto dos vertedouros não tornou-se inadequado devido aos critérios conservadores utilizados no seu dimensionamento.

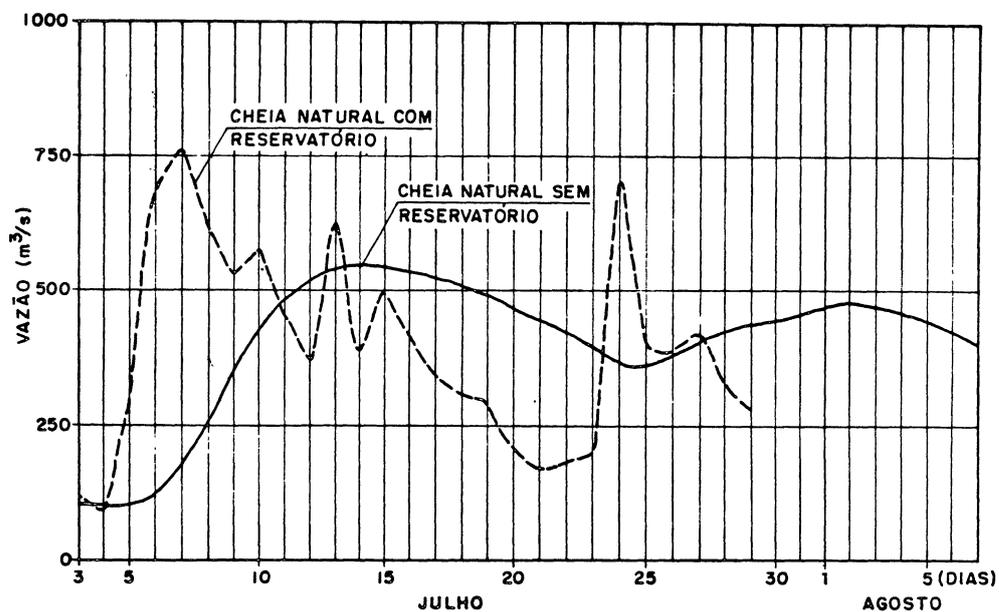


Figura 1.1 Fluviograma de Cheia de Julho de 1983 UHE Passo Fundo  
Fonte: ELETROSUL, 1987

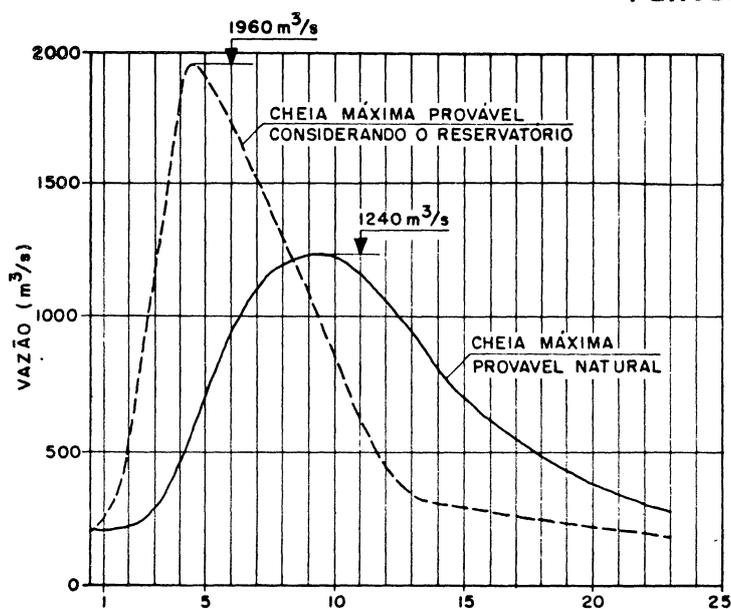


Figura 1.2 Cheia Máxima Provável da UHE Passo Fundo

Fonte: ELETROSUL, 1987

Fill e Sugai (1980), comparando os fluviogramas do rio Paraná de cheias ocorridas antes e após a formação de grandes reservatórios, não obtiveram elementos que verificassem o agravamento das cheias pela existência dos reservatórios. Ressalte-se no caso as dificuldades metodológicas de se empreender a comparação baseada em eventos naturais diversos, além do fato dos reservatórios terem sido operados visando o controle das cheias com o uso de volumes de espera.

Fill e Borstel (1979), realizando uma análise teórica simplificada dos reservatórios do rio Iguaçu concluem que: *ao contrário do geralmente aceito, uma cascata de reservatórios munidos de comportas pode, dependendo do modo da operação dessas comportas, agravar o fenômeno da cheia para jusante. Para cheias de menor período de recorrência, pode haver um agravamento mais intenso em termos relativos*".(página 38 )

Garrison et alii (1969) apresentam resultado do estudo do Reservatório de Columbia no Rio Duck, afluente do Rio Tennessee. A figura 1.3 permite visualizar a significativa alteração do hidrograma pela existência do reservatório neste caso. Os autores citam:

*A formação de um reservatório longo numa bacia natural pode alterar o regime de propagação de cheia sincronizando altas taxas de vazões a montante do reservatório com taxas máximas das áreas laterais ao reservatório. Em condições naturais, a cheia das áreas a montante é retardada pelo amortecimento no vale. Entretanto, após a formação de um reservatório profundo*

com a construção de uma barragem, a cheia propaga através do reservatório num processo de translação.

(página 1972 )

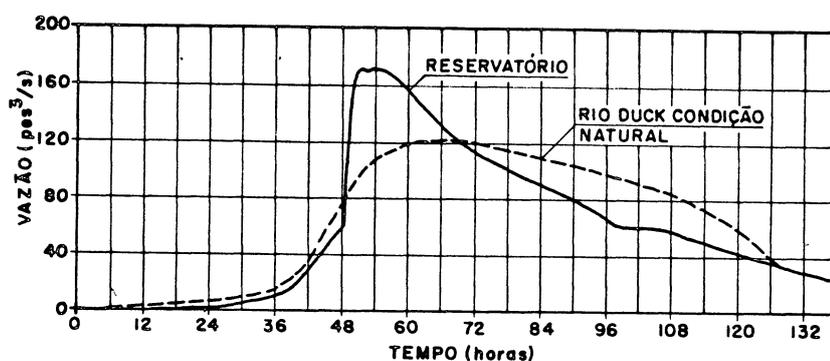


Figura 1.3 Efeito do reservatório Columbia no rio Duck sobre os hidrogramas de cheia

Fonte : Garrison et al(1969),pág.1972

Cunge, Holly e Verwey (1980) assinalam que a existência de rios em condições naturais esta hoje cada vez mais reduzida. Nestes termos, o uso de metodos simplificados para a previsão de cheias torna-se de menor interesse. Os autores citam por exemplo o rio Parana no trecho dos reservatorios de Apipe-Yaciyreta e Corpus, onde apesar de em condições naturais os metodos simplificados fornecerem bons resultados, com a formação do reservatorio "o rio sera transformado num canal largo entre diques com uma declividade longitudinal reduzida". Neste caso o uso de modelos simplificados torna-se inutil para a simulação da

influência futura das grandes barragens.

Esse trabalho tem por objetivo apresentar um modelo computacional que permita analisar a propagação de ondas de cheia numa serie de reservatórios, com a aplicação segundo um esquema completo das equações de Saint Venant para um canal uni-dimensional, permitindo a consideração da capacidade de escoamento de canais de seção composta contendo ilhas. Desta forma, pretende acentuar a questão da representação da capacidade de escoamento no caso de canais compostos. Como objetivo final se tem o estudo dos efeitos da formação do reservatórios sobre os hidrogramas de cheia em comparação com aqueles que ocorreriam em condições naturais, bem como permitir a análise de regras de operação para comportas de vertedouro.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PROPAGAÇÃO DE CHEIAS

### 2.1 As Equações de Saint Venant

As equações de Saint Venant são a equação da continuidade e de quantidade de movimento aplicados ao escoamento unidimensional em um canal com superfície livre. Deduzidas no século passado (1871), devido a impossibilidade de sua integração analítica, apenas recentemente com o uso intenso do computador passou-se a resolvê-las para canais com geometria qualquer e considerando todos os seus termos.

Estas equações podem ser escritas, conforme Strelkoff (1970):

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2V \frac{\partial Q}{\partial x} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + gASf = 0 \quad (2.2)$$

Onde:

A - área da seção transversal do escoamento

g - aceleração da gravidade

q - vazão incremental, fornecida por unidade de comprimento do canal

Q - vazão

Sf - declividade da linha de energia

t - tempo

V - velocidade média do fluxo

x - abscissa

z - cota da superfície

As hipóteses em que se baseiam essas equações são:

- o fluxo é uni-dimensional, ou seja, a velocidade e o nível d'água é constante ao longo da seção transversal;

- a curvatura das linhas de corrente é pequena e as acelerações verticais negligíveis, de forma a se admitir que a pressão no fluxo seja hidrostática;

- os efeitos de perda de carga são considerados através de leis de resistência definidas para o fluxo permanente;

- a declividade média do leito do canal é pequena de maneira que o coseno do ângulo que ele faz com a horizontal possa ser admitido igual a unidade.

As equações na forma apresentada acima não levam em conta a não uniformidade da distribuição de velocidades na seção transversal. Para tal introduz-se o coeficiente de correção da quantidade de movimento definido como:

$$\beta = \frac{\int v \cdot dQ}{V \cdot Q} = \frac{\int v^2 \cdot dA}{V^2 \cdot A} \quad (2.3)$$

sendo  $V = \frac{\int v \cdot dA}{A}$

Fread (1976) deduz a equação da quantidade de movimento levando em conta o coeficiente  $\beta$ . Desprezando-se as parcelas relativas a componente de velocidade da contribuição lateral e ao efeito do vento tem-se:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (\beta Q^2 / A)}{\partial x} + g A \frac{\partial Z}{\partial x} + g A S_f = 0 \quad (2.4)$$

Neste trabalho, ao derivar-se o segundo termo da equação acima levando-se em conta que o coeficiente  $\beta$  não apresenta para um mesmo instante de tempo uma variação significativa entre duas seções contíguas, desconsidera-se a variação de  $\beta$  com o espaço. Tem-se assim a seguinte equação:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2 \beta \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + g A \frac{\partial Z}{\partial x} + g A S_f = 0 \quad (2.5)$$

## 2.2 Métodos Aproximados de Propagação de Ondas de Cheia

O fato de não ser factível a solução exata das equações de Saint Venant, exceto em alguns poucos casos simples, e pelo fato de apenas recentemente passar-se a dispor de computadores para a implementação de soluções numéricas, levou ao desenvolvimento de diversos métodos aproximados. Estes métodos provaram ser de grande utilidade, entretanto sua aplicação depende das

características locais e da finalidade a que se destina. Sobre estes métodos uma boa revisão é apresentada por Weinmann e Laurenson (1979).

Os autores distinguem os métodos de cálculo entre "hidráulicos" e "hidrológicos", definindo os últimos pelo uso de uma abordagem sistêmica ou conceitual. Reconhecem esta distinção como apropriada para canais regulares bem definidos, porém falaciosa em rios naturais, devido as propriedades físicas complexas de sistemas de rios naturais. Weinmann e Laurenson (1979) reconhecem o grande desenvolvimento dos métodos "hidráulicos", porém ressaltando as exigências computacionais bem como a necessidade de dados mais detalhados, principalmente em relação a geometria do canal, o que restringe sua eficiência. Por outro lado os métodos "hidrológicos" implicam em esforços computacionais e necessidade de dados consideravelmente menores, porém são limitados em generalidade e precisão, dependendo sua performance das características particulares do modelo e da sua aplicação específica, devendo-se ter especial cautela ao extrapolar os resultados para condições diversas das observadas no passado.

Os métodos distinguem-se pelo número de termos que retem da equação da conservação da quantidade de movimento. Pode-se deduzir a relação entre a vazão propagada e a calculada em regime

uniforme por uma fórmula tipo Chezy como:

$$Q = Q_0 \sqrt{1 - \frac{1}{S_0} \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{v}{S_0 g} \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{1}{S_0 g} \frac{\partial v}{\partial t}} \quad (2.6)$$

onda cinemática  
 métodos difusivos  
 modelo hidrodinâmico completo

Weinmann e Laurenson (1979) analisaram os métodos aproximados que não levam em conta os efeitos de aceleração convectiva e local. O modelo hidrodinâmico é o único onde estes efeitos são considerados, dependendo o seu sucesso unicamente da sua calibragem e da aplicabilidade do método unidimensional de análise.

Os autores verificaram os erros entre o uso de um método aproximado e o modelo completo, sendo que a omissão dos termos de aceleração e pressão é bem mais significativa num canal de baixa declividade. Ponce, Li e Simons (1978) investigaram a aplicabilidade dos métodos difusivos e cinemáticos. Verificaram como outros autores (Weinmann e Laurenson (1979)) que os modelos cinemáticos não atenuam os picos da cheia, a não ser como consequência de truncamentos numéricos.

Ponce et al (1978) demonstram a aplicação dos modelos cinemáticos em canais de baixa declividade e ondas bastante longas e em situações de alta declividade e ondas de rápida ascensão como

no escoamento superficial. Neste estudo, os autores utilizaram uma versão linear das equações de Saint Venant. Verificam os autores a maior amplitude da aplicação dos métodos difusivos. Definem uma desigualdade que permite verificar a adequação da aplicação de um modelo difusivo:

$$T \cdot S_0 \cdot \left( \frac{g}{d_0} \right)^{1/2} \geq 30 \quad (2.7)$$

Onde:

$d_0$  - profundidade do fluxo antes do escoamento da cheia

$S_0$  - declividade do leito do rio

$T$  - largura superficial do escoamento

Os autores assinalam que fora dessa desigualdade, as ondas de cheia apresentam uma grande atenuação, que apenas o modelo hidrodinâmico consegue representar.

Conforme Fread (1976):

*as técnicas operacionais de previsão de propagação de ondas desenvolvidas antes da disponibilidade do computador foram baseadas em simplificações grosseiras das equações do fluxo não permanente. A equação da continuidade era mantida e a equação dinâmica era grandemente simplificada para incluir apenas os efeitos da resistência, enquanto os efeitos da aceleração do fluxo e declividade da superfície d'água eram ignorados. Quando esses efeitos são importantes, a precisão de níveis e vazões previstas pode ser aumentada pelo uso da propagação dinâmica.*

(página 1-1)

Os efeitos negligenciados são de importância crítica, em casos como, conforme Fread (1976):

a) movimento para montante de ondas tais como de mare;

- b) efeitos de remanso produzidos por reservatórios e afluentes;
- c) ondas de cheia típicas em rios onde a declividade de fundo seja pequena;
- d) ondas abruptas causadas por descargas controladas por reservatórios ou pela ruptura catastrófica de barragens.

O modelo hidrodinâmico tem vantagens sobre as técnicas mais simples quando utilizado para eventos extremos que excedem a abrangência dos dados disponíveis, tais como cheia máxima provável ou ruptura de barragens. Sendo um modelo que considera o conjunto dos processos físicos que caracterizam o fenômeno de propagação de ondas de cheia, ele, ao contrário das técnicas simplificadas, depende dos registros anteriores apenas para a estimativa da rugosidade, podendo ser utilizado na análise de eventos que extrapolam os dados observados disponíveis, logo adequado ao estudo de eventos extremos e situações onde a geometria e os controles hidráulicos do leito natural do rio tenham ou venham a ser alterados.

O modelo hidrodinâmico foi usado pioneiramente por Stoker e Isaacson no seu trabalho de propagação de cheias no rio Ohio. Esses autores apresentaram o primeiro modelo numérico e desde então diversos outros tem sido apresentados.

### 2.3 Esquemas Numericos

Strelkoff (1970) classificou os métodos numericos usados na solução das equações completas de Saint-Venant em duas categorias fundamentais:

- rede de características
- métodos de diferenças finitas numa malha retangular no plano x-t, sub-divididos em métodos explícitos e implícitos conforme o esquema de discretização das derivadas temporais e espaciais.

Além destes, pode-se citar os métodos baseados em técnicas de elementos finitos (Tozzi (1981), Katopodes(1984), Dziedzic(1988)).

O método das características, conforme Abbott (Mahmood e Yevjevich (1975), Vol. 1) e Chen (1973), pode ser analisado da seguinte forma:

Seja a equação da continuidade e da quantidade de movimento em termos da profundidade y:

$$L_1 = \frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} - q = 0 \quad (2.8)$$

$$L_2 = \frac{\partial Q}{\partial t} + 2V \frac{\partial Q}{\partial x} - B(V^2 - C^2) \frac{\partial y}{\partial x} - gACS_o - S_f + D_1 - V^2 A_x \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \quad (2.9)$$

Onde:

B -largura superficial

$D_1$  -componente da equação dinâmica devido a quantidade de movimento da vazão incremental:  $Vq/Ag$

Combinando as equações 2.8 e 2.9 linearmente tem-se:

$$L = L_1 + \lambda L_2$$

$$L = \frac{\partial Q}{\partial x} (1 + 2\lambda V) + \lambda \frac{\partial Q}{\partial t} + B \frac{\partial y}{\partial t} - \lambda B (V^2 - C^2) \frac{\partial y}{\partial t} - q - \lambda gA (S_0 - S_f + D_1) - \lambda V^2 A_x^y = 0 \quad (2.10)$$

O método das características consiste na seleção de dois valores particulares para  $\lambda$  de maneira a converter a equação 2.10 num par de equações diferenciais ordinárias. Sendo  $Q = Q(x,t)$  e  $y = y(x,t)$  soluções de 2.8 e 2.9 resulta:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{dx}{dt} \quad (2.11)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial x} \frac{dx}{dt} \quad (2.12)$$

Examinando as equações 2.11, 2.12 e 2.10, verifica-se que se:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1 + 2\lambda V}{\lambda} = \lambda(C^2 - V^2) \quad (2.13)$$

A equação 2.10 torna-se uma equação diferencial ordinária:

$$\lambda \frac{dQ}{dx} + B \frac{dy}{dt} - q - \lambda gA (S_0 - S_f + D_1) - \lambda V^2 A_x^y = 0 \quad (2.14)$$

A solução da equação 2.13 fornece duas relações particulares de  $\lambda$  que simplificam as equações originais:

$$\lambda = \frac{1}{V \pm C} \quad (2.15)$$

Substituindo esta equação na equação 2.13 obtém-se:

$$\frac{dx}{dt} = V \pm C \quad (2.16)$$

Fazendo a mesma substituição na equação 2.14, obtém-se:

$$\frac{dQ}{dx} - B(CV + C) \frac{dy}{dt} + (V + C) q = gA (S_o - S_f + D_1) - V^2 A_x^y \quad (2.17)$$

Identificando-se dois conjuntos de equações. O primeiro chamado de equações características positiva  $C_+$ :

$$\frac{dx}{dt} = V + C \quad (2.16a)$$

$$\frac{dQ}{dx} - B(CV - C) \frac{dy}{dt} + (V - C) q = gA (S_o - S_f + D_1) - V^2 A_x^y \quad (2.17a)$$

Outro denominado de equações características negativas  $C_-$ :

$$\frac{dx}{dt} = V - C \quad (2.16b)$$

$$\frac{dQ}{dx} - B(CV + C) \frac{dy}{dt} + (V + C) q = gA (S_o - S_f + D_1) - V^2 A_x^y \quad (2.17b)$$

A solução das equações características pode se dar de diferentes formas. Uma forma clássica é o método gráfico aplicável a geometrias simplificadas e a princípio sem consideração de perdas de carga (Abbott (1975)).

Chen (1973) cita métodos analíticos como da rede de características com formulações implícita e explícita. Verifica que a formulação explícita é mais fácil de programar e mais rápida. A formulação implícita significa um maior esforço computacional, entretanto é estável incondicionalmente. Chen (1973) sugere o método explícito cuja estabilidade esta condicionada a uma relação entre o intervalo de tempo e a discretização no espaço aos casos em que haja mudanças rápidas nas variáveis. Neste caso, os pequenos intervalos de tempo e

espaço são inevitáveis de maneira a se garantir a precisão, resultando a estabilidade como consequência.

Chen (1973) compara também os métodos de rede de características com os de rede retangular. Verifica que a rede de características é mais simples e dá resultados precisos nos pontos de intersecção. Entretanto não fornece resultados num instante de tempo predeterminado nem em secções definidas a priori o que é, em geral, o objetivo, sendo necessário algum esquema de interpolação.

Os métodos explícitos utilizam informações de uma linha de tempo conhecida (condição inicial ou passo anterior de cálculo) para calcular as variáveis na linha de tempo seguinte, tornando possível a solução de forma explícita. Sujeitam-se a condição de estabilidade de Courant:

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{|V| + C} \quad (2.18)$$

Onde:

C = celeridade da onda :  $\sqrt{g \cdot h}$

Wylie (1970), investigando os métodos explícitos, deduz uma condição de estabilidade mais restrita:

$$C \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq \sqrt{1 - f_P \frac{\Delta t}{\Delta x}} \quad (2.19)$$

Onde:

$$f_P = \frac{g n^2 V}{R^{4/3}}$$

Wylie (1970) apresenta exemplos de aplicação do método das

características a uma onda de cheia pelos métodos explícito e implícito. No caso estudado, adotando trechos de 3,12 milhas e  $\Delta t$  de 10 minutos teve-se solução estável, enquanto com trechos de 4,17 milhas e  $\Delta t$  de 13 minutos chegou-se a instabilidade, neste caso com  $\Delta t/\Delta x$  de 0,73. No caso estável  $\Delta t/\Delta x$  era 0,60, sendo o valor superior para a estabilidade indicado pela equação 2.19 de 0,72.

Observa-se assim que ao contrário do geralmente aceito que um alto grau de resistência tende a estabilizar os cálculos numéricos, a condição deduzida e os resultados de testes numéricos efetuados por Wylie(1970) indicam o oposto.

Já os esquemas implícitos utilizam informações das linhas de tempo  $t$  e  $t + \Delta t$  para formar um sistema de equações que forneça os resultados ao longo de toda a linha de tempo  $t + \Delta t$ .

Tucci (1978) apresenta uma esquematização das discretizações utilizadas para esquemas progressivos de diferenças finitas:

$$f(x,t) = \theta f_j^{t+1} + (1-\theta) f_j^t \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\theta \left[ \alpha f_{j+1}^{t+1} - \alpha f_j^{t+1} + \beta f_j^{t+1} - \beta f_{j-1}^{t+1} \right]}{(\alpha + \beta) \Delta x} + (1-\theta) \frac{\left[ \alpha f_{j+1}^{t+1} - \alpha f_j^{t+1} + \beta f_j^{t+1} - \beta f_{j-1}^{t+1} \right]}{(\alpha + \beta) \Delta x} \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_j^{t+1} - f_j^t}{\Delta t} \quad (2.22)$$

Em função dos valores utilizados para os parâmetros de

ponderação tem-se:

$\theta = 0$	esquema explícito
$\theta > 0$	esquema implícito
$\theta = 1.0$	esquema totalmente implícito
$\alpha = 1; \beta = 0$	esquema de diferenças progressivas no espaço
$\alpha = 1; \beta = 1$	esquema de diferenças centrado no espaço
$\alpha = 0; \beta = 1$	esquema de diferenças descendentes no espaço

Stoker(1957), conforme Tucci (1987) utilizou um esquema explícito de diferenças progressivas com:

$$f(x, t) = \frac{f_{i+1}^t + f_i^t}{2} \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_{i+1}^t - f_i^t}{\Delta x} \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_{i+1}^{t+1} - f_{i+1}^t + f_i^{t+1} - f_i^t}{2\Delta t} \quad (2.25)$$

Sendo o termo de resistência calculado com base no intervalo de tempo anterior.

Chen (1973) utilizou esquema de discretização semelhante, porém calculando o termo de resistência com base no intervalo de tempo  $t + \Delta t$ , o que conforme Strelkoff (1970) leva a estabilidade. Ele denomina este esquema de linear totalmente implícito.

Chen(1973) investigou diferentes métodos de discretização. Um destes foi o denominado método implícito não linear baseado nas seguintes discretizações:

$$f_{CM} = \frac{1}{4} \left[ f_i^j + f_{i+1}^j + f_i^{j+1} + f_{i+1}^{j+1} \right] \quad (2.26)$$

$$\frac{\partial f(\text{CMD})}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta x} \left( \left( f_{i+1}^j - f_i^j \right) + \left( \left( f_{i+1}^{j+1} - f_i^{j+1} \right) \right) \right) \quad (2.27)$$

$$\frac{\partial f(\text{CMD})}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t} \left( \left( f_i^{j+1} - f_i^j \right) + \left( \left( f_{i+1}^{j+1} - f_{i+1}^j \right) \right) \right) \quad (2.28)$$

Também investigou uma variação deste esquema de discretização denominada linear que consiste em avaliar o valor da função na linha de tempo anterior, ou seja a discretização é representada pela equação:

$$f(\text{CMD}) = \frac{1}{2} \left( f_i^j + f_{i+1}^j \right) \quad (2.29)$$

Ao comparar os métodos linear implícito e não linear implícito, concluiu que sendo ambos estáveis e o primeiro de programação mais simples sendo assim mais conveniente.

Um esquema implícito de grande utilização é o denominado de Preissmann, desenvolvido na SOGREAH (Cunge et al (1980)). É um método de quatro pontos que introduz um coeficiente  $\theta$  de ponderação entre as linhas de tempo.

Liggett e Cunge in Mahmood e Yevjevich (1975, Vol. 1), Fread(1976), Ponce, Indlekofer e Simons (1978) investigaram a estabilidade do esquema de Preissmann. Liggett e Cunge, utilizando um sistema simples de equações diferenciais parciais para concluir a respeito das propriedades numéricas do esquema de Preissmann, verificam que teoricamente o valor de  $\theta$  para garantir a estabilidade é entre 0,5 e 1,0. Entretanto, verificam que oscilações permanecem nos resultados para valores de  $\theta$  entre 0,5 e

0,6. Indicam valores de  $\theta$  então entre 0,6 e 1,0. Fread(1976) utiliza uma versão simplificada e linearizada das equações de Saint-Venant, onde negligencia os termos de declividade do leito e convectivo na equação da quantidade de movimento e na equação da continuidade negligencia o termo do volume de armazenamento em cunha. Ponce et al (1978) fazem uma análise utilizando a técnica de Von Neumann aplicada numa versão linearizada das equações completas de Saint-Venant. Os autores concluíram desta análise que o esquema de Preissmann é uma aproximação de segunda ordem quando  $\theta$  é igual a 0,5, sendo de primeira ordem para  $\theta$  igual a 1.

Outro esquema implícito é o proposto por Vasiliev, conforme Liggett e Cunge (Mahmood e Yevjevich (1975), Vol. 1), baseado nas seguintes discretizações:

$$f(x, t) = f_{i+1}^j \quad (2.30)$$

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta x} \left[ f_{i+1}^{j+1} - f_{i-1}^{j+1} \right] \quad (2.31)$$

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial t} = \frac{1}{\Delta t} \left[ f_i^{j+1} - f_i^j \right] \quad (2.32)$$

Este esquema de discretização, para  $n$  seções de um canal, fornece  $2n - 4$  equações que acrescida de duas condições de contorno formam um sistema de  $2n-2$  equações. Para torna-lo determinado, faz-se uso das equações características aplicada ao primeiro e último trecho da malha.

O esquema de Vasiliev é estável e permite escolha arbitrária

do intervalo de tempo de cálculo, com alguma perda de precisão.

Neste trabalho fez-se uso dos esquemas de Preissmann e Vasiliev, gerando alternativas ao usuário. Verificou-se nas aplicações que em casos onde há uma mudança muito brusca de geometria entre seções, o esquema de Preissmann apresentou problemas em sua aplicação, sendo que o de Vasiliev foi aplicado sem quaisquer problemas nestes casos, porém tem-se que este esquema fornece resultados menos precisos. Desta forma, o usuário pode optar pelo uso de um ou outro, conforme o caso que esteja estudando.

A dedução das equações de Saint-Venant e sua discretização em termos de diferenças finitas para os esquemas de Preissmann e Vasiliev é apresentada detalhadamente nos anexos 1 e 2, bem como o detalhamento dos métodos de resolução dos sistemas algébricos baseado no método da dupla varredura.

### 3 CAPACIDADE DE DESCARGA EM CANAIS DE SEÇÃO COMPOSTA

#### 3.1 Revisão Bibliográfica Sobre a Capacidade de Descarga de Seções Compostas

Um canal de seção composta pode ser caracterizado como possuindo uma região central mais profunda e partes laterais mais rasas, podendo cada uma destas ter características de rugosidade diferentes, conforme a figura 3.1.

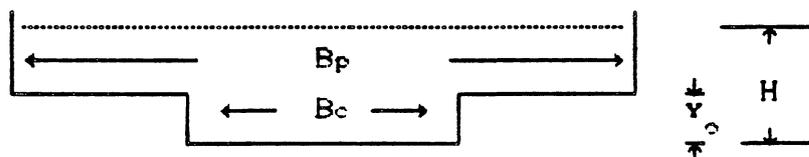


Figura 3.1 Esquematização de seção composta

Chow (1959) apresenta um processo de cálculo da capacidade de descarga de seções compostas, onde se caracteriza a existência de diferenças entre as partes da seção não só em termos de rugosidade como pela geometria. Sugere o autor, a aplicação da equação de Manning a cada parte da seção separadamente e o cálculo da vazão total pela soma destas diferentes parcelas. Neste cálculo, o perímetro molhado de cada parcela da seção é composto pelo perímetro dos contornos sólidos da mesma. Ou seja, o

comprimento da interface arbitrada para definir a separação entre as partes da seção transversal não é considerado.

Entretanto, verifica-se que este processo de cálculo não tem um embasamento para ter em conta a interação entre as diferentes partes da seção. Existe uma extensa bibliografia a respeito do fenômeno do escoamento em canais de seção composta e o mecanismo de interação entre as partes mais rasas e profunda da seção.

Um dos primeiros estudos sistemáticos e de laboratório empreendidos a respeito foi o de Sellin (1964). A motivação destes estudos relacionou-se com a questão da propagação de cheias e a utilização dos cursos de água para navegação. O autor cita um estudo realizado no modelo reduzido do rio Bristol Avon, entre 1957 e 1958, no qual foi observado que quando o rio extravassava de suas margens, o fluxo sobre as planícies reduzia as velocidades do fluxo contido no canal principal, de maneira que a vazão medida nestas circunstâncias era menor que o obtido nos métodos usuais de cálculo. No estudo conduzido por Sellin em modelo, com rugosidades idênticas no canal principal e planícies laterais, diversas fotografias obtidas com traçadores de alumínio permitem visualizar a interação entre o canal principal e as planícies laterais como na figura 3.2. O autor identifica um mecanismo de transferência de quantidade de movimento, operando entre o fluxo no canal principal e aquele sobre a planície de inundação. Com o objetivo de quantificar melhor a influência entre as partes rasas e profundas do canal, o autor realizou medições de velocidade tanto para a seção composta como para uma seção constituída apenas pelo canal principal. Os resultados destas determinações podem ser visualizados na figura 3.3, verificando-se o resultado

significativo desta interação.

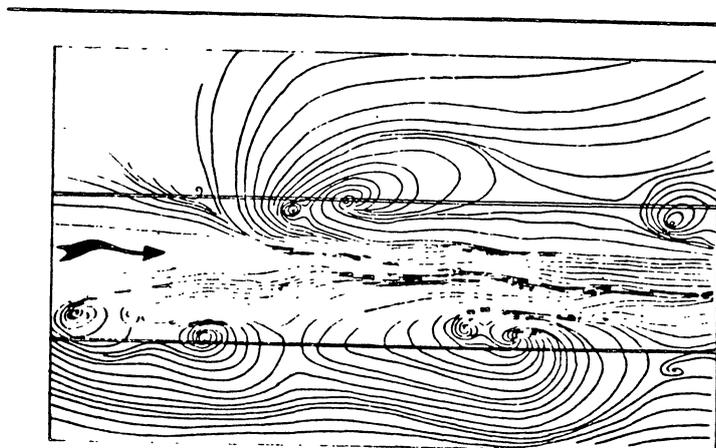


Figura 3.2 Padrão de velocidades superficiais mostrando a posição de grandes vórtices. Traçado a partir de fotografias obtidas com câmera móvel a mesma velocidade média do escoamento

Fonte Sellin (1964), página 795

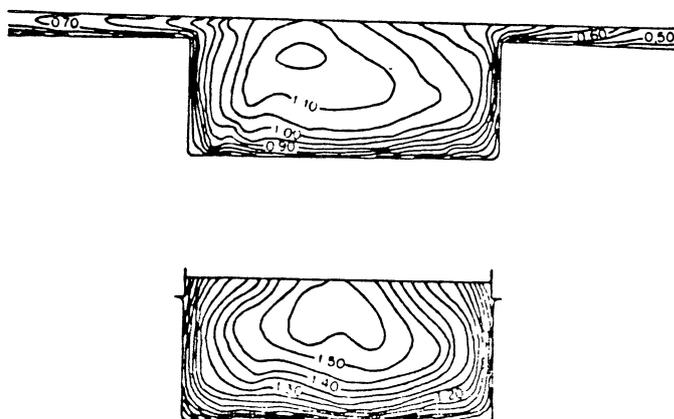


Figura 3.3 Distribuição de velocidades medias para a região central da seção transversal com e sem fluxo sobre as planícies de inundação.

Fonte: Sellin (1964), página 796.

Wright e Carstens (1970) descrevem a existência da transferência de quantidade de movimento da região de maior velocidade para a de menor velocidade sobre a planície através de vórtices entre o canal principal e a planície. Estes autores argumentam que os métodos tradicionais de cálculo desconsideram a força tangencial no fluxo entre estas duas regiões. Essa força é de retardamento ao fluxo no canal principal e de aceleração do fluxo sobre a planície. A partir de resultados experimentais, Wright e Carstens (1970) propõem uma metodologia que considera uma fronteira entre o canal principal e as planícies laterais, calculando uma tensão tangencial média no canal principal e considerando essa tensão como atuante sobre a massa de água escoando sobre as planícies, acelerando-a.

Toebes e Sooky (1967) realizaram estudo em modelo reduzido com um canal em seção composta e meandros, a partir do qual fizeram as seguintes observações:

- a perda de carga por unidade de comprimento para um canal de seção composta com meandros é de até duas vezes e meia superior a aquela correspondente a um canal uniforme de mesma largura e com o mesmo raio hidráulico e vazão;
- as perdas de carga para um dada vazão num canal de seção composta e com meandros são maiores do que a soma das perdas de um canal com meandros mais aquela correspondente a um canal uniforme, ambos com a mesma vazão e mesmo perímetro molhado. Isto causado pela interação entre os fluxos no canal principal e na planície;
- as perdas de carga correspondentes a esta interação aumentam com o decréscimo de velocidades médias;

- para propósito de análise, os autores consideraram a subdivisão do fluxo em duas regiões separadas a partir de uma superfície horizontal ao nível das planícies de inundação;

- as correntes helicoidais numa geometria com planície de inundação e meandros são bastante diferentes e mais pronunciadas do que aquelas em que o fluxo ocorre num canal com meandros e fluxo apenas no canal principal.

Toebe e Sooky (1967) assinalam que a seleção de constantes empíricas para o cálculo de propagação de cheias é de maior preocupação do que a seleção do método de cálculo propriamente dito, o que é tipicamente verdadeiro para a propagação de cheias em rios com planícies e meandros.

Delleur, Toebe e Udeozo (1967) apresentam um estudo experimental sobre o tema que lhes permite concluir que:

a) para o caso da planície de inundação ter largura significativamente maior do que o canal principal e este ser profundo:

-quando a profundidade do fluxo sobre a planície é pequena comparada com aquela no canal principal, a subdivisão pode ser efetuada por planos verticais na fronteira entre o canal principal e sua planície de inundação;

-quando a profundidade do fluxo sobre a planície é de magnitude comparável com aquela no canal principal, o plano divisor pode ser colocado horizontalmente, ao nível da planície separando a seção num fluxo superior e outro inferior;

b) para o caso da planície não ser larga comparativamente ao canal principal e o fluxo ser relativamente raso sobre a planície, o

fluxo entre as partes interagira. Neste caso, a melhor forma de análise do fluxo é a divisão da seção transversal por planos verticais nas fronteiras do canal principal.

Barishnikov et alii (1971) fazem um relato bastante amplo dos estudos e investigações empreendidas pelos soviéticos a respeito da capacidade de descarga em canais de seção composta. Relatam terem sido iniciados estes estudos por Zhelesnyakov em 1947, sendo que necessidades práticas impulsionaram este tipo de pesquisa. Apresentam resultados de pesquisas num canal de seção composta, sendo a planície simulada com uma rugosidade superior a do canal principal. Obtiveram resultados de capacidade de descarga total de 10 a 16% inferiores as calculadas considerando o cálculo convencional, atribuindo a diferença ao efeito cinemático. Relatam que o efeito cinemático se reduz com a diminuição no gradiente de velocidades entre o canal principal e a planície, o que ocorre com a redução na diferença entre profundidades. Verificam que onde a profundidade sobre a planície é significativa o processo de formação de vórtices desaparece. Os autores concordam com a metodologia proposta nos estudos citados de Delleur, Toebes e Udeozo (1967) e citam que conforme os estudos empreendidos a capacidade de descarga do canal principal pode ser reduzida em condições naturais em até 30 a 40%.

Zheleznyakov (1971) cita que a partir de 1961, o efeito cinemático passou a ser estudado na URSS em condições de campo. Zheleznyakov (1971) propõe uma formulação para levar em conta o efeito cinemático:

$$Q = K_p Q_{op} + K_c Q_{cc} \quad (3.1)$$

Onde:

$K_c$  - coeficiente corretor da vazão no canal principal

$K_p$  - coeficiente corretor da vazão na planície

$Q_{oc}$  - vazão calculada no canal principal considerando uma interface vertical com a planície de inundação

$Q_{op}$  - vazão calculada na planície de inundação considerando uma interface vertical com o canal principal

Estudos em laboratório citados por Zheleznyakov indicam para estes coeficientes as seguintes faixas de valores:

- no caso de condições de rugosidade semelhantes entre canal principal e planície:

$K_p$  entre 0,60 e 1,05 e  $K_c$  entre 1,0 e 1,2

- no caso de rugosidade bastante superior na planície:

$K_p$  entre 0,73 e 0,99 e  $K_c$  entre 1,01 e 1,13

Barishnikov et alii (1971) e Zheleznyakov (1971) tratam da questão do escoamento em seções compostas onde as direções de canal e planícies não são paralelas. Os autores citam que neste caso além das causas citadas, tem-se a questão da redução da declividade de energia em termos locais. Outro caso citado é a intersecção entre dois rios com planície, onde a redução é significativamente influenciada pelo transporte de sedimentos que, no caso de intersecções próximas a  $90^\circ$ , tende a preencher o canal principal.

Outra forma de análise da capacidade de descarga é proposta por Yen e Overton (1973). Eles realizaram uma série de experimentos para definir linhas de divisão do fluxo em canais de seção composta de maneira que ao longo destas linhas não houvessem

tensões tangenciais. Desta forma, essas linhas não participam dos perímetros molhados a serem considerados como linhas divisórias. Os autores realizaram ensaios em regime laminar e turbulento para essa análise, apresentando indicações quanto a parâmetros. Os estudos em regime laminar visaram obter um conhecimento qualitativo quanto a inclinação destas linhas sem tensões tangenciais. Os autores observam que a inclinação destas linhas no caso do regime turbulento, varia com o nível d'água principalmente, porém a rugosidade e a geometria da seção também influenciam. Essas linhas tendem a serem inclinadas para o centro da seção, sendo que para baixas profundidades sobre a planície, elas são próximas à vertical, tendendo a ângulos de até 70° com a vertical no caso de profundidades significativas, dependendo também da geometria representada pela largura da planície em relação ao canal principal. Yen e Overton (1973) propuseram uma forma de cálculo de descarga baseada em seus estudos, sendo para a parte relativa ao canal principal:

$$\frac{Q_c}{Q_{bf}} = 1 + \left[ \frac{R_c^{1/6}}{3.83 n_c} \right]^m * \left[ \frac{A_c}{A_{bf}} \frac{R_c^{2/9}}{R_{bf}^{2/9}} - 1 \right] \quad (3.2)$$

Onde:

$A_c$ ,  $n_c$ ,  $Q_c$ ,  $R_c$  - área, coeficiente de Manning, vazão e raio hidráulico do canal principal

$A_{bf}$ ,  $Q_{bf}$ ,  $R_{bf}$  - área, vazão e raio hidráulico relativos ao canal principal sem haver extravasamento (bankfull)

Para a parcela que escoia sobre a planície:

$$\frac{Q_p}{\sqrt{S}} = \frac{1}{n_p} \left[ \frac{R_p^{1/6}}{3.83 n_p} \right]^{m_1} A_p R_p^{7/8} \quad (3.3)$$

Onde:

$A_p$ ,  $n_p$ ,  $Q_p$ ,  $R_p$  - área, coeficiente de Manning, vazão e raio hidráulico da planície de inundação

$S$  - declividade do fundo do canal

Todos parâmetros são definidos em relação à seção sobre a planície delimitada pelas linhas divisórias sem tensão tangencial e  $m$  e  $m_1$  são coeficientes experimentais que os autores indicam para as geometrias de seção por eles analisadas valores de 0,35 e 0,16 respectivamente.

Rajaratnam e Ahmadi (1981), relatando suas pesquisas a respeito da interação entre o canal principal e planície de inundação, apresentam a influência desta sobre a distribuição de tensões tangenciais, constatando que se tem uma elevação das tensões sobre a planície de inundação e uma redução sobre o leito principal. Também fazem uma análise detalhada quanto à grandeza e distribuição das tensões tangenciais.

Wormleaton, Allem e Hadjipanos (1982) procuram verificar a tensão tangencial aparente na interface do fluxo entre planície e canal principal. Eles apresentam um estudo experimental extenso que permitiu os autores quantificar a tensão tangencial aparente em relação a um conjunto de parâmetros como:

$\Delta V$  - diferença de velocidades entre o canal principal e a planície;

$H/y_0$  - profundidade no canal principal/diferença de profundidade

entre canal e planície;

$B_p/B_c$  - largura da planície/largura do canal principal.

Estes autores apresentaram algumas conclusões como:

- com profundidades pequenas de escoamento sobre a planície, as tensões tangenciais aparentes em planos verticais resultam serem bem maiores que as tensões tangenciais sobre o leito do canal principal, verificando-se inclusive a tendência de serem mais acentuadas com planícies mais rugosas;
- os métodos de projeto mais difundidos admitem tanto que essa tensão é igual a existente no canal principal ou mesmo que seja nula. Em ambos os casos não admitem-se valores corretos e sim superestima-se a capacidade de descarga, principalmente no caso de escoamento com pequena profundidade sobre uma planície de rugosidade maior do que a do canal principal;
- as tensões tangenciais aparentes em planos de interface horizontal ou diagonal resultaram bem inferiores do que às correspondentes a planos verticais. Em nenhum dos dois casos foram superiores as observadas sobre o leito do canal principal, mesmo no caso de profundidades pequenas sobre a planície. Com o aumento da profundidade sobre a planície, elas tornam-se menores e particularmente no caso do plano de interface horizontal mudam de sinal. Essa mudança de direção da tensão tangencial aparente indica que em profundidades maiores sobre as planícies existe um transferência de quantidade de movimento para as partes mais profundas do canal principal. Essas tensões aparentes menores tornam estes planos mais adequados do que os planos verticais para a divisão do canal para o cálculo de descarga. Ignorá-las como perímetro molhado fornece em geral valores de vazão menores e

mais precisos do que os obtidos por qualquer dos métodos utilizando planos de separação vertical. Incluir essas interfaces no perímetro molhado do canal principal fornece vazões menores ainda. Os resultados tornam-se mais precisos quando a rugosidade sobre a planície de inundação aumenta;

- métodos tradicionais de cálculo da vazão em canais compostos, particularmente aqueles utilizando planos de interface verticais, tendem a superestimar a capacidade de descarga em baixas profundidades. Essa tendência é ainda mais acentuada com rugosidades maiores sobre a planície de inundação. Muitos esquemas de proteção contra a cheia consistem de um canal principal com planície de inundação ou bermas. Uma superestimativa da capacidade de descarga na fase de projeto pode significar inundações em intervalos mais frequentes do que os previstos. Mais significativamente, na propagação de cheias através de sistemas fluviais complexos, é essencial que a interação entre o canal e a planície de inundação seja modelada apropriadamente. Torna-se evidente a necessidade de métodos precisos e simples de cálculo de capacidade de descarga em seções compostas.

Wormleaton e Hadjipanos (1985) realizaram a partir de dados experimentais uma comparação dos métodos de cálculo de vazão com superfície de separação horizontal, vertical e diagonal, incluindo a projeção da superfície de separação no cálculo ou não do perímetro molhado. Os autores observam que há métodos em que o cálculo da vazão total é razoável, porém é subestimada numa parte da seção e sobreestimada em outra. Os autores questionam a validade dos resultados, pois com o uso de relações dinâmicas

envolvendo quantidade de movimento e energia, os métodos devem ser avaliados tendo em vista essas grandezas. Os autores calculam a quantidade de movimento e energia pelos diversos métodos e os comparam com os resultados obtidos a partir dos dados experimentais que dispunham. Verifica-se que os erros são bastante significativos mesmo porque sendo a quantidade de movimento uma função quadrática da vazão e a energia uma função cúbica da vazão, a grandeza dos erros derivadas da forma de cálculo da vazão é acentuada quando avaliadas em termos de quantidade de movimento e de energia.

Os ensaios de Wormleaton e Hadjipanós(1985) foram realizados num canal em perspex com 10,75 m de comprimento e 1,21 m de largura com declividade variável. No interior do canal, blocos de concreto de 0,46 m de largura e 0,12 m de altura foram dispostos ao longo de ambos os lados, resultando numa seção composta simétrica com um canal central de 0,29 m de largura e 0,12 m de profundidade em relação às planícies laterais cada qual com 0,46 m de largura. O canal principal revestido com perspex tinha um coeficiente de Manning de 0,010. Os blocos de concreto alisado utilizados para conformar as planícies laterais apresentaram um coeficiente de Manning de 0,011 no caso da série de ensaios denominada A. Sobre as planícies de inundação para outras séries de ensaios foram dispostos hemisférios de concreto com 6 mm de diâmetro para fornecer coeficientes de Manning de 0,014, 0,017 e 0,021 para as séries de ensaios B, C e D respectivamente.

Os resultados dos ensaios realizados estão apresentados na tabela 3.1, onde estão identificados pelo nome da série e a profundidade em milímetros sobre a planície. As comparações entre

os métodos de subdivisão da seção são feitas quanto a subdivisão vertical e horizontal, considerando-se ou não a fronteira de subdivisão no perímetro molhado. Na tabela 3.1 identifica-se estes métodos pelas letras V e H respectivamente, seguida pela letra 1 ou 2 caso tenha sido considerada a fronteira no perímetro molhado ou não respectivamente. Visto que os resultados com fronteira diagonal ou horizontal deram resultados muito semelhantes, na tabela 3.1 não constam os resultados referentes à fronteira diagonal.

Na tabela 3.1, apresentam-se os erros devidos a metodologia de cálculo de vazão, sendo estes obtidos comparando os valores calculados com os medidos nos ensaios realizados em modelo reduzido.

Tabela 3.1 Erros Percentuais na Vazão

Ref.: Wormleaton e Hadjipanagos(1985), página 359

Ensaio	Método Ve(2)			Método VI		
	Canal Central	Planície	Total	Canal Central	Planície	Total
A/30	+25,6	-24,1	+ 9,7	+16,9	-24,1	+ 3,8
A/50	+21,3	-25,3	- 0,1	+ 8,1	-25,3	- 7,3
A/70	+27,7	-15,6	+ 4,8	+ 9,3	-15,6	- 3,9
B/30	+20,1	-21,1	+ 9,3	+11,5	-21,1	+ 3,0
B/50	+33,5	-17,9	+12,9	+19,0	-17,9	+ 4,2
B/70	+30,5	-24,6	+ 2,7	+11,6	-24,6	- 6,6
C/30	+54,6	- 6,9	+40,4	+43,6	- 6,9	+32,2
C/50	+57,0	-12,9	+30,5	+39,9	-12,9	+19,9
C/70	+43,0	-28,5	+ 7,9	+22,3	-28,5	- 2,6
D/30	+65,1	+ 1,2	+52,7	+53,7	+ 1,2	+43,5
D/50	+65,5	-17,4	+36,2	+47,5	-17,4	+24,5
D/70	+50,4	-35,2	+ 9,8	+28,6	-35,2	- 1,7

Ensaio	Método He			Método Hi		
	Canal Central	Planície	Total	Canal Central	Planície	Total
A/30	+ 8,1	-15,9	- 2,8	-19,2	-15,9	-17,7
A/50	- 3,1	-13,1	- 9,3	-27,5	-13,1	-18,5
A/70	- 4,2	- 0,4	- 1,5	-28,3	- 0,4	- 8,5
B/30	+ 2,4	-20,8	- 7,2	-23,5	-20,8	-22,4
B/50	+ 6,1	-10,3	- 3,3	-20,6	-10,3	-14,6
B/70	- 2,7	-13,3	-10,0	-27,2	-13,3	-17,6
C/30	+31,2	-10,2	+15,5	- 1,9	-10,2	- 5,1
C/50	+24,5	- 7,3	+ 6,6	- 6,9	- 7,3	- 7,1
C/70	+ 6,8	-18,9	-10,7	-20,1	-18,9	-19,3
D/30	+42,1	-12,3	+22,8	+ 6,3	-12,3	- 0,3
D/50	+30,6	-14,6	+ 6,1	- 2,3	-14,6	- 9,0
D/70	+10,3	-27,3	-14,8	-17,5	-27,3	-24,0

2 - Onde:

Método Ve- interface vertical entre canal principal e planície, não considerando a interface no perímetro molhado do canal principal.

Método VI- interface vertical computada no cálculo do perímetro molhado do canal principal.

Método He - interface horizontal definindo uma zona de fluxo superior e outra inferior a partir do plano das planícies laterais. Neste caso, a interface não é computada no perímetro molhado do fluxo inferior.

Método Hi - interface horizontal como acima definida, porém computada no perímetro molhado do fluxo inferior.

Talvez o fato mais apreciável dos resultados seja que para os métodos de interface vertical, mesmo se a descarga total seja calculada com alguma precisão, as vazões calculadas no canal principal e na planície apresentam erros significativos. Em geral uma superestimativa da capacidade do canal principal é compensada por uma subestimativa da capacidade de descarga das planícies laterais. Isto é verdadeiro para as duas séries de ensaios com menor rugosidade sobre as planícies e mais notavelmente para grandes profundidades sobre a planície, na série de ensaios com maior rugosidade. No caso da interface horizontal, o método He fornece vazões para o canal principal que são razoavelmente precisas com planícies mais lisas, mas que se tornam progressivamente superestimadas com o aumento da rugosidade sobre a planície. O método H1 fornece menores descargas para o canal principal. É mais preciso para planícies mais rugosas, mas subestima as vazões para planícies mais lisas. Estas mesmas variações são refletidas nas vazões totais.

Em geral, para maiores profundidades sobre as planícies, os métodos de interface vertical fornecem vazões totais mais precisas do que os métodos de interface horizontal. Entretanto, as diferenças entre a quantidade de movimento e energia para o canal principal e para a planície, calculadas diretamente a partir dos resultados experimentais e estas grandezas obtidas a partir do cálculo de vazão com a interface horizontal, são geralmente menores do que com a interface vertical.

Tabela 3.2 Erros Percentuais na Quantidade de Movimento e de Energia

Ensaio	Erro Percentual no Fluxo de Quantidade de Mov.				Erro Percentual no Fluxo de Energia Cinética			
	Ve	Método			Ve	Método		
		Vi	He	Hi		Vi	He	Hi
A/30	+27,9	+12,7	- 5,6	-35,4	+59,5	+30,2	- 3,7	-48,7
A/50	+ 4,6	-12,2	-19,4	-35,1	+17,4	-12,2	-27,2	-47,8
A/70	+13,4	- 7,3	- 4,9	-16,6	+29,6	- 7,8	- 7,4	-22,1
B/30	+25,4	+11,5	-15,8	-46,0	+54,6	+25,3	-16,3	-60,3
B/50	+35,1	+13,8	-13,5	-36,4	+79,5	+32,6	-16,1	-50,6
B/70	+11,4	- 9,2	-27,0	-40,5	+37,1	- 5,5	-36,5	-54,5
C/30	+111,7	+85,0	+39,2	-13,2	+236,5	+172,4	+80,5	-17,9
C/50	+ 90,6	+55,5	+14,5	-18,7	+202,5	+117,6	+30,8	-28,5
C/70	+ 33,9	+ 3,9	-20,0	-36,9	+85,5	+ 21,4	-25,4	-50,6
D/30	+146,5	+114,5	+56,7	- 5,3	+301,8	+224,8	+111,0	- 7,7
D/50	+114,1	+ 72,6	+17,5	-20,9	+261,9	+158,3	+ 43,0	-29,3
D/70	+ 45,1	+ 10,6	-24,7	-44,1	+117,6	+ 39,6	- 27,2	-57,8

Pode-se verificar pela tabela 3.2 que os padrões dos erros obtidos seguem aqueles obtidos com o cálculo das vazões. Entretanto, a magnitude dos erros percentuais no fluxo de quantidade de movimento são maiores do que aqueles encontrados no cálculo das vazões e mais ainda o relativo ao fluxo de energia cinética.

Knight e Demetriou (1983) analisam a questão quanto a distribuição de tensões tangenciais e de velocidades num canal liso e planícies de inundação simétricas. Entre suas conclusões tem-se que a força cisalhante aparente na interface entre a planície de inundação e o canal principal é fortemente dependente da profundidade, principalmente para relações largura da planície-largura do canal principal muito grandes. As forças cisalhantes apresentam-se sempre positivas indicando que as planícies de inundação retardam o fluxo no canal principal. A força cisalhante aparente numa interface horizontal dividindo uma região do canal principal inferior ao nível da planície de

inundação da região acima, se altera tanto com a variação da relação entre largura da planície/largura do canal principal, como das profundidades no canal principal e sobre a planície de inundação.

Knight e Hamed (1984) investigam a questão da seção composta com planícies de inundação mais rugosas do que o canal principal. Analisam 6 diferentes casos de rugosidade para as planícies de inundação e para o de maior de rugosidade avaliam a questão das larguras relativas da planície/canal principal.

A figura 3.4 representa os principais mecanismos de interação entre as diferentes partes da seção composta. A distribuição de tensões tangenciais ao longo do perímetro molhado é influenciada pela forma da seção transversal, pela presença de correntes secundárias e pela distribuição da rugosidade. A vorticidade longitudinal desenvolve-se em regiões de canto, ao longo de saliências e ao redor de seções reentrantes. Ocorre também em canais abertos com seção transversal retangular. No caso de uma seção composta, a corrente secundária ao longo do canto reentrante entre planície de inundação e canal principal é usualmente sobreposta nesta região pela forte vorticidade na direção vertical. Ao longo desta interface vertical famílias de vórtices de eixos verticais transferem quantidade de movimento lateralmente entre planície de inundação e canal principal.

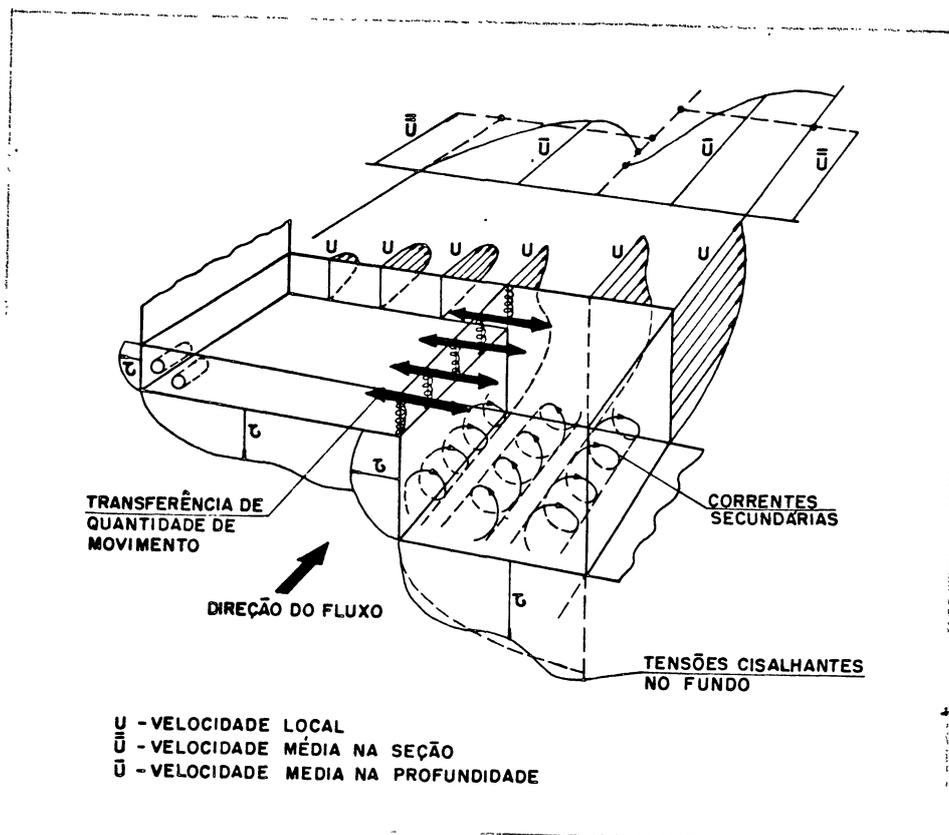


Figura 3.4 Aspectos Hidráulicos do Fluxo no Canal Composto

Fonte: Knight e Hamed(1984), página 1413

O tema vazões de cheias em canais e planícies de inundação foi particularmente tratado no 21<sup>o</sup> Congresso da Associação Internacional de Pesquisa Hidráulica (IAHR), realizado na Austrália em agosto de 1985. Diversos trabalhos foram apresentados principalmente analisando a distribuição das tensões tangenciais e de vazão entre o canal principal e a planície de inundação, como os de Avalian e Chu(1985), Apelt et alii(1985), Chee e Ray(1985), McKee et alii(1985), Nallury e Judy(1985), Pasche et alii(1985), Radojkovic e Djorjevic(1985), Yen(1985), Yen et alii(1985) e Zhleznyakov(1985).

Alavian e Chu (1985) apresentam uma formulação matemática da turbulência em canais de seção composta com a qual obtêm

distribuições de velocidades que comparadas a resultados experimentais apresentam uma boa concordância.

Chee e Ray (1985) propõe um método teórico de calcular a vazão em canais de seção composta com diferença de rugosidade na seção sem o recurso ao gradiente comum de energia que é a hipótese sempre utilizada em outros procedimentos de cálculo da vazão.

Para facilitar a compreensão da simbologia utilizada, apresenta-se a figura 3.5, onde as grandezas consideradas estão representadas. Devido ao caráter turbulento do fluxo, pode-se descrever a tensão cisalhante como:

$$\tau_t = \rho g S (Y - y) \quad (3.4)$$

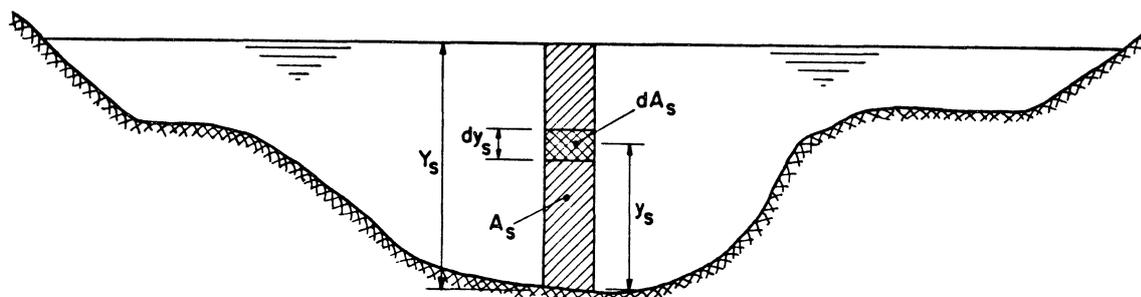


Figura 3.5 Seção transversal com os parâmetros como considerados por Chee e Ray (1985).

Fonte: Chee e Ray (1985), página 454

A distribuição de velocidade de uma corrente utilizando a teoria do comprimento de mistura de Prandtl pode ser descrita por:

$$\tau_t = \rho k^2 y^2 \left( \frac{du}{dy} \right)^2 \quad (3.5)$$

Considerando a seção transversal composta por um conjunto de fatias verticais e combinando as equações 3.4 e 3.5 aplicadas a cada uma destas fatias:

$$\frac{du_s}{dy_s} = \frac{1}{ky_s} [g S_s (Y_s - y_s)]^2 \quad (3.6)$$

Onde o subscrito "s" foi adicionado indicando a variável relacionada a uma fatia vertical específica.

Seja  $e_s = y_s/Y_s$  e substituindo em 3.6:

$$\frac{du_s}{de_s} = \frac{V_{*s}}{k} \frac{(1 - e_s)^{1/2}}{e_s} \quad (3.7)$$

Sendo:

$$V_{*s} = (g Y_s S_s)^{1/2} \quad (3.8)$$

Integrando a equação 3.7 tem-se:

$$u_s = \frac{V_{*s}}{k} F_1(e_s) + C_s \quad (3.9)$$

Onde:

$$F_1(e_s) = 2(1 - e_s)^{1/2} - \ln \frac{[1 + (1 - e_s)^{1/2}]}{[1 - (1 - e_s)^{1/2}]} \quad (3.10)$$

A constante de integração C pode ser obtida pela equação da continuidade aplicada a fatia vertical:

$$\int_0^{Y_s} u_s dA_s = A_s V_s \quad (3.11)$$

Onde  $dA_s$  representa uma área horizontal pequena numa fatia vertical de largura  $dy_s$  e a uma distância  $y_s$  do leito;  $A_s$  e  $V_s$

representam a área e a velocidade da faixa vertical.

A equação 3.11 pode ser transformada em:

$$V_s = \int_0^1 u_s d\epsilon_s \quad (3.12)$$

A solução de 3.12 resulta para  $C_s$  :

$$C_s = V_s + \frac{2}{3} \frac{V_s^2}{k} \quad (3.13)$$

Substituindo-se 3.13 em 3.9:

$$u_s = V_s - \frac{V_s^2}{k} F_2(\epsilon_s) \quad (3.14)$$

Onde:

$$F_2(\epsilon_s) = -F_1(\epsilon_s) - \frac{2}{3} \quad (3.15)$$

Sendo a equação 3.14 a equação geral para o perfil de velocidades em uma faixa vertical.

Para relacionar as velocidades nas fatias verticais a velocidade média do canal,  $V$ , uma equação normalizada é usada de forma:

$$\frac{u_s}{V} = E1 \left( \frac{u_s}{V} \right)^{E2} \quad (3.16)$$

Onde  $u_s/V$  é o perfil de velocidade adimensional de uma fatia vertical que pode ser expressa utilizando as equações 3.14 e 3.15 como:

$$\frac{u_s}{V} = 1 - \frac{g^{1/2} h_s^{1/2}}{y_s^{1/2} k} F_2(\epsilon_s) \quad (3.17)$$

Utilizando-se a equação de Manning aplicada a fatia vertical da forma:

$$V_s = \frac{1}{n_s} Y_s^{2/3} S_s^{1/2} \quad (3.18)$$

A equação da continuidade que também é empregada:

$$\Sigma \left( E1 \left( \frac{u}{v_s} \right)^{E2} v A_s \right) = A V \quad (3.19)$$

São empregadas também relações para as tensões tangenciais.

Para as fatias verticais tem-se:

$$\Sigma \rho g Y_s S_s = \Sigma \tau_{vs} \quad (3.20)$$

Onde  $\tau_{vs}$  representa a tensão tangencial obtida pela extrapolação da tensão turbulenta à parede.

A segunda relação pode ser escrita como:

$$\Sigma \rho g A_s S_s = \rho g A S_o \quad (3.21)$$

A solução das equações depende de se obter valores dos coeficientes E1 e E2. Chee e Ray (1985) obtiveram em seus ensaios valores para diversas formas diferentes de seções transversais. O coeficiente E1 resulta igual a 1 independentemente da forma da seção transversal. O coeficiente E2 depende da forma da seção e varia entre 0,9 e 1,2.

A solução do problema se inicia com a equação 3.16 e sabendo-se que E1 tem um valor unitário e é independente da forma da seção transversal, o valor do expoente de velocidade E2 pode ser calculado utilizando 3.19 e 3.22 se a vazão e logo a velocidade média é conhecida; a declividade de energia do canal pode ser calculada. As velocidades das faixas verticais pode ser obtida de 3.14 e logo todos os parâmetros do canal são conhecidos.

Entretanto, se a vazão total para uma dada profundidade é desconhecida e a declividade do canal é conhecida, é necessária uma solução iterativa: primeiro estima-se uma velocidade média utilizando a declividade do canal para determinar a primeira

aproximação para E2. As relações 3.20 e 3.21 são empregadas para confirmar os resultados. Correções sucessivas são realizadas na velocidade média até se atingir a precisão desejada.

McKee, Elsayy e McKeogh (1985) apresentam uma análise teórica do mecanismo de transferência de momento na seção transversal bem como resultados de seus experimentos. Verificam que com o aumento da profundidade sobre a planície, a capacidade de descarga do canal principal reduz-se, sendo que a maior redução ocorre para a relação entre profundidade na planície e no canal principal na faixa de 0,13 e 0,19, sendo o valor exato para essa relação de profundidades dependente da relação entre a largura da planície e do canal principal. O efeito sobre a planície é do aumento de sua capacidade de descarga. Eles estimam em até 25 % a redução de velocidades no canal principal, enquanto que a tensão tangencial sobre a planície pode ser aumentada em até 250 % em relação aos valores calculados considerando-se a planície isoladamente.

Nalluri e Judy (1985) investigam a distribuição de velocidades e tensões em canais compostos. Os autores fazem uma integração dos perfis de velocidade e admitindo uma interface vertical entre planície e canal principal sem levá-la em conta na determinação do perímetro molhado, calculam coeficientes de Manning. Verificam que com essa forma de cálculo, o coeficiente de Manning no canal principal apresenta acréscimos com o aumento de profundidade sobre a planície. Estes acréscimos são mais significativos para baixas profundidades sobre a planície, porém os autores observaram-nos inclusive para profundidades significativas sobre a planície.

Esses autores avaliando os diferentes métodos de cálculo de

capacidade de descarga, verificam que todos os métodos tendem a superestimar a capacidade de descarga para pequenas profundidades sobre a planície, exceto o cálculo como seção única que a subestima. Indicam que o cálculo como seção única pode ser preferido nos casos em que canal principal e planície tenham a mesma rugosidade como em canais artificiais.

Quanto a divisão por interface vertical, método Vi ou Ve, assinalam que as tensões tangenciais aparentes são consideravelmente maiores do que as tensões médias sobre o canal principal, particularmente para pequenas profundidades sobre a planície de inundação. Consequentemente, os métodos Vi ou Ve tendem a superestimar a vazão total, visto assumirem perdas de carga menores do que aquelas que efetivamente ocorrem. Para profundidades maiores sobre a planície, ambos os métodos tendem a tornar-se mais precisos. Quanto aos métodos De e Di, verificam que o De tende a superestimar a vazão ao ignorar o perímetro da interface, enquanto que o método Di tende a ser mais preciso, apesar de superestimar em até 15% as vazões para pequenas profundidades sobre a planície. Seu desempenho, porém, melhora consideravelmente para grandes profundidades. Entretanto, não sugerem a adoção deste método como um método geral. Verifica-se que o método Hi tende a dar melhores resultados em todas as faixas no caso de um canal de mesma rugosidade. Verifica-se também que todos os métodos tendem a produzir resultados mais precisos com profundidades maiores e a escolha de qualquer método depende da simplicidade de sua aplicação a uma dada seção transversal. Citam estudos de Posey, os quais indicam para o caso da presença de sebes e árvores ao longo da margem do canal principal o método

Vi. Estudos experimentais dos próprios autores confirmam esta opção.

Yen et alii(1985) avaliam a influência das planícies de inundação nos cálculos de remanso. Verificam que o método convencional de estimativa de um coeficiente de rugosidade composto para toda a seção e aplicado ao cálculo de remanso é aceitável quando a relação entre profundidade na planície e no canal principal é superior a 50 %. Comparam as diferentes formas de cálculo do coeficiente de Manning e verificam que a fórmula que melhores resultados fornece é a 3.3, que assume a mesma declividade de energia para todas as parcelas da seção. Entretanto, quando a relação entre as profundidades entre a planície e canal principal é pequena, o erro no cálculo de remanso utilizando um coeficiente de Manning composto é significativo. Yen et alii (1985) presumem ser este erro mais significativo quanto mais pronunciado seja a diferença de rugosidades entre a planície e o canal principal. Sendo este erro maior também quando a profundidade do canal principal seja significativa em relação à sua largura e quando a largura da planície de inundação é significativa em relação à largura do canal principal.

Pasche, Rouve e Evers (1985) apresentam um método de cálculo baseado em modelo de turbulência com duas equações de transporte, denominados  $k-\epsilon$ , onde  $k$  representa a energia cinética de turbulência por unidade de massa e  $\epsilon$  é a taxa de dissipação de energia cinética de turbulência ou coeficiente de difusividade. Uma referência a respeito destes modelos de turbulência é Eiger(1989). Estes autores procuraram representar o fluxo num canal composto com planície de inundação com vegetação em grande

quantidade. Apresentam resultados promissores, porém a aplicação prática deste modelo depende de um maior volume de experiências visando avaliar o coeficiente de difusividade.

Pasche e Rouve (1985) apresentaram uma formulação unidimensional num modelo mais simples, onde desenvolvem as equações conforme as regiões do fluxo que estão definidas na figura 3.6. Neste trabalho, a resistência devido ao intercâmbio de momento é considerada pela subdivisão de toda a seção em parcelas diferentes e representam as tensões cisalhantes turbulentas como tensões cisalhantes em paredes. A formulação para cada seção resulta da aplicação da equação de Darcy-Weisbach.

$$v = \sqrt{\frac{8g}{\sum \frac{(\lambda_i \cdot P_i)}{P}}} \sqrt{R \cdot S_0} \quad (3.22)$$

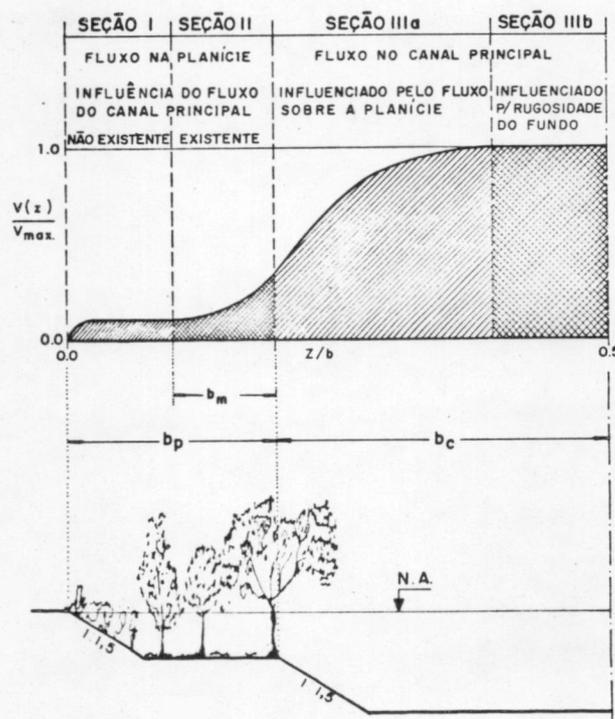


Fig 3.6-Canal Composto e a classificação de regiões de fluxo conforme Pasche e Rouve(1985)

Para cada parcela da seção, conforme a classificação da figura 3.6, diferentes correlações são consideradas para o fator  $\lambda_{L1}$ . Por exemplo, para a região de planície considerada como não influenciada pelo fluxo no canal principal, as relações de  $\lambda$  são deduzidas a partir de considerações das forças de arraste do fluxo sobre a vegetação, conseqüentemente utiliza-se uma formulação onde o equacionamento baseia-se em parâmetros da vegetação. Os autores apresentam uma formulação para cada zona de fluxo específica. Resulta um modelo de cálculo de descarga para a seção complexo e dependente de muitos parâmetros experimentais.

O interesse pela questão do mecanismo de interação entre o canal principal e as planícies laterais tem levado a diversos trabalhos como os citados e justificou a publicação de quatro trabalhos relacionados ao tema e baseados em dados obtidos a partir de uma única instalação experimental de grande porte num unico numero recente (1990) no Journal of Hydraulic Research (Vol. 28, numero 2). Conforme nota do Editor prof. Paul Novak, este era um fato inédito nesta publicação.

Desses trabalhos, dois tem relação mais direta ao tema desta tese: os apresentados por Myers e Brennan (1990) e Wormleaton e Merrett (1990).

Os dados desses trabalhos (além dos citados acima, os de Knight e Shiono (1990) e Elliott e Sellin (1990), são obtidos a partir de um canal experimental de grande porte construído nos laboratórios de Wallingford (Inglaterra). Esse canal foi preparado em concreto alisado com 50 metros de comprimento e uma largura total de 10 metros, sendo possível definir diferentes composições entre canal principal e planícies de inundação. Ele

foi utilizado num programa de pesquisa envolvendo pesquisadores das universidades de Birmingham, Bristol, Londres e Ulster.

As conclusões apresentadas por Myers e Brennan (1990) confirmam a importância do mecanismo de transferência de quantidade de movimento na capacidade de descarga do canal principal e de suas planícies laterais. Os autores reconhecem a possibilidade de grandes erros no cálculo da capacidade de descarga em rios e canais de seção de forma composta.

Wormleaton e Merrett (1990) utilizam os dados para fazer comparações com os métodos de cálculo de descarga, já citados, baseados na definição da interface entre as partes, considerando tanto a inclusão da dimensão desta interface ou não no cálculo do perímetro molhado. Nesta comparação com dados de diferentes relações entre as dimensões das planícies laterais e canal principal, bem como de diferenças em termos de coeficientes de rugosidade entre o canal principal e as planícies laterais, concluem que o que fornece a melhor performance em termos de vazão total foi o De (interface diagonal não considerada no perímetro molhado do canal principal). Entretanto, ao considerarem os métodos em termos de sua precisão no cálculo da capacidade de descarga de cada parte da seção, os autores verificaram não haver um método de cálculo que sempre apresentasse resultados melhores. Esses autores revisam também uma metodologia baseada no uso de coeficiente  $\theta$  sugerido por Ervine e Baird (1982) e também citado por Radojkovic (1985), que é uma relação entre a força cisalhante na interface e a componente do peso da água na direção do escoamento. Assinalam que o uso deste coeficiente resulta numa melhoria significativa dos resultados.

principalmente para as metodologias baseadas na interface diagonal e vertical. A melhoria nos resultados foi observada principalmente no caso de planícies laterais largas e bastante mais rugosas que o canal principal.

Os diversos trabalhos citados tem em comum a análise do mecanismo de transferência da quantidade de movimento entre o canal principal e as planícies laterais e as consequências deste mecanismo em termos de distribuição de velocidades e tensões cisalhantes. Existe na bibliografia um grande número de proposições em termos de metodologia para o cálculo da capacidade de descarga de seções compostas. Não se pode, entretanto, apresentar-se um método como o mais indicado para qualquer caso. Há diferentes linhas de pesquisa sendo desenvolvidas que apresentam formulações para o problema, entretanto não tem ainda um volume de dados que permitam generalizar a sua aplicação a diversas geometrias. Uma metodologia que é promissora é a desenvolvida a partir dos estudos de Ervine e Baird (1982), e continuada por Radojkovic (1985) e Wormleaton e Merret (1990). Essa metodologia consiste na consideração de um coeficiente  $\theta$  que visa corrigir os valores de cálculo baseados na subdivisão da seção entre o canal principal e as planícies laterais. Entretanto, há a necessidade de mais estudos experimentais que possam aumentar a faixa de validade das relações apresentadas no trabalho de Wormleaton e Merret (1990).

Tem-se em comum em todos os estudos a consideração da subdivisão da seção transversal. A inclinação da fronteira entre as partes da seção apresenta indicações diferentes na bibliografia, conforme fatores como as larguras relativas entre

canal principal e planície, a profundidade do fluxo sobre a planície e a rugosidade relativa da planície lateral. Os estudos de Wormleaton e Merret (1990) apresentam também a vantagem de se considerar o comprimento da fronteira definida entre as partes da seção transversal como parte do perímetro molhado do canal principal.

Neste trabalho, a capacidade de descarga será considerada a partir da subdivisão da seção transversal. Como a bibliografia citada apresenta diferentes indicações de inclinação da fronteira, no desenvolvimento do modelo computacional essa definição deixa-se para o usuário que conforme o caso que esteja estudando poderá optar por uma inclinação diferente. Em todos os cálculos se levará em conta o perímetro da interface resultante entre as partes da seção no perímetro molhado do canal principal.

### 3.2 O Coeficiente Corretor da Quantidade de Movimento e a Propagação de Cheias

Ao decidir-se pela consideração da propagação de cheias em canais de seção composta e fazer-se considerações a respeito da capacidade de descarga resultante da interação entre o canal principal e as planícies de inundação, não se poderia abster de analisar a influência que essa não uniformidade de velocidades na seção transversal tem sobre a própria propagação, levada em conta pelo coeficiente  $\beta$ .

Para se ter em conta a influência deste coeficiente  $\beta$  pode-se citar a seguinte exemplificação. Admitindo-se que as planícies de inundação tenham velocidades desprezíveis e tendo-se

$\beta$  definido por:

$$\beta = \frac{\sum Q_i V_i}{Q V} \quad (3.23)$$

onde  $Q = \sum Q_i$  e  $V = \frac{Q}{\sum A_i}$

Sendo  $Q_{p1}$  e  $Q_{p2}$ , as vazões correspondentes a planície lateral esquerda e direita, aproximadamente zero:

$$\beta = \frac{Q_{p1} V_{p1} + Q_c V_c + Q_{p2} V_{p2}}{Q V} = \frac{0 + Q_c V_c + 0}{Q V}$$

Consequentemente  $Q_c = Q$ :

$$\beta = \frac{Q \cdot Q / A_c}{Q \cdot Q / (A_{p1} + A_c + A_{p2})} = \frac{A_{p1} + A_c + A_{p2}}{A_c}$$

Logo:

$$\beta = 1 + \frac{A_{p1} + A_{p2}}{A_c} \quad (3.24)$$

Ou seja no limite da velocidade desprezível sobre a planície, o coeficiente  $\beta$  torna-se uma função unicamente da relação entre as áreas de planície e a do canal principal. Podendo consequentemente assumir valores bastante significativos no caso de planícies bastante extensas em relação ao canal principal.

Tingsanchalli e Ackermann (1976) desenvolveram um modelo matemático aplicando as equações completas de Saint Venant tendo

em conta o coeficiente  $\beta$  e aplicaram aos rios Bicol e Sipocot na ilha de Luzon nas Filipinas. O rio Bicol caracteriza-se nas proximidades da cidade de Naga pelas extensas planícies de inundação. Os autores compararam os resultados considerando apenas o efeito de armazenamento na planície com os do modelo que leva em conta o escoamento sobre a planície. Pode-se ver pelas figuras 3.7 e 3.8 esta comparação, inclusive com os resultados das medições efetuadas. Verifica-se que um nível maior e uma vazão menor são obtidos quando se leva em conta apenas os efeitos de armazenamento. Pela figura 3.8 pode-se verificar que o coeficiente  $\beta$  aumenta com o nível de água, sendo o seu valor mínimo igual a 1, correspondendo ao fluxo apenas no canal principal.

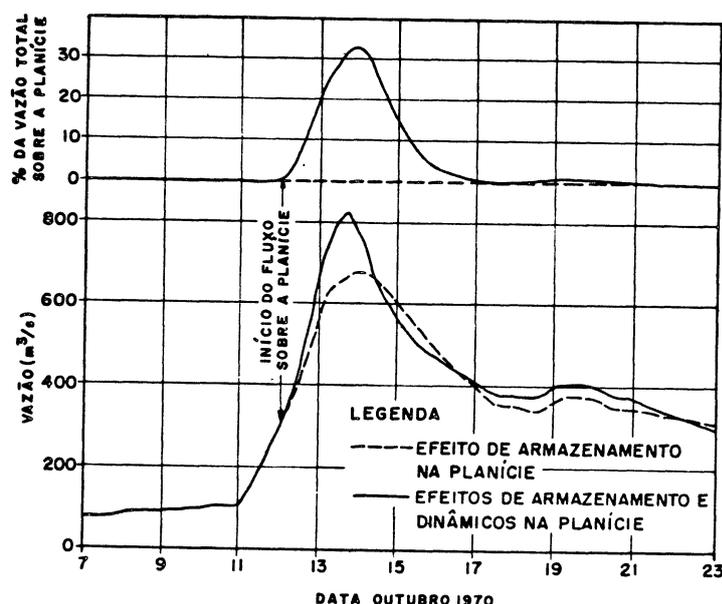


Figura 3.7 Vazão total e sobre a planície na cidade de Naga

Fonte: Tingsanchalli e Ackerman(1976), página 1022

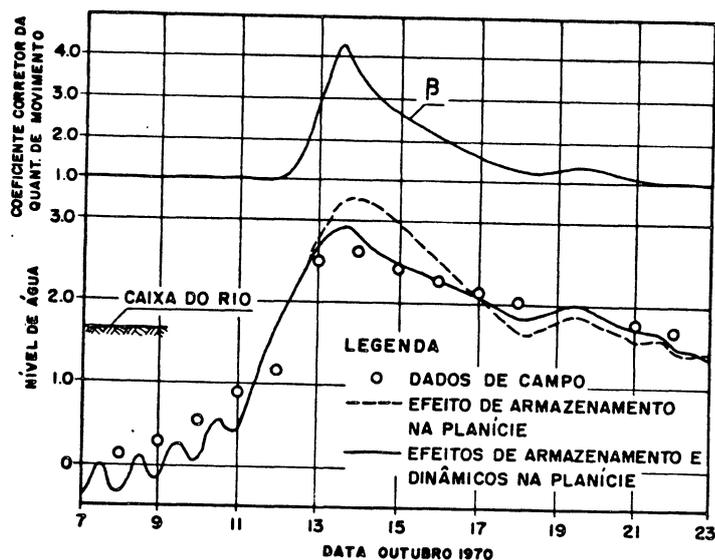


Figura 3.8 Nível d'água e fator  $\beta$  na cidade de Naga

Fonte: Tingsanchalli e Ackermann (1976), página 1021

Tingsanchalli e Ackermann (1976) discutem também a questão da representação da geometria no modelo, visto que enquanto o modelo considera a mesma distância entre seções transversais, tanto para o canal principal como para as planícies, na realidade as distâncias são diferentes devido aos meandros. Para representar os volumes de forma coerente, sugerem que as dimensões sejam corrigidas pela relação entre os comprimentos ao longo da planície e ao longo do canal principal, sendo este último o considerado no modelo. Para que haja uma correta representação das vazões sobre as planícies, os autores sugerem uma correção nos coeficientes de Manning, com base na fórmula:

$$\frac{n_p^*}{n_p} = \left( \frac{L_p}{L_c} \right)^{3/2} \quad (3.25)$$

Onde:

$L_c$  - distância entre seções ao longo do canal principal;

$L_p$  - distância entre seções ao longo da planície;

$n_p$  - coeficiente de Manning relativo a planície lateral;

$n_p^*$  - coeficiente de Manning relativo a planície lateral, ajustado para levar em conta os efeitos dos diferentes comprimentos ao longo da planície e ao longo do canal principal.

Neste trabalho, baseando-se em medições de descarga realizadas durante a cheia de Julho de 1983 no rio Iguaçu em União da Vitória realizadas pela COPEL, obteve-se, com as definições básicas dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  (equações 3.26 e 3.27) e fazendo uso dos valores de velocidade média determinada nas verticais utilizadas para a medição de descarga, valores para estes coeficientes. A tabela 3.3 apresenta os valores dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  calculados a partir dos valores de velocidade medidos em campo.

$$\beta = \frac{\sum Q_i v_i}{Q v} \quad (3.26)$$

$$\alpha = \frac{\sum Q_i v_i^2}{Q v^2} \quad (3.27)$$

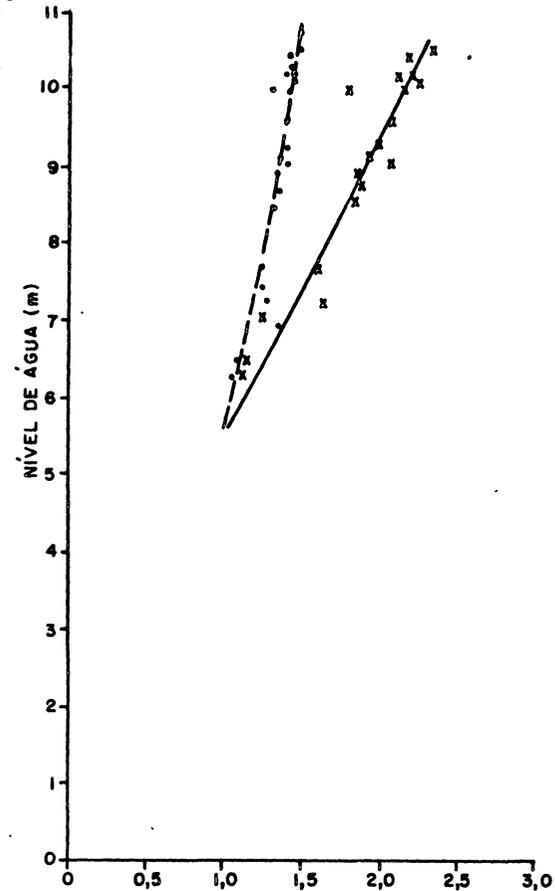
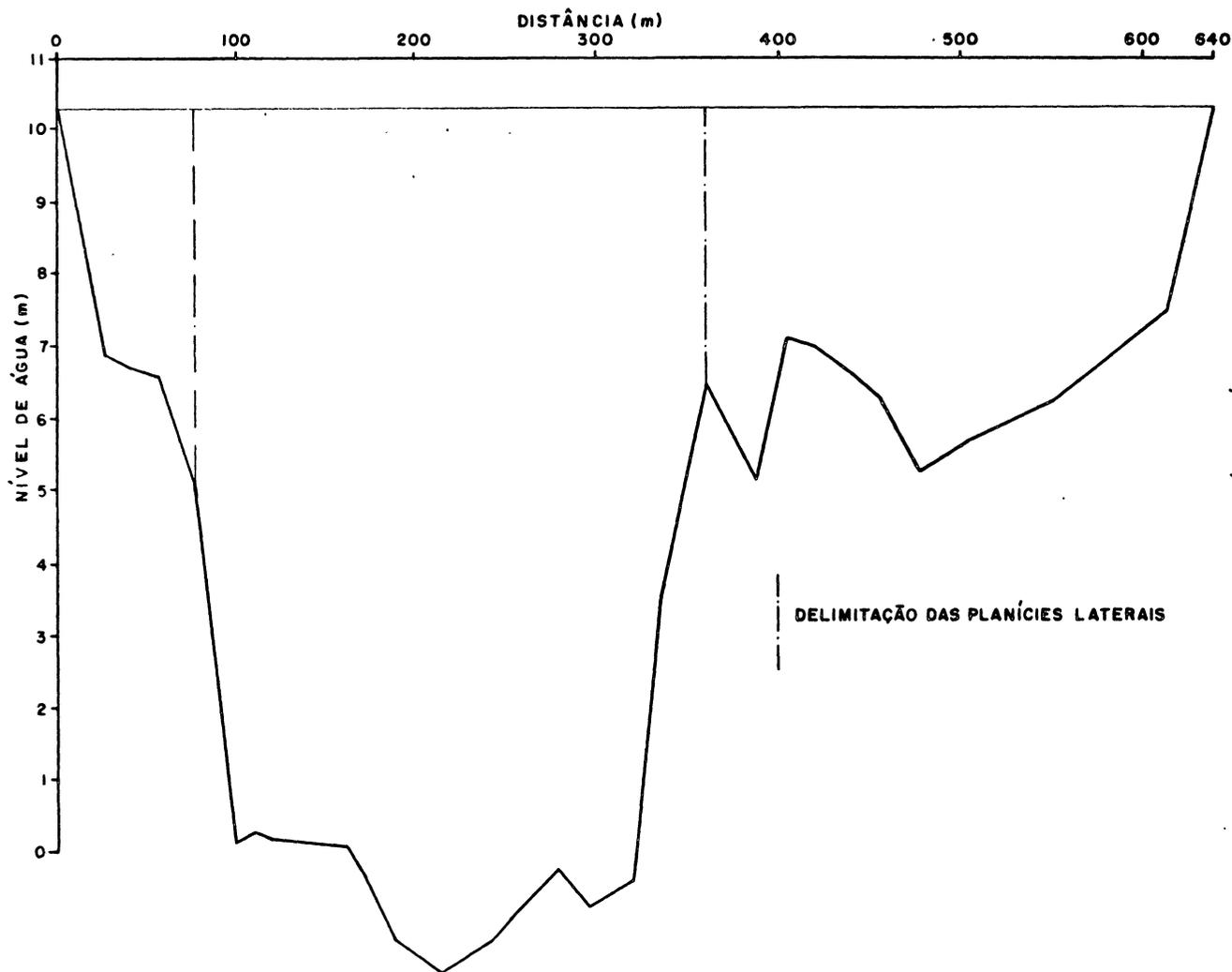
Tabela 3.3 Dados das Medições de Descarga em União da Vitória

DATA	Nível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	$\beta$	$\alpha$
11/7/83	9,81	3202,6	4357,2	1,288	1,783
14/7/83	9,95	3943,1	4541,3	1,434	2,234
15/7/83	10,02	3813,4	4470,4	1,364	2,028
16/7/83	10,13	3971,9	4716,2	1,434	2,232
17/7/83	10,30	3976,7	4649,1	1,455	2,320
20/7/83	10,27	4135,1	4931,0	1,402	2,134
21/7/83	10,11	4012,8	4743,1	1,419	2,189
22/7/83	9,91	3902,2	4670,2	1,398	2,127
24/7/83	9,45	3673,4	4398,3	1,377	2,048
25/3/83	9,18	3453,9	3933,0	1,358	1,977
27/7/83	9,13	3401,5	3961,4	1,336	1,909
28/7/83	9,03	3384,6	3911,3	1,391	2,058
29/7/83	8,93	3279,1	3952,1	1,313	1,834
30/7/83	8,70	3168,1	3656,7	1,325	1,857
31/7/83	8,44	2993,8	3553,9	1,313	1,823
03/8/83	7,65	2530,4	2902,5	1,225	1,555
05/8/83	7,13	2459,2	2701,8	1,246	1,631
06/8/83	6,95	1962,8	2469,6	1,084	1,200
07/8/83	6,70	1858,3	2361,5	1,062	1,160
08/8/83	6,43	1766,8	2165,9	1,045	1,113
09/8/83	6,25	1710,0	2120,6	1,035	1,090

A seguir foi utilizada a metodologia que encontra-se deduzida no capítulo 4 que permite definir os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  a partir da geometria e definição dos coeficientes de Manning supondo a declividade da linha de energia comum entre o canal principal e as planícies de inundação. A seção de medição está representada na figura 3.9. Com base nessa geometria e fazendo-se uso de um coeficiente de Manning de 0,030 para o canal principal e 0,150 para a planície, subdividindo a seção pelo método Vi (interface vertical com seu comprimento considerado no perímetro molhado do canal principal), foram calculados coeficientes  $\beta$  e  $\alpha$  para os diversos níveis. Os resultados obtidos estão expressos também na figura 3.9, juntamente com os valores de  $\beta$  e  $\alpha$  obtidos a partir das medições de velocidade ao longo da seção tabelados em 3.3.

Pode-se verificar pela figura 3.9 que obteve-se uma boa

aproximação entre os resultados obtidos com base na formulação baseada na declividade comum da linha de energia e os valores calculados a partir das medições de campo.



**LEGENDA**

- x - VALORES DE  $\alpha$  CALCULADOS A PARTIR DOS VALORES MEDIDOS.
- o - VALORES DE  $\beta$  CALCULADOS A PARTIR DOS VALORES MEDIDOS.
- CURVA DE  $\alpha$  CALCULADA ANALITICAMENTE
- - - CURVA DE  $\beta$  CALCULADA ANALITICAMENTE

**FIGURA 3.9 - SEÇÃO TRANSVERSAL DE MEDIÇÃO DE VAZÃO, EM PORTO VITÓRIA (PR) NO RIO IGUAÇU, COM OS RESPECTIVOS GRÁFICOS  $\alpha$  e  $\beta$ .**

### 3.3 O Coeficiente de Manning e o Cálculo da Capacidade de Descarga

A fórmula de Manning-Strickler dada sua simplicidade é até hoje ainda largamente utilizada nos cálculos correntes de Hidráulica:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (3.28)$$

Diversas observações e estudos sustentam a utilização desta fórmula. Como assinala Chow (1959), a maior dificuldade na sua utilização está na estimativa do coeficiente de Manning  $n$ , que significa na realidade estimar a resistência ao fluxo num dado canal. Chow (1959) apresenta quatro alternativas para se efetuar esta estimativa:

- a compreensão dos fatores que afetam o valor de  $n$  e a aquisição de um conhecimento do problema de maneira a reduzir a faixa de incerteza na fixação dos valores;
- a consulta a tabelas de valores típicos de  $n$ ;
- a verificação experimental dos valores de  $n$ ;
- um procedimento analítico de determinação baseado na distribuição teórica de velocidades na seção transversal e sua relação com medições de rugosidade.

Chow (1959) lista os seguintes fatores relacionados aos valores do coeficiente de Manning:

- rugosidade da superfície do leito;
- vegetação;
- irregularidade do canal em termos de seção;
- alinhamento do canal;
- erosão e assoreamento;

- obstruções;
- nível de água;
- alterações sazonais relacionadas ao crescimento de vegetação;
- transporte de sedimentos.

Uma referência importante sempre utilizada é a série de fotografias e valores determinados in loco constante em diversas publicações, das quais se destaca Barnes (1967).

Mondardo e Corradini (1988) apresentam resultados relativos a estudos de cálculo de remanso em rios naturais, acentuando que na determinação do coeficiente de Manning tem importância crucial a representatividade das seções transversais. Frisam a necessidade de além das seções disponíveis a partir de levantamentos de campo, se estimar outras seções intermediárias, com base em fotografias aéreas, mapas e observações locais. No processo de calibragem, em que se procura reproduzir com o modelo de remanso perfis simultâneos disponíveis para diferentes vazões no trecho em estudo, os autores argumentam que os valores de Manning não podem servir para representar perdas de carga oriundas da variação da seção transversal intermediárias as seções consideradas no cálculo, principalmente quando a geometria da seção transversal varia significativamente com o nível de água. Na hipótese de não haver uma boa representação da geometria, o coeficiente de Manning no processo de calibragem será utilizado para representar estas outras perdas de carga. Caso adote-se o coeficiente de Manning unicamente para calibrar o modelo, na hipótese de uma representação não muito fiel da geometria, o modelo de remanso não será confiável fora de sua faixa de calibragem em vista da já citada variação significativa da seção transversal.

Petryk e Bosmajian (1975) apresentam uma metodologia para determinação do coeficiente de Manning em áreas onde a profundidade do fluxo é próxima à da vegetação existente. Baseia-se em hipóteses simplificadoras como supor a vegetação não ter sua verticalidade afetada pela velocidade, a vegetação ser distribuída de forma uniforme lateralmente e não haver grandes variações na velocidade média. Fazendo uso de considerações de conservação da quantidade de movimento, Petryk e Bosmajian chegam a seguinte relação:

$$n = n_b \sqrt{1 + \frac{C_d \sum A_i}{2gAL} \left( \frac{1}{n_b} \right)^2 R^{4/3}} \quad (3.29)$$

Onde:

$A_i$  - área projetada de uma planta  $i$  na direção do fluxo;

$C_d$  - coeficiente de forma utilizado no cálculo da força de arraste;

$L$  - comprimento na direção do fluxo do trecho sendo considerado;

$n_b$  - coeficiente de Manning básico, excluindo efeitos de vegetação;

$R$  - raio hidráulico da seção transversal.

Os autores denominam de densidade de vegetação a seguinte relação:

$$\frac{C_d \sum A_i}{A L} = (n^2 - n_b^2) 2 g R^{4/3} \quad (3.30)$$

Apresentam gráficos como os das figuras 3.10 e 3.11 relacionando a profundidade, a densidade de vegetação e o

coeficiente de Manning determinado através das equações propostas versus valores medidos, verificando um boa aderência, no caso de culturas como trigo e sorgo.

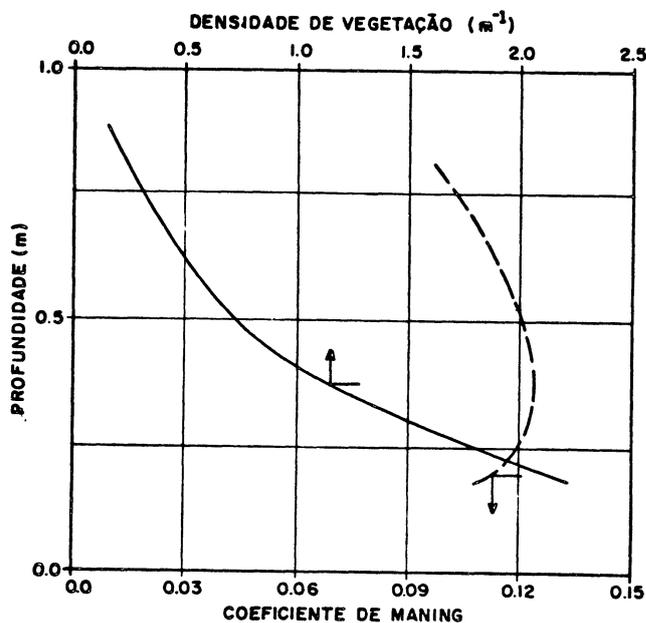


Figura 3.10- Fluxo através de Trigo - Coeficiente de Manning  
Fonte: Petryk e Bosmajian (1975)

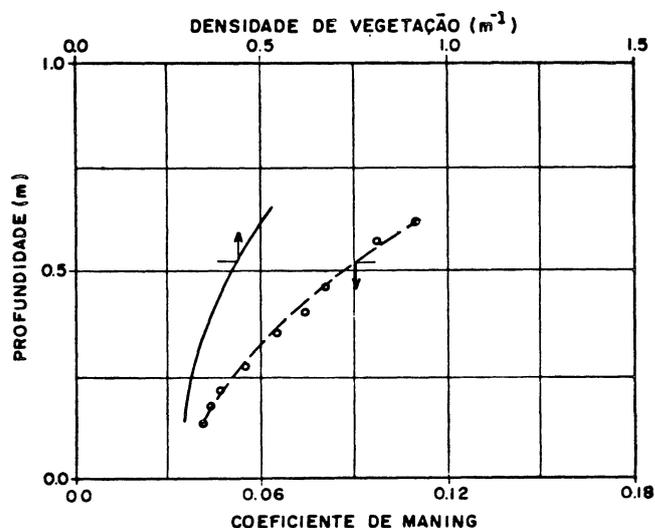


Figura 3.11 Fluxo através de Sorgo - Coeficiente de Manning  
Fonte: Petryk e Bosmajian (1975)

Petryk e Bosmajian (1975) fazem uma aplicação de seus estudos a uma região de planície de inundação com vegetação intensa chegando a valores bastante elevados para coeficientes de Manning de até 0,35, conforme a figura 3.12, que apresenta a vegetação considerada e a relação com o coeficiente de Manning.

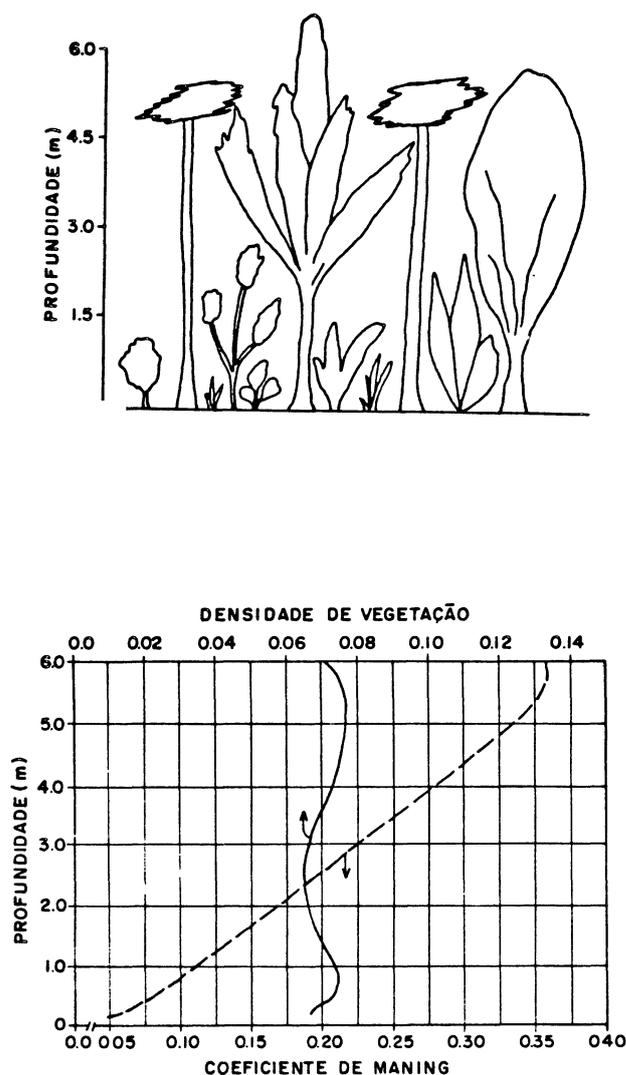


Figura 3.12- Vegetação e rugosidade equivalente de uma planície de inundação típica.

Fonte: Petryk e Bosmajian (1975)

#### 4 MODELO COMPUTACIONAL PROPAGA

Foi desenvolvido um modelo de propagação de ondas de cheias baseado na solução por diferenças finitas das equações de Saint-Venant, com opção pelo esquema de resolução de Preissman ou Vasiliev. O modelo é uni-dimensional e permite considerar a seção composta de canal principal, planícies de inundação e ilha.

O modelo PROPAGA foi desenvolvido visando dar ao usuário uma série de opções de cálculo conforme as características do caso que esteja sendo analisado.

O modelo pode ser utilizado para simular a propagação de cheias numa sequência de reservatórios, bem como considerar o canal prismático ou não. Quando se tratar de canal prismático, basta definir apenas uma seção transversal.

As opções que o usuário tem na utilização do modelo são:

- propagação num único trecho ou numa série de reservatórios;
- tipo de canal: prismático ou não;
- opção de cálculo: Preissmann ou Vasiliev;
- cálculo da capacidade de descarga considerando seção única ou composta;
- condições de contorno de montante e de jusante: hidrograma, cotagrama e curva de descarga. Caso o sistema em análise seja o de uma série de reservatórios, as duas condições de contorno são

fornecidas apenas para o primeiro reservatório e para os demais é fornecida apenas a condição de jusante. A condição de contorno de montante é obtida pelo próprio programa como resultado da propagação no reservatório imediatamente anterior.

Neste trabalho, o cálculo da capacidade de descarga é feito pela subdivisão da seção em até quatro partes: um canal principal, duas planícies laterais e uma ilha no interior do canal principal.

A inclusão da ilha foi necessária devido a aplicação do modelo num trecho do rio Paraná. A ilha é modelada basicamente como se no interior do canal principal, se tivesse uma nova planície de inundação. Os planos de separação entre as diferentes partes da seção são inclinados de um ângulo  $\gamma$  em relação a vertical, conforme a figura 4.1.

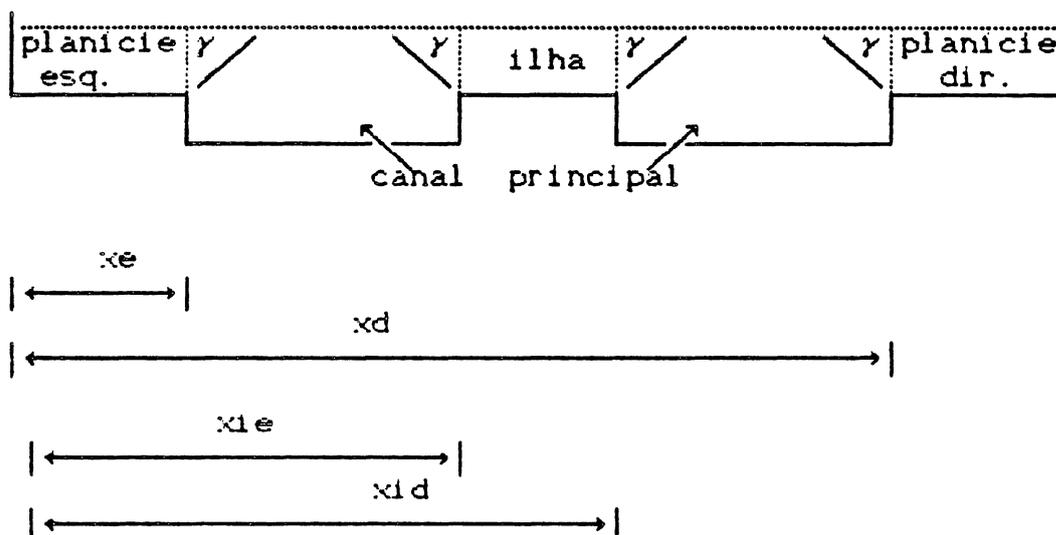


Figura 4.1 Elementos de definição da seção composta do modelo PROPAGA

O usuário do programa define o ângulo  $\gamma$  que especifica o tipo de interface, permitindo que esta seja vertical ou inclinada de um

ângulo  $\gamma$  em relação a vertical.

Optou-se por computar o comprimento desta interface entre as partes do canal no cálculo do perímetro molhado da seção do canal principal conforme as conclusões do capítulo anterior.

Para cada seção transversal deve-se definir "xe" e "xd" que delimitam o canal principal das planícies de inundação esquerda e direita respectivamente, bem como "xie" e "xid" que definem a região do canal principal ocupada por uma ilha. Caso alguma destas parcelas da seção não exista, basta indicar na entrada do programa no local correspondente um valor nulo.

O programa leva em conta também no cálculo da propagação o coeficiente  $\beta$  de quantidade de movimento, conforme consta da dedução do sistema de equações de diferenças finitas aplicáveis constantes dos anexos 1 e 2.

A determinação do coeficiente  $\beta$  é feita a partir das características geométricas e baseia-se na declividade de energia comum admitida entre as diversas partes em que se considera dividido o canal:

$$S_f = \text{cte} = \frac{Q_c^2}{K_c^2} = \frac{Q_e^2}{K_e^2} = \frac{Q_d^2}{K_d^2} = \frac{Q_i^2}{K_i^2} \quad (4.1)$$

Onde o subscrito "c" refere-se ao canal principal, os subscritos "e" e "d" referem-se as planícies laterais esquerda e direita e "i" refere-se a ilha. A partir de 4.1 tem-se:

$$\frac{V_c^2 A_c^2}{K_c^2} = \frac{V_e^2 A_e^2}{K_e^2} = \frac{V_d^2 A_d^2}{K_d^2} = \frac{V_i^2 A_i^2}{K_i^2}$$

Logo:

$$\frac{V_c A_c}{K_c} = \frac{V_e A_e}{K_e} = \frac{V_d A_d}{K_d} = \frac{V_i A_i}{K_i}$$

Tem-se assim:

$$V_e = V_c \frac{A_c}{A_e} \frac{K_e}{K_c} \quad (4.2)$$

$$V_d = V_c \frac{A_c}{A_d} \frac{K_d}{K_c} \quad (4.3)$$

$$V_i = V_c \frac{A_c}{A_i} \frac{K_i}{K_c} \quad (4.4)$$

Define-se as seguintes relações:

$$r_{ae} = \frac{A_e}{A_c}, \quad r_{ad} = \frac{A_d}{A_c}, \quad r_{ai} = \frac{A_i}{A_c}$$

$$r_{ke} = \frac{K_e}{K_c}, \quad r_{kd} = \frac{K_d}{K_c}, \quad r_{ki} = \frac{K_i}{K_c}$$

Que substituídas em 4.2, 4.3 e 4.4:

$$V_e = V_c \frac{r_{ke}}{r_{ae}} \quad (4.5)$$

$$V_d = V_c \frac{r_{kd}}{r_{ad}} \quad (4.6)$$

$$V_i = V_c \frac{r_{ki}}{r_{ai}} \quad (4.7)$$

A partir da definição de  $\beta$  (3.26):

$$\beta = \frac{\sum Q_i V_i}{QV} = \frac{\sum V_i A_i V_i}{Q*Q/A} = \frac{\sum V_i^2 A_i}{Q^2/A}$$

Aplicando-a ao canal composto:

$$\beta = \frac{\sum V_i^2 A_i}{Q^2/A} = \frac{V_c^2 A_c + V_e^2 A_e + V_d^2 A_d + V_l^2 A_l}{(V_c A_c + V_e A_e + V_d A_d + V_l A_l)^2 \frac{A_c + A_e + A_d}{A}}$$

Aplicando-se as equações 4.5, 4.6 e 4.7:

$$\beta = \frac{V_c^2 A_c + \left[ V_c \frac{r_{ke}}{r_{ae}} \right]^2 A_c r_{ae} + \left[ V_c \frac{r_{kd}}{r_{ad}} \right]^2 A_c r_{ad} + \left[ V_c \frac{r_{ki}}{r_{ai}} \right]^2 A_c r_{ai}}{\left( V_c A_c + V_c A_c \frac{r_{ke}}{r_{ae}} + V_c V_c \frac{r_{kd}}{r_{ad}} + V_c A_c \frac{r_{ki}}{r_{ai}} \right)^2 \frac{A_c + A_c r_{ae} + A_c r_{ad} + A_c r_{ai}}{A}}$$

Simplificando-se a expressão anterior, tem-se:

$$\beta = \frac{(1 + r_{ke}^2/r_{ae} + r_{kd}^2/r_{ad} + r_{ki}^2/r_{ai}) * (1 + r_{ae} + r_{ad} + r_{ai})}{(1 + r_{ke} + r_{kd} + r_{ki})^2} \quad (4.8)$$

Com essa expressão a partir de características geométricas e de rugosidade do canal principal, planícies laterais e ilha central, obtém-se o valor de  $\beta$ .

De forma análoga, para o Coeficiente de Coriolis ( $\alpha$ ), definido como:

$$\alpha = \frac{\sum Q_i V_i^2}{Q V^2} \quad (4.9)$$

Obtem-se:

$$\alpha = \frac{(1 + r_{ke}^9 / r_{ae}^2 + r_{kd}^9 / r_{ad}^2 + r_{ki}^9 / r_{ai}^2) * (1 + r_{ae} + r_{ad} + r_{ai})^2}{(1 + r_{ke} + r_{kd} + r_{ki})^3} \quad (4.10)$$

A estrutura principal do programa é a apresentada no fluxograma da figura 4.2.

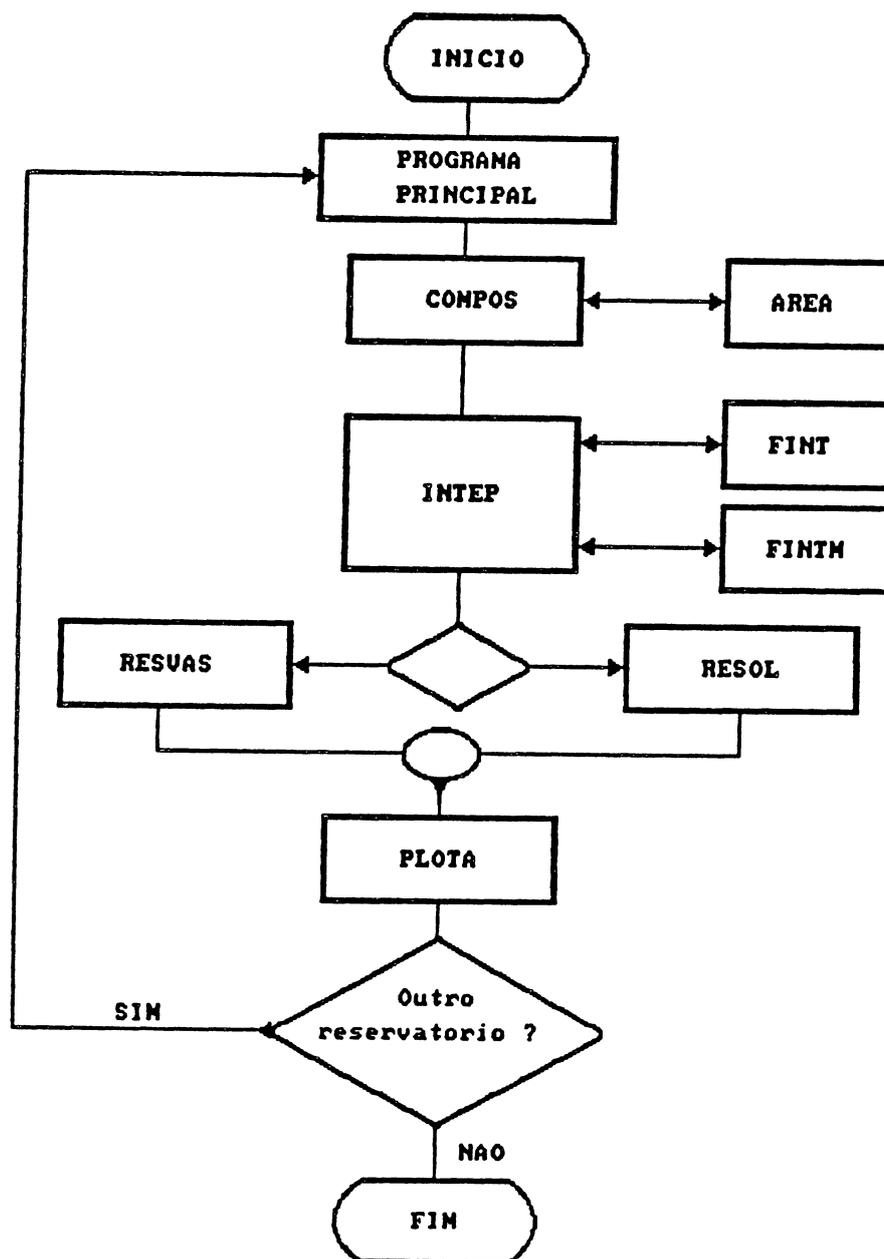


Figura 4.2 - Fluxograma do programa "PROPAGA"

#### 4.1 Descrição da Entrada de Dados

O programa PROPAGA faz a leitura de todos os dados em seu programa principal. No início da listagem consta a descrição sucinta de todas as variáveis e seu formato de entrada. O anexo 4 apresenta um exemplo de entrada de dados.

A entrada de dados está estruturada em um bloco principal e cinco blocos secundários:

- Bloco Principal: informações gerais sobre o sistema
- Bloco 1: Leitura de informações de um reservatório ou canal natural
- Bloco 2: Dados geométricos
- Bloco 3: Condições iniciais e de contorno
- Bloco 4: Dados observados para a calibragem
- Bloco 5: Dados de contribuição lateral

Os blocos de 1 a 5 devem ser fornecidos sequencialmente para cada reservatório.

No bloco principal, faz-se a entrada dos seguintes dados:

- título do estudo;
- tipo de sistema sendo analisado: formado por uma série de reservatórios ou um único. No caso de ser um único trecho este pode ser analisado em condições naturais ou como um reservatório, sendo o que o distingue são as condições de contorno que forem fornecidas;
- tipo de canal: prismático ou não. Caso se defina o canal prismático, quando da entrada dos dados geométricos do sistema, esta é simplificada fornecendo-se os dados da seção transversal

apenas para a primeira seção;

- opção do esquema de diferenças finitas a adotar: Preissmann ou Vasiliev;

- a data inicial;

- os intervalos de tempo de discretização das condições de contorno, de tempo de cálculo e de impressão dos resultados.

Permite-se assim que o cálculo seja feita com intervalos de tempo menores, fornecendo-se entretanto as condições de contorno em intervalos múltiplos dos considerados para cálculo; o mesmo permite-se em relação aos intervalos de tempo a considerar para a impressão dos resultados: o programa permite que este seja feito no mesmo intervalo de tempo utilizado para o cálculo ou num múltiplo deste;

- fornece-se o ângulo gama que define a posição em relação a vertical da interface considerada entre as diferentes partes do canal conforme definido na figura 4.1;

- o numero de cotas igualmente espaçadas na vertical para as quais será feito o cálculo das características geométricas de cada seção transversal;

- o parâmetro teta de ponderação necessário a propagação com o esquema de Preissmann, que deve situar-se entre 0,50 e 1,00.

Os blocos de entrada de dados são fornecidos sequencialmente e em numero igual ao de reservatórios em que se deseje fazer a propagação sequencialmente.

#### 4.1.1 Entrada de Dados do Bloco 1

O bloco 1 trata de ler informações gerais sobre o canal ou reservatório:

- número de seções transversais,
- número de seções de contorno,
- número de seções com contribuição lateral,
- a opção pela impressão ou não da entrada de dados,
- a opção pela impressão ou não dos resultados em termos de linhas de tempo,
- o número de seções para as quais se desejará a plotagem de hidrogramas,
- o número de seções para as quais se desejará a plotagem de cotogramas,
- o espaçamento das seções que será utilizado caso tenha se optado pela impressão dos resultados nas linhas de tempo. Desta forma, é possível optar por se ter impressos os resultados em apenas algumas seções igualmente espaçadas e não necessariamente em todas.

Essa série de opções permite uma grande flexibilidade na saída dos resultados. Pode-se optar por exemplo por apenas ter-se como saída hidrogramas ou cotogramas em algumas seções como saída. Ou então pode-se desejar verificar os resultados em linhas de tempo, podendo-se inclusive optar-se aí por ter-se os resultados apenas em um conjunto de seções. Esse tipo de saída que consta do Anexo 4 fornece para cada seção, a cota, a vazão, a velocidade, o coeficiente  $\beta$ .

Além destas informações deve-se fornecer:

- o número das seções para as quais se imprimirá hidrogramas, bem como se nestas existe ou não hidrograma observado, o qual será fornecido posteriormente no bloco 4 da entrada de dados,
- o número das seções em que se imprimirá limnigramas, bem como se nestas existe ou não limnigrama observado, cujos valores são fornecidos posteriormente no bloco 4 da entrada de dados,
- para cada seção especificada para fornecimento de hidrograma, fornece-se os limites mínimo e máximo do hidrograma em termos de vazão, o mesmo sendo necessário para aquelas onde deseja-se limnigramas, em termos de cotas.

#### 4.1.2 Entrada de Dados do Bloco 2

No bloco 2, trata-se de fornecer os dados geométricos. As seções são fornecidas de montante para jusante. Para cada seção fornece-se:

- o número da seção,
- a distância entre a seção em questão e sua anterior,
- o número de pontos com que será fornecida a geometria da seção,
- o número de valores de coeficiente de Manning que será fornecido em termos de cotas,
- as definições quanto as considerações da geometria da seção em relação ao convencionado na figura 4.1, ou seja:
  - . a abscissa "xe" que é o limite da seção lateral esquerda,
  - . a abscissa "xd" que é o limite da seção lateral direita,
  - . a abscissa "xie" que é a abscissa esquerda de ilha existente no canal principal,

. a abscissa "xid" que é a abscissa direita de ilha existente no canal principal.

Caso alguma das parcelas definidas na figura 4.1 não ocorra na seção transversal em questão, o parâmetro correspondente na entrada de dados deve ser nulo. Por exemplo caso não exista ilha, "xie" e "xid" devem ser fornecidos como zero.

A seguir fornece-se:

- as coordenadas cartesianas, onde a abscissa pode ser arbitrária e a cota relaciona-se ao sistema de referências que adotar-se para todo o sistema. Essas coordenadas são fornecidas aos pares para o número de pontos já definidos,
- os pares que definem os coeficientes de Manning para cada parcela da seção. Esses pares são formados por uma cota e um coeficiente de Manning. O número de pares é comum as diferentes partes da seção e foi definido acima.

#### 4.1.3 Entrada de Dados do Bloco 3

Fornece-se aqui os dados referentes as condições iniciais e de contorno:

- numero das seções que são condição de contorno. Tendo-se a seguinte simbologia:
  - a) caso a condição seja nível d'água, o número deve ser fornecido como positivo,
  - b) caso a condição seja vazão, o número deve ser fornecido como negativo,
  - c) caso a condição de contorno seja de curva de descarga,

deve-se fornecer o valor nulo,

- fornece-se as condições iniciais, como duas tabelas: uma com os níveis d'água para todas as seções e outra com as vazões.

As condições iniciais podem ser obtidas a partir de um programa de cálculo de remanso. Devido a forma como que o programa PROPAGA calcula a capacidade de descarga nas seções, levando em conta o coeficiente  $\beta$ , o cálculo de remanso deve ser compatível. Isto implica em considerar no cálculo de remanso, onde se faz uso da equação de energia, o coeficiente de Coriolis  $\alpha$ . Como referência para este cálculo pode-se citar Henderson (1988), páginas 144 a 149. Na utilização do programa em casos em que não existam planícies laterais e ilhas, o cálculo de remanso pode ser procedido sem as considerações acima citadas.

As outras informações deste bloco dependem do tipo de condição de contorno que foi especificada. A primeira condição de contorno que o programa considera é a de montante.

Caso a condição de contorno seja um hidrograma ou um cotagrama, os dados fornecidos são:

- número de pontos que definem esta condição de contorno;
- os valores de vazão ou cota que compõem esta condição de contorno.

Caso a condição de contorno seja a de uma curva de descarga, os dados fornecidos são:

- o número da seção que corresponde esta condição de contorno;
- o número de pontos que definem a relação cota-descarga;
- os pares níveis de água x vazão que compõem a curva de descarga propriamente dita.

Quando tratar-se de uma propagação numa série de reservatórios, o procedimento para o primeiro reservatório é o explicitado acima. Para os demais reservatórios, a condição de contorno de montante será admitida sempre como sendo de um hidrograma, o que deve ser especificado no cartão correspondente. Porém como este hidrograma é resultado da propagação no reservatório anterior, ele não é fornecido na entrada de dados e o próprio programa já o terá armazenado. Desta forma para os demais reservatórios, é fornecido apenas a condição de contorno de jusante.

#### 4.1.4 Entrada de Dados do Bloco 4

Neste bloco, faz-se a leitura dos dados observados para a calibragem. Deve-se informar de forma apropriada, no Bloco de Dados 1, a existência de dados observados. Caso não existam, este bloco de dados não é fornecido.

Os dados fornecidos são de hidrogramas e limnigramas, nesta ordem. Estes conjuntos de dados são fornecidos para as seções especificadas, respeitando-se sempre que as seções de montante tenham seus dados fornecidos precedendo as de jusante.

Os dados são fornecidos com a mesma discretização no tempo definida para as condições de contorno no bloco principal.

#### 4.1.5 Entrada de Dados do Bloco 5

Caso tenha se especificado a existência de contribuição lateral, estes dados são fornecidos para todas as seções na mesma discretização de tempo das condições de contorno e sempre iniciando da seção mais a montante.

O anexo 3 é a listagem do modelo, onde se apresenta a enumeração de toda sequência de dados de entrada e sua forma de leitura pelo modelo, bem como o formato da saída dos resultados.

#### 4.2 Processo de Cálculo

Após a leitura de dados do bloco 2, os dados são submetidos a sub-rotina COMPOS. Essa sub-rotina encarrega-se de montar uma tabela de parâmetros para cada seção transversal caso o canal seja não-prismático, ou apenas para a primeira caso ele seja prismático. Essa tabela consiste em dados de área da seção transversal, condutividade hidráulica e coeficiente  $\beta$  para diversas cotas. O número de cotas para o qual esta tabela é montada é fornecido no Bloco principal da entrada de dados. O programa considera a maior e a menor cota presentes na seção transversal e interpola entre estas cotas o número desejado de cotas que foi especificado. Para cada uma destas então, se tem os valores de área, condutividade hidráulica e coeficiente  $\beta$  da seção transversal. Sendo o cálculo destes parâmetros procedido conforme as indicações dos dados de entrada do usuário: seção composta ou não e os planos de separação definidos entre as partes da seção transversal.

A rotina INTEP é utilizada para interpolação de diversas tabelas de valores como a interpolação dos dados de entrada para os tempos de cálculo, permitindo que condições de contorno sejam fornecidos num espaçamento de tempo e os cálculos sejam efetuados com uma maior discretização.

Após todas as interpolações necessárias dos dados de entrada, o programa faz o cálculo propriamente de propagação. Esse cálculo pode ser realizado pela rotina RESOL que faz a resolução do sistema de equações de Saint-Venant conforme o esquema de Preissmann ou pela rotina RESVAS conforme o esquema de Vasiliev. Os sistemas de equações utilizados estão deduzidos e apresentados nos anexos 1 e 2.

Os resultados dos cálculos podem ser fornecidos para todas as linhas de tempo ou conforme opção do usuário para uma menor discretização no tempo para os resultados. O usuário tem também a opção de ter os resultados em apenas algumas seções cujo espaçamento foi definido no bloco 1 da entrada de dados.

Neste processamento, é armazenado pelo programa os valores para diversas linhas de tempo, de cotas ou vazões para as seções transversais nas quais o usuário especificou a necessidade de cotogramas ou hidrogramas. Na rotina de resolução é armazenado sempre as vazões em todas linhas de tempo de cálculo para a seção de jusante. Estes dados visam ter-se a condição de contorno de montante a partir do segundo reservatório na hipótese de se tratar do processamento de uma série de reservatórios.

Após a rotina de resolução do esquema de diferenças finitas, o controle do programa volta para o programa principal que aciona a rotina PLOTA, utilizada para apresentação gráfica de cotogramas

ou hidrogramas nas seções definidas pelo usuário. Essa rotina faz a apresentação além dos valores calculados, de valores observados dos parâmetros caso eles tenham sido fornecidos como dados de entrada no Bloco 4 da entrada de dados.

Caso a opção tenha sido por uma série de reservatórios, após a propagação no primeiro, do qual o programa armazena o hidrograma efluente, o programa principal lê novos dados de entrada referentes ao segundo reservatório e procede a propagação. Este procedimento será repetido tantas vezes quantos reservatórios existirem na cascata.

Existem diversas rotinas e funções auxiliares no programa que são utilizadas em diferentes partes do programa. Estas são:

-rotina AREA determina características geométricas como área, largura superficial da seção, perímetro molhado e raio hidráulico para uma dada cota de nível de água numa seção única.

-função FINT interpola um valor numa tabela de correspondência de dois parâmetros.

-rotina FINTM que tem função de interpolação numa tabela com vários parâmetros, todos função de uma mesma variável (por exemplo: cota).

-rotina TEMPO que calcula datas para os tempos de cálculo para os quais há apresentação de resultados, a partir da data inicial fornecida no bloco principal da entrada de dados.

### 4.3 Apresentação dos Resultados

Diversas opções de apresentação de resultados do programa permitem se ter:

-tabelas para linhas de tempo com dados de nível, vazão, velocidade média, profundidade máxima e média, coeficiente  $\beta$  e número de Froude para todas as seções ou conforme um espaçamento de seção especificado na própria entrada de dados;

-cotogramas com os valores numéricos calculados e observados de cotas para os diversos tempos de cálculo além da apresentação gráfica dos mesmos;

-hidrogramas onde constam os valores numéricos calculados e observados de vazões para os diversos tempos de cálculo além da apresentação gráfica das mesmas.

O anexo 5 apresenta exemplos destas saídas.

## 5 APLICAÇÃO DO MODELO PROPAGA

Duas aplicações foram realizadas com o modelo PROPAGA. A primeira referente a um caso hipotético de propagação de hidrogramas triângulares em canais prismáticos com declividade constante e a segunda com cheias do rio Paraná no trecho Porto São José - Itaipu, cobrindo os trechos do reservatório das usinas de Ilha Grande e de Itaipu.

### 5.1 Aplicação a Canais Prismáticos

A aplicação do caso hipotético foi realizada visando comparar com os resultados obtidos por Fill e Mondardo (1989) usando outros modelos de propagação. A aplicação foi realizada para um canal prismático com 500 km de extensão e declividade constante e igual a 0,0001. A seção transversal do canal está representada na figura 5.1 e corresponde a seção com planície considerada no trabalho referenciado.

Considerou-se uma cheia com pico de  $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$  a montante e um hidrograma incremental de  $30.000 \text{ m}^3/\text{s}$  distribuído uniformemente ao longo da extensão do canal, conforme figura 5.2. O coeficiente de Manning no canal principal foi admitido constante e igual a 0,040.

Sobre a planície foram consideradas duas hipóteses para o coeficiente de Manning:

- 1- valor constante com a profundidade e igual a 0,040;
- 2- valor variável com a profundidade máxima sobre a planície, sendo:  $n=0,100$  para profundidade inferior a 10 m;  
 $n=0,080$  para profundidades entre 10 e 20 m;  
 $n=0,060$  para profundidades entre 20 e 30 m e  
 $n=0,040$  para profundidades acima de 30 m.

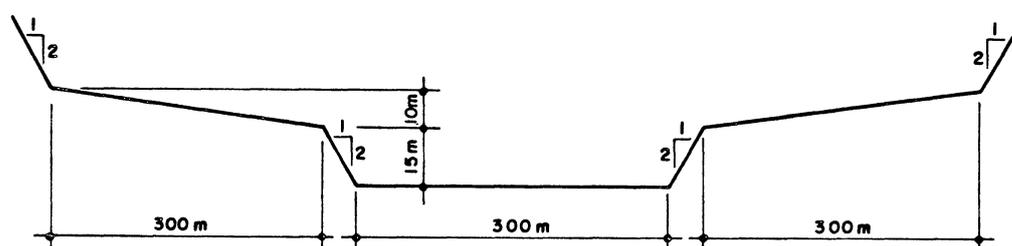


FIGURA 5.1 - SEÇÃO TRANSVERSAL 1

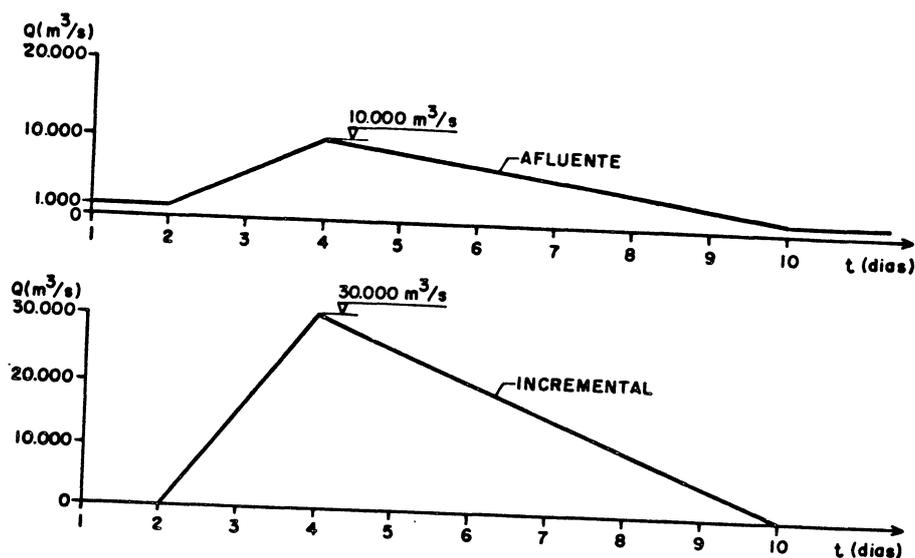


FIGURA 5.2 HIDROGRAMAS AFLUENTE E INCREMENTAL CASO A

As condições de contorno foram o hidrograma afluente a montante e curva de descarga a jusante na propagação em condições naturais. A curva de descarga de jusante foi obtida a partir da geometria da seção transversal e os valores de coeficiente de rugosidade considerados. No caso de uma série de reservatórios, forneceu-se o hidrograma a montante do primeiro reservatório e como condição de jusante em cada reservatório considerou-se o nível de água constante e igual ao nível máximo normal. Essas condições de contorno representam a propagação de uma cheia cujo pico seja inferior a capacidade máxima normal do vertedouro controlado com comportas. As condições iniciais ao longo do trecho são representadas pelo perfil de superfície livre em regime permanente com vazão constante de  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ , seja em condições naturais ou com reservatório. Foram considerados dois casos de

reservatórios:

a) um reservatório em toda extensão do trecho com profundidade máxima de 50 m

b) dois reservatórios no trecho, cada qual com profundidade máxima de 25 m.

O canal com 500 km de extensão foi discretizado em trechos de 5 km com o uso de 101 seções. Os cálculos foram procedidos com um intervalo de tempo de 2 horas.

Os resultados são apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2 juntamente com os obtidos no trabalho de Fill e Mondardo (1989), onde foram utilizados dois outros modelos de propagação: Channel-3 e Hidro. O primeiro modelo, Channel-3, foi desenvolvido no Departamento de Hidrologia e Estudos Energéticos da Companhia Paranaense de Energia (COPEL (1980)). Utiliza os esquemas de Preismann ou Vasiliev conforme opção do usuário e considera o cálculo da capacidade de descarga numa seção única. O segundo modelo, Hidro, foi desenvolvido para ELETROBRAS e Agua y Energia Electrica, pelo consórcio Hidroservice-Hidrened, conforme HIDROSERVICE-HIDRENED (1987). Este modelo leva em conta planícies de inundação como áreas de armazenamento, nas quais considera-se não haver velocidades. Isto é feito pela consideração na equação da quantidade de movimento da largura superficial e área correspondente ao canal principal e na equação da continuidade da largura superficial e área total para o cálculo do volume armazenado, considerando assim o escoamento apenas no canal principal. Foi utilizada a mesma discretização no tempo e no espaço na utilização do modelo PROPAGA para estes dois modelos.

TABELA 5.1 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS  
CASO 1A - SEÇÃO TRANSVERSAL 1 E HIDROGRAMAS A  
SEÇÃO A 250 KM

CONDIÇÃO	MODELO	Q MAX	TCHD	Aumento Rel. <sup>1</sup> do pico (%)	Acel. da <sup>2</sup> cheia (%)
NATURAL	C	19000	90		
RESERVATÓRIO	C	20900	78	10,00	13,33
NATURAL	H	17400	96		
RESERVATÓRIO	H	18750	88	7,76	8,33
NATURAL	P1	19280	88		
RESERVATÓRIO	P1	20660	80	7,16	9,09
NATURAL	P2	18675	92		
RESERVATÓRIO	P2	20220	84	8,27	8,70

## SIMBOLOGIA:

C - RESULTADO OBTIDO COM MODELO CHANNEL-3

H - RESULTADO OBTIDO COM MODELO HIDRO

P1 - RESULTADO OBTIDO COM MODELO PROPAGA CONSIDERANDO COEFICIENTE DE MANNING SOBRE A PLANICIE CONSTANTE E IGUAL A 0,040

P2 - RESULTADO OBTIDO COM MODELO PROPAGA CONSIDERANDO COEFICIENTE DE MANNING SOBRE A PLANICIE VARIÁVEL COM A PROFUNDIDADE MÁXIMA SOBRE A PLANICIE SENDO:

N = 0,100 PARA PROFUNDIDADE INFERIOR A 10 M;

N = 0,080 PARA PROFUNDIDADES ENTRE 10 E 20 M;

N = 0,060 PARA PROFUNDIDADES ENTRE 20 E 30 M E

N = 0,040 PARA PROFUNDIDADES ACIMA DE 30 M.

$$1 - \frac{Q_{\text{máx. reservatório}} - Q_{\text{máx. natural}}}{Q_{\text{máx. natural}}} * 100$$

$$2 - \frac{T_{\text{pico natural}} - T_{\text{pico reservatório}}}{T_{\text{pico natural}}} * 100$$

TABELA 5.2 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS  
CASO 1A - SEÇÃO TRANSVERSAL 1 COM HIDROGRAMAS A  
SEÇÃO A 500 KM

CONDIÇÃO	MODELO	Q MAX	TCHD	Aumento Rel. <sup>1</sup> do pico (%)	Acel. da <sup>2</sup> cheia (%)
NATURAL	C	26300	116		
2 RESERVATÓRIOS*	C	30800	90	17,11	22,41
1 RESERVATÓRIO**	C	31600	80	20,15	31,03
-----					
NATURAL	H	23400	132		
2 RESERVATÓRIOS*	H	26300	122	12,39	7,58
1 RESERVATÓRIO**	H	27000	96	15,38	27,27
-----					
NATURAL	P1	27650	112		
2 RESERVATÓRIOS*	P1	30090	98	8,82	12,50
1 RESERVATÓRIO**	P1	31350	82	13,38	26,79
-----					
NATURAL	P2	26660	116		
2 RESERVATÓRIOS*	P2	29320	102	9,98	12,07
1 RESERVATÓRIO**	P2	30460	84	14,25	27,59

SIMBOLOGIA UTILIZADA É A MESMA DA TABELA 5.1.

OBSERVAÇÕES:

\* - EXISTÊNCIA NO TRECHO DE 500 KM DE DOIS RESERVATÓRIOS, CADA UM COM A EXTENSÃO DE 250 KM SENDO SUA PROFUNDIDADE MÁXIMA JUNTO A BARRAGEM DE 25 M.

\*\* - EXISTÊNCIA DE UM ÚNICO RESERVATÓRIO COM 500 KM DE EXTENSÃO E PROFUNDIDADE MÁXIMA JUNTO A BARRAGEM DE 50 M.

Os resultados permitem verificar, nos casos considerados, que o modelo Propaga apresenta um abatimento da onda tanto em condições naturais quanto com reservatório mais próximo aos calculados com o modelo Channel-3. Isto pode ser observado comparando os valores absolutos das vazões máximas e do tempo de sua ocorrência. Esta observação é válida no caso do denominado modelo P1. Já o modelo P2 apresenta um maior abatimento da onda do que o modelo Channel-3. Em qualquer um dos casos, os valores obtidos com o modelo Hidro são de vazões máximas menores e tempos de ocorrência maiores, ou seja, maiores abatimentos de onda.

Em termos de valores relativos, entretanto, o modelo Propaga apresenta valores menores de aumentos relativos seja da vazão máxima ou da aceleração da cheia do que os obtidos com o modelo Channel-3, aproximando-se dos valores relativos do modelo Hidro, principalmente na série P2. Deve-se, entretanto, como já assinalado, verificar que os valores absolutos são bem diferentes.

O efeito de valores diferentes do coeficiente de Manning sobre a planície é significativo como pode-se observar pela comparação dos resultados da série P1 e P2. Como pode-se verificar os resultados da série P1 tem vazões máximas maiores do que o da série P2, entretanto em termos de valores relativos ao aumento do pico ou da aceleração da cheia, os valores obtidos com a série P2 são maiores.

Esse caso de seção transversal, entretanto, com a planície de inundação com declividade transversal significativa (1/30) não apresenta com o hidrograma triangular considerado grandes áreas de escoamento sobre a planície. Assinale-se que a adoção dessa

declividade foi necessária para o uso do modelo Channel-3 que efetua o cálculo da capacidade de descarga como seção única. Uma profundidade pequena sobre uma planície horizontal nas dimensões do canal da seção da figura 5.1 levaria a instabilidades de cálculo, devido a redução do raio hidráulico e conseqüentemente da capacidade de escoamento com a elevação da cota da superfície. Para analisar melhor os efeitos de planície foram consideradas duas outras seções transversais, conforme figuras 5.3 e 5.4.

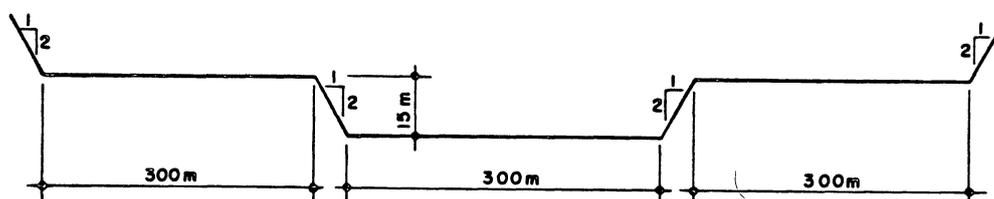


Figura 5.3 Seção transversal 2

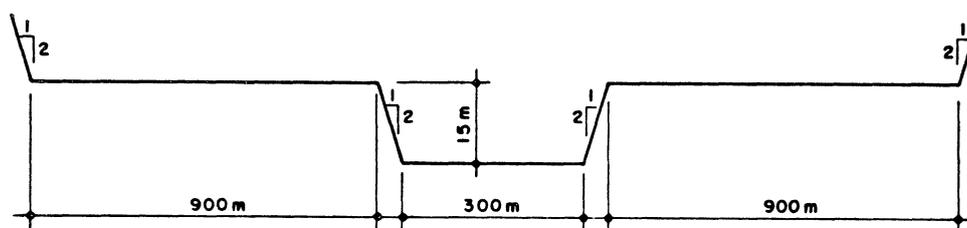


Figura 5.4 Seção transversal 3

TABELA 5.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS  
CASO 2A - SEÇÃO TRANSVERSAL 2 COM HIDROGRAMAS A  
SEÇÃO A 500 KM

CONDIÇÃO	MODELO	Q MAX	TCHD	Aumento Rel. <sup>1</sup> do pico (%)	Acel. da <sup>2</sup> cheia (%)
NATURAL	P1	27404	112		
1 RESERVATÓRIO	P1	31335	82	14,34	36,59
NATURAL	P2	23503	126		
1 RESERVATÓRIO	P2	27000	86	14,88	46,51

SIMBOLOGIA UTILIZADA É A MESMA DA TABELA 5.1.

TABELA 5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS  
CASO 3A - SEÇÃO TRANSVERSAL 3 COM HIDROGRAMAS A  
SEÇÃO A 500 KM

CONDIÇÃO	MODELO	Q MAX	TCHD	Aumento Rel. <sup>1</sup> do pico (%)	Acel. da <sup>2</sup> cheia (%)
NATURAL	P1	24451	136		
1 RESERVATÓRIO	P1	29819	88	21,95	54,55
NATURAL	P2	20304	160		
1 RESERVATÓRIO	P2	27037	92	33,16	73,91

SIMBOLOGIA UTILIZADA É A MESMA DA TABELA 5.1.

Comparando-se os resultados obtidos inicialmente com a seção 1 com os obtidos com a seção 2, apresentados nas tabelas 5.2 e 5.3, verifica-se que os valores absolutos de vazão máxima são menores com a seção 2, principalmente nos casos P2, onde os

efeitos das planícies laterais são acentuados com maiores coeficientes de Manning. Verifica-se entretanto que em termos de valores relativos, onde pode-se analisar o efeito dos reservatórios sobre os hidrogramas naturais, os valores apresentados nas simulações com a seção 2 são maiores, principalmente em termos de tempo.

Comparando-se as tabelas 5.3 e 5.4, ou seja, os resultados obtidos com as seções 2 e 3, verifica-se que a seção 3, com maior extensão de planícies laterais, apresenta valores de vazão máxima inferiores aos obtidos com a seção 2, ou seja, o efeito das planícies de inundação tornam-se mais significativos no abatimento das ondas de cheia.

Com as seções 2 e 3 os efeitos de formação dos reservatórios são mais significativos, principalmente com a seção 3 e coeficiente de Manning maior sobre a planície. Neste caso, o efeito do coeficiente de Manning juntamente com a maior largura das planícies eleva, com a formação do reservatório, a vazão máxima de um valor de 20304 para 27037 m<sup>3</sup>/s, sendo o tempo correspondente ao pico reduzido em 73,91 %. Ou seja, vem a confirmar a idéia que os efeitos relativos de formação de reservatório sobre os hidrogramas de cheia são maiores nos casos de planícies de inundação mais extensas e coeficientes de Manning elevados.

Verifica-se nestas simulações o significativo efeito da variação dos coeficientes de Manning. Em condições naturais com a seção 2, o modelo P1, que corresponde a uma coeficiente de Manning constante e igual a 0,040 sobre as planícies laterais, apresenta uma vazão máxima de 27404 m<sup>3</sup>/s, valor que passa a ser de

23503  $\text{m}^3/\text{s}$  com o modelo P2 com coeficientes de Manning maiores sobre as planícies laterais.

Comparando-se os valores correspondentes com a seção 2 com os da seção 3, observam-se valores menores para o último caso principalmente na condição natural. Já com a formação de reservatório, essas diferenças tornam-se menos significativas. Assim os efeitos de armazenamento que uma planície de inundação maior apresenta na condição natural reduzem-se significativamente com a formação do reservatório, sendo essa redução tanto maior quanto maior a extensão das planícies.

Visando avaliar os efeitos relativos a forma dos hidrogramas afluentes e de contribuição lateral, foram simulados outros hidrogramas denominados B, C, D e E. Todos esses hidrogramas apresentam o mesmo volume, sendo esse entretanto bem maior que o dos hidrogramas A utilizado nas simulações anteriores.

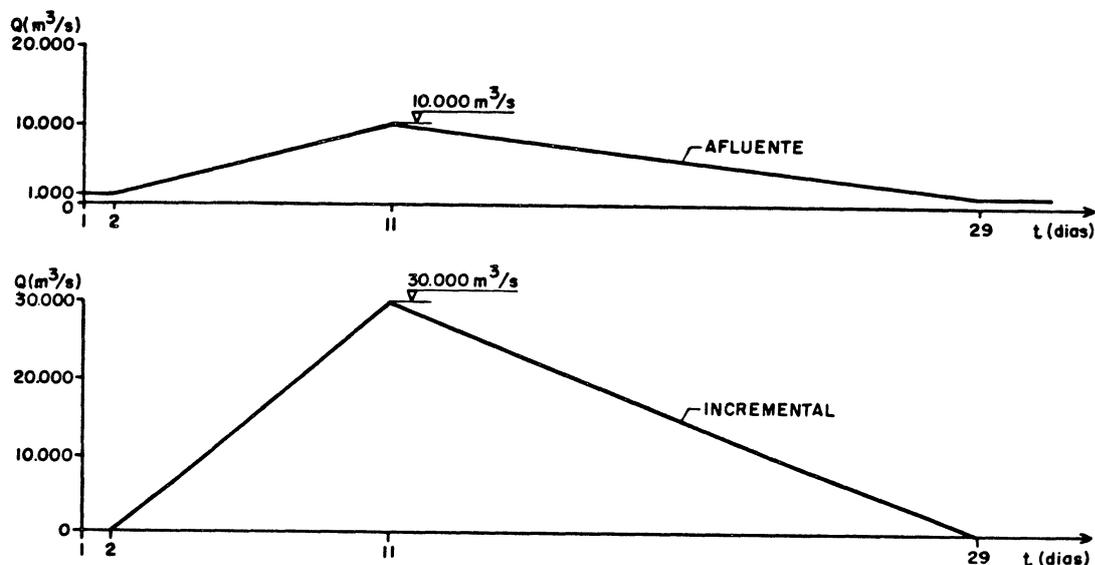


Figura 5.5 Hidrogramas B

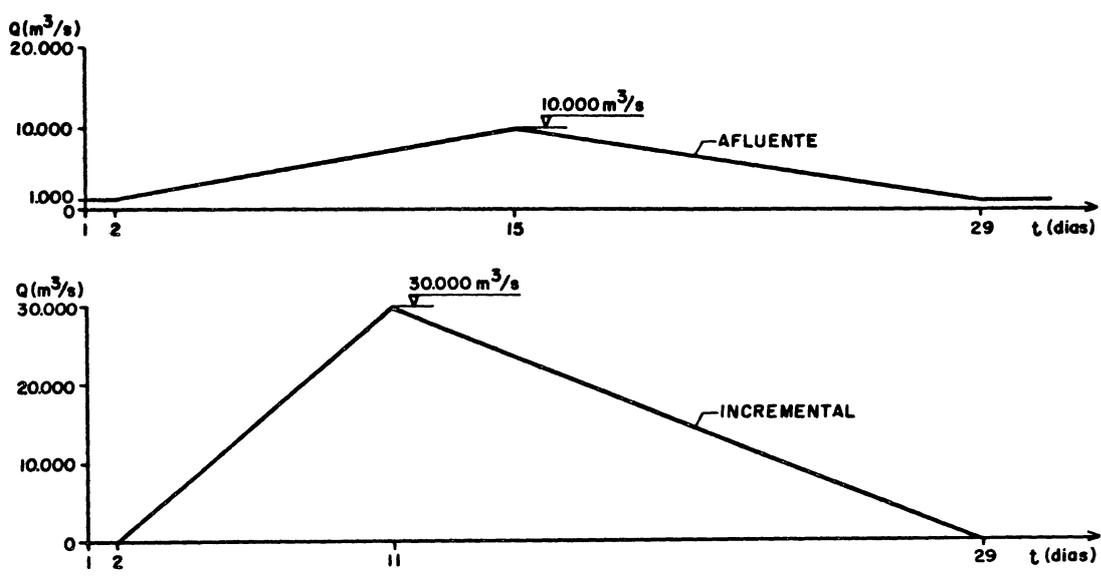


Figura 5.6 Hidrograma C

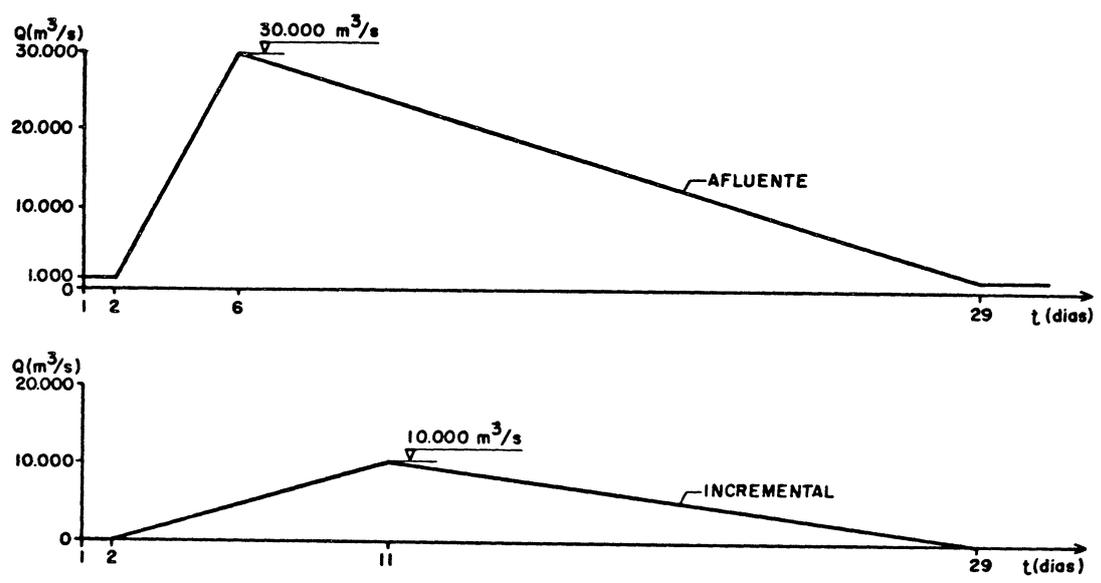


Figura 5.7 Hidrogramas D

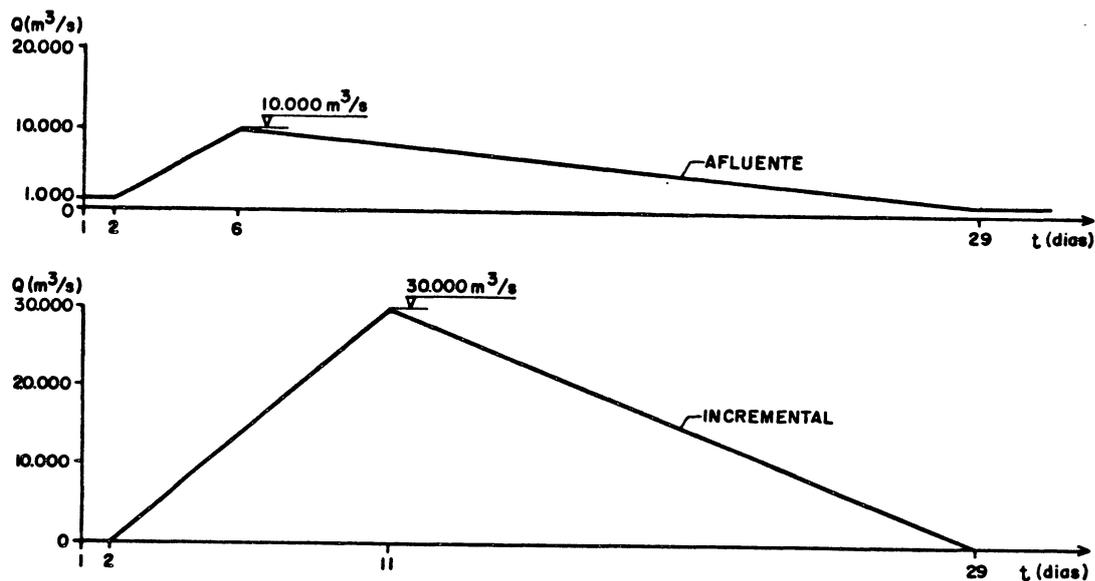


Figura 5.8 Hidrogramas E

TABELA 5.5 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CASOS 2B, 2C, 2D e 2D  
 SEÇÃO TRANSVERSAL 2 COM HIDROGRAMAS B, C, D e E  
 SEÇÃO TRANSVERSAL COM MANNING VARIÁVEL SOBRE A PLANÍCIE -CASO P2  
 LOCAL CONSIDERADO A 500 KM

CONDIÇÃO	HIDROGRAMA	Q MAX	TCH)	Aumento Rel. do pico (%)	Acel. da cheia (%)
NATURAL	B	35817	276		
1 RESERVATÓRIO	B	36981	250	3,25	10,40
.....					
NATURAL	C	33644	294		
1 RESERVATÓRIO	C	34625	256	2,92	14,84
.....					
NATURAL	D	35392	260		
1 RESERVATÓRIO	D	36522	234	3,19	11,11
.....					
NATURAL	E	35453	270		
1 RESERVATÓRIO	E	36654	256	1,01	5,47

SIMBOLOGIA UTILIZADA É A MESMA DA TABELA 5.1.

TABELA 5.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS CASO 3B, 3C, 3D E 3E  
 SEÇÃO TRANSVERSAL 3 COM HIDROGRAMAS B, C, D e E  
 SEÇÃO TRANSVERSAL COM MANNING VARIÁVEL SOBRE A PLANÍCIE -CASO P2  
 LOCAL CONSIDERADO A 500 KM

CONDIÇÃO	HIDROGRAMA	Q MAX	TCHD	Aumento Rel. do pico (%)	Acel. da cheia (%)
NATURAL	B	33737	318		
1 RESERVATÓRIO	B	35751	284	5,97	19,70
.....					
NATURAL	C	31673	334		
1 RESERVATÓRIO	C	33309	270	5,17	23,70
.....					
NATURAL	D	30302	280		
1 RESERVATÓRIO	D	31452	216	3,80	29,63
.....					
NATURAL	E	35263	272		
1 RESERVATÓRIO	E	35981	252	2,04	7,94

SIMBOLOGIA UTILIZADA É A MESMA DA TABELA 5.1.

Pode-se observar nestes casos o significativo aumento dos valores absolutos das vazões de pico em relação aos obtidos com o hidrograma A, comparando-se os resultados apresentados nas tabelas 5.3 e 5.4, relativos ao caso P2, com os das tabelas 5.5 e 5.6. Pode-se atribuir este efeito ao maior volume dos hidrogramas considerados, que leva a redução dos efeitos de abatimento da onda de cheia observados no caso de hidrogramas afluente e incremental

de menor volume.

Comparando-se os resultados obtidos com os hidrogramas B com os C e D, onde a diferença fundamental é a não coincidência no tempo dos hidrogramas afluentes com o incremental, o que ocorre no caso B, verifica-se que os hidrogramas C e D fornecem valores de vazão máxima inferiores aos do hidrograma B, sendo que no caso da seção 2, o que mais se aproxima a este é o do hidrograma D, já no caso da seção 3 é o do hidrograma C, sendo entretanto este último menor.

Comparando-se os resultados obtidos com os hidrogramas D e E, cuja diferença está nos valores de vazão do hidrograma afluente e incremental, sendo que o hidrograma E apresenta um maior volume afluente a montante enquanto que o D um maior volume afluente na bacia incremental, verifica-se que a diferença nos resultados é pouco expressiva no caso da seção 2 e torna-se maior no caso da seção 3.

Em todos os casos pode-se observar também que os efeitos relativos de reservatório sobre as vazões máximas são bem menos significativos, podendo atribuir isto ao maior volume dos hidrogramas, permanecendo entretanto mais acentuados no caso da seção 3, como já observado com os hidrogramas A.

## 5.2 Aplicação ao Rio Paraná

Foi aplicado o modelo Propaga para o trecho do rio Paraná que abrange o futuro reservatório da UHE Ilha Grande, basicamente entre a confluência dos rios Paraná e Paranapanema e a cidade de Guaíra. A cheia considerada foi a ocorrida entre Maio a Agosto de 1983. Esse trecho tem uma extensão de 215,2 km e uma declividade média de 0,09 m/km. Na figura 5.9 apresentam-se locadas as seções transversais disponíveis neste trecho e utilizadas nos diversos estudos empreendidos pela CESP e ELETROSUL.

Como pode-se observar pela figuras 5.9, o trecho do rio Paraná possui inúmeras ilhas e ao longo de todo o trecho há extensas áreas de planícies de inundação, que compreendem basicamente a área inundada do futuro reservatório da UHE Ilha Grande, além da própria calha principal do rio.

Para a calibragem deste modelo, dispunha-se inicialmente de cotas e vazões observadas em Guaíra e Porto São José, que é a estação fluviométrica a montante do trecho. Verificou-se logo de início que a presença de diversas ilhas apresenta grande influência para a propagação de cheias no trecho. Para tanto, o modelo foi alterado visando incluir essa característica como está descrito ao final do capítulo 3.

A área de drenagem em Guaíra é de 802.000 km<sup>2</sup> enquanto em Porto São José é de 677.000 km<sup>2</sup>. Havendo assim uma bacia incremental de 125.000 km<sup>2</sup>, sendo que 61575 km<sup>2</sup> estão na margem esquerda e 63425 km<sup>2</sup> na margem direita.

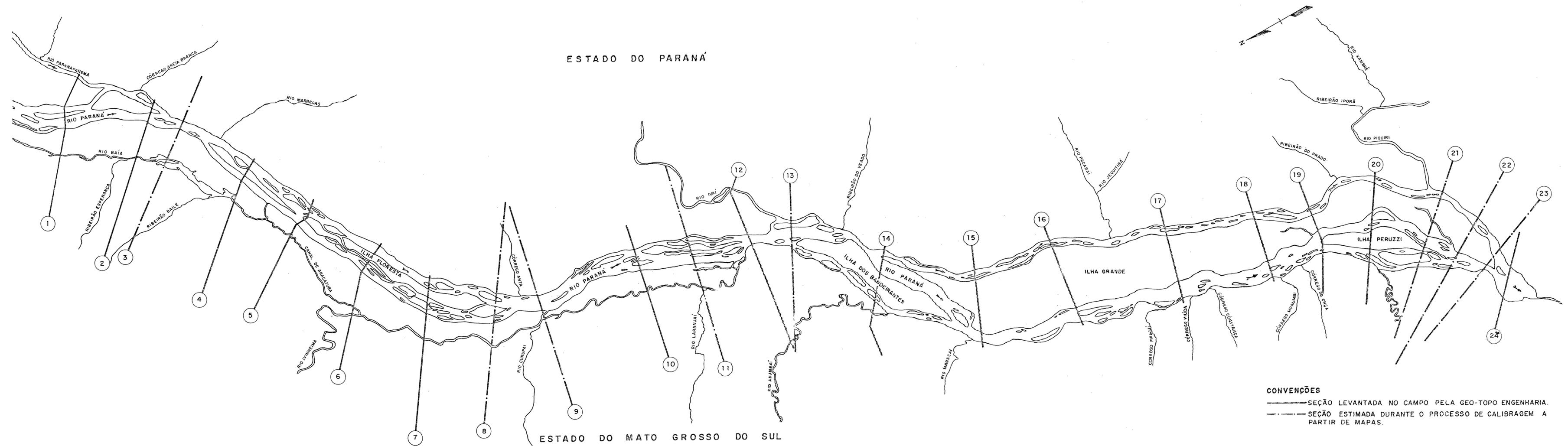


FIGURA 5.9—LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS NO RESERVATÓRIO DA UHE ILHA GRANDE

Os principais afluentes no trecho são:

-Margem Esquerda (Estado do Paraná):

Rio Ivai com 36.400 km<sup>2</sup>

Rio Piquiri com 24.700 km<sup>2</sup>

Área total destes afluentes da Margem Esquerda: 61.100 km<sup>2</sup>

-Margem Direita (Estado do Mato Grosso do Sul):

Rio Ivinheima com 38.470 km<sup>2</sup>

Rio Amambai com 8.436 km<sup>2</sup>

Rio Iguatemi com 6.832 km<sup>2</sup>

Área total destes afluentes da Margem Direita: 53.738 km<sup>2</sup>

Tem-se assim áreas remanescentes não consideradas na área de drenagem dos principais afluentes de:

475 km<sup>2</sup> na margem esquerda e

9.667 km<sup>2</sup> na margem direita.

Para representar as vazões incrementais desses principais afluentes foram utilizados os dados fluviométricos das seguintes estações, que encontram-se locadas na figura 5.10:

<u>Afluente</u>	<u>Posto Fluviométrico</u>	<u>Área de Drenagem</u>	<u>Distância a Foz</u>
Rio Ivai	Novo Porto Taquara	34.400 km <sup>2</sup>	68 km
	Paraiso do Norte	28.400 km <sup>2</sup>	166 km
Rio Piquiri	Balsa Santa Maria	20.982 km <sup>2</sup>	60 km
	Porto Formosa	17.500 km <sup>2</sup>	110 km
Rio Ivinheima	Ivinheima	31.905 km <sup>2</sup>	57 km
Rio Amambai	Flórida	7.252 km <sup>2</sup>	63 km
Rio Iguatemi	Estrada Iguatemi	6.832 km <sup>2</sup>	43 km

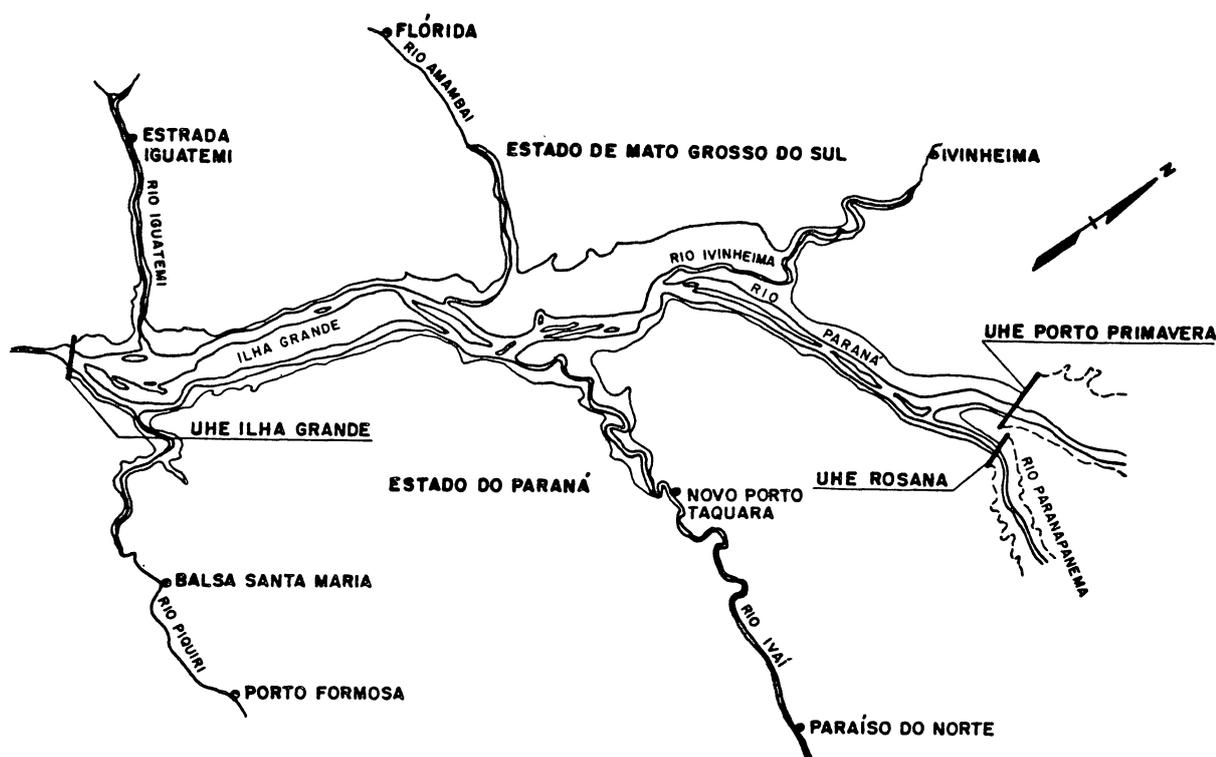


Figura 5.10 Representação da localização das estações fluviométricas.

Apesar desta área incremental representar 18,5 % da área de drenagem em relação a de Porto São José, na cheia ocorrida no período de Maio a Agosto de 1983, ela foi responsável por um volume incremental de  $460 \times 10^9 \text{ m}^3$ , enquanto o volume afluente em Porto São José foi de  $1.000 \times 10^9 \text{ m}^3$ . Ou seja, a bacia incremental respondeu por um volume de 46 % do volume afluente a montante, superando em mais de duas vezes a simples relação de áreas. Nestes termos, a modelagem da cheia depende em alto grau da representação desta vazão incremental.

Outra característica desta cheia é que os afluentes da margem direita neste período apresentam vazões relativamente baixas, enquanto que os da margem esquerda apresentam vazões bastante significativas. Além disto, os rios Ivaí e Piquiri, principais responsáveis portanto pelas vazões incrementais, tem em seus trechos baixos declividades reduzidas e grandes planícies de inundação. Como os postos fluviométricos de que se dispõem de dados situam-se a distâncias consideráveis da calha do rio Paraná, entre estes postos e o rio Paraná ocorre um abatimento das cheias que não pode ser desprezado.

Para ter em conta este fenômeno, optou-se por utilizar os dados de dois postos fluviométricos em cada afluente e determinar o abatimento da onda de cheia entre estes postos pela razão entre as vazões específicas ( $l/s/km^2$ ) e extrapolar a vazão específica de forma proporcional a distância a foz a partir do posto mais a jusante, obtendo assim o hidrograma incremental a considerar no rio Paraná. A extrapolação foi realizada plotando-se os hidrogramas de vazões específicas num papel monolog.

No caso dos afluentes da margem direita, visto não haver vazões de cheia, este procedimento não foi utilizado, estimando-se as vazões incrementais proporcionalmente as áreas de drenagem. Para completar a modelagem da bacia incremental, resta ainda a área remanescente não englobada nos afluentes principais. Para tanto, considerou-se como representativos das aflúncias das margens direita e esquerda hidrogramas por área dos afluentes principais da mesma margem de menor área de drenagem. Estes hidrogramas, permitiram compor hidrogramas representativos que

foram compostos proporcionais a área remanescente de cada margem fornecendo o volume incremental não representado pelos afluentes principais. As vazões incrementais foram distribuídas proporcionalmente aos comprimentos dos trechos entre seções transversais do rio Paraná.

Nestes cálculos, está implícita a consideração dos hidrogramas afluente a Porto São José e Guaira como plenamente confiáveis. Esta hipótese é aceitável em vista dos extensos estudos já realizados a respeito destes postos fluviométricos tanto em termos de medições detalhadas para determinação de curvas chave bem como pelo fato de que este período coincide com uma parte do enchimento do reservatório de Itaipu, tendo-se portanto um controle bom de volumes.

Para o coeficiente de Manning a utilizar, baseado nas características locais e na experiência já disponível com a calibragem de modelos de remanso no trecho (ELETROSUL(1981)), optou-se por valores variáveis com a cota para o canal principal em torno de 0,035. Para a planície de inundação, ocupada por extensa vegetação arbustiva, bem como para as ilhas, foi adotado um coeficiente de 0,120 para profundidades de até 10 m e 0,100 para profundidades maiores.

O processo de calibragem foi demorado dada a já citada particularidade na consideração das afluências incrementais. Neste processo de calibragem, foram incluídas além das 17 seções transversais inicialmente consideradas, mais 7 seções transversais visando caracterizar melhor as características geométricas do trecho.

Em todo período de propagação, as ilhas do trecho encontram-se inundadas.

Neste processo, foi necessário ainda desenvolver um modelo de cálculo de remanso para canais compostos, utilizando a metodologia apresentada por Henderson (1986). Neste modelo foi utilizada a mesma metodologia de cálculo da capacidade de escoamento considerada no programa PROPAGA e foi considerado o coeficiente  $\alpha$  de Coriolis para correção da energia cinética.

Durante a calibragem, conseguiu-se chegar a um bom resultado como pode ser observado pela figura 5.11, que apresenta os hidrogramas observado e o calculado no local de Guaira. Deve-se considerar que esta calibragem baseada em um único evento hidrológico que, apesar de ser o maior do histórico em Guaira, tem suas limitações quanto a sua utilização dos parâmetros obtidos para outros eventos. Entretanto, não pretendeu-se alongar demasiado esta fase, pois o objetivo principal deste estudo não está na calibragem do modelo para um trecho de rio específico, mas sim analisar e discutir o problema da propagação de ondas de cheia em uma série de reservatórios e desenvolver um modelo hidrodinâmico geral para analisar este efeito.

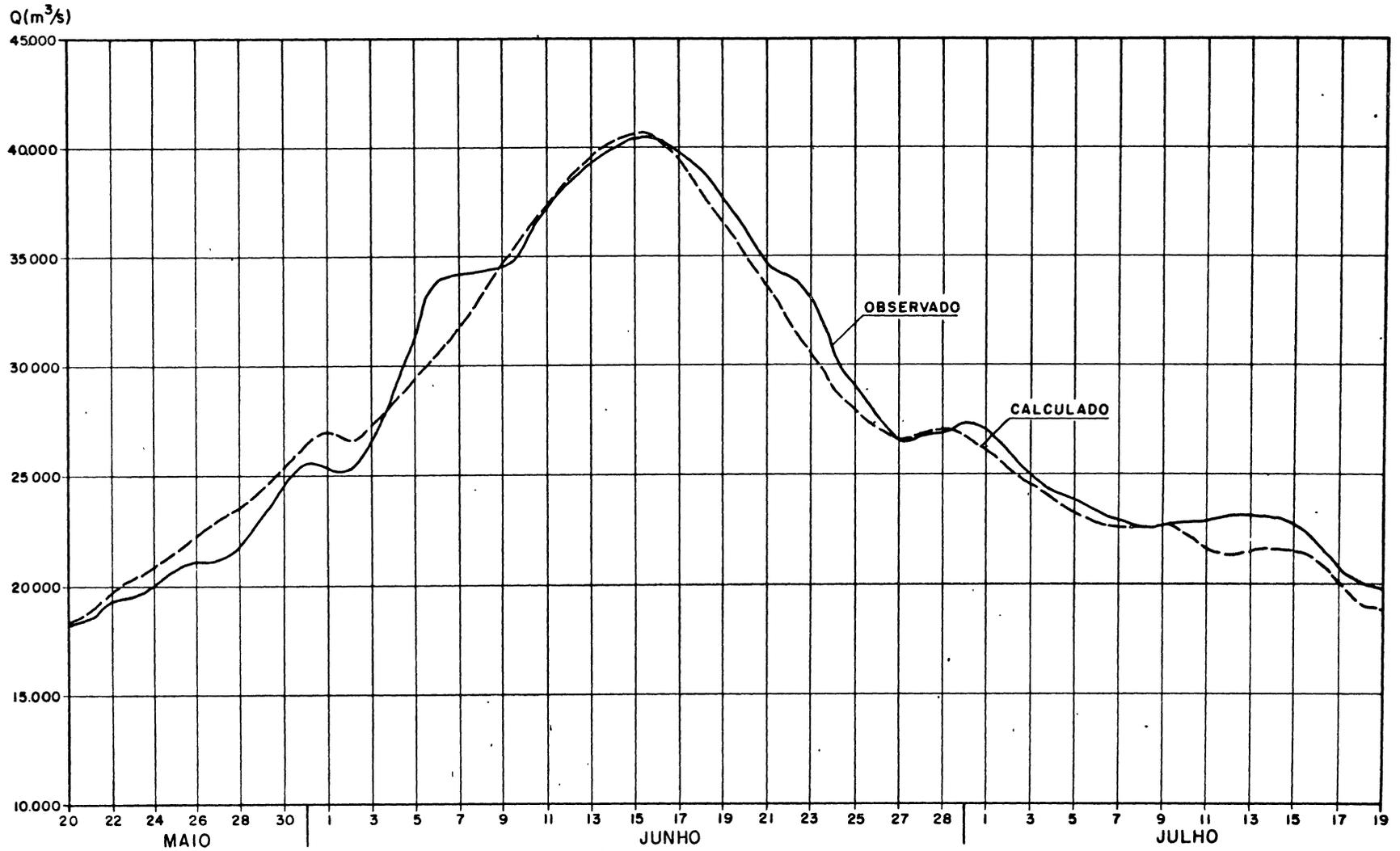


FIGURA 5.11 - HIDROGRAMAS OBSERVADO E CALCULADO EM GUÁIRA  
CHEIA DE MAIO A JULHO/1983

Visando verificar as alterações que a presença do reservatório de Ilha Grande provoca sobre os hidrogramas de cheia, foi utilizado o modelo considerando o reservatório na cota 239,00 m. Como o vertedouro de Ilha Grande apresenta uma capacidade de descarregar nesta cota vazões de até  $53.392 \text{ m}^3/\text{s}$ , considerou-se como condição de contorno a jusante um limnigrama a cota constante.

Neste estudo com reservatório, trabalhou-se também com o trecho do reservatório de Itaipu. Para este trecho do rio Paraná não se fez uma calibragem específica devido a deficiência dos dados e por ser a condição natural neste trecho bastante diferente da condição com reservatório dada a profundidade deste. Considerou-se um coeficiente de Manning em torno de 0,040 e o rio como um canal único. As seções utilizadas, bem como estes valores de Manning, já passaram por um processo de calibragem de remanso, em estudos efetuados pela ELETROSUL, visando reproduzir em Guaira os níveis obtidos com a formação do reservatório de Itaipu.

Não foram consideradas vazões incrementais neste trecho, devido a dificuldade em obtê-las e por outro pelo fato da área incremental entre Guaira e Itaipu ser de apenas  $16.000 \text{ km}^2$ , ou seja, apenas 2 % da área de drenagem do rio Paraná em Guaira.

A figura 5.12 apresenta o hidrograma calculado efluente do reservatório de Ilha Grande, podendo-se verificar que em termos de vazão máxima a alteração foi insignificante, porém em termos de tempo de propagação houve um adiantamento do pico em torno de 36 horas. Pode-se atribuir também essa pequena influência do reservatório a gênese desta cheia que apresenta 31% de seu volume

na bacia incremental sendo que este influencia significativamente na vazão máxima em Guaira, além do que o segundo afluente do trecho em termos de vazão nesta cheia, o rio Piquiri, encontra-se praticamente junto ao aproveitamento de Ilha Grande. Já para o reservatório de Itaipu, os resultados apresentados na figura 5.13 representam praticamente uma translação direta do hidrograma a partir de Guaira, como poderia ser esperado dada a grande profundidade média do reservatório de Itaipu.

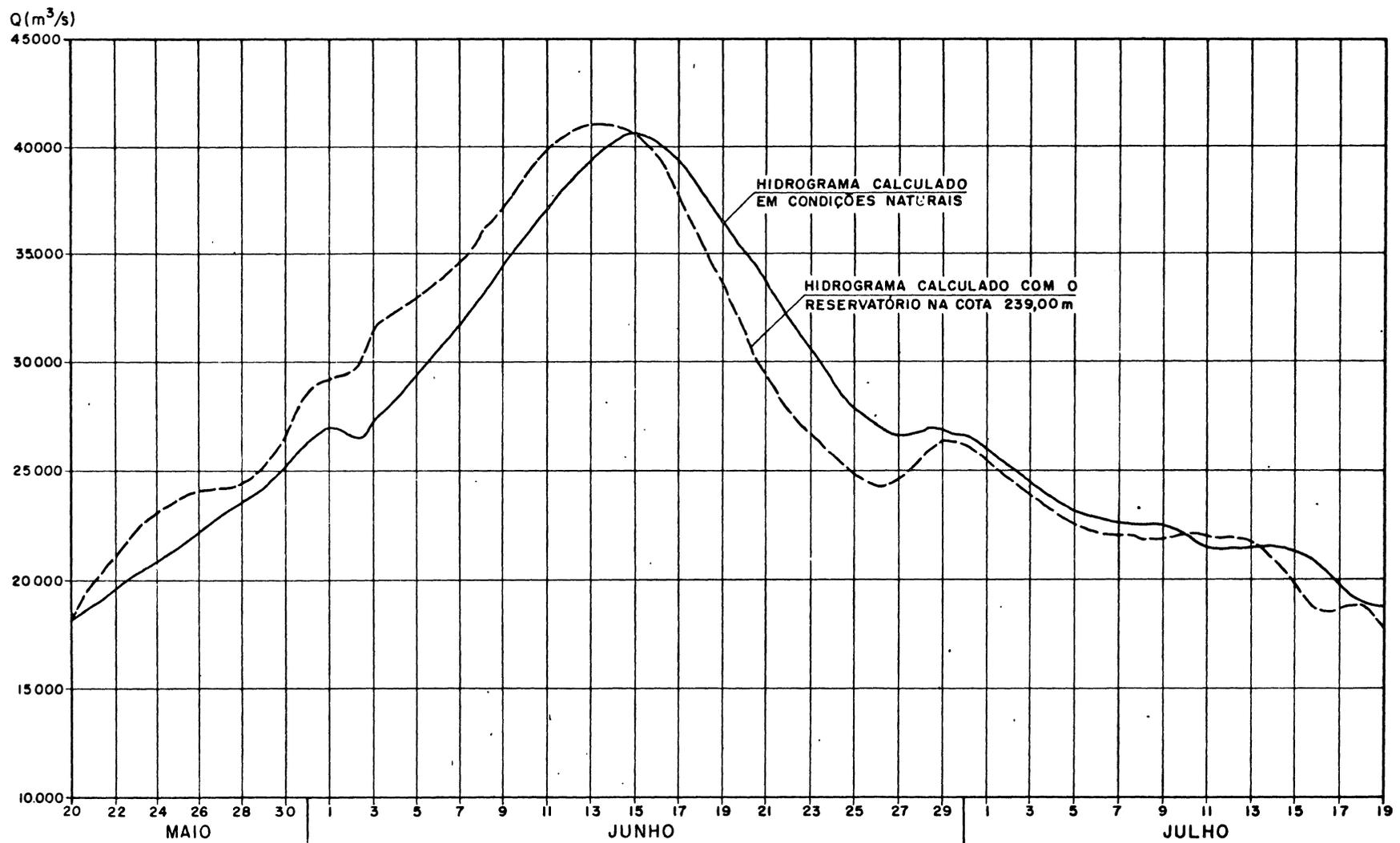


FIGURA 5.12 HIDROGRAMA EM GUAÍRA COM E SEM O RESERVATÓRIO DE ILHA GRANDE

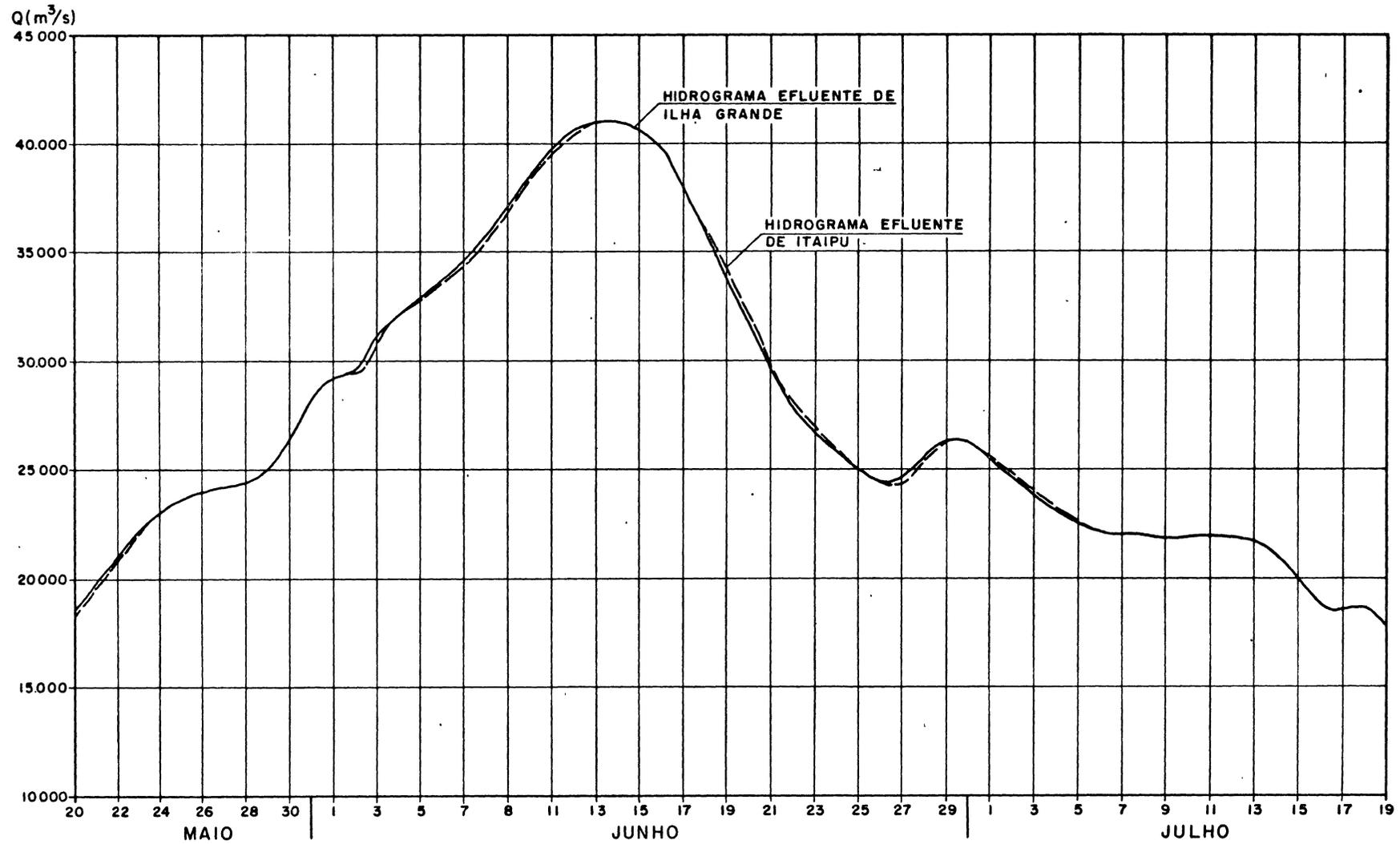


FIGURA 5.13 - HIDROGRAMAS SIMULADOS PARA A CHEIA DE MAIO A JULHO DE 1983, COM A EXISTÊNCIA DOS RESERVATÓRIOS DE ILHA GRANDE E ITAIPU OPERANDO COM COTA CONSTANTE

### 5.3 Estudo de Regras de Operação

Como um dos objetivos deste trabalho está um estudo de regras de operação, este foi efetuado para o caso do reservatório de Ilha Grande.

Consideramos neste trabalho regras de operação bastante simples como relações entre as vazões defluentes e os níveis de reservatório. Este tipo de regra foi considerada no modelo como uma condição de contorno de jusante como curva chave. Desta forma, pode-se modelar a existência de volumes de espera no reservatório, que venham a ser utilizados apenas a partir de uma certa vazão defluente.

Foram consideradas diferentes regras de operação. A tabela 5.7 apresenta as quatro regras testadas e na figura 5.14 tem-se de forma gráfica três destas regras. A tabela 5.8 apresenta a curva de descarga do vertedouro do projeto da UHE Ilha Grande. Estas regras foram definidas e testadas tendo em vista a cheia de 1983 utilizada neste trabalho. Pode-se verificar pela tabela 5.9 os resultados obtidos. Verifica-se que a manutenção de um volume de espera que venha a ser utilizado apenas a partir de uma certa vazão já elevada permitiu um abatimento significativo da onda de cheia. Deve-se ter em mente que trata-se de um evento de volumes bastante significativos, para o qual um abatimento da ordem de  $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$  é razoável.

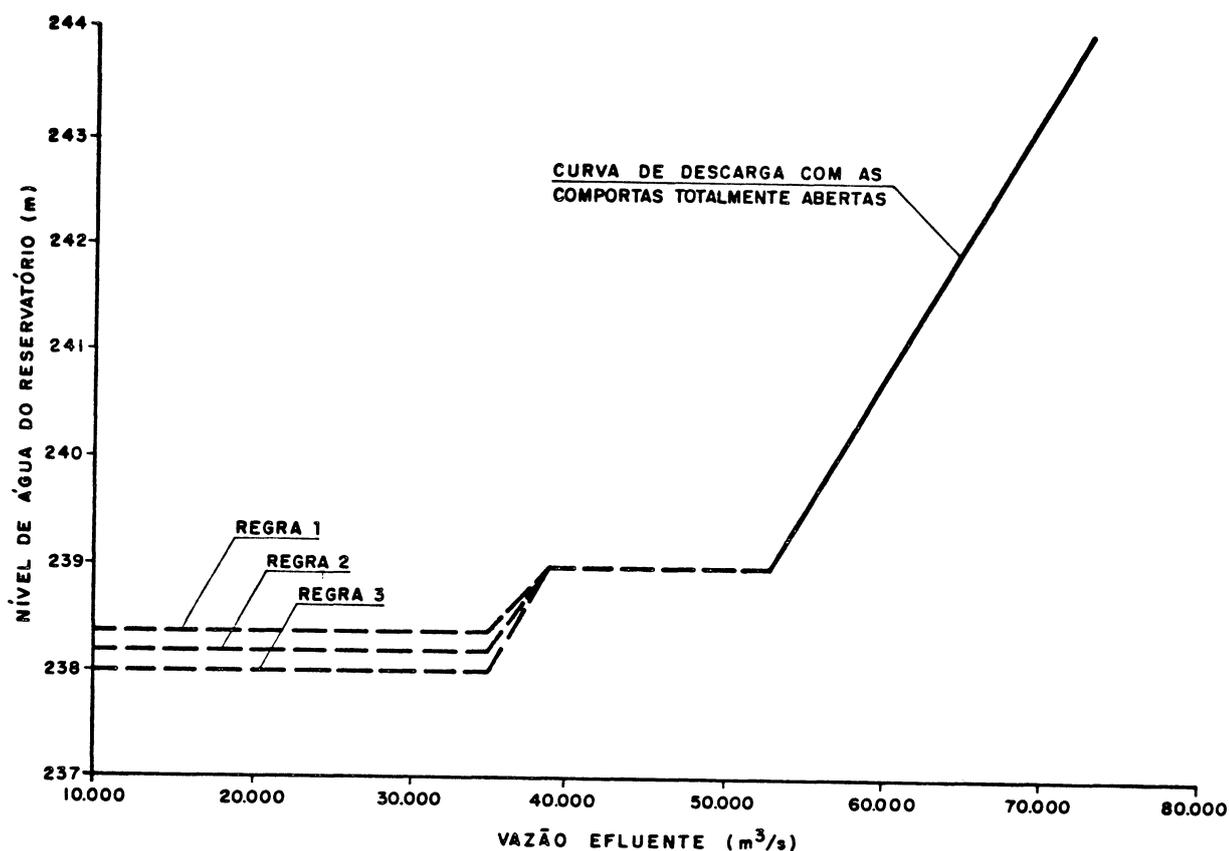


Figura 5.14 - Regras de Operação para a UHE Ilha Grande

Tabela 5.7 Regras de Operação testadas para a Cheia de 1983

REGRA	N. A. (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)						
1	238.35	0	238.35	35000	239.00	39000	239.00	53394
2	238.20	0	238.20	35000	239.00	39000	239.00	53394
3	238.00	0	238.00	35000	239.00	39000	239.00	53394
4	238.00	0	238.00	32000	239.00	39000	239.00	53394

Observação: Para níveis superiores aos constantes na tabela, a regra segue a curva de descarga do vertedouro com comportas totalmente abertas.

Tabela 5.8 Curva de Descarga do Vertedouro da UHE Ilha Grande Com Comportas Totalmente Abertas

N. A. (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)						
239.00	53392	239.50	55418	240.00	57473	240.50	59559
241.00	61673	241.50	63758	242.00	65804	242.50	67871
243.00	69959	243.50	72068	244.00	74199		

Fonte: CEHPAR (1983)

Os resultados obtidos com as regras de operação 1 a 4 estão apresentados na Tabela 5.9. Essa tabela apresenta os resultados obtidos com a operação normal do vertedouro que no caso desta cheia significa manter seu nível constante na cota 239,00 m, visto a vazão máxima ser inferior a capacidade de descarga do vertedouro com comportas totalmente abertas nesta cota.

Tabela 5.9 Resultados Obtidos com as Regras de Operação para a Cheia de Maio a Agosto de 1983

Condição de Operação	Nível Máximo Atingido (m)	Vazão Máxima Efluente (m <sup>3</sup> /s)	Data	Hora
Normal	239.00	40971	14/6/83	0:00
Regra 1	238.97	39028	16/6/83	12:00
Regra 2	238.91	38689	16/6/83	12:00
Regra 3	238.79	36303	17/6/83	0:00
Regra 4	238.97	38912	16/6/83	12:00

Nestas simulações pode-se verificar que todas as regras apresentadas mantêm o nível do reservatório praticamente no seu nível normal e apresentam abatimento na vazão máxima efluente além

de deslocarem no tempo a sua ocorrência em relação a operação normal em 60 horas.

Durante estas simulações com regras de operação verificou-se também que o intervalo de tempo de cálculo necessitava ser reduzido, de 12 horas que vinha sendo utilizado e que havia sido testado em condições naturais e com reservatório com condição de jusante de limnigrama, para 3 horas, visto que no intervalo de cálculo de 12 horas há uma variação significativa de níveis que altera os parâmetros da condição de jusante, influenciando nos resultados finais. Com intervalo de 3 horas, essa situação foi superada, sendo os resultados apresentados obtidos desta forma.

Visando verificar o que significa utilizar uma regra de operação derivada para uma dada cheia para um outro evento de magnitude bastante diferente, foi feito um estudo com a cheia de Projeto da UHE Ilha Grande. Os dados para essa simulação foram obtidos do estudos de cheias de projeto constante do relatório ELETROSUL(1980). Esse relatório nos fornece o hidrograma afluente a montante em Porto São José considerando a operação dos reservatórios de Porto Primavera e Rosana e um hidrograma de projeto para a bacia incremental. Esses dados foram os utilizados para a simulação.

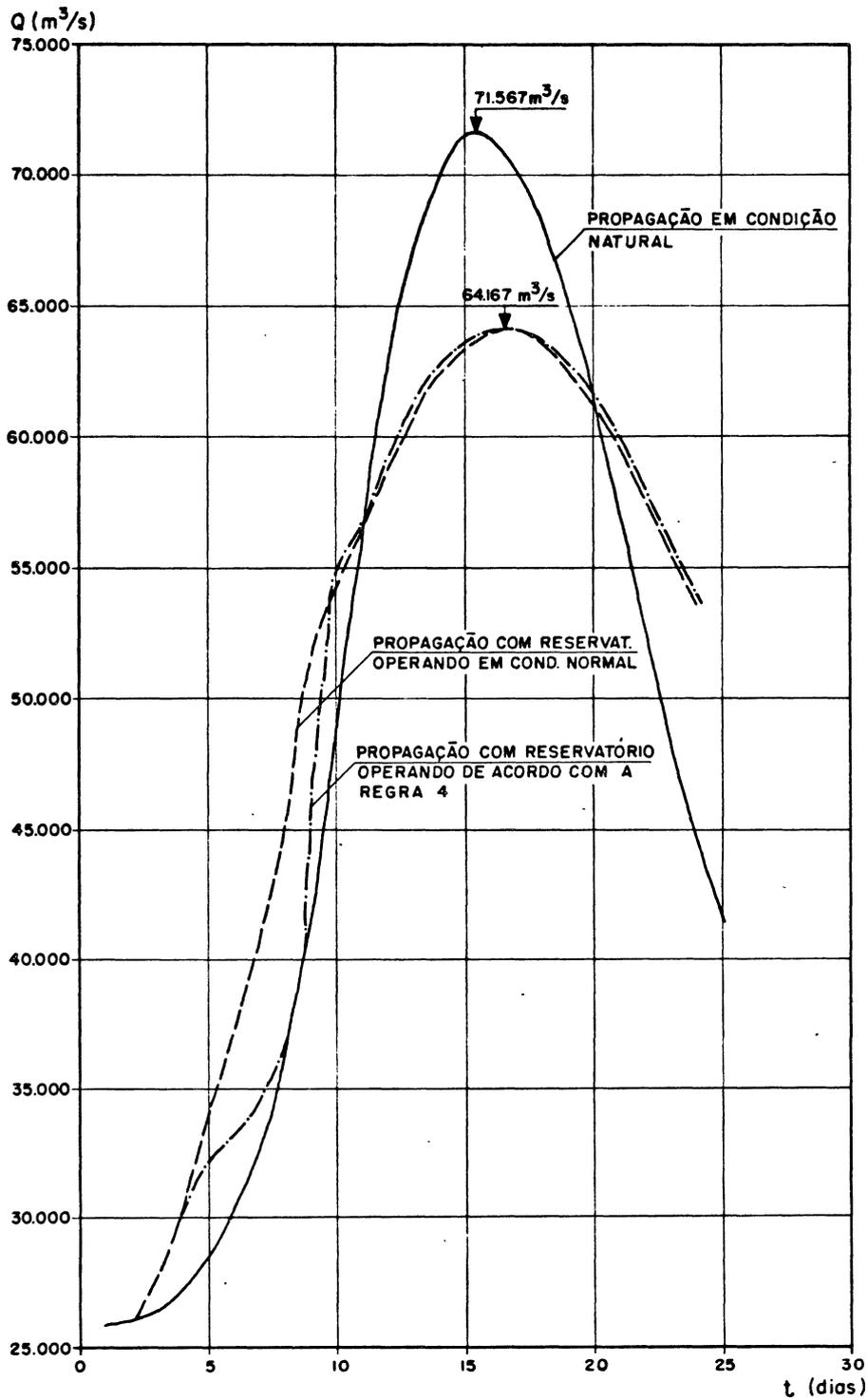


FIGURA 5.15 - CHEIA DE PROJETO DA UHE ILHA GRANDE  
SIMULAÇÃO COM O MODELO "PROPAGA"

Para essa simulação foi escolhida a regra 4 da tabela 5.7. A figura 5.15 apresenta a cheia de projeto em condições naturais simulada com o modelo PROPAGA, bem como a propagação com reservatório com operação normal e com a regra 4. Verifica-se que a regra de operação foi inócua, sendo as diferenças nos resultados apresentados entre a operação normal e esta atribuível a erros numéricos. Deve-se este fato basicamente a utilização do volume de espera muito antes da chegada do pico da cheia. Por outro lado, tal regra poderia apresentar resultados bastante danosos por exemplo se ela contemplasse utilização como volume de espera de volumes em cotas bastante superiores ao nível máximo normal. Por exemplo, se a regra contemplasse volumes de espera até a cota 242,00 m com restrições de defluência da ordem de 50.000 m<sup>3</sup>/s, o volume de espera seria preenchido antes da chegada do pico da cheia e a partir da cota 242,00 m se teria defluências acima de 66.000 m<sup>3</sup>/s, superiores a vazão máxima defluente obtida em condição natural.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho permitiu desenvolver um modelo de propagação de cheias apropriado ao uso em um sistema de reservatórios em série.

O modelo de propagação baseia-se na solução por diferenças finitas das equações de Saint-Venant, permitindo ao usuário optar pelo uso do esquema de Preissman ou o de Vasiliev, sendo que o primeiro apresenta em geral resultados mais precisos e o segundo apesar de um menor grau de precisão é aplicável a casos onde o de Preissmann apresenta alguns problemas, como aqueles em que se tem mudanças significativas entre seções contíguas.

O modelo foi desenvolvido de maneira a permitir a consideração de canais de seção composta por duas planícies laterais, um canal principal e ilha neste canal principal.

A revisão bibliográfica a respeito dos métodos de cálculo da capacidade de descarga nos canais de seção composta constatou que não há ainda uma metodologia única e definitiva que se estabeleça para este tipo de canal. As diferenças metodológicas referem-se principalmente a consideração do mecanismo de transferência de

quantidade de movimento entre canal principal e planície de inundação resultando em tensões tangenciais aparentes entre as regiões de maior e menor velocidade. De modo geral também as metodologias baseadas na ponderação do coeficiente de rugosidade na seção e cálculo da capacidade de descarga como uma seção única não são recomendadas. Apresenta-se atualmente uma linha de pesquisa extensa, procurando a solução da questão da quantificação das tensões cisalhantes numa interface entre planície e canal principal para o cálculo da capacidade de descarga. Entretanto as pesquisas não puderam ainda explicitar e recomendar um modelo simples aplicável as diferentes situações práticas que se apresentam. Dependem ainda de muito trabalho experimental para quantificar parâmetros adequados as diferentes situações.

O modelo desenvolvido nesta dissertação permite ao usuário escolher o tipo de interface a considerar entre canal principal e planícies ou ilha, através do posicionamento dos planos de separação e do seu ângulo em relação a vertical. O modelo ao considerar a seção composta, faz uso na equação dinâmica do coeficiente corretor de quantidade de movimento  $\beta$ , permitindo assim considerar a distribuição não uniforme de velocidades na seção transversal. Não permite contudo considerar efeitos de escoamentos transversais a direção principal por se tratar de um modelo uni-dimensional.

As aplicações do modelo foram realizadas visando avaliar resultados num canal prismático com o intuito de comparar seus resultados com os de outros modelos hidrodinâmicos e depois num

sistema real para demonstrar a aplicabilidade do modelo para casos concretos.

A aplicação ao canal prismático permitiu na sua simplicidade identificar algumas conclusões importantes como:

- o papel da declividade do canal é fundamental nos efeitos que a implantação de um reservatório venha a ter sobre a propagação de cheias, sendo o maior efeito observado nos canais de baixa declividade;

- a profundidade do reservatório tem efeito significativo, sendo tanto maiores seus efeitos de aceleração quanto mais profundo ele for;

- a relação entre largura do canal principal e de suas planícies laterais é importante, verificando-se que os efeitos de aceleração com a implantação do reservatório são maiores para planícies muito extensas em relação ao canal principal;

- os efeitos de aceleração sobre a cheia ainda tem relação com o seu volume, verificando-se efeitos mais significativos para cheias de pequeno volume e picos acentuados. Para cheias de volumes muito grandes, os efeitos de aceleração apresentaram-se menores;

- a magnitude relativa do hidrograma afluente e do incremental no trecho considerado influencia também os resultados.

A aplicação feita no rio Paraná ficou limitada em sua abrangência, mas permitiu verificar a importância dos dados hidrológicos básicos para a utilização de um modelo de propagação. Sem dúvida, a quantificação precisa das condições de contorno é fundamental nos resultados. Obteve-se um bom resultado quanto a

calibragem do modelo em relação a cheia de 1983, no trecho a jusante de Porto Primavera, até a cidade de Guaira. Verificou-se os efeitos que o futuro reservatório de Ilha Grande teria sobre este evento. Na cheia analisada, os efeitos foram pouco significativos quanto a vazão máxima, porém com sua ocorrência mais cedo do que a observada em condições naturais. Coincidindo esta conclusão com aquela já obtida em relação a cheias de grande volume. A aplicação que envolveu o reservatório de Itaipu, comprovou também as características de grande velocidade de propagação de um reservatório profundo.

Uma conclusão paralela ao estudo é a importância da consideração do coeficiente corretor de energia cinética  $\alpha$  no cálculo de remanso em rios com planícies laterais extensas, principalmente quando relacionado a propagação de cheias. A não consideração do coeficiente  $\alpha$  para obter o perfil de linha d'água da condição inicial utilizado no modelo Propaga gerava problemas no cálculo hidrodinâmico. Essa questão foi só superada com perfil de linha d'água calculados com o uso do coeficiente  $\alpha$ .

Uma possível continuação do presente trabalho é a extensão do modelo com a possibilidade de considerar sistemas de rios ou reservatórios não apenas em série, mas também com junções em nós, permitindo análises sobre os efeitos de propagação de cheias em sistemas de reservatórios distribuídos sobre o curso principal e o seu afluente. Sistemas desse tipo ocorrem no caso dos rios Canoas e Pelotas, formadores do rio Uruguai, ou no caso de se representar todo o sistema de reservatórios da bacia do rio Parana. Ressalte-se entretanto que quanto maiores os sistemas a analisar,

maior a necessidade de dados hidrológicos para a correta calibragem e utilização do modelo.

Verifica-se enfim de forma clara a importância de considerar a questão dos efeitos dos reservatórios sobre os hidrogramas de cheias, bem como a importância de se ter em conta esse fenômeno a nível de operação. Ressalta-se que os efeitos são mais significativos em cheias de menor volume e dentro da faixa de operação com nível constante dos reservatórios. O modelo permite ainda de acordo com as restrições do sistema real, testar regras de operação específicas usando tanto cheias históricas verificadas como também hidrogramas de projeto para diferentes tempos de recorrência. Permite ainda estudar e melhorar significativamente a operação de reservatórios em série. Essas possibilidades se aplicam tanto a reservatórios já existentes como também em estudos onde o grau de detalhe do projeto permite simular esse tipo de operação. O presente estudo mostrou também a necessidade de um conjunto de estações fluviométricas adequado para quantificar a contribuição lateral ao reservatório, para a calibragem do modelo.

Finalmente cumpre ressaltar que o modelo desenvolvido pode contribuir significativamente para operar reservatórios no sentido de efetivamente conter seu potencial de alteração dos hidrogramas de cheias para jusante, com segurança, principalmente quando usado conjugado a um sistema de previsão de afluências. Além disso, permite considerar, a nível de projeto, o fenômeno de alteração na forma dos hidrogramas de cheia pela formação do reservatório para efeito de dimensionamento de vertedouro.

## Referências Bibliográficas:

- 1) ALAVIAN, V., CHU, V H. Turbulent exchange flow in shallow compound channel. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia: Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 447-451.
- 2) AMEIN, Michael, FANG, Ching S. Implicit flood routing in natural channels. Journal of Hydraulic Division, v. 96, n. HY12, p. 2481-2500, Dec. 1970.
- 3) APELT, C. J. et al. Mathematical modelling of channel-flood plain exchange. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia: Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 391-395.
- 4) BALLOFFET, Armando. One-dimensional analysis of floods and tides in open channels. Journal of Hydraulic Division, v. 95, n. HY4, p. 1429-1451, July 1969.
- 5) BARISHNIKOV, N. B., IVANOV, G. V., SOKOLOV, Yu N. Role of flood plain in flood discharge of a river channel. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 14., 1971, Paris. Proceedings. Paris, 1971. v. 5, p. 141-144.
- 6) BARNES, H. H. Roughness characteristics of natural channels. Washington, U.S. Department of the Interior, 1967.
- 7) BRUTSAERT, Willem. De Saint-Venant equations experimentally verified. Journal of Hydraulic Division, v. 97, n. HY9, p. 1387-1401, Sept. 1971.
- 8) CHAUDHRY, M H., BHALLAMUDI, S. M. Computation of critical depth in symmetrical compound channels. Journal of Hydraulic Research, v. 26, n. 4, p. 377-396, 1988.
- 9) CHAUDHRY, Y. M., CONTRACTOR, D. N. Application of the implicit method to surges in open channels. Water Resources Research. v. 9, n. 6, p. 1605-1612, Dec. 1973.
- 10) CHEE, S. P., RAY, S. Conveyance of channels with overbank flow. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia: Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 453-456.
- 11) CHEN, Yung H. Mathematical modelling of water and sediment routing in natural channels. Fort Collins: Colorado State University, 1973. Dissertation (PhD) - Dept. of Civil Eng., Colorado State Univ., 1973.
- 12) CHOW, Ven Te. Open-channel hydraulics. New York: McGraw-Hill, 1959.

- 13) CHRISTENSEN, B. A. Open channel and sheet flow over flexible roughness, In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton; Australia: Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 463-467.
- 14) COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Programa Channel 2 : descrição do programa e manual de utilização. Curitiba, 1980.
- 15) CUNGE, J.A., HOLLY JR., F.M., VERWEY, A. Practical aspects of computational river hydraulics. London: Pitman, 1980.
- 16) DELLEUR, J. B., TOEBES, G. H., UDEZO, B.C. Uniform flow in idealized channel-flood plain geometries. in: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 12., 1967, Fort Collins. Proceedings, Fort Collins, 1967. v. 1, p. 218-225.
- 17) DI SILVIO, Giampaolo. Flood wave modification along prismatic channels. Journal of Hydraulic Division, v. 95, n. HY5, p. 1589-1614, Sept. 1969.
- 18) DZIEDZIC, Mauricio. Investigação sobre a aplicabilidade de um esquema de elementos finitos para a solução das equações de Saint-Venant. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 1988. 165 p. Tese (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, 1988.
- 19) EIGER, Sergio. Modelos de escoamentos turbulentos. In: Associação Brasileiro de Recursos Hídricos. Métodos Numéricos em Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: ABRH, 1989. Cap. 2, p. 84-150.
- 20) ELETROSUL. Estudos hidrometeorológicos para reavaliação da cheia de projeto do vertedouro da usina hidrelétrica Passo Fundo. Florianópolis, 1987. (rel. DECH-008/87).
- 21) ELETROSUL. Projeto básico da UHE Ilha Grande. Florianópolis, 1982.
- 22) \_\_\_\_\_. Aproveitamento hidrelétrico de Ilha Grande: revisão do estudo de enchentes. Florianópolis, 1980. (rel. IGE-018).
- 23) \_\_\_\_\_. Remanejamento do reservatório de Itaipu. Florianópolis, 1980. (rel. DVEC-007/80).
- 24) ELLIOTT, S.C.A., SELLIN, R. H. J. SERC flood channel facility: skewed flow experiments. Journal of Hydraulic Research, v. 28, n. 2, p. 197-214, 1990.
- 25) ELLIS, John. Unsteady flow in channel of variable cross section. Journal of Hydraulic Division, v. 96, n. HY10, p. 1927-1945, Oct. 1970.

- 26) EPVINE, D. A., BAIRD, J. I. Rating curves for rivers with overbank flow. Proceedings of the Inst. of Civil Engineers, Part 2, v. 73, p. 465-472, June 1982.
- 27) FLETCHER, Alan G., HAMILTON, Walter S. Flood routing in an irregular channel. J. of Engineering Mechanics Division, v.3, n. EM3, p. 45-62, June 1967.
- 28) FILL, Heinz D.O.A., BORSTEL, Martha R. von. Influência de uma cascata de reservatórios no fenômeno das cheias: aplicação ao rio Iguaçu. Revista ABRH, n. 2, p. 34-47, ag. 1979.
- 29) FILL, Heinz D. O. A , MONDARDO JR., Moacyr. Influência de uma cascata de reservatórios sobre a propagação de cheias: caso de canal prismático. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS, 8., 1989, Foz do Iguaçu. Anais. Rio de Janeiro: ABRH, 1989. v. 1, p. 130-139..
- 30) FILL, Heinz D. O. A., SUGAI, Martha R. von. Análise da possível influência dos reservatórios sobre o regime de cheias do Rio Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS, 6., 1985, São Paulo. Anais. Rio de Janeiro: ABRH, 1985. v. 2, p. 61-79.
- 31) FFEAD, D.L. Theoretical development of implicit dynamic routing model. Silver Spring: Hydrological Res. Laboratory, 1976.
- 32) GARRISON, Jack M, GRANJU, Jean Pierre P., PRICE, James T. Unsteady flow simulation in rivers and reservoirs. Journal of Hydraulic Division, v. 95, n. HY5, p. 1559-1576, Sept. 1969.
- 33) HENDERSON, F. M. Open channel flow. New York, MacMillan, 1966. 522 p..
- 34) HIDROSERVICE-HIDRENED. Projeto básico do aproveitamento hidrelétrico de Garabi : manual de operação do modelo Hidro. São Paulo, 1987.
- 35) HORN, Dennis R. Graphic estimation of peak flow reduction in reservoirs. J. of Hydraulic Engineering, v. 113, n. 11, p. 1441-1450, Nov. 1987.
- 36) KATOPODES, N. D. A dissipative Galerkin scheme for open-channel flow. J. of Hydraulic Eng., v. 110, n. 4, p. 450-466, Apr. 1984.
- 37) KELLER, R.J., RODI, W. Prediction of flow characteristics in main channel/flood plain flows J. of Hydraulic Research, v. 26, n. 4, p. 425-441, 1988.

- 38) KLAASSEN, G. J., VAN URK, A. Resistance to flow of floodplains with grasses and hedges. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia: Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 469-473.
- 39) KNIGHT, Arthur C. E. Rationalized energy-loss parameters of channels. J. of Hydraulic Engineering, v. 114, n. 7, p. 757-765, July 1988.
- 40) KNIGHT, Donald W., DEMETRIOU, John D. Flood plain and main channel flood interaction. J. of Hydraulic Engineering, v. 109, n. 8, p. 1073-1092, Aug. 1983.
- 41) KNIGHT, Donald W., HAMED, Mohammed E. Boundary shear in symmetrical compound channels. J. of Hydraulic Engineering, v. 110, n. 10, p. 1412-1430, Oct. 1984.
- 42) KNIGHT, Donald W., SHIONO, K. Turbulence measurements in a shear layer region of a compound channel. J. of Hydraulic Research, v. 28, n. 2, p. 175-196, 1990.
- 43) KRISHNAPPAN, Bommanna. Modelling of unsteady flow in alluvial streams. J. of Hydraulic Engineering, v.111, n. 2, p.257-266, Feb. 1985.
- 44) KRISHNAPPAN, Bommanna, LAO, Y. Lam. Turbulence modelling of flood plain flows. J. of Hydraulic Engineering, v.112, n. 4, p. 251-266, Apr. 1986.
- 45) LAURENSEN, Eric M. Friction slope in backwater calculation. J. of Hydraulic Engineering, v.112, n. 12, p. 1151-1163, Dec. 1986.
- 46) LI, Zi-Cai, ZHAN, Ling-Jia, WANG, Hiu-Li. Difference methods of flow in branch channels. J. of Hydraulic Engineering, v.109, n. 3, p. 424-446, March 1983.
- 47) LIN, Pin-nam, DAI, Zheheng, LI, Kuanbin. Unsteady flow studies in China. J. of Waterways, Port, Coastal and Ocean Division. v. 108, n. WW3, p. 343-360, Aug. 1982.
- 48) MAHMOOD, K., YEVJEVICH, V. Unsteady flow in open channels. Fort Collins: Water Resources Publications, 1975. 3 V.
- 49) MAYERLE, Roberto. Projeto HL-59. Estudos hidraulicos em modelo reduzido do aproveitamento hidreletrico de Ilha Grande: verificações experimentais de caráter geral referentes ao projeto do vertedor: modelo geral. Curitiba: Centro de Hidraulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, out. 1983. (Relatorio n. 10). Estudos em modelo reduzido tridimensional da UHE Ilha Grande. Curitiba, 1983 (rel. HL-59 n.10).

- 50) McKEE, P.M., ELSAWY, E.M., MCKEOGH, E.J. A study of hydraulic characteristics of open channels with flood plains. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 360-366.
- 51) MONDARDO JR, Moacyr, CORRADINI, Cláudio. Calculo de perfis de linha d'água em rios. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE HIDRAULICA E RECURSOS HIDRICOS, 2., 1986, Lisboa. Anais. Lisboa : Associação Portuguesa de Recursos Hidricos, 1986. v. 2, p. 10-23.
- 52) MYERS, W.R.C., BRENNAN, E.K. Flow resistance in compound channels. J. of Hydraulic Research, v. 28, n. 2, p. 141-155, 1990.
- 53) NALLUPI, C, JUDY, N.P. Interaction between main channel and flood plain flow. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings, Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 378-382.
- 54) PASCHE, Erik, ROUVE, G. Overbank flow with vegetatively roughened flood plains. J. of Hydraulic Engineering, v. 111, n. 9, p. 1262-1278, Sept. 1985.
- 55) PASCHE, Erik, ROUVE, G, EVERS, P. Flow in compound channels with extreme flood plain roughness. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v.3, p. 384-389.
- 56) PETRYK, Sylvester, BOSMAJIAN III, George. Analysis of flow through vegetation. J. of Hydraulic Division, v. 101, n. HY7, p. 871-884, July 1975.
- 57) PONCE, Victor M., INDLEKOFER, Horst, SIMONS, Daryl L. Convergence of four-point implicit water wave models. J. of Hydraulic Division, v. 104, n. HY7, p. 947-958, July 1978.
- 58) PONCE, Victor M., LI, Ruh-Ming, SIMONS, Daryl B. Applicability of kinematic and diffusion models. J. of Hydraulic Division, v. 104, n. HY3, p. 353-360, March 1978.
- 59) PRICE, Roland K. Comparison of four numerical methods for flood routing. J. of Hydraulic Division, v. 100, n. HY7, p. 879-899, July 1974.
- 60) PRINOS, Panagiotis, TOWNSEND, Ron, TAVOULARIS, Stavros. Structure of turbulence in compound channel flows. J. of Hydraulic Engineering, v.111, n. 9, p. 1246-1261, Sept. 1985.

- 61) RADOJKOVIC, M., DJORJEVIC, S. Computation of discharge distribution in compound channels. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne, Proceedings, Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 368-371.
- 62) RAJARATNAM, N., AHMADI, R. Hydraulics of channels with flood plains. J. of Hydraulic Research, v.19, n.1, p.43-60, 1981.
- 63) SELLIN, Robert Henry John. A laboratory investigation into the interaction between the flow in the channel of a river and that over its flood plain. La Houille Blanche, n. 7, p.793-802, nov. 1984.
- 64) STRELKOFF, Theodor. Numerical solution of Saint-Venant equations. J. of Hydraulic Division, v.96, n. HY1, p. 223-252, Jan. 1970.
- 65) TINGSANCHALI, Tawatchai, ACKERMANN, Norbert L. Effects of overbank flow in flood computations. J. of Hydraulic Division, v.102, n. HY7, p. 1013-1025, July 1976.
- 66) TOEBES, Gerrit, SOOKY, Attila A. Hydraulics of meandering rivers with flood plains. J. of Waterways and Harbors Division, v. 93, n. WW2, p. 213-236, May 1967.
- 67) TOZZI, M. J. Finite element solutions to the Saint-Venant equations. Davis, Univ. of California, 1981. (Tese)
- 68) TUCCI, Carlos E. M. Hydraulic and water quality model for a river network. Fort Collins : Colorado State University, 1978. Dissertation (PhD) - Civil Engineering Department, Colorado State Univ., 1978.
- 69) TUCCI, Carlos E. M. Modelos Deterministicos. In: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos: Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: Nobel/ABRH. 1987. Capítulo 3, p. 203-323.
- 70) WEINMANN, Erwin P., LAURENSEN, Eric M. Approximate flood routing methods: a review. J. of Hydraulic Division, v. 105, n. HY12, p. 1521-1536, Dec. 1979.
- 71) WORMLEATON, Peter R., ALLEN, John, HADJIPANOS, Panos. Discharge assessment in compound channel flow. J. of Hydraulic Division, v. 108, n. HY9, p. 975-994, Sept. 1982.
- 72) WORMLEATON, Peter R., HADJIPANOS, Panos. Flow distribution in compound channels. J. of Hydraulic Engineering, v.111, n. 2, p. 357-361, Feb. 1985.
- 73) WORMLEATON, Peter R., KARMEGAN, Muthukaruppan. Parameter optimization in flood routing. J. of Hydraulic Engineering, v.110, n. 12, p. 1799-1814, Dec. 1984.

- 74) WORMLEATON, Peter R., MERRETT, D. J. An improved method of calculation for steady uniform flow in prismatic main channel/flood plain sections. J. of Hydraulic Research, v. 28, n. 2, p. 157-174, 1990.
- 75) WRIGHT, Robert B., CARSTENS, Marion R. Linear-momentum flux to overbank sections. J. of Hydraulic Division, v. 96, n. HY9, p.1781-1793, Sept. 1970.
- 76) WYLIE, E. Unsteady free-surface flow computations. J. of Hydraulic Division, v. 96, n. HY11, p. 2241-2251, Nov. 1970.
- 77) YEN, Chin-Lien. Routing by diffusion method in channels with floodplains. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 458-481.
- 78) \_\_\_\_\_. Subsidence of peak flow in channels with storage areas. J. of Hydraulic Research, v.16, n. 4, p. 309-326, 1978.
- 79) YEN, Chin-Lien, OVERTON, Donald D. Shape effects on resistance in flood plain channels. J. of Hydraulic Division, v. 99, n. HY1, p.219-238, Jan. 1973.
- 80) YEN, Ben Chie et al. Significance of floodplains in backwater computation. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985. Melbourne. Proceedings. Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 440-445.
- 81) ZANOBETTI, Dino et al. Mekong delta mathematical model program construction, J. of Waterways and Harbors Division, v.96, n. WW2, p. 181-199, May 1970.
- 82) ZHELEZNYAKOV, G. V. Interaction of channel and flood plain streams. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 14., 1971, Paris. Proceedings. Paris, 1971. v. 5, p. 145-148.
- 83) \_\_\_\_\_. Problem of the interaction of the main channel and the flood plain flows. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH. Congress, 21., 1985, Melbourne. Proceedings. Barton, Australia : Institution of Engineers, 1985. v. 3, p. 373-376.

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUÇÃO NUMÉRICA DAS EQUAÇÕES DE SAINT - VENANT  
PELO ESQUEMA DE DÍCRETIZAÇÃO DE VASILIEV

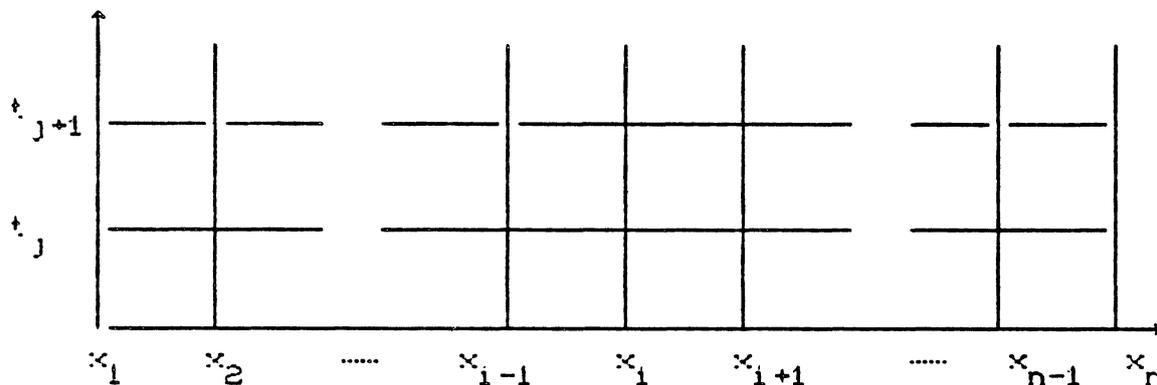
## ESQUEMA DE VASILIEV

Sejam as equações de Saint Venant na seguinte forma:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (A1-1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2\beta Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + g A \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (A1-2)$$

Seja a malha de pontos:



O esquema de discretização proposto por Vasiliev consiste no uso das seguintes diferenças finitas:

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial x} = \frac{f_{i+1}^{j+1} - f_{i-1}^{j+1}}{2 \Delta x} \quad (A1-3)$$

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \frac{f_i^{j+1} - f_i^j}{\Delta t} \quad (A1-4)$$

Aplicando-se estas diferenças discretiza-se as equações de Saint Venant.

## a) Discretização da Equação da Continuidade

Aplicando-se as diferenças finitas a cada termo tem-se:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i-1}^{j+1}}{2 \Delta x} \quad (A1-5)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = B \frac{\partial z}{\partial t} = B_i^j \frac{z_i^{j+1} - z_i^j}{\Delta t} \quad (A1-6)$$

$$q = q_i^j \quad (A1-7)$$

Tem-se assim substituindo na equação da continuidade:

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i-1}^{j+1}}{2 \Delta x} + B_i^j \frac{z_i^{j+1} - z_i^j}{\Delta t} - q_i^j = 0 \quad (A1-8)$$

$$\frac{1}{2 \Delta x} Q_{i+1}^{j+1} - \frac{1}{2 \Delta x} Q_{i-1}^{j+1} + \frac{B_i^j}{\Delta t} z_i^{j+1} = \frac{B_i^j}{\Delta t} z_i^j + q_i^j \quad (A1-9)$$

Convencionando-se:

$$A_i = \frac{1}{2 \Delta x} \quad ; \quad B_i = \frac{B_i^j}{\Delta t} \quad e \quad C_i = \frac{B_i^j z_i^j}{\Delta t} + q_i^j$$

Tem-se a equação da continuidade da seguinte forma:

$$A_i Q_{i+1}^{j+1} - A_i Q_{i-1}^{j+1} + B_i z_i^{j+1} = C_i \quad (A1-10)$$

b) Discretização da equação da conservação da quantidade de movimento:

Aplicando-se as diferenças finitas a cada termo tem-se:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{Q_l^{j+1} - Q_l^j}{\Delta t} \quad (A1-11)$$

$$\frac{2\beta Q \partial Q}{A \partial x} = 2\beta_l^j \frac{Q_l^j}{A_l^j} \frac{Q_{l+1}^{j+1} - Q_{l-1}^{j+1}}{2\Delta x} = \beta_l^j \frac{Q_l^j}{A_l^j} \frac{Q_{l+1}^{j+1} - Q_{l-1}^{j+1}}{\Delta x} \quad (A1-12)$$

$$\beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = \beta_l^j \left[ \frac{Q_l^j}{A_l^j} \right]^2 \frac{A_{l+1}^{j+1} - A_{l-1}^{j+1}}{\Delta x} \quad (A1-13)$$

O termo de área na linha de tempo seguinte é discretizado em função da largura superficial B da seguinte forma:

$$A_l^{j+1} = A_l^j + \frac{\partial A}{\partial t} \Delta t = A_l^j + B_l^j \frac{\partial A}{\partial t} \Delta t$$

$$A_l^{j+1} = A_l^j + B_l^j \left[ \frac{Z_{l+1}^{j+1} - Z_l^j}{\Delta t} \right] \Delta t = A_l^j + B_l^j * (Z_{l+1}^{j+1} - Z_l^j)$$

Tem-se assim:

$$\frac{2\beta Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = \beta_l^j \left[ \frac{Q_l^j}{A_l^j} \right]^2 \left[ \frac{A_{l+1}^j - A_{l-1}^j + B_{l+1}^j * (Z_{l+1}^{j+1} - Z_{l+1}^j) - B_{l-1}^j * (Z_{l-1}^{j+1} - Z_{l-1}^j)}{2\Delta x} \right] \quad (A1-14)$$

O próximo termo é discretizado desta forma:

$$g A \frac{\partial Z}{\partial x} = g A_l^j \frac{Z_{l+1}^{j+1} - Z_{l-1}^{j+1}}{2\Delta x} \quad (A1-15)$$

O ultimo termo da equação é discretizado da seguinte forma:

$$g A S = g A_1^j \left[ S_l^j + \frac{\partial S}{\partial Q} \Delta Q + \frac{\partial S}{\partial K} \frac{\partial K}{\partial Z} \Delta Z \right] \quad (A1-16)$$

Sendo:  $S = \frac{Q | Q |}{k^2}$ , tem-se:

$$\frac{\partial S}{\partial Q} = \left[ \frac{\partial Q}{k^2} \right]_l^j \quad \frac{\partial S}{\partial K} = \left[ \frac{\partial Q}{k} \right]_l^j \quad \frac{\partial K}{\partial Z} = K$$

O valor de K é obtido a partir das características geométricas da seção transversal. Tem-se assim:

$$gAS = gA_1^j \left[ S_l^j + \left[ \frac{2Q}{k^2} \right]_l^j (Q_l^{j+1} - Q_l^j) - \left[ \frac{2SK}{k} \right]_l^j (Z_l^{j+1} - Z_l^j) \right] \quad (A1-17)$$

Substituindo os termos na equação da quantidade de movimento e agrupando-se os semelhantes:

$$\begin{aligned} & \frac{Q_l^{j+1} - Q_l^j}{\Delta t} + \beta_l^j \frac{Q_l^j}{A_l^j} \frac{Q_{l+1}^{j+1} - Q_{l-1}^{j+1}}{\Delta x} - \\ & \beta_l^j \left[ \frac{Q_l^j}{A_l^j} \right]^2 \left[ \frac{A_{l+1}^j - A_{l-1}^j + B_{l+1}^j * (Z_{l+1}^{j+1} - Z_{l+1}^j) - B_{l-1}^j * (Z_{l-1}^{j+1} - Z_{l-1}^j)}{2\Delta x} \right] + \\ & gA_1^j \frac{Z_l^{j+1} - Z_{l-1}^{j+1}}{2\Delta x} + \left[ S_l^j + \left[ \frac{2Q}{k^2} \right]_l^j (Q_l^{j+1} - Q_l^j) - \left[ \frac{2SK}{k} \right]_l^j (Z_l^{j+1} - Z_l^j) \right] = 0 \quad (A1-18) \end{aligned}$$

Tem-se assim:

$$D_l^j Q_{l+1}^{j+1} + E_l^j Q_l^{j+1} - D_l^j Q_{l-1}^{j+1} + F_l^j Z_{l+1}^{j+1} + G_l^j Z_l^{j+1} + H_l^j Z_{l-1}^{j+1} = J_l^j \quad (A1-19)$$

Onde:

$$D_1 = \frac{\beta}{\Delta x} \left[ \frac{Q}{A} \right]_l^j$$

$$E_1 = \frac{1}{\Delta t} + \frac{A_l^j Q_l^j}{K_l^j 2}$$

$$F_1 = \left[ g A_l^j - \beta \left( \frac{Q_l^j}{A_l^j} \right)^2 * B_{l+1}^j \right] \frac{1}{2\Delta x}$$

$$G_1 = -2 g A_l^j S_l^j \frac{K_{l+1}^j}{K_l^j}$$

$$H_1 = \left[ \beta \left( \frac{Q_l^j}{A_l^j} \right)^2 * B_{l-1}^j - g A_l^j \right] \frac{1}{2\Delta x}$$

$$J_1 = g A_l^j \left[ -2 S_l^j \frac{K_{l+1}^j}{K_l^j} z_l^j + \frac{Q_l^j 2}{K_l^j 2} \right] + \frac{Q_l^j}{\Delta t} + \frac{\beta}{2\Delta x} \left( \frac{Q_l^j}{A_l^j} \right)^2 \left[ \left( A-BZ \right)_{l+1}^j - \left( A-BZ \right)_{l-1}^j \right]$$

Com as equações de Saint Venant, para  $n$  seções obtém-se um sistema de  $2(n-2)$  equações. Para tornar o sistema determinado, são necessárias mais 4 equações que são:

- duas oriundas das condições de contorno
- duas são equações de Saint Venant em forma característica aplicadas ao primeiro e último trecho da malha.

A equação característica negativa pode ser escrita quanto as variáveis  $Q$  e  $y$  conforme Strelkoff(1970):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \beta \left( v-c \right) \frac{\partial Q}{\partial x} - B \left( v+c \right) \left[ \frac{\partial y}{\partial t} + \beta \left( v-c \right) \frac{\partial y}{\partial x} \right] = AgCS_o - S + D_1 + v^2 A_x^y \quad (A1-20)$$

Onde:

$$c = \sqrt{g \frac{A}{B}}$$

$$S_o = - \frac{\partial Z_o}{\partial x}$$

$$D_1 = \frac{V \cdot q}{A \cdot g}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{\partial A(x, y)}{\partial x} \text{ (afastamento do canal da forma prismatica)}$$

Para Q e z como variáveis tem-se:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \beta(V-C) \frac{\partial Q}{\partial x} - \beta C(V+C) \frac{\partial Z}{\partial t} - \beta V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + \beta B C^2 \frac{\partial Z}{\partial x} = q(V+C) - AgS \quad (A1-21)$$

Aplicando-se a equação para o primeiro trecho da malha, tem-se:

$$D_1 Q_2^{J+1} + E_1 Q_1^{J+1} + G_1 Z_2^{J+1} + H_1 Z_1^{J+1} = J_1 \quad (A1-22)$$

Onde:

$$D_1 = \beta \left( \frac{V-C}{\Delta x} \right)_1^J$$

$$E_1 = \frac{1}{\Delta t} - \beta \left( \frac{V-C}{\Delta x} \right)_1^J + \left( \frac{2 A g Q}{k^2} \right)_1^J$$

$$G_1 = \beta \left( \frac{B C^2}{\Delta x} \right)_1^J - \beta \frac{V_1^J{}^2 B_2^J}{\Delta x}$$

$$H_1 = \beta \left[ \frac{BCV^2 - C^2}{\Delta x} \right]_1^J - \left[ \frac{BCV - C}{\Delta t} \right]_1^J - \left[ \frac{2 A g S K'}{K} \right]_1^J$$

$$J_1 = (g A S)_1^J \left[ 1 - \left[ \frac{2 K' Z}{K} \right]_1^J \right] + \frac{Q_1^J}{\Delta t} - \left[ \frac{B (V+C) Z}{\Delta t} \right]_1^J -$$

$$\left[ q(V+C) \right]_1^J + \beta \frac{V_1^{J2}}{\Delta x} \left[ CA - BZ_2^J - CA - BZ_1^J \right]$$

Analogamente obtém-se a equação característica positiva em termos de vazão e nível d'água como:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \beta(V+C) \frac{\partial Q}{\partial x} - B(V-C) \frac{\partial Z}{\partial t} - \beta V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + \beta BC \frac{\partial Z}{\partial x} = q(V-C) - AgS \quad (A1-23)$$

A qual discretizada e aplicada para o ultimo trecho da malha:

$$D_n Q_{n-1}^{J+1} + E_n Q_n^{J+1} + G_{n-1} Z_{n-1}^{J+1} + H_n Z_n^{J+1} = J_n \quad (2-24)$$

Onde:

$$D_n = - \beta \left( \frac{V+C}{\Delta x} \right)_n^J$$

$$E_n = \frac{1}{\Delta t} + \beta \left( \frac{V+C}{\Delta x} \right)_n^J + \left( \frac{2 A g Q}{2} \right)_n^J$$

$$G_n = - \beta \left( \frac{B C^2}{\Delta x} \right)_n^J - \beta \frac{V_n^{J2} B_{n-1}^J}{\Delta x}$$

$$H_n = - \beta \left[ \frac{BCV^2 - C^2}{\Delta x} \right]_n^J - \left[ \frac{BCV - C}{\Delta t} \right]_n^J - \left( \frac{2 A g S K}{K} \right)_n^J$$

$$J_n = (g A S)_n^j \left[ 1 - \left( \frac{2 K Z}{K} \right)_n^j \right] + \frac{Q_n^j}{\Delta t} - \left[ \frac{B (V-C) Z}{\Delta t} \right]_n^j -$$

$$\left[ q(V-C) \right]_n^j + \beta \frac{V_n^j}{\Delta x} \left[ (CA - BZ)_n^j - (CA - BZ)_{n-1}^j \right]$$

As equações de contorno são representadas linearizadas localmente:

$$\alpha_1 Q_1^{j+1} + \beta_1 Z_1^{j+1} = \gamma_1 \quad (A1-25)$$

$$\alpha_n Q_n^{j+1} + \beta_n Z_n^{j+1} = \gamma_n \quad (A1-26)$$

Tem-se assim o seguinte conjunto de equações:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 Q_1^{j+1} + \beta_1 Z_1^{j+1} = \gamma_1 \quad (A1-27) \\ D_1 Q_2^{j+1} + E_1 Q_1^{j+1} + G_1 Z_2^{j+1} + H_1 Z_1^{j+1} = J_1 \quad (A1-28) \\ A_1 Q_{l+1}^{j+1} - A_l Q_{l-1}^{j+1} + B_l Z_l^{j+1} = C_l \quad (A1-29) \\ D_l Q_{l+1}^{j+1} + E_l Q_l^{j+1} - D_{l-1} Q_{l-1}^{j+1} + F_l Z_{l+1}^{j+1} + G_l Z_l^{j+1} + H_l Z_{l-1}^{j+1} = J_l \quad (A1-30) \\ D_n Q_{n-1}^{j+1} + E_n Q_{n-1}^{j+1} + G_{n-1} Z_{n-1}^{j+1} + H_n Z_n^{j+1} = J_n \quad (A1-31) \\ \alpha_n Q_n^{j+1} + \beta_n Z_n^{j+1} = \gamma_n \quad (A1-32) \end{array} \right.$$

Eliminando-se  $Q_1$  e  $Z_1$  entre as duas primeiras equações do sistema (A1-27 e A1-28):

$$Z_1 = \frac{J_1 \alpha_1 - E_1 \gamma_1}{H_1 \alpha_1 - E_1 \beta_1} - \frac{\alpha_1 D_1}{H_1 \alpha_1 - E_1 \beta_1} Q_2 - \frac{\alpha_1 G_1}{H_1 \alpha_1 - E_1 \beta_1} Z_2 \quad (A1-33)$$

$$Q_1 = \frac{J_1 \beta_1 - H_1 \gamma_1}{E_1 \beta_1 - H_1 \alpha_1} - \frac{\beta_1 D_1}{E_1 \beta_1 - H_1 \alpha_1} Q_2 - \frac{\beta_1 G_1}{E_1 \beta_1 - H_1 \alpha_1} Z_2 \quad (A1-34)$$

Pode-se escrever essa equação em forma matricial como:

$$U_1 = K_1 + M_1 * U_2 \quad (A1-35)$$

Onde:

$$U_1 = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Q_1 \end{bmatrix}$$

$$K_1 = \begin{bmatrix} \frac{J_1 \alpha_1 - E_1 \gamma_1}{H_1 \alpha_1 - E_1 \beta_1} \\ \frac{J_1 \beta_1 - H_1 \gamma_1}{E_1 \beta_1 - H_1 \alpha_1} \end{bmatrix}$$

$$M_1 = \begin{bmatrix} \frac{-\alpha_1 G_1}{H_1 \alpha_1 - E_1 \beta_1} & \frac{-\alpha_1 D_1}{H_1 \alpha_1 - E_1 \beta_1} \\ \frac{-\beta_1 G_1}{E_1 \beta_1 - H_1 \alpha_1} & \frac{-\beta_1 D_1}{E_1 \beta_1 - H_1 \alpha_1} \end{bmatrix}$$

Procedimento analogo tem-se com as equações de Saint Venant aplicadas aos trechos internos da malha:

$$Z_i = \frac{C_i}{B_i} - \frac{A_i}{B_i} Q_{i+1} + \frac{A_i}{B_i} Q_{i-1} \quad (A1-36)$$

$$Q_i = \frac{J_i}{E_i} - \frac{G_i C_i}{E_i B_i} + \left( \frac{D_i}{E_i} - \frac{G_i A_i}{E_i B_i} \right) Q_{i-1} + \left( \frac{G_i A_i}{E_i B_i} - \frac{D_i}{E_i} \right) Q_{i+1} \\ - \frac{F_i}{E_i} Z_{i+1} - \frac{H_i}{E_i} Z_{i-1} \quad (A1-37)$$

Em forma matricial tem-se:

$$U_i = C_i + D_i * U_{i-1} + E_i * U_{i+1} \quad (A1-38)$$

As matrizes utilizadas na equação (A1-38) em relação aos trechos internos a malha são as seguintes:

$$C_t = \begin{bmatrix} \frac{C_t}{B_t} \\ \frac{J_t - G_t C_t}{E_t} \quad \frac{E_t B_t}{E_t B_t} \end{bmatrix}$$

$$D_t = \begin{bmatrix} 0 & \frac{A_t}{B_t} \\ \frac{-H_t}{E_t} & \left( \frac{D_t}{E_t} - \frac{G_t A_t}{E_t B_t} \right) \end{bmatrix}$$

$$E_t = \begin{bmatrix} 0 & \frac{-A_t}{B_t} \\ \frac{-F_t}{E_t} & \left( \frac{G_t A_t}{E_t B_t} - \frac{D_t}{E_t} \right) \end{bmatrix}$$

A equação matricial (A1-34) pode ser escrita em função do índice  $i$  da seguinte forma:

$$U_{i-1} = K_{i-1} + M_{i-1} * U_i \quad (A1-39)$$

Que substituída em (A1-37) resulta em:

$$U_i = C_i + D_i * (K_{i-1} + M_{i-1} * U_i) + E_i * U_{i+1} \quad (A1-40)$$

Isolando-se  $U_i$  tem-se:

$$U_i = (I - D_i * M_{i-1})^{-1} * (C_i + D_i * K_{i-1}) + (I - D_i * M_{i-1})^{-1} * (E_i * U_{i+1}) \quad (A1-41)$$

Sendo  $I$  a matriz identidade.

Que pode ser escrita como:

$$U_t = K_t + M_t * U_{t+1} \quad (A1-42)$$

Com:

$$K_t = (I - D_t * M_{t-1})^{-1} * (C_t + D_t * K_{t-1})$$

$$M_t = (I - D_t * M_{t-1})^{-1} * E_t$$

A ultima equação matricial para  $t = n-1$  fornece os valores de  $Z_{t-1}$  e  $Q_{t-1}$  como funções de  $Z_n$  e  $Q_n$  que substituidas na equação (A1-31) forma um sistema de equações com a equação (A1-32) a duas incognitas resolvivel pela regra de Cramer. Aplicando-se sucessivamente a equação (A1-42) para  $t = n-1, n-2, \dots, 2, 1$ , resolve-se o sistema para a linha de tempo  $j+1$ .

ANEXO 2

RESOLUÇÃO NUMÉRICA DAS EQUAÇÕES DE SAINT-VENANT  
PELO ESQUEMA DE DISCRETIZAÇÃO DE PREISSMANN

## ESQUEMA DE PREISSMANN

O método de discretização proposto por Preissmann consiste no uso das seguintes diferenças finitas como aproximações:

$$f_{CMD} = \frac{\theta}{2} \left( f_{j+1}^{i+1} + f_j^{i+1} \right) + \left( \frac{1 - \theta}{2} \right) \left( f_{j+1}^i + f_j^i \right) \quad (A2-1)$$

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_M = \frac{\theta}{\Delta x} \left( f_{j+1}^{i+1} - f_j^{i+1} \right) + \left( \frac{1 - \theta}{\Delta x} \right) \left( f_{j+1}^i - f_j^i \right) \quad (A2-2)$$

$$\left. \frac{\partial f}{\partial t} \right|_M = \frac{\theta}{2\Delta t} \left( f_{j+1}^{i+1} - f_{j+1}^i \right) + \left( \frac{1 - \theta}{2\Delta t} \right) \left( f_j^{i+1} - f_j^i \right) \quad (A2-3)$$

Definindo-se:

$$\Delta f = f^{i+1} - f^i \quad (A2-4)$$

Pode-se escrever as equações de diferenças finitas da seguinte forma:

$$f_{CMD} = \frac{\theta}{2} \left( \Delta f_{j+1} + \Delta f_j \right) + \left( \frac{1}{2} \right) \left( f_{j+1} + f_j \right) \quad (A2-5)$$

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_M = \frac{\theta}{\Delta x} \left( \Delta f_{j+1} - \Delta f_j \right) + \left( \frac{1}{\Delta x} \right) \left( f_{j+1} + f_j \right) \quad (A2-6)$$

$$\left. \frac{\partial f}{\partial t} \right|_M = \frac{1}{2\Delta t} \left( \Delta f_{j+1} - \Delta f_j \right) \quad (A2-7)$$

Desta maneira, introduzimos duas simplificações nas equações do esquema de discretização de Preissmann:

- a) o superscrito "i" foi eliminado, admitindo-se que os valores de f, isto é, as variáveis independentes na linha de tempo "i" tenham sido calculadas no intervalo de cálculo anterior;
- b) as únicas incógnitas do problema reduzem-se as diferenças finitas  $\Delta Q$  e  $\Delta Z$ .

## DISCRETIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE

Aplicando-se as diferenças finitas aos termos da equação da continuidade, obtém-se:

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j) \quad (\text{A2-8})$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\theta}{\Delta x} (\Delta Q_{j+1} - \Delta Q_j) + \frac{1}{\Delta x} (Q_{j+1} - Q_j) \quad (\text{A2-9})$$

$$q = \frac{\theta}{2} (q_j^{i+1} + q_{j+1}^{i+1}) + \frac{(1-\theta)}{2} (q_j^i + q_{j+1}^i) \quad (\text{A2-10})$$

Tem-se assim a equação discretizada:

$$\frac{1}{2\Delta t} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j) + \frac{\theta}{\Delta x} (\Delta Q_{j+1} - \Delta Q_j) + \frac{1}{\Delta x} (Q_{j+1} - Q_j) = \frac{\theta}{2} (q_j^{i+1} + q_{j+1}^{i+1}) + \frac{(1-\theta)}{2} (q_j^i + q_{j+1}^i) \quad (\text{A2-11})$$

Sendo:

$$\Delta A = \left[ \frac{dA}{dZ} \right] \Delta Z$$

Tem-se:

$$\frac{1}{2\Delta t} \left[ \frac{dA}{dZ} \Delta Z_{j+1} + \frac{dA}{dZ} \Delta Z_j \right] + \frac{\theta}{\Delta x} (\Delta Q_{j+1} - \Delta Q_j) + \frac{1}{\Delta x} (Q_{j+1} - Q_j) = \frac{\theta}{2} (q_j^{i+1} + q_{j+1}^{i+1}) + \frac{(1-\theta)}{2} (q_j^i + q_{j+1}^i) \quad (\text{A2-12})$$

Pode-se representar a equação da seguinte forma:

$$A_1 \Delta Q_j + A_2 \Delta Z_j + A_3 \Delta Q_{j+1} + A_4 \Delta Z_{j+1} + A_5 = 0 \quad (\text{A2-13})$$

$$A_1 = - \frac{\theta}{\Delta x}$$

$$A_2 = \frac{1}{2\Delta t} \frac{dA}{dZ}$$

$$A_9 = \frac{\theta}{\Delta x}$$

$$A_4 = \frac{1}{2\Delta t} \frac{dA}{dz} \Big|_{j+1}$$

$$A_5 = \frac{1}{\Delta x} (Q_{j+1} - Q_j) - \frac{\theta}{2} (q_j^{i+1} + q_{j+1}^{i+1}) - \frac{(1-\theta)}{2} (q_j^i + q_{j+1}^i)$$

### DISCRETIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DINÂMICA

Seja a equação dinâmica da seguinte forma:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2\beta Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + g A \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (A2-14)$$

Aplicando as diferenças finitas a cada termo da equação:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) \quad (A2-15)$$

$$\frac{2\beta Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{2\beta \left[ \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) + \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) \right] \left[ \theta (\Delta Q_{j+1} - \Delta Q_j) + (Q_{j+1} - Q_j) \right]}{\left[ \frac{\theta}{2} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j) + \frac{1}{2} (A_{j+1} + A_j) \right] \Delta x} \quad (A2-16)$$

$$\frac{\beta Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = \beta \frac{\left[ \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) + \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) \right]^2 \left[ \theta (\Delta A_{j+1} - \Delta A_j) + (A_{j+1} - A_j) \right]}{\left[ \frac{\theta}{2} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j) + \frac{1}{2} (A_{j+1} + A_j) \right] \Delta x} \quad (A2-17)$$

$$g A \frac{\partial z}{\partial x} = g \left[ \frac{\theta}{2} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j) + \frac{1}{2} (A_{j+1} + A_j) \right] * \frac{1}{\Delta x} \left[ \theta (\Delta Z_{j+1} - \Delta Z_j) + (Z_{j+1} - Z_j) \right] \quad (A2-18)$$

## LINEARIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DINÂMICA

A equação dinâmica sera linearizada através das aproximações usadas por Preissmann em seu trabalho original quais sejam:

$$(1+X)^{-n} \cong 1 - n X \quad (A2-19)$$

$$(Q+\Delta Q) |Q+\Delta Q| \cong Q|Q| + 2|Q|\Delta Q \quad (A2-20)$$

Com estas expressões obtém-se as seguintes equações:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{\frac{A_{j+1} + A_j + \theta (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j)}{2}} = \frac{2}{A_{j+1} + A_j + \theta (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j)} \quad (A2-21)$$

$$\frac{1}{A} = \frac{2}{(A_{j+1} + A_j) * \left[ 1 + \theta \frac{(\Delta A_{j+1} + \Delta A_j)}{(A_{j+1} + A_j)} \right]} \quad (A2-22)$$

$$\frac{1}{A} = \frac{2}{A_{j+1} + A_j} \left[ 1 + \theta \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right]^{-1} \quad (A2-23)$$

Assim:

$$\frac{1}{A} = \frac{2}{A_{j+1} + A_j} \left[ 1 - \theta \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right] \quad (A2-24)$$

$$\frac{1}{A^2} = \frac{4}{(A_{j+1} + A_j)^2} \left[ 1 + \theta \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right]^{-2} \quad (A2-25)$$

$$\frac{1}{A^2} = \frac{4}{(A_{j+1} + A_j)^2} \left[ 1 - 2\theta \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right] \quad (A2-26)$$

$$Q^2 = \left[ \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) + \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) \right]^2 \quad (A2-27)$$

Efetuando:

$$Q^2 = \left( \frac{\theta}{2} \right)^2 (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j)^2 + 2 * \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) * \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) + \left[ \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) \right]^2 \quad (A2-28)$$

Desprezando os termos de segunda ordem:

$$Q^2 = \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) (Q_{j+1} + Q_j) + \frac{1}{4} (Q_{j+1} + Q_j)^2 \quad (\text{A2-29})$$

Pode-se assim linearizar os termos da equação dinâmica:

$$\frac{2\beta Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = 2\beta \left[ \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) + \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) \right] * \left[ \frac{2}{A_{j+1} + A_j} \left( 1 - \theta \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right) \right] * \\ * \frac{\left[ \theta (\Delta Q_{j+1} - \Delta Q_j) + (Q_{j+1} - Q_j) \right]}{\Delta x} \quad (\text{A2-30})$$

$$\frac{2\beta Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = \theta (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) * \frac{2\beta}{A_{j+1} + A_j} * \frac{1}{\Delta x} (Q_{j+1} - Q_j) + 2\beta \left( \frac{Q_{j+1} + Q_j}{A_{j+1} + A_j} \right) \frac{\theta (\Delta Q_{j+1} - \Delta Q_j)}{\Delta x} \\ - 2\beta \left( \frac{Q_{j+1} + Q_j}{A_{j+1} + A_j} \right) + \theta \left( \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right) \frac{1}{\Delta x} (Q_{j+1} - Q_j) \\ + \frac{2\beta}{\Delta x} \left( \frac{Q_{j+1} + Q_j}{A_{j+1} + A_j} \right) (Q_{j+1} - Q_j) \quad (\text{A2-31})$$

$$\frac{\beta Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = \beta \left[ \frac{\theta}{2} (\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j) (Q_{j+1} + Q_j) + \frac{1}{4} (Q_{j+1} + Q_j)^2 \right] * \\ * \frac{4}{(A_{j+1} + A_j)^2} \left( 1 - 2\theta \frac{\Delta A_{j+1} + \Delta A_j}{A_{j+1} + A_j} \right) \frac{\left[ \theta (\Delta A_{j+1} - \Delta A_j) + (A_{j+1} - A_j) \right]}{\Delta x} \quad (\text{A2-32})$$

Desprezando os termos de segunda ordem:

$$\begin{aligned} \beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = & \beta \left[ \frac{\theta}{2} \frac{(\Delta Q_{j+1} + \Delta Q_j)(Q_{j+1} + Q_j)}{(A_{j+1} + A_j)^2} \frac{4}{\Delta x} \frac{(A_{j+1} - A_j)}{\Delta x} + \right. \\ & \frac{1}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)^2}{(A_{j+1} + A_j)^2} * (A_{j+1} - A_j) + \frac{(Q_{j+1} + Q_j)^2}{(A_{j+1} + A_j)^2} * \frac{\theta}{\Delta x} (\Delta A_{j+1} - \Delta A_j) - \\ & \left. \frac{2\theta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)^2}{(A_{j+1} + A_j)^2} * \frac{(\Delta A_{j+1} - \Delta A_j)(A_{j+1} - A_j)}{A_{j+1} + A_j} \right] \quad (A2-33) \end{aligned}$$

$$g A \frac{\partial Z}{\partial x} = g \left[ \frac{\theta}{2} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j) + \frac{1}{2} (A_{j+1} + A_j) \right] * \frac{[\theta(\Delta Z_{j+1} - \Delta Z_j) + (Z_{j+1} - Z_j)]}{\Delta x} \quad (A2-34)$$

Desenvolvendo os produtos e desprezando os infinitésimos de segunda ordem:

$$\begin{aligned} g A \frac{\partial Z}{\partial x} = & \frac{g\theta}{\Delta x} (\Delta A_{j+1} + \Delta A_j)(Z_{j+1} - Z_j) + \frac{2g\theta}{\Delta x} (A_{j+1} + A_j)(\Delta Z_{j+1} - \Delta Z_j) + \\ & \frac{g}{2\Delta x} (A_{j+1} + A_j)(Z_{j+1} - Z_j) \quad (A2-35) \end{aligned}$$

A expressão  $\frac{1}{(K_j + \Delta K_j)^2}$  e linearizada da seguinte forma:

$$\frac{1}{(K_j + \Delta K_j)^2} = \frac{1}{(K_j)^2} \left( 1 + \frac{\Delta K_j}{K_j} \right)^{-2} = \frac{1}{(K_j)^2} \left( 1 - 2 \frac{\Delta K_j}{K_j} \right)$$

Sendo  $f = \frac{A Q | Q |}{k^2}$

$$f_{j+1}^{i+1} = \frac{(A_{j+1} + \Delta A_{j+1})(Q_{j+1} + \Delta Q_{j+1})(|Q_{j+1} + \Delta Q_{j+1}|)}{(K_{j+1} + \Delta K_{j+1})^2}$$

$$f_j^{i+1} = \frac{(A_j + \Delta A_j)(Q_j + \Delta Q_j)(|Q_j + \Delta Q_j|)}{(K_j + \Delta K_j)^2}$$

$$f_{j+1}^t = \frac{A_{j+1} Q_{j+1} |Q_{j+1}|}{k_{j+1}^2}$$

$$f_j^t = \frac{A_j Q_j |Q_j|}{k_j^2}$$

$$g \frac{A Q |Q|}{k^2} = g \left\{ \frac{\theta}{2} \left[ \frac{1}{k_{j+1}^2} \left( A_{j+1} Q_{j+1} |Q_{j+1}| + A_{j+1} |Q_{j+1}| \Delta Q_{j+1} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. A_{j+1} \Delta Q_{j+1} |Q_{j+1}| + \Delta A_{j+1} Q_{j+1} |Q_{j+1}| - 2 \frac{\Delta K_{j+1}}{k_{j+1}} A_{j+1} Q_{j+1} |Q_{j+1}| \right) + \right. \\ \left. \frac{1}{k_j^2} \left( A_j Q_j |Q_j| + A_j |Q_j| \Delta Q_j + A_j \Delta Q_j |Q_j| + \Delta A_j Q_j |Q_{j+1}| + \right. \right. \\ \left. \left. - 2 \frac{\Delta K_j}{k_j} A_j Q_j |Q_j| \right) \right] + \frac{(1-\theta)}{2} \left[ \frac{A_{j+1} Q_{j+1} |Q_{j+1}|}{k_{j+1}^2} + \frac{A_j Q_j |Q_j|}{k_j^2} \right] \right\} \quad (A2-36)$$

Fazendo-se uso das seguintes aproximações:

$$\Delta K_j = \frac{dK_j}{dZ} \Delta Z_j$$

$$\Delta A_j = \frac{dA_j}{dZ} \Delta Z_j$$

Os termos da equação dinâmica podem ser expressos em função de  $\Delta Q$  e  $\Delta Z$ , como segue:

$$B_1 \Delta Q_j + B_2 \Delta Z_j + B_3 \Delta Q_{j+1} + B_4 \Delta Z_{j+1} + B_5 = 0 \quad (A2-37)$$

Onde:

$$B_1 = \frac{1}{2\Delta t} - \frac{4\beta\theta}{\Delta x} \frac{Q_j}{A_{j+1} + A_j} - \frac{2\beta\theta(Q_{j+1} + Q_j)(A_{j+1} + A_j)}{\Delta x (A_{j+1} + A_j)^2} + \frac{g\theta}{k_j^2} A_j |Q_j|$$

$$B_2 = \frac{-2\theta\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)(Q_{j+1} - Q_j)}{(A_{j+1} + A_j)^2} \frac{dA}{dZ}_j + \frac{g\theta}{2\Delta x} (Z_{j+1} - Z_j) \frac{dA}{dZ}_j +$$

$$\frac{g\theta}{k_j^3} A_j Q_j |Q_j| \frac{dK}{dZ}_j + \frac{\theta\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)^2}{(A_{j+1} + A_j)^2} \frac{dA}{dZ}_j +$$

$$\frac{g\theta}{2k_j^2} Q_j |Q_j| \frac{dA}{dZ}_j + \frac{2\beta\theta(Q_{j+1} + Q_j)^2 (A_{j+1} - A_j) dA}{\Delta x (A_{j+1} + A_j)^3} \frac{dA}{dZ}_j$$

$$B_3 = \frac{1}{2\Delta t} + \frac{2\beta\theta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} - Q_j)}{A_{j+1} + A_j} + \frac{2\beta\theta(Q_{j+1} + Q_j)}{\Delta x (A_{j+1} + A_j)} +$$

$$\frac{g\theta}{k_{j+1}^2} A_{j+1} |Q_{j+1}| - \frac{2\theta\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)(A_{j+1} - A_j)}{(A_{j+1} + A_j)^2}$$

$$B_4 = \frac{-2\theta\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)(Q_{j+1} - Q_j)}{(A_{j+1} + A_j)^2} \frac{dA}{dZ}_{j+1} + \frac{2\beta\theta(Q_{j+1} + Q_j)}{\Delta x (A_{j+1} + A_j)} +$$

$$\frac{g\theta}{k_{j+1}^2} A_{j+1} |Q_{j+1}| - \frac{2\theta\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)(A_{j+1} - A_j)}{(A_{j+1} + A_j)^2}$$

$$\begin{aligned}
B_5 = & \frac{2\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)(Q_{j+1} - Q_j)}{(A_{j+1} + A_j)} - \frac{\beta}{\Delta x} \frac{(Q_{j+1} + Q_j)^2 (A_{j+1} - A_j)}{(A_{j+1} + A_j)^2} \\
& + \frac{g}{2\Delta x} (A_{j+1} + A_j)(Z_{j+1} - Z_j) + \frac{g}{2K_{j+1}^2} A_{j+1} Q_{j+1} |Q_{j+1}| \\
& + \frac{g}{2K_j^2} A_j Q_j |Q_j|
\end{aligned}$$

As equações da continuidade e de conservação da quantidade de movimento aplicadas a todos os  $n$  trechos fornece um sistema de  $n-2$  equações que complementadas por duas condições de contorno: uma de montante e outra de jusante, formam um sistema determinado.

$$\left\{ \begin{array}{l}
A_1 \Delta Q_j + A_2 \Delta Z_j + A_3 \Delta Q_{j+1} + A_4 \Delta Z_{j+1} + A_5 = 0 \quad (\text{A2-38}) \\
B_1 \Delta Q_j + B_2 \Delta Z_j + B_3 \Delta Q_{j+1} + B_4 \Delta Z_{j+1} + B_5 = 0 \quad (\text{A2-39}) \\
C_1 \Delta Z_1 + C_2 \Delta Q_1 = C_3 \quad (\text{A2-40}) \\
D_1 \Delta Z_n + D_2 \Delta Q_n = D_3 \quad (\text{A2-41})
\end{array} \right.$$

Da eq. (A2-38) tem-se:

$$\Delta Z_{j+1} = - \frac{A_5}{A_4} - \frac{A_1}{A_4} \Delta Q_j - \frac{A_3}{A_4} \Delta Q_{j+1} - \frac{A_2}{A_4} \Delta Z_j \quad (\text{A2-42})$$

De (A2-42) em (A2-39):

$$\Delta Q_{j+1} = \frac{B_4 A_5 - B_5 A_4}{B_3 A_4 - B_4 A_3} + \frac{B_4 A_1 - B_1 A_4}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \Delta Q_j + \frac{B_4 A_2 - B_2 A_4}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \Delta Z_j \quad (\text{A2-43})$$

De (A2-43) em (A2-42):

$$\Delta Z_{j+1} = \frac{A_3 B_5 - A_5 B_3}{B_3 A_4 - B_4 A_3} + \frac{A_3 B_1 - A_1 B_3}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \Delta Q_j + \frac{A_3 B_2 - A_2 B_3}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \Delta Z_j \quad (\text{A2-44})$$

Pode-se escrever (A2-43) e (A2-44) de forma matricial:

$$\psi_{j+1} = C_{j+1} + E_{j+1} \psi_j \quad (A2-45)$$

Onde:

$$\psi_{j+1} = \begin{pmatrix} \Delta Z_{j+1} \\ \Delta Q_{j+1} \end{pmatrix}$$

$$C_{j+1} = \begin{pmatrix} \frac{A_3 B_5 - A_5 B_3}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \\ \frac{B_4 A_5 - B_5 A_4}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \end{pmatrix}$$

$$E_{j+1} = \begin{pmatrix} \frac{A_3 B_2 - A_2 B_3}{B_3 A_4 - B_4 A_3} & \frac{A_3 B_1 - A_1 B_3}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \\ \frac{B_3 A_4 - B_4 A_3}{B_4 A_2 - B_2 A_4} & \frac{B_3 A_4 - B_4 A_3}{B_4 A_1 - B_1 A_4} \\ \frac{B_4 A_2 - B_2 A_4}{B_3 A_4 - B_4 A_3} & \frac{B_4 A_1 - B_1 A_4}{B_3 A_4 - B_4 A_3} \end{pmatrix}$$

$$\psi_j = \begin{pmatrix} \Delta Z_j \\ \Delta Q_j \end{pmatrix}$$

Assim para cada linha de tempo tem-se um conjunto de equações:

$$\begin{cases} \psi_2 = C_2 + E_2 \psi_1 \\ \psi_3 = C_3 + E_3 \psi_2 \\ \dots \dots \dots \\ \psi_n = C_n + E_n \psi_{n-1} \end{cases}$$

Substituindo-se as equações sucessivamente obtém-se:

$$\begin{cases} \psi_2 = C_2^* + E_2^* \psi_1 \\ \psi_3 = C_3^* + E_3^* \psi_1 \\ \dots \dots \dots \\ \psi_n = C_n^* + E_n^* \psi_1 \end{cases}$$

Onde:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_j^* = C_j + E_j C_{j-1}^* \\ E_j^* = E_j E_{j-1}^* \end{array} \right. , \text{ para } j = 2, 3, \dots, n$$

A última equação matricial que relaciona as incógnitas relativas a seção mais a jusante com a primeira, juntamente com as duas condições de contorno formam o seguinte sistema de equações:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta Z_n = C_1^* + e_{11}^* \Delta Z_1 + e_{12}^* \Delta Q_1 \quad (\text{A2-46}) \\ \Delta Q_n = C_2^* + e_{21}^* \Delta Z_1 + e_{22}^* \Delta Q_1 \quad (\text{A2-47}) \\ C_1 \Delta Z_1 + C_2 \Delta Q_1 = C_3 \quad (\text{A2-48}) \\ D_1 \Delta Z_n + D_2 \Delta Q_n = D_3 \quad (\text{A2-49}) \end{array} \right.$$

Substituindo as expressões para  $\Delta Z_n$  e  $\Delta Q_n$  na equação (A2-49), esta juntamente com a correspondente a condição de contorno de montante (A2-48) formam um sistema de duas equações a duas incógnitas resolvível pela regra de Cramer por exemplo, obtendo-se  $\Delta Z_1$  e  $\Delta Q_1$ . Com esses valores substituindo-se nas expressões matriciais obtém-se os valores de  $\Delta Z$  e  $\Delta Q$  para todas as seções.

ANEXO 3

LISTAGEM DO PROGRAMA "PROPAGA"

```

//CPHO8MMU JCB 312768,CLASS=A,TIME=3,USER=U1527E1,REGION=3000K
/*RCUTE PRINT *
//CMT04 EXEC FORTHCLG,SCUT=A
//FCRT.SYSIN DD *
-----
C      SIMULACAO DE ESCOAMENTO UNIDIMENSIONAL DE UMA REDE FLUVIAL
C BASEADA NA RESOLUCAO NUMERICA DAS EQUACOES DE SAINT-VENANT, ATRAVES
C DO EMPREGO DE ESQUEMAS DE DIFERENCAS FINITAS
-----
C
C
C
C      DESCRICAO DAS VARIAVEIS DE ENTRADA
C      -----
C
-----
C      *** BLOCO PRINCIPAL DE CARTES - LEITURA DE INFORMACOES GERAIS
C      SOBRE O SISTEMA
-----
C
C CART A -CABE      - CARTAO TITULO.
C                   FORMATO (2X,7CA1)
C
C CART B -ICPS      - OPCAO DE SISTEMA
C                   = 0 CONDICAO NATURAL OU RESERVATORIO UNICO
C                   =NS SERIE DE RESERVATORIOS
C      -ITC         - TIPO DE CANAL
C                   = 0 CANAL MAC PRISMATICO
C                   = 1 CANAL PRISMATICO
C      -ICPC        - OPCAO DE CALCULO
C                   = 0 METODO DE PREISSMANN
C                   = 1 METODO DE VASILIEV
C                   FORMATO (2X,13,215)
C
C CART C -ICATA(I)-INSTANTE INICIAL DA SIMULACAO DEFINIDO PELO ANO(I=1),
C                   MES(I=2),DIA(I=3),HORA(I=4),MINUTO(I=5).
C                   FORMATO(5X,1515)
C
C CART D -CT        - INTERVALO DE TEMPO DE DISCRETIZACAO DAS CONDICAOES
C                   DE CONTFAC (SEGUNDOS)
C      NT           - NUMERO DE INTERVALOS DE TEMPO DAS CONDICAOES DE
C                   CONTFAC
C      ICP2         - = 0 --> O INTERVALO DE TEMPO DE CALCULO E IGUAL AO
C                   INTERVALO DE TEMPO DOS DADOS
C                   = 1 --> O INTERVALO DE TEMPO DE CALCULO E DIFEREN-
C                   CO INTERVALO DE TEMPO DOS DADOS
C      CT1          - INTERVALO DE TEMPO DE CALCULO (PARA ICP2 = 1) EM
C                   SEGUNDOS
C      CT2          - INTERVALO DE TEMPO PARA IMPRESSAO DOS RESULTADOS,
C                   DEVENDO SER MULTIPLICO DE CT1, EM SEGUNDOS
C      TSIM         - NUMERO DE HORAS DE SIMULACAO (HORAS)
C                   FORMATO (2X,FE.C,211C,3F1C.1)
C
C CART E -GAMA      - ANGULO EM GRAUS DA DEFINICAO DA SECAO LATERAL

```

C TCMADC EM RELACAO A VERTICAL SENDO POSITIVO PARA O  
 C CENTRO DO CANAL E NEGATIVO PARA A MARGEM (DIFERENTE  
 C DE 90 CL 180 GRAUS)  
 C NF - NUMERO DE SELECIVISSES A CONSIDERAR NO CALCULO  
 C DOS PARAMETROS DAS SECCES  
 C TETA - PARAMETRO DE FREISSMANN DE PONDERACAO NA DISCRETIZA  
 C CAO UTILIZADA NO CALCULO. SITUA-SE ENTRE 0.50 E 1.0  
 C FORMATO (2X,F5.2,F5.2)  
 C

C \*\*\* OS CARTOES SEGUINTE DEVE SER COLLOCADOS NESTA ORDEM PARA CADA  
 C RESERVATORIO SE A OPCAO FOR DE UMA SERIE -  
 C

C \*\*\* BLOCO UM DE CARTOES - LEITURA DE INFORMACOES GERAIS -  
 C SOBRE O CANAL OU RESERVATORIO -  
 C

C  
 C CART F -NX - NUMERO DE SECCES TRANSVERSAIS.  
 C NBCUN - NUMERO DE SECCES DE CONTORNO.  
 C NCS - NUMERO DE SECCES COM CONTRIBUICAO LATERAL.  
 C ICPI - OPCAO DE IMPRESSAO DAS CORTES DE ENTRADA :  
 C = 1 --> IMPRIME.  
 C = 0 --> NAO IMPRIME.  
 C LCT - OPCAO PARA IMPRESSAO DOS RESULTADOS :  
 C = 1 --> IMPRIME OS RESULTADOS DAS SECCES CONFORME  
 C ESPACAMENTO LS DEFINIDO ABAIXO  
 C = 0 --> NAO IMPRIME RESULTADOS DAS SECCES  
 C LPL - IMPRIME HIROGRAMAS DE 'LPL' SECCES.  
 C LNL - IMPRIME LIMNIGRAMAS DE 'LNL' SECCES.  
 C LS - ESPACAMENTO DAS SECCES EM QUE SE IMPRIME OS  
 C RESULTADOS A PARTIR DA PRIMEIRA  
 C FORMATO (2X,I3,I5I5)  
 C  
 C  
 C

C CART G -EXISTE QUANDO 'LPL' FOR MAIOR QUE ZERO.  
 C NPL(I) - NUMEROS DAS SECCES QUE TERAO HIROGRAMAS IMPRESSOS :  
 C (+) --> NAO EXISTE HIROGRAMA CONSERVADO.  
 C (-) --> EXISTE HIROGRAMA CONSERVADO.  
 C FORMATO (2X,I3,I5I5)  
 C  
 C  
 C

C CART H -EXISTE QUANDO 'LNL' FOR MAIOR QUE ZERO.  
 C NNL(I) - NUMEROS DAS SECCES QUE TERAO LIMNIGRAMAS IMPRESSOS :  
 C (+) --> NAO EXISTE LIMNIGRAMA CONSERVADO.  
 C (-) --> EXISTE LIMNIGRAMA CONSERVADO.  
 C FORMATO (2X,I3,I5I5)  
 C  
 C  
 C

C CART HQ-ESTE CARTAO EXISTE QUANDO LPL FOR DIFERENTE DE ZERO.  
 C NLP - NUMERO DA SECCAO QUE TERAO HIROGRAMA IMPRESSO.  
 C

```

C          CMIN(NLP) - VALOR MINIMO PARA O GRAFICO DE HIDROGRAMA.
C          CMAX(NLP) - VALOR MAXIMO PARA O GRAFICO DE HIDROGRAMA.
C          FORMAT(2X,I3,2F10.0)
C          CBS.: EXISTEM LPL CARTES HC
C
C CART HY-ESTE CARTAO EXISTE QUANDO LNL FOR DIFERENTE DE ZERO.
C          LNL      - NUMERO DA SECAC QUE TERA O LIMNIGRAMA IMPRESSO.
C          YMIN(LNL) - VALOR MINIMO PARA O GRAFICO DO LIMNIGRAMA.
C          YMAX(LNL) - VALOR MAXIMO PARA O GRAFICO DO LIMNIGRAMA.
C          FORMAT(2X,I3,2F10.0)
C
C          CBS.: EXISTEM LNL CARTES HY
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C-----C
C  ***  PLCCC  DOIS      -  DADOS GEOMETRICOS DO SISTEMA  -
C-----C
C
C
C CART L-SECAC,DX(I),NP(I),NCM(I),XE,XC
C          SECAC  - NUMERO DA SECAC (INFORMACAO DE ORIENTACAO APENAS
C                  PARA O USUARIO, O PROGRAMA CONSIDERA AS SECCES EM
C                  SEQUENCIA DE PONTANTE PARA JLSANTE)
C
C          DX(I)  - DISTANCIA ENTRE A SECAC EM QUESTAO E SUA ANTERIOR
C
C          NP(I)  - NUMERO DE PONTOS DA SECAC
C
C          ZC(I)  - NIVEL DE FUNCO DA SECAC TRANSVERSAL
C
C          NCM(I) - NUMERO DE VALORES DE MANNING DA SECAC J.O PROGRAMA
C                  TEM POR ENTENHA TRES TABELAS DE COEFICIENTE DE
C                  MANNING:UMA PARA SECAC CENTRAL E UMA PARA CADA
C                  SECAC LATERAL. POR SIMPLIFICACAO SE ADMITE QUE O
C                  NUMERO DE PONTOS DE CADA TABELA E IDENTICO
C
C          XE     - ABSCISSA LIMITE DA SECAC LATERAL ESQUERDA
C
C          XC     - ABSCISSA LIMITE DA SECAC LATERAL DIREITA
C
C          XIE    - ABSCISSA ESQUERDA DE ILHA NO CANAL PRINCIPAL
C
C          XIC    - ABSCISSA DIREITA DE ILHA NO CANAL PRINCIPAL
C
C          CASC NA FAJA FLANQUEIA NUM DO OUTRO LADO DO DOIS,
C          DEVE-SE ENTRAR COM VALOR ZERO
C          FORMAT(2X,I3,F10.2,I7,F10.2,I4,4F5.2)
C
C          CASC A OPCAO TENHA SICO ITC=1 NO CARTAO E (CANAL PRISMATICO),
C          OS CARTOES SEGUINTE DESTE ELCCC SAO CONECTIVOS APENAS PARA A

```



C CART S -FC(I) - NIVEL COMO CONDICAC INICIAL.  
 C FCRMATC (2X,FE.2,7F10.2)  
 C  
 C  
 C  
 C CART T -CC(I) - VAZAC COMO CONDICAC INICIAL.  
 C FCRMATC (2X,FE.2,7F10.2)  
 C  
 C  
 C  
 C CART U -ESTE CARTAO EXISTE QUANDO \*NB(I)\* FCR DIFERENTE DE ZERO.  
 C NBA(I) - NUMERO DE PONTOS QUE DEFINEM A CONDICAC DE CONTCRNC  
 C NA SECAC \*J\*.  
 C FCRMATC(2X,13,1515)  
 C  
 C  
 C  
 C CART V -ESTE CARTAO EXISTE QUANDO \*NB(I)\* FCR DIFERENTE DE ZERO.  
 C FCR(I,J)- CONDICAC DE CONTCRNC . ESPECIFICAR ESTES VALORES  
 C NA MESMA ORDEM EM QUE SURGEM NO CARTAO NB(I).  
 C SE A CONDICAC DE CONTCRNC FCR DEFINIDA POR UMA  
 C CURVA DE DESCARGA ( VER O CARTAO SEGUINTE ).  
 C FCRMATC (2X,FE.2,7F10.2)  
 C  
 C  
 C  
 C \*\* OBSERVACAC - O CARTAO \*U\* E OS CARTOES \*V\* DEVEM SER COLOCADOS EM  
 C SEQUENCIA PARA CADA SECAC TRANSVERSAL QUE REPRESENTA  
 C UMA CONDICAC DE CONTCRNC.  
 C CASO SE TRATE DE SERIE DE RESERVATORIOS, ESTES CARTOES  
 C SAC FORNECIDOS PARA O PRIMEIRO RESERVATORIO A MONTANTE  
 C E PARA OS DEMAIS RESERVATORIOS, A CONDICAC A MONTANTE  
 C DEVE SER ESPECIFICADA COMO VAZAC E ESTES CARTOES NA  
 C SAC FORNECIDOS VISTO SEREM AS CONDICAC DE CONTCRNC  
 C RESULTADO DO PROCESSO DE PROCESSAMENTO.  
 C  
 C  
 C CART X -ESTE CARTAO EXISTE QUANDO \*NB(I)\* FCR IGLAL A ZERO.  
 C NV - NUMERO DA SECAC DE CONTCRNC EM QUESTAC.  
 C A CURVA DE DESCARGA E CONFEICAC.  
 C FCRMATC(5X,1515)  
 C  
 C  
 C  
 C  
 C CART Y NPX -NUMERO DE PONTOS QUE DEFINEM A RELACAC CCTA-DESCARGA  
 C PARA A SECAC DE JLSANTE  
 C FCRMATC(5X,1515)  
 C  
 C  
 C  
 C  
 C CART Z FT(I) - NIVEIS DA CURVA DE DESCARGA  
 C GT(I) - VAZES DA CURVA DE DESCARGA  
 C OS VALORES SAC FORNECIDOS ACS PARES  
 C FCRMATC (2X,FE.2,7F10.2)  
 C  
 C



```

C      I CONDICOES DE CONTORNO E CONDICOES INICIAIS . IMPRIME      I
C      I CS DADOS DE ENTRADA COMO CFCAC. CHAMA AS SUBROTINAS      I
C      I PARA PROCESSAR OS DADOS                                  I
C      I-----I
      DIMENSICN SEC(110),VVV(500)
      DIMENSICN CCC(500),FCC(500),CC(500),ZC(500)
      REAL MAX,MIN
      COMMON NX,NBOUN,NB(2),ZC(110),DX(110),NF(110),CT,GAMA,NF,NCM(110),
1XE,XC,XX(110,210),FA(110,210),HRE(110,210),PIE,XID,
2FE(110,210),HRD(110,210),FC(110,210),R(110,210),F(110,210),NT,
3BETA(110,210),CONV(110,210),CWL(110,500),A(110,210),FCB(110,500),
4NRX(2),NPL(110),NNL(110),G,TETA,CT1,CMIN(20),CMAX(20),YMIN(20),
5YMAX(20),NPS(20),CC(110),FC(110),NBA(2),FT(110,210),CT(110,210),
6CPL(110,500),HPL(110,500),ALX(500),IFIN,CSA(10,500),FSA(10,500),
7HRC(110,210),FC(110,210),HF1(110,210),FI(110,210),
8LPL,LNL,CT2,ITC,LS,LDI,ICPC,ICPS,XGAMA,LCT,CABE(70),ICPI
      COMMON/INST/IDATA(5),JK,K1,K2,K3,K4,K5,INCR,JK1
C      DATA SEC/110*'SEC=' /
      C=5.E1
      NDATA=C
C
C      ** PRIMEIRO BLOCO DE CARTOES - LEITURA DE INFORMACOES GERAIS SOBRE
C      O SISTEMA
C
      REAC(5,1)CABE
      REAC(5,2)ICPS,ITC,ICPC
      REAC(5,7)(ICATA(M),M=1,5)
      REAC(5,6)DT,NT,ICP2,CT1,CT2,TSIM
      LCI=CT2/CT1
      REAC(5,11)GAMA,NF,TETA
      ANCGA=GAMA
      GAMA=90.-GAMA
      XGAMA=GAMA*3.141617/180.
11  FORMAT(2X,F8.3,I5,F5.2)
      DTC=DT
      CTI=CT1
      IF(ICP2.EQ.0) CTI=CT
      IF(ICPS.EQ.0) ICPS=1
      DO 5000 I=1,ICPS
10  REAC(5,2)NX,NBOUN,NCS,ICPI,LCT,LPL,LNL,LS
      IF(LPL.NE.0) READ 2,(NPL(I),I=1,LPL)
      IF(LNL.NE.0) READ 2,(NNL(I),I=1,LNL)
      IF(LPL.EQ.0) GO TO 20
      DO 20 I=1,LPL
      REAC(5,30)NLP,CMIN(I),CMAX(I)
20  FORMAT(2X,I3,2F10.0)
20  CONTINUE
      IF(LNL.EQ.0) GO TO 40
      DO 40 I=1,LNL
      REAC(5,30)NLN,YMIN(I),YMAX(I)
40  CONTINUE
50  IF(ICPI.EQ.0) GO TO 500
      WRITE(6,1)CABE
      IF(ICPS.GT.1)WRITE(6,18)IC
18  FORMAT(//,10X,'RESERVATCRIC NUMERC ',I3)

```

```

WRITE(6,70)(ICATA(M),M=J,5)
70 FORMAT(//,1X,'INSTANTE INICIAL DA SIMULACAO',5X,'ANC = ',15,5X,'ME
.S = ',13,5X,'DIA = ',13,5X,'HORA = ',13,5X,'MINUTO = ',13,//)
WRITE(6,75)
75 FORMAT(//,8X,'GAMA   NF   TETA')
WRITE(6,76)ANCGA,NF,TETA
76 FORMAT(4X,F8.3,2X,I4,4X,F4.2)
WRITE(6,80)
80 FORMAT('   NX  NBCUN  NCS  ICP1  LCT  LPL  LNL  LS')
WRITE(6,2)NX,NBCUN,NCS,ICP1,LCT,LPL,LNL,LS
WRITE(6,90)DT,NT,IOP2,DT1,DT2,TSIM
90 FORMAT(//,1X,'*PARAMETROS TEMPERAIS*',/,1X,'DT = ',F10.0,/,1X,'NT
. = ',I10,/,1X,'ICP2 = ',I10,/,1X,'DT1 = ',F10.0,1X,/,,'DT2 = ',F10
.0,/,,'TSIM = ',F10.0,,'HCRAS')
IF(LPL.NE.0) WRITE(6,100)(NPL(I),I=1,LPL)
100 FORMAT(//,1X,'SECCES CUE TERAC HIDROGRAMAS IMPRESSOS',/,16I5)
IF(LNL.NE.0) WRITE(6,110)(NNL(I),I=1,LNL)
110 FORMAT(//,1X,'SECCES CUE TERAC LIMNIGRAMAS IMPRESSOS',/,16I5)
IF(LPL.EQ.0.AND.LNL.EQ.0) GO TO 120
WRITE(6,130)
130 FORMAT(//,1X,'AMPLITUDES PARA PLCTAGENS',//)
120 IF(LPL.EQ.0) GO TO 155
DO 140 I=1,LPL
NLP = IABS(NPL(I))
140 WRITE(6,150)NLP,QMIN(I),CMAX(I)
150 FORMAT(//,1X,'SECAC = ',I4,2X,'QMIN = ',F10.3,2X,'CMAX = ',F10.3)
155 IF(LNL.EQ.0) GO TO 500
DO 160 I=1,LNL
NLN = IABS(NNL(I))
160 WRITE(6,170)NLN,YMIN(I),YMAX(I)
170 FORMAT(//,1X,'SECAC = ',I4,2X,'YMIN = ',F10.3,2X,'YMAX = ',F10.3)
C
C ** SEGUNDO BLOCO DE CARTES - DADOS GEOMETRICOS DO SISTEMA
C
500 DO 400 I=1,NX
IF(ICP1.EQ.1)WRITE(6,505)
505 FORMAT(//,10X,'DADOS DE ENTRADA DA SECAC ',I4,//)
READ(5,510)SECAC,DX(I),NP(I),ZC(I),NCM(I),XE,XC,XIE,XIC
IF(ICP1.EQ.1)WRITE(6,510)SECAC,DX(I),NP(I),ZC(I),NCM(I),XE,XC,XIE,
&XID
IF(1.GT.1.AND.ITC.EQ.1)GOTO 400
510 FORMAT(2X,I3,F10.2,I7,F10.2,I4,4F9.2)
IF(1.GT.1.AND.ITC.EQ.1)GOTO 400
L=NP(I)
READ(5,515)(XX(I,K),HA(I,K),K=1,L)
515 FORMAT(5(F8.2,F8.2))
IF(ICP1.EQ.1)WRITE(6,516)(XX(I,K),HA(I,K),K=1,L)
516 FORMAT(5(2X,F8.2,2X,F8.2))
NCF=NCM(I)
IF(XE.EQ.0) GOTO 520
READ(5,16)(HRE(I,K),FE(I,K),K=1,NCF)
IF(ICP1.EQ.1)WRITE(6,16)(HFE(I,K),FE(I,K),K=1,NCF)
520 READ(5,16)(HRC(I,K),FC(I,K),K=1,NCF)
IF(ICP1.EQ.1)WRITE(6,16)(HFC(I,K),FC(I,K),K=1,NCF)
IF(XIE.EQ.0) GOTO 530

```

```

      READ(5,16)(HRI(I,K),FI(I,K),K=1,NCF)
      IF(ICPI.EC.1)WRITE(6,16)(HFI(I,K),FI(I,K),K=1,NCF)
530 IF(XC.EC.0)GOTO 540
      READ(5,16)(HRC(I,K),FC(I,K),K=1,NCF)
      IF(ICPI.EC.1)WRITE(6,16)(HFC(I,K),FC(I,K),K=1,NCF)
540 ICPI=ICPI
      CALL CCMPCS(I)
      IF(ICPI.NE.0)WRITE(6,17)
17  FORMAT(/,5X,'CCTA(M)',6X,'/FEA(M2)',4X,'CCNVEYANCE(ME/S)',4X,'BET
      *A')
      GO 61 J=1,NF
      IF(ICPI.NE.0)WRITE(6,65)H(I,J),A(I,J),CCNV(I,J),BETA(I,J)
65  FORMAT(2(4X,F11.3),3X,F14.1,1X,F10.3)
61  CONTINUE
      IF(I.GT.3) GOTO 400
C   WRITE(6,4)I,(H(I,K),A(I,K),K=1,NF)
400 CONTINUE
C
C ** TERCEIRO BLOCO DE CARTES - CONDICES INICIAIS E DE CONTORNO
C
C
1000 READ(5,2)(NB(I),I=1,NBCLN)
      READ(5,3)(HC(I),I=1,NX)
      READ(5,3)(QC(I),I=1,NX)
      IF(ICPI.EC.0) GO TO 1050
      WRITE(6,1010)(NB(I),I=1,NBCLN)
1010 FORMAT(/,1X,'SECCES QUE SAC CONDICAC DE CONTORNO',10X,16I5)
      WRITE(6,1020)
1020 FORMAT(/,1X,'NIVEIS INICIAIS',/)
      WRITE(6,3)(HC(I),I=1,NX)
      WRITE(6,1030)
1030 FORMAT(/,1X,'VAZES INICIAIS',/)
      WRITE(6,3)(QC(I),I=1,NX)
1050 CONTINUE
C
C   LEITURA DAS CONDICES DE CONTORNO
C
1200 GO 1500 I=1,NBDUN
      IF((I.EC.1).AND.(IC.GT.1))GOTO 1480
C   DESVIC ACIMA PARA O CASO DE SERIE DE RESERVATORIOS: CONDICAC DE
C   CONTORNO DE MONTANTE
      IF(NB(I).EC.0)GO TO 1400
      READ(5,2)NEA(I)
      IF(ICPI.NE.0) WRITE(6,1250)NE(I),NEA(I)
1250 FORMAT(/,1X,'CONDICAO DE CONTORNO DA SECAC = ',I3,/,3X,'DEFINIDA
      POR ',I4,' PONTOS')
      NAUX = NEA(I)
      READ(5,3)(HCB(I,J),J=1,NAUX)
      IF(ICPI.NE.0) WRITE(6,1300)((HCB(I,J),J),J=1,NAUX)
1300 FORMAT(8(F5.2,'(',I3,')'))
      GO TO 1500
C
1400 READ(5,7)NV
      WRITE(6,7)NV
      READ(5,7)NPX(I)

```

```

WRITE(6,7)NPX(I)
NPXI=NPX(I)
READ(5,3)(HT(I,J),QT(I,J),J=1,NPXI)
IF(ICP1.EQ.0) GO TC 1500
WRITE(6,1420)NV
1420 FORMAT(/,1X,'A CONDICAC DE CCNTCFNC NA SECAC',I4,' E UMA CURVA D
'E DESCARGA')
1450 WRITE(6,3)(HT(I,J),CT(I,J),J=1,NPXI)
GCTC 1500
1480 DO 1490 K=1,IFINI
HCB(1,K)=HQB(3,K)
1490 CONTINUE
1500 CONTINUE
C
C
C
C
C ** CUARTO BLOCC DE CARTCES - CAJCS CESERVACCS PARA A CALIERAGEM
C
C
NT1=NT+1
IF (LPL.EQ. 0) GO TC 1600
KK=0
DO 1700 I=1,LPL
KK=I
IF (NPL(I))1650,1650,1700
1650 IJK = IABS(NPL(I))
IF(ICP1.NE.0) WRITE(6,1660)IJK
1660 FORMAT(/,1X,'HIDROGRAMA CESERVACC NA SECAC ',I3,/)
READ(5,3)(CPL(I,J),J=1,NT1)
IF(ICP1.NE.0) WRITE(6,1600)((CPL(I,J),J),J=1,NT1)
1700 CONTINUE
1600 IF(LNL .EQ. 0) GO TC 1800
KK=0
DO 1750 I=1,LNL
KK=I
IF (NML(I))1760,1760,1750
1760 IJK = IABS(NML(I))
IF(ICP1.NE.0) WRITE(6,1780)IJK
1780 FORMAT(/,1X,'LIMNIGRAMA CESERVACC NA SECAC ',I3,/)
READ(5,3)(HPL(I,J),J=1,NT1)
IF(ICP1.NE.0) WRITE(6,1300)((HPL(I,J),J),J=1,NT1)
1750 CONTINUE
1800 CONTINUE
C
C *QUINTO BLOCC DE CARTCES - CAJCS DE CCNTREBUICAC LATERAL
C
NX1=NX-1
DO 2000 I=1,NX1
VVV(I)=0.0
READ(5,7)NJ
READ(5,3)(CWL(I,J),J=1,NT1)
II=I+1
IF(ICP1.NE.0) WRITE(6,2010)I,II
2010 FORMAT(/,1X,'HIDROGRAMA DE CCNTREBUICAC LATERAL DO TRECHO ENTRE A

```

```

&SECAC %,13,% E A SECAC %,13,/)
  IF(ICP1.NE.0) WRITE(6,3)(CWL(I,J),J=1,NT1)
  COX=CX(I+1)
  DO 2100 J=1,NT1
  VVV(I)=VVV(I)+CWL(I,J)
2100 CwL(I,J)=OwL(I,J)/COX
  VVG=VVV(I)*DT
  WRITE(6,5643)I,VVG
5643 FORMAT(2X,'SECAC  %,14,% VOLUME (M3)  ',E10.3)
2500 CONTINUE
2520 CCNTINUE
C
C
C INTERPCLACAC DAS CONDICOES DE CONTORNO E DA CONTRIBUICAO LATERAL
C QUANDO O INTERVALO DE TEMPO DOS CADOS FOR DIFERENTE DO INTERVALO
C DE TEMPO DE CALCULO
C
3000 IF(ICP2.EQ.0) GOTO 3050
  IFIN=CT*NT/DT1
  WRITE(6,3001)IFIN
3001 FORMAT(2X,I5)
  AUX(1)=0.
  DO 3100 IK=2,NT1
3100 AUX(IK)=AUX(IK-1)+DT
  WRITE(6,3)(AUX(IK),IK=1,NT1)
  DO 3200 I=1,NBCUN
C INTERPCLACAO DAS CONDICOES DE CONTORNO QUE NAO SEJA CURVA DE
C DESCARGA
  IF (NB(I) .EQ. 0) GO TO 3200
  IF (TSIM .NE. 0) IFIN=TSIM*3600/CT1
  WRITE(6,3001)IFIN
  IF((I.EC.1).AND.(IC.GT.1))GOTO 3200
  CALL INTEP(AUX,DT1,NT1,FCB,IFIN,1)
  WRITE(6,4)I
  WRITE(6,3)(FQB(I,J),J=1,IFIN)
3200 CONTINUE
3050 IF(ACS.EC.0) GO TO 3300
  DO 2250 I=1,NX1
  IFIN1=IFIN+1
  WRITE(6,4)NT1,IFIN1
  CALL INTEP(AUX,DT1,NT1,CwL,IFIN,1)
  WRITE(6,4)I
  WRITE(6,3)(CWL(I,J),J=1,IFIN1)
3250 CCNTINUE
3300 IF(LFL .EC. 0) GO TO 3350
  KK=0
  DO 3330 I=1,LPL
  KK=J
  IF (NPL(I) .GT. 0) GO TO 3330
  CALL INTEP(AUX,DT1,NT1,CPL,IFIN,1)
3330 CCNTINUE
3350 IF (LNL .EC. 0) GO TO 3400
  KK=0
  DO 3360 I=1,LNL
  KK=J

```

```

      IF (NML(I) .GT. 0) GO TO 336C
      CALL INTEP(AUX,DT1,NT1,HPL,IFIN,I)
C     WRITE(6,*)I
C     WRITE(6,3)(HPL(I,J),J=1,IFIN)
3360 CONTINUE
C     WRITE(6,4)(H(1,J),A(1,J),J=1,NF)
C     WRITE(6,5)(J,CG(J),FC(J),J=1,NX)
3400 IF(ICPC.EQ.0)CALL RESCL
      IF(ICPC.EQ.1)CALL RESVAS
      LDT2=DT2/DT1
      INCR=CT1/60.
      IF (LNL.EQ.0) GO TO 370C
      DO 3600 J=1,LNL
        JK=C
        JK1=1
        L=IABS(NML(J))
        ICCD=1
        IFIN1=IFIN+1
        DO 3650 I=1,IFIN1
          ZC(I)=HSA(J,I)
          FCC(I)=HPL(J,I)
3650 CONTINUE
          CALL FLCTA(HCC,ZC,IFIN1,YPAX(J),YPMIN(J),L,LDT2,CT1,
            *ICCD,ICPC)
3660 CONTINUE
3700 IF(LPL.EQ.0) GO TO 5000
      DO 3800 J=1,LPL
        JK=0
        JK1=1
        L=IABS(NPL(J))
        ICCD=0
        IFIN1=IFIN+1
        DO 3850 I=1,IFIN1
          CC(I)=QSA(J,I)
          CCC(I)=CPL(J,I)
3850 CONTINUE
          CALL PLOTA(CCC,CC,IFIN1,CPAX(J),CPMIN(J),L,LDT2,CT1,
            *ICCD,ICPC)
3900 CONTINUE
5000 CONTINUE
      STCP
      1  FORMAT(2X,70A1)
      2  FORMAT(2X,I3,15I5)
      3  FORMAT(2X,F8.2,7F10.2)
      4  FORMAT(2X,F8.3,7F10.3)
      5  FORMAT('1',/,10X,'IMPRESSAC CCS CACCS DE ENTRADA',/////)
      6  FORMAT(2X,F8.0,2I10,3F10.1)
      7  FORMAT(5X,15I5)
      8  FORMAT(2X,F3.1,15F5.1)
      9  FORMAT(2X,F6.2,5F8.2)
     12  FORMAT(15X,'* VALORES CCS COEFICIENTES DE MANNING PARA TCCAS ',
           'AS SECCES *')
     13  FORMAT(//,2X,'* SECAC *',5(' COEF. * ALTURA *'))
     14  FORMAT(2X,'* SEC-',I3,2X,5(' * ',F5.3,' * ',F6.2,' '),'*')
     15  FORMAT(2X,'* SEC-',I3,2X,' * ',F5.3,' * ',4(' * * * * '),

```

```

      0      0      4*)
16 FORMAT(4(2X,F8.2,2X,F8.2))
      END
C
-----
C
      SUBROUTINE INTEP(AUX,DT1,NT1,C,IFIN,I)
C      CRIA UMA TABELA DE VALORES A PARTIR DE CUTRA
C      UTILIZADA NA INTERPOLACAO DAS CONDICAOES DE CONTORNO E DE CONTRIBUI
C      CAC LATERAL
      DIMENSION C(110,500),AUX2(500),ALX(500)
      ACCN=0.
C      WRITE(6,111)IFIN,DT1
111 FORMAT(2X,I6,F8.2)
C      WRITE(6,111)NT1,AUX(2)
112 FORMAT(2(2X,F10.2))
      DO 100 K=1,NT1
100   ALX2(K)=C(1,K)
C      WRITE(6,111)K,AUX2(K)
C 100   WRITE(6,113)IFIN,NT1
113 FORMAT(2(2X,I6))
      IFIN=IFIN+1
      DO 110 IA=2,IFIN1
      ACCN=ACCN+DT1
110   C(I,IA)=FINT(AUX,AUX2,NT1,ACCN,I)
C 110   WRITE(6,112)ACCN,C(I,IA)
      RETURN
      END
-----
C
      SUBROUTINE RESVAS
      DOUBLE PRECISION CC1,CC2,CC3,CC1,CC2,CC3,C1V,CC1,C21,C1,C2,E11,
      E12,E21,E22,D11,D12,D21,D22,DI(2,4),XN1,XN2,XN(220),XK(220,2),
      XM11(110),XM12(110),XM21(110),XM22(110)
      DIMENSION CC(110),ZC(110),X(210),Y(210),C(110),Z(110)
      COMMON NX,NPCUN,NB(2),ZC(110),DX(110),FRE(110,210),XIE,XIC,
      XE,XD,XX(110,210),HA(110,210),FRE(110,210),XIE,XIC,
      ZFE(110,210),HRD(110,210),FC(110,210),B(110,210),F(110,210),NT,
      PRETA(110,210),CCNV(110,210),CWL(110,500),A(110,210),FCB(110,500),
      4NPX(2),NPL(110),NNL(110),G,TETA,DT1,CMIN(20),CMAX(20),YMIN(20),
      5YMAX(20),NPS(20),CC(110),FC(110),NBA(2),FT(110,210),C1(110,210),
      6CPL(110,500),HPL(110,500),ALX(500),IFIN,CSA(110,500),FSA(110,500),
      7HRC(110,210),FC(110,210),FFI(110,210),FI(110,210),
      8LPL,LNL,CT2,ITC,LS,LCI,ICPC,ICPS,XGAMA,LCT,CABE(70),ICPI
      COMMON/INST/ICDATA(5),JK,K1,K2,K3,K4,K5,INCF,JK1
C      ESTA SUBROTINA FAZ A RESOLUCAO NUMERICA PELO ESQUEMA DE VASILIEV
C      SOLUCIONANDO AS EQUACOES PELA CUFLA VARECIADA
      JK=0
      G=9.E1
      IF(LCT.EQ.0)GOTO 5
      IFCL=0
      ILIN=0
      IFCL=IFCL+1
      ILIN=52
      WRITE(6,300)IFCL
      WRITE(6,301)CABE

```

```

WRITE(6,302)DT,DT1
WRITE(6,303)
WRITE(6,304)
WRITE(6,303)
5 INCR=CT1/60.
CALL TEMPO
IF(LCT.EC.0)GOTO 8
WRITE(6,310)K3,K2,K1,K4,K5
8 DO 10 I=1,NX
  C(I)=CC(I)
  Z(I)=HC(I)
  IF(ITC.EC.1)GOTO 110
  ZRC=Z(I)
  IC=I
  GOTO 120
110 DZR=ZC(1)-ZC(I)
  ZRC=Z(I)+DZR
  IC=1
120 L=NP(IC)
  DO 275 J=1,L
    X(J)=XX(IC,J)
    Y(J)=HA(IC,J)
275 CONTINUE
  CALL AREA(ZRC,L,X,Y,RF,FM,BS,AS)
  IF(LCT.EC.0)GOTO 60
  BET=FINTM(H,BETA,NF,ZRC,IC)
  FRM=AS/BS
  PRF=Z(I)-ZC(I)
  VEL=C(I)/AS
  CEL=SQRT(G*AS/BS)
  FRUDE=VEL/CEL
  WRITE(6,311)I,Z(I),C(I),VEL,FRF,FRM,BET,FRUDE
60 DO 20 J=1,LNL
  IF(IABS(NNL(J)).EC.1)+SA(J,1)=Z(I)
20 CONTINUE
  DO 30 J=1,LPL
  IF(IABS(NPL(J)).EC.1)+SA(J,1)=C(I)
30 CONTINUE
10 CONTINUE
LDT2=DT2/DT1
C WRITE(6,*)LDT2
IS=LDT2
DO 100 K=1,IFIN
IF(LCT.EC.0) GOTO 160
LK=1
IF(LK.EC.0)GOTO 150
IS=IS+LDT
IFCL=IFCL+1
ILIN=52
WRITE(6,300)IFCL
WRITE(6,301)CABE
WRITE(6,302)DT,DT1
WRITE(6,303)
WRITE(6,304)
WRITE(6,303)

```

```

15C V1=C(I)/2.*DT1
    V2=C(NX)/2.*DT1
16C DC 200 I=2,NX
    IA=I-1
    CL=OX(I)
    ZA=Z(I-1)
    ZN=Z(I)
C CASO A CPCAO TENHA SIDO FEITA POR CANAL PRISMATICO, APENAS A
C PRIMEIRA SECAC POSSUE TABELAS DE CCTA*AREA*CCNVEYANCE*BETA,
C A PESQUISA DOS VALORES DEVE SER FEITA COM UMA CCTA DE NIVEL
C CUA RELATIVA
    IF(I7C.EQ.1)GOTO 25C
    ZAC=ZA
    ZNC=ZN
    IC=I
    IAC=IA
    GOTO 28C
250 DZA=ZO(1)-ZC(I-1)
    ZAC=ZA+DZA
    DZC=ZO(1)-ZC(I)
    ZNC=ZN+DZC
    IC=1
    IAC=1
280 CALL FINT2(H,CCNV,NF,ZAC,IAC,XKA,CKA,NC)
    CALL FINT2(H,CCNV,NF,ZNC,IC,XKN,CKN,NC)
    BET=FINTM(H,BETA,NF,ZAC,IAC)
    BA=FINTM(H,B,NF,ZAC,IAC)
    BN=FINTM(H,B,NF,ZNC,IC)
    CALL FINT2(H,A,NF,ZAC,IAC,AA,CAA,NC)
    CALL FINT2(H,A,NF,ZNC,IC,AN,CAN,NC)
    CA=O(I-1)
    CN=C(I)
    V1=V1+(AA+AN)*CL/2.+C*CL(I-1,K)*CL
    SA=QA*ABS(CA)/(XKA**2)
    SN=CN*ABS(CN)/(XKN**2)
    VA=QA/AA
    VN=CN/AN
    CA=SCRT(G*AA/BA)
    CN=SCRT(G*AN/BN)
    IF(I.GT.2) GOTO 285
C MONTAGEM DOS COEFICIENTES CORRESPONDENTE CCNDICAC DE CCNTRAC
C DE MONTANTE
    IF(NB(1))400,500,600
C MICROGRAMA
400 CC1=C.
    CC2=1.
    CO3=+CP(I,K+1)
    GO TO 70C
C CURVA DE DESCARGA
500 CALL FINT2(HT,QT,NPX(I),Z(I),1,CC,CC,AK)
    CC1=-CC
    CC2=1.
    CC3=-CC*Z(NX)+C(NX)
    GOTO 70C
C LIMNIGRAMA

```

```

600 CO1=1.
    CC2=C.
    CO3=+CB(1,K+1)
700 D1=(BET*VA-CA)/DL
C   WRITE(6,*)C1
    E1=1/DT1-D1+(2*AA*G*CA)/(XKA**2.)
    G1=(PA*(CA**2.)/DL)-VA**2*EN/CL
    H1=BA*((VA**2.)-(CA**2.))/CL-BA*(VA+CA)/DT1-2*AA*G*SA*CKA/XKA
    XJ1=G*AA*SA*(1-(2*CKA*ZA/XKA))+CA/DT1-BA*(VA+CA)*ZA/DT1
    XJ1=XJ1-CWL(I-1,K)*(VA+CA)+(VA**2.)*((AN-EN*ZN)-(AA-EA*ZA))/CL
    XK(1,1)=(XJ1*CO2-E1*CC3)
    DIV=(I)*CC2-CC1*E1
    XK(1,1)=(XJ1*CO2-E1*CC3)/(I)*CC2-CC1*E1
    XK(1,2)=(XJ1*CC1-H1*CC3)/(E1*CC1-CC2*I)
    XM11(1)=-CO2*G1/(H1*CC2-CC1*E1)
    XM12(1)=-CC2*C1/(H1*CC2-CC1*E1)
    XM21(1)=-CO1*G1/(E1*CC1-CC2*I)
    XM22(1)=-CC1*C1/(E1*CC1-CC2*I)
    GOTC 200
285  IBA=1-2
    ZBA=Z(I,BA)
        IF(ITC.EQ.1)GOTC 290
        ZBAC=ZBA
        IBAC=IBA
        GOTC 295
290  DZA=Z(1)-ZC(I-2)
    ZBAC=ZBA+CZA
    IBAC=1
295  BBA=FINTM(H,B,NF,ZBAC,IBAC)
    CALL FINT2(H,A,NF,ZBAC,IBAC,AEA,CBAA,NC)
    A1=1/(2*CL)
    B1=BA/DT1
    C1=PA*ZA/DT1+CWL(I-1,K)
    D1=BET/DL*(CA/AA)
    E1=1/DT1+2*G*AA*QA/(XKA**2.)
    F1=(G*AA-BET*((CA/AA)**2.)*EN)/(2*CL)
    G1=-2*G*AA*SA*CKA/XKA
    H1=(BET*((CA/AA)**2.)*BEA-G*AA)/(2*CL)
    XJ1=G*AA*(SA-2*SA*CKA*ZA/XKA)+CA/DT1
    XJ1=XJ1+BET*((CA/AA)**2.)/(2*CL)*((AN-EN*ZN)-(ABA-EEA*ZBA))
    XC1=C1/B1
    XC2=XJ1/E1-G1*C1/(E1*B1)
    C11=C
    C12=A1/B1
    C21=-H1/E1
    C22=C1/E1-G1*A1/(E1*B1)
    E11=C
    E12=-A1/B1
    E21=-F1/E1
    E22=-C22
    XI(1,1)=1-(D11*XM11(I-2)+D12*XM21(I-2))
    XI(1,2)=-(C11*XM12(I-2)+C12*XM22(I-2))
    XI(2,1)=-(D21*XM11(I-2)+D22*XM21(I-2))
    XI(2,2)=1-(D21*XM12(I-2)+D22*XM22(I-2))
C   INVERSAC DA MATRIZ

```

```

      XI(1,3)=1.
      XI(1,4)=C.
      XI(2,3)=C.
      XI(2,4)=1.
      XMULT=-XI(2,1)/XI(1,1)
      XI(2,1)=C.
      DO 350 J=2,4
        XI(2,J)=XI(2,J)+XMULT*XI(1,J)
350  CONTINUE
      CIV=XI(2,2)
      DO 360 J=2,4
        XI(2,J)=XI(2,J)/CIV
360  CONTINUE
      XMULT=-XI(1,2)
      XI(1,2)=C.
      XI(1,3)=XI(1,3)+XMULT*XI(2,3)
      XI(1,4)=XI(1,4)+XMULT*XI(2,4)
      XI(1,3)=XI(1,3)/XI(1,1)
      XI(1,4)=XI(1,4)/XI(1,1)
      XI(1,1)=1
C     ATRIBUICAO DA INVERSA
      XI(1,1)=XI(1,3)
      XI(1,2)=XI(1,4)
      XI(2,1)=XI(2,3)
      XI(2,2)=XI(2,4)
      XN1=XC1+C11*XK(I-2,1)+C12*XK(I-2,2)
      XN2=XC2+C21*XK(I-2,1)+C22*XK(I-2,2)
      XK(I-1,1)=XI(1,1)*XN1+XI(1,2)*XN2
      XK(I-1,2)=XI(2,1)*XN1+XI(2,2)*XN2
      XM11(I-1)=XI(1,1)*E11+XI(1,2)*E21
      XM12(I-1)=XI(1,1)*E12+XI(1,2)*E22
      XM21(I-1)=XI(2,1)*E11+XI(2,2)*E21
      XM22(I-1)=XI(2,1)*E12+XI(2,2)*E22
      IT=I-1
700  CONTINUE
      ZV=Z(NX)
      NPXN=NPX(2)
      IF(NB(2))800,900,1000
C     HIDROGRAMA
800  DO1=C.
      DO2=1.
      DO3=FCB(2,K+1)
      GO TC 1050
C     CURVA DE DESCARGA
900  CALL FIN12(HT,QT,NPXN,ZV,2,CC,DC,NK)
      NPXC=NPX(2)
      DC1=-DC
      DO2=1.
      DO3=-CC*Z(NX)+C(NX)
C     WRITE(6,*)NPXN,ZV,CC,DC,NK
      GO TC 1050
C     LIMNIGRAMA
1000 DO1=1.
      DO2=C.
      DO3=FCB(2,K+1)

```

```

1050 DN=-(BET*VN+CN)/DL
EN=1/CT1+(BET*VN+CN)/DL+2*AN*G*CN/(XKN**2.)
GN=(VN**2.)*BA/DL-BN*CN**2/DL
HN=(VN-CN)*BN/CT1-((VN**2.)-(CN**2.))*EN/DL-2*AN*G*SN*DKN/>KN
XJN=G*AN*SN*(1-(2*DKN*ZN/>KN))+CN/CT1-C*LN(NX-1,K)*(VN-CN)
XJN=XJN-BN*(VN-CN)*ZN/CT1+VN**2/CL*{(AN-BN*ZN)-(AA-EA*ZA)}
DIV=(DN*XM22(NX-1)+EN+GN*XM12(NX-1))*CC1-(CN*XM21(NX-1)+GN*XM11(NX
E-1)+FN)*DO2
C(NX)=(XJN-DN*XK(NX-1,2)-GN*XK(NX-1,1))*CC1-(CN*XM21(NX-1)+GN*XM11
E(NX-1)+HN)*DO2
C(NX)=C(NX)/DIV
Z(NX)=(DN*XM22(NX-1)+EN+GN*XM12(NX-1))*CC3-(XJN-CN*XK(NX-1,2)-GN*X
EK(NX-1,1))*DO2
Z(NX)=Z(NX)/DIV
NX1=NX-1
DC 1180 II=1,NX1
I=NX-II
Z(I)=XK(I,1)+XM11(I)*Z(I+1)+XM12(I)*C(I+1)
G(I)=XK(I,2)+XM21(I)*Z(I+1)+XM22(I)*C(I+1)
1180 CONTINUE
CALL TEMPG
LM=1
V1=V1+C(I)/2.*CT1
V2=V2+O(NX)/2.*CT1
AAN=C.
IF(ICPS.GT.1)HQB(3,K1=C(NX)
IF(LCT.EC.0)GCTC 1240
IF(LK.EC.1)WRITE(6,21C)K3,K2,K1,K4,K5
1240 DC 1500 I=1,NX
1250 IF(ITC.EC.0)IC=I
L=NP(IC)
DC 1275 J=1,L
X(J)=XX(IC,J)
Y(J)=HA(IC,J)
1275 CONTINUE
IF(ITC.EC.0)GCTC 1285
ZRC=Z(I)+ZO(IC)-ZC(J)
GCTC 1295
ZRC=Z(I)
1285
1295 CALL AREA(ZRC,L,X,Y,PF,FM,BS,AS)
BET=FINTM(H,BETA,NF,ZRC,IC)
PRF=Z(I)-ZO(I)
IF(I.EC.1)GCTC 1718
V2=V2+(AAN+AS)/2.*CX(I)
1718 AAN=AS
PRM=AS/BS
VEL=C(I)/AS
CEL=SQRT(G*AS/BS)
FRUCDE=VEL/CEL
IF(LCT.FC.0)GCTC 1210
IF(I.LT.LM)GCTC 121C
IF(I.GE.LM)LM=LM+LS
IF(LK.EC.1)WRITE(6,311)),Z(I),C(I),VEL,FFF,PRM,EET,FRUCDE
1210 CC 1200 J=1,LM
IF(IABS(INNL(J)).EC.1)FSA(J,K+1)=Z(I)

```

```

1200      CCNTINUE
          CC 1300 J=1,LPL
          IF(IABS(NPL(J)).EQ.1)CSA(J,K+1)=C(I)
1300      CCNTINUE
1500      CCNTINUE
          IF(LCT.EQ.0)GCTC 100
          RV=V1/V2
          IF(LK.EQ.1)WRITE(6,315)V1,V2,RV
100      CCNTINUE
300      FORMAT(1F1,2X,'RESULTADOS CÉTIÇOS',1CX,'PAGINA',I4,/,2X,'METCCC
      EDE VASILIEV')
301      FORMAT(1CX,70A1)
302      FORMAT(1CX,'DT=',F6.0,' SEC [T] =',F6.0,'SEC',/)
303      FORMAT(1X,1C5('*'))
304      FORMAT(1X,'I TEMPC I I SECAC I I NIVEL I I VAZAC I I VELCC.MEDIA I
      & I PRCF. MAX I I PRCF. MEDIA I I BETA I I FFCUZE I')
310      FORMAT(/,1X,I2,'/',I2,'/',I4,/,3X,I2,'F',I2,'MIN')
311      FORMAT(13X,I3,6X,F7.2,4X,F7.1,3X,F9.2,7X,F7.2,10X,F5.2,7X,F6.2,4X,
      &F5.2)
315      FORMAT(/,10X,'VOLUME INICIAL MAIS AFLUENTE (V1)=' ,E15.2,' M**3',/,
      C10X,'VOLUME FINAL MAIS EFLLENTE (V2)  =' ,E15.2,' M**3',1CX,
      C'V1/V2 =' ,F10.5)
          RETURN
          END
-----
C
C
C
-----
C
      SUBROUTINE RESOL
      DOUBLE PRECISION CC1,CC2,CC3,CC1,CC2,CC3,CIV,DC1,DZ1,C1,C2,E11,E12
      &,E21,E22,XC1(220),XC2(220),XE11(220),XE12(220),XE21(220),
      &XE22(220),Q(220),Z(220)
      DIMENSION CC(110),ZC(110),X(210),Y(210)
      COMMON NX,NBOUN,NB(2),ZC(110),CX(110),NP(110),DT,GAMA,NF,NCM(110),
      IXE,XC,XX(110,210),HA(110,210),FRE(110,210),XIE,XIC,
      2FE(110,210),HRD(110,210),FC(110,210),R(110,210),H(110,210),NT,
      3BETA(110,210),CCNV(110,210),CWL(110,500),A(110,210),FCB(110,500),
      4NPX(2),NPL(110),NNL(110),G,TETA,DT1,CMIN(20),CMAX(20),YMIN(20),
      5YMAX(20),NPS(20),CC(110),FC(110),NBA(2),FT(110,210),GT(110,210),
      6CPL(110,500),HPL(110,500),ALX(500),IFIN,CSA(10,500),FSA(10,500),
      7HRC(110,210),FC(110,210),FRI(110,210),FI(110,210),
      &LPL,LNL,DT2,ITC,LS,LDI,ICPC,ICPS,XGAMA,LCT,CABE(70),ICPI
      COMMON/INST/ICATA(5),JK,K1,K2,K3,K4,K5,INCR,JK1
      ESTA SUBRTINA FAZ A RESOLUCAO NUMERICA FELC METCCC DE PREISSMANN
C
      JK=C
      G=9.E1
      IF(LCT.EQ.0)GCTC 5
      IFCL=1
      ILIN=52
      WRITE(6,300)IFCL
      WRITE(6,301)CABE
      WRITE(6,302)DT,DT1
      WRITE(6,303)

```

```

WRITE(6,304)
WRITE(6,303)
5 INCR=CT1/60.
CALL TEMPO
IF(LCT.EC.0) GOTO 8
WRITE(6,310)K3,K2,K1,K4,K5
8 CC 10 I=1,NX
   C(I)=CC(I)
   Z(I)=HO(I)
   IF(ITC.EC.1)GOTO 110
   ZRC=Z(I)
   IC=I
   GOTO 120
110   DZR=ZO(1)-ZC(I)
      ZRC=Z(I)+CZF
      IC=1
120   L=NF(IC)
      CC 275 J=1,L
      X(J)=XX(IC,J)
      Y(J)=HA(IC,J)
275   CONTINUE
      IF(LCT.EC.0)GOTO 285
      CALL AREA(ZRC,L,X,Y,RF,FM,BS,AS)
      BET=FINTM(H,BETA,NF,ZRC,IC)
      PRM=AS/BS
      PRF=Z(I)-ZC(I)
      VEL=C(I)/AS
      CEL=SQRT(C*AS/BS)
      FRCUDE=VEL/CEL
      WRITE(6,311)I,Z(I),C(I),VEL,PRF,PRM,BET,FRCUDE
285   CC 20 J=1,LNL
      IF(IABS(NNL(J)).EC.1)FSA(J,1)=Z(I)
20   CONTINUE
      CC 30 J=1,LPL
      IF(IABS(NPL(J)).EC.1)CSA(J,1)=C(I)
30   CONTINUE
30 CONTINUE
LCT2=CT2/DT1
IS=LCT2
DO 100 K=1,IFIN
101 FORMAT(2I4)
IF(LCT.EC.0)GOTO 295
LK=1
C WRITE(6,*)LCT,LK,K,IS,LCT
IF(LK.EC.0)GOTO 150
IS=IS+LDI
IFCL=IFCL+1
ILIN=52
WRITE(6,300)IFCL
WRITE(6,301)CABE
WRITE(6,302)DT,DT1
WRITE(6,303)
WRITE(6,304)
WRITE(6,303)
150 V1=C(1)/2.*DT1

```

```

V2=C(NX)/2.*DT1
295  CC 200 I=2,NX
      IA=I-1
      DL=DX(I)
      ZA=Z(I-1)
      ZN=Z(I)
C     CASE A CPCAC TENHA SIDC FEITA POR CANAL PRISMATICO, APENAS A
C     PRIMEIRA SECAG POSSUE TABELAS DE CCTA*AREA*CCNVEYANCE*BETA,
C     A PESQUISA DOS VALORES DEVE SER FEITA COM UMA CCTA DE NIVEL
C     CAGUA RELATIVA
      IF(ITC.EQ.1)GCTC 250
      ZAC=ZA
      ZNC=ZN
      IC=I
      IAC=IA
250  GOTO 280
      DZA=ZC(I)-ZC(I-1)
      ZAC=ZA+DZA
      DZC=ZC(I)-ZC(I)
      ZNC=ZN+DZC
      IC=I
      IAC=I
280  CALL FINT2(H,CCNV,NF,ZAC,IAC,XKA,CKA,NC)
      CALL FINT2(H,CCNV,NF,ZNC,IC,XKN,CKN,NC)
      BET=FINTM(H,BETA,NF,ZAC,IAC)
      BA=FINTM(H,B,NF,ZAC,IAC)
      BN=FINTM(H,B,NF,ZNC,IC)
      CALL FINT2(H,A,NF,ZAC,IAC,AA,CAA,NC)
      CALL FINT2(H,A,NF,ZNC,IC,AN,CAN,NC)
      CA=Q(I-1)
      CN=Q(I)
      V1=V1+(AA+AN)*CL/2.+C*L(I-1,K)*CL*DT1
      A1=-TETA/CL
      A2=BA/(2*DT1)
      A3=-A1
      A4=BN/(2*DT1)
      A5=(CN-CA)/DL-TETA*C*L(I-1,K+1)-(1.-TETA)*C*L(I-1,K)
      B1=1./(2*DT1)
      B1=B1-4*BET*TETA*CA/((AN+AA)*CL)
      B1=B1-2*BET*TETA/CL*(CN+CA)*(AN-AA)/(AN+AA)**2.
      B1=B1+G*TETA*AA*ABS(CA)/(XKA**2.)
      B2=-2*TETA*BET/CL*(CN+CA)*(CN-CA)*CAA/(AN+AA)**2.
      B2=B2+G*TETA/(2*CL)*(ZN-ZA)*CAA
      B2=B2-G*TETA*(AN+AA)/(2.*CL)
      B2=B2-G*TETA*AA*CA*ABS(CA)*CKA/(XKA**3.)
      B2=B2+G*TETA*BET/CL*(CN+CA)**2.*CAA/(AN+AA)**2.
      B2=B2+G*TETA*CA*ABS(CA)*DAA/(2.*XKA**2)
      B2=B2+2*TETA*BET/CL*(CN+CA)**2.*(AN-AA)*CAA/(AN+AA)**3.
      B3=1/(2*DT1)
      B3=B3+2*TETA*BET*(CN-CA)/((AN+AA)*CL)
      B3=B3+2*TETA*BET*(CN+CA)/((AN+AA)*CL)
      B3=B3+G*TETA*AN*ABS(CN)/(XKN**2)
      B3=B3-2*TETA*BET/CL*(CN+CA)*(AN-AA)/(AN+AA)**2.
      B4=-2*TETA*BET/CL*(CN+CA)*(CN-CA)*CAN/(AN+AA)**2.
      B4=B4+G*TETA/(2*CL)*(ZN-ZA)*CAN

```

```

B4=B4+G*TETA/(2*CL)*(AN+AA)
B4=B4-G*TETA*AN*CN*ABS(CN)+CKN/(XKN**3.)
B4=B4-TETA*BET/CL*(CN+CA)**2.*CAN/(AN+AA)**2.
B4=B4+2*TETA*BET/CL*(CN+CA)**2.*(AN-AA)*CAN/(AN+AA)**3.
B4=B4+G*TETA/(2*XKN**2.)*CN*ABS(CN)*CAN
B5=2*BET/DL*(CN+CA)*(CN-CA)/(AN+AA)
B5=B5-BET/DL*(CN+CA)**2.*(AN-AA)/(AN+AA)**2.
B5=B5+G/(2*DL)*(AN+AA)*(ZN-ZA)
B5=B5+G/(2*XKN**2.)*AN*CN*ABS(CN)
B5=B5+G/(2*XKA**2.)*AA*CA*ABS(CA)
CIV=B3*A4-B4*A3
C1=(A3*B5-A5*B3)/CIV
C2=(B4*A5-B5*A4)/CIV
CIV=B3*A4-B4*A3
E11=(A3*B2-A2*B3)/CIV
E12=(A3*B1-A1*B3)/CIV
E21=(B4*A2-B2*A4)/CIV
E22=(B4*A1-B1*A4)/CIV
IF(I.LE.2)GOTO 160
  XC1(I)=C1+E11*XC1(I-1)+E12*XC2(I-1)
  XC2(I)=C2+E21*XC1(I-1)+E22*XC2(I-1)
  XE11(I)=E11*XE11(I-1)+E12*XE21(I-1)
  XE12(I)=E11*XE12(I-1)+E12*XE22(I-1)
  XE21(I)=E21*XE11(I-1)+E22*XE21(I-1)
  XE22(I)=E21*XE12(I-1)+E22*XE22(I-1)
GOTO 200
160  XC1(2)=C1
     XC2(2)=C2
     XE11(2)=E11
     XE12(2)=E12
     XE21(2)=E21
     XE22(2)=E22
200  CONTINUE
C    MONTAGEM DOS COEFICIENTES CORRESPONDENTES A CCNICOS DE CONTORNO
     Z11=Z(1)
     NPX]=NPX(1)
     IF(NE(1))400,500,600
C    HIDROGRAMA
400  CC1=C.
     CC2=1.
     CC3=(HCB(1,K+1)-HCB(1,K))
C    WRITE(6,*)CC1,CC2,CC3
     GO TO 700
C    CURVA DE DESCARGA
500  CALL FINT2(HT,GT,NPX1,Z11,1,CC,CC,NK)
     CC1=-CC
     CC2=1.
     CC3=C.
C    WRITE(6,*)NPX1,Z11,CC,CC,NK
     GOTO 700
C    LIMNIGRAMA
600  CC1=1.
     CC2=C.
     CC3=HCB(1,K+1)-HCB(1,K)
700  ZV=Z(NX)

```

```

      NPXN=APX(2)
      IF(NB(2))800,900,1000
C     HIDROGRAMA
800   DC1=C.
      CC2=1.
      DC3=(HCB(2,K+1)-HCB(2,K))
      GO TC 1050
C     CURVA DE DESCARGA
900   CXN=C(NX)
      CALL FINT2(CT,HT,NPXN,CXN,2,ZC,CZC,NK)
      NPTC=NPX(2)
      CC1=1.0
      CC2=-CZD
      CC3=C.
      WRITE(6,*)NPXN,CXN,DC1,CC2,CC3
      GOTC 1050
C     LIMNIGRAMA
1000  CO1=1.
      CO2=C.
      DC3=HCB(2,K+1)-HCB(2,K)
C     RESOLUCAC PELA REGRA DE CRAMER
      WRITE(6,*)DC1,DC2,DC3
1050  DIV=CO1*(DO1*XE12(NX)+DC2*XE22(NX))-CC2*(CC1*XE11(NX)+CC2*XE21(NX)
      &N1)
      DZ1=+CC3*(DO1*XE12(NX)+DC2*XE22(NX))-CC2*(CC3-CC1*XC1(NX)-CC2*XC2(
      &N1))
      CZ1=DZ1/DIV
      CO1=+CC1*(DO3-DO1*XC1(NX)-CC2*XC2(NX))-CC3*(CC1*XE11(NX)+CC2*XE21(
      &N1))
      CO3=CO1/DIV
      C(1)=Q(1)+DC1
      Z(1)=Z(1)+DZ1
      WRITE(6,*)DIV,CZ1,CO1,C(1),Z(1)
      CALL TEMPG
      LM=1
      AAN=C.
      IF(ICPS.GT.1)HCB(2,K)=C(NX)
      IF(LCT.EC.0) GOTC 1060
      IF(LK.EC.1)WRITE(6,3)C)K3,K2,K1,K4,K5
1060  DO 1100 I=1,NX
      IF(I.EC.1)GOTC 1250
      Z(I)=XC1(I)+XE11(I)*CZ1+XE12(I)*DC1+Z(I)
      C(I)=XC2(I)+XE21(I)*CZ1+XE22(I)*DC1+C(I)
C     IF(I.EC.NX)WRITE(6,*)I,XC1(I),XE11(I),XE12(I),Z(I)
C     IF(I.EC.NX)WRITE(6,*)I,XC2(I),XE21(I),XE22(I),C(I)
1250  IF(ITC.EO.0)IC=I
      L=NP(IC)
      DO 1275 J=1,L
      X(J)=XX(IC,J)
      Y(J)=HA(IC,J)
1275  CCNTINUE
      IF(ITC.EO.0)GOTC 1285
      ZPC=Z(I)+Z0(IC)-ZC(I)
      GOTC 1295
1285  ZPC=Z(I)

```

```

1295 CALL AREA(ZRC,L,X,Y,FF,FM,PS,AS)
      IF(I.EQ.1)GOTO 1718
      CL=DX(I)
      V2=V2+(AAN+AS)/2.*CL
1718 AAN=AS
      FRM=AS/BS
      FRF=Z(I)-Z0(I)
      VEL=C(I)/AS
      CEL=SQRT(G*AS/BS)
      BET=FINTM(H,BETA,NF,ZRC,IC)
      FRCUDE=VEL/CEL
C      IF(I.LT.LM)GOTO 1210
C      IF(I.GE.LM)LM=LM+LS
      IF(LK.EQ.1)WRITE(6,311),Z(I),C(I),VEL,FRF,PRM,BET,FRCUDE
1210 CC 1200 J=1,LNL
      IF(ABS(NNL(J)).EQ.1)PSA(J,K+1)=Z(I)
1200 CCNTINUE
      CC 1300 J=1,LPL
      IF(ABS(NPL(J)).EQ.1)CSA(J,K+1)=C(I)
1300 CCNTINUE
1100 CONTINUE
      V1=V1+C(I)/2.*CT1
      V2=V2+C(NX)/2.*CT1
      V2=V2+AAN*CX(NX)/2.
      RV=V1/V2
      IF(LK.EQ.1)WRITE(6,315)V1,V2,RV
100 CONTINUE
      RETURN
300 FORMAT(1F1,2X,'RESULTADOS CÉTIOS',10X,'FAGINA ',I4,/,4X,'METCOC
      &DE PREISSMAN')
301 FORMAT(10X,70A1)
302 FORMAT(10X,'DT=',F6.0,' SEC DT1 =',F6.0,'SEC',/)
303 FORMAT(1X,105('*'))
304 FORMAT(1X,'I TEMPO I I SECAC I I NIVEL I I VAZAC I I VELCC.MECIA I
      & I PRCF. MAX I I PRCF. MECJA I I BETA I I FRCUDE I')
311 FORMAT(13X,I3,6X,F7.2,4X,F7.1,3X,F9.2,7X,F7.2,10X,F5.2,7X,F6.2,4X,
      &F5.2)
310 FORMAT(/,1X,I2,'/',I2,'/',I4,/,3X,I2,'F',I2,'MIN')
315 FORMAT(/,10X,'VOLUME INICIAL MAIS AFLUENTE(V1)=' ,E15.2,' M**3',/,
      C10X,'VOLUME FINAL MAIS EFLUENTE(V2) =' ,E15.2,' M**3',10X,
      C'V1/V2 =' ,F10.5)
      ENC
      SUBROUTINE COMPOS(I)
      REAL MAX,MIN
      COMMON NX,NBCUN,NB(2),ZC(110),CX(110),NF(110),DT,GAMA,NF,NCM(110),
      1XF,XC,XX(110,210),FA(110,210),HRE(110,210),>IE,XIC,
      2FE(110,210),HRD(110,210),FC(110,210),B(110,210),F(110,210),NT,
      3BETA(110,210),CONV(110,210),CWL(110,500),A(110,210),FCR(110,500),
      4NPX(2),NPL(110),NNL(110),G,TETA,CT1,CMIN(20),CMAX(20),YMIN(20),
      5YMAX(20),NPS(20),CC(110),FC(110),NEA(2),FT(110,210),CT(110,210),
      6CPL(110,500),FPL(110,500),ZUX(500),IFIN,CSA(110,500),PSA(110,500),
      7HRC(110,210),FC(110,210),FFI(110,210),FI(110,210),
      8LPL,LNL,CT2,ITC,LS,LCI,ICPC,ICFS,XGAMA,LCT,CABE(70),ICPI
      CIMPASICN XES(210),YES(210),>DS(210),YCS(210),X(210),Y(210),
      *XI(210),YI(210)

```

```

C     ESTA SUBROTINA CALCULA OS PARAMETROS DE CADA SECAO TRANSVERSAL
C     CONSIDERANDO UMA SECAO COMPOSTA:
C         AREA
C         CONVEYANCE
C         COEF. BETA (QUANT. DE MOVIMENTO)
C     MONTAGEM DAS TABELAS GEOMETRICAS PARA CANAIS LATERAIS
C     L=NF(I)
C     IF(I.EC.15)WRITE(6,*)XE,XC,XCAMA
17  FORMAT(2X,I4)
    DO 5 J=1,L
        X(J)=XX(I,J)
        Y(J)=HA(I,J)
    5  CONTINUE
    IF(XE.EC.0) GO TO 20
    2  FORMAT(4(2X,F8.2,2X,F8.2))
    YE=FINTM(XX,HA,L,XE,I)
C     IF(I.EC.15)WRITE(6,7)YE
7   FORMAT(2X,F10.4)
    CALL FINT2(XX,HA,L,XE,I,YE,CYE,NE)
C     IF(I.EC.15)WRITE(6,8)YE,CYE,NE
E   FORMAT(10X,F8.2,2X,F8.2,2X,I4)
    NE=NE+1
C     CRIACAO DA TABELA X * Y PARA CANAL LATERAL ESQUERDO
    DO 10 J=1,NE
        XES(J)=XX(I,J)
        YES(J)=HA(I,J)
    10 CONTINUE
    XES(NE+1)=XE+0.01
    YES(NE+1)=YE
    XES(NE+2)=XE+0.02
    YES(NE+2)=YES(1)
    NE=NE+2
    DO 11 J=1,NE
        MCA=11
        WRITE(6,*)MCA,XES(J),YES(J)
C     11 CONTINUE
    20 IF(XC.EC.0)GOTO 30
    CALL FINT2(XX,HA,L,XC,I,YC,CYC,NC)
C     IF(I.EC.15)WRITE(6,8)YC,CYC,NC
C     CRIACAO DA TABELA X * Y PARA CANAL LATERAL DIREITO
    XDS(1)=XC-0.02
    YDS(1)=YES(1)
    XDS(2)=XC-0.01
    YDS(2)=YC
    NSU=NF(I)
    ND=NC+1
    DO 40 J=ND,NSU
        K=J-ND+2
        XDS(K)=X(J)
        YDS(K)=Y(J)
    40 CONTINUE
    ND=K
    DO 42 J=1,ND
        MCA=42
C     IF(I.EC.15)WRITE(6,*)MCA,XDS(J),YDS(J),NC

```

```

42 CONTINUE
C IF(I.EC.15)WRITE(6,*)XIE,XIC
30 IF(XIE.EC.0)GOTO 31
C WRITE(6,*)XIE,XID
CALL FIN72(XX,HA,L,XIE,J,YIE,CIEC,NIEC)
CALL FIN72(XX,HA,L,XIC,J,YIC,CICC,NICC)
C IF(I.EC.15)WRITE(6,*)XIE,XIC,YIE,YIC,CIEC,CIECC,NIEC,NICC
NI=NICC-NIEC
XI(1)=XIE-0.02
YI(1)=Y(1)
XI(2)=XIE-0.01
YI(2)=YIE
NIEC=NIEC+1
DO 43 J=NIED,NIDD
      K=J-NIED+3
      XI(K)=X(J)
      YI(K)=Y(J)
C IF(I.EC.15)WRITE(6,*)K,J,XI(K),YI(K)
43 CONTINUE
NI=K+1
XI(NI)=XID+0.01
YI(NI)=YID
NI=NI+1
XI(NI)=XID+0.02
YI(NI)=Y(1)
DO 44 J=1,NI
      MCA=44
C IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)MCA,XI(J),YI(J),NI
44 CONTINUE
31 CALL MAXMIN(L,Y,MAX,MIN)
C IF(I.EC.15)WRITE(6,32)MAX,MIN
33 FORMAT(2X,F8.2,2X,F8.2)
XMAX=MAX
XMIN=MIN
FNF=NF
36 FORMAT(2(4X,F8.2))
CM=MAX-MIN
DM=CM/FNF
C IF(I.EC.15)WRITE(6,37)NF,DM
37 FORMAT(10X,I4,10X,F8.2)
DO 60 J=1,NF
      CCNVE=0.
      CCNVD=0.
      CCNVI=0.
      AE=0.
      AC=0.
      AI=0.
      H(I,J)=XMIN+J*DM
      CALL AREA(H(I,J),NF(I),X,Y,RF,FFM,E(I,J),A(I,J))
C IF(I.EC.15)WRITE(6,*)RF,FFM,E(I,J),A(I,J)
      XNC=FIN7M(HRC,FC,NCM(1),F(I,J),I)
C IF(I.EC.15)WRITE(6,*)H(I,J),RF,FFM,E(I,J),A(I,J),XNC,NP(1)
59 FORMAT(6(2X,F10.4),2X,15)
      AC=A(I,J)
      PC=PRM

```

```

      IF(XE.EQ.0)GOTO 35
      CALL MAXMIN(NE,YES,MAX,MIN)
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)NE,MAX,MIN
      IF(H(I,J).GT.MIN)GOTO 25
      AE=0
      CCNVE=0
      GOTO 35
25     CALL AREA(H(I,J),NE,XES,YES,RFE,FRFE,EE,AE)
      XNE=FINTM(HRE,FE,NCM(1),F(I,J),1)
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)F(I,J),RFE,FRFE,EE,AE,XNE,AE
      CH=H(I,J)-YE
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)CH
      IF(CH.LE.0)GOTO 47
      IF(GAMA.EQ.90.)GOTO 45
      DP=DH/CCS(XGAMA)
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,177)CP
177    FORMAT(2X,F8.2)
      CA=(CH**2)*TAN(XGAMA)/2.
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,177)CA
      GOTO 48
45     CP=DH
      CA=0.
      GOTO 48
47     CP=0.
      CA=0.
      CH=0.
48     AE=AE+DA
      AC=AC-AE
      FC=PC-PRME+DH+DP
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)AE,AC,FC
178    FORMAT(3(2X,F9.4))
C     NO CALCULO DO PERIMETRO A FRENTEIRA ENTRE CANAL CENTRAL E LATE
C     RAL E LEVADA EM CONTA DO CANAL PRINCIPAL E NAO DO CANAL LATERA
      IF(DH.GT.0)PRME=FRFE-CH
      CCNVE=AE**(.5./3)/(PRME**(.2/3.))*XNE
C     WRITE(6,*)AE,PRME,CCNVE
35     IF(XC.EQ.0)GOTO 55
      CALL MAXMIN(ND,YDS,MAX,MIN)
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)ND,MAX,MIN
      IF(H(I,J).GT.MIN)GOTO 35
      AC=0
      CCNVD=0
      GOTO 55
35     CALL AREA(H(I,J),ND,YDS,YDS,FHD,FRMC,EC,AC)
      XND=FINTM(HRD,FD,NCM(1),F(I,J),1)
C     IF(I.EQ.15)WRITE(6,*)F(I,J),RFD,FRMC,EC,AC,XND,NC
      CH=H(I,J)-YD
      IF(CH.LE.0)GOTO 67
      IF(GAMA.EQ.90.)GOTO 65
      CP=DH/COS(XGAMA)
      CA=(CH**2)*TAN(XGAMA)/2.
      GOTO 68
65     CP=DH
      CA=0.
      GOTO 68

```

```

67      CP=0.
        CA=0.
        DH=0.
68      AC=AC+CA
        AC=AC-AD
        PC=PC-PRMC+CH+CP
C      NC CALCULO DO PERIMETRO A FRENTEIRA ENTRE CANAL CENTRAL E LATE
C      RAL E LEVADA EM CONTA DO CANAL PRINCIPAL E NAO DO CANAL LATERO
        IF(DH.GT.0)PRMC=PRMC-CH
C      WRITE(6,*)AD,AC,PC
        CCNVC=AD**(.5./3)/(PRMC**(.2/3.)**XNC)
55      IF(XIE.EQ.0)GOTO 67
        CALL MAXMIN(NI,YI,MAX,MIN)
C      IF(I.EC.15)WRITE(6,*)NI,MAX,MIN
C      IF(I.EC.15)WRITE(6,*)F(I,J),YIE,YID
        IF((H(I,J).GT.YIE).OR.(F(I,J).GT.YID))GOTO 80
            AI=0
            CCNVI=0
            GOTO 87
68      CALL AREA(H(I,J),NI,XI,YI,FHI,FRMI,EI,AI)
C      WRITE(6,*)H(I,J),RHI,FRMI,EI,AI
        XNI=FINTM(HRI,FI,NCM(I),F(I,J),1)
C      IF(I.EC.15)WRITE(6,*)F(I,J),RHI,FRMI,EI,AI,XNI,NI
        CHE=F(I,J)-YIE
C      IF(I.EC.15)WRITE(6,*)CHE
        IF(DHE.LE.0)GOTO 82
        IF(GAMA.EC.90.)GOTO 81
        DPE=CHE/CCS(XGAMA)
        DAE=(DHE**2)*TAN(XGAMA)/2.
        GOTO 83
81      CPE=CH
        DAE=C.
        GOTO 83
82      CPE=C.
        DAE=C.
        CHE=C.
83      CHC=F(I,J)-YID
        IF(DHC.LE.0)GOTO 85
        IF(GAMA.EC.90.)GOTO 84
        CPC=CHE/CCS(XGAMA)
        DAC=(DHE**2)*TAN(XGAMA)/2.
        GOTO 86
84      CRC=CH
        DAC=C.
        GOTO 86
85      CPC=C.
        DAC=C.
        CHC=C.
86      AI=AI+DAE+DAC
        AC=AC-AI
        FC=PC-PRMI+CHE+DPE+CHC+CHC
C      NC CALCULO DO PERIMETRO A FRENTEIRA ENTRE CANAL CENTRAL E LATE
C      RAL E LEVADA EM CONTA DO CANAL PRINCIPAL E NAO DO CANAL LATERO
C      IF(I.EC.15)WRITE(6,*)PRMI,CH,CHE,CHC
C      IF(DH.GT.0)PRMI=PRMI-CH

```

```

C      IF(I.EC.15)WRITE(6,*)A],AC,PC
      CCNVI=A]**(5./3.)/(PFM]**(2/3.)*XNI)
67     CCNVC=AC]**(5/3.)/(P]**(2./3)*XNC)
      IF((AE.EC.0).AND.(AC.EC.C).AND.(AI.EC.C)) GOTO 5C
      RAE=AE/AC
      RKE=CCNVE/CCNVC
      RAC=AD/AC
      RKC=CONVD/CONVC
      RAI=AI/AC
      RKI=CCNVI/CONVC
C      WRITE(6,*)RAE,RKE,RAC,RKC,RAI,RKI,CCNVC,CCNVE,CCNVC,CCNVI
      CCNV(I,J)=CCNVC+CCNVE+(CCNVC+CCNVI)
C      WRITE(6,*)AE,AC,AC,AI,CCNVC,CCNVE,CCNVC
C      WRITE(6,*)XNC,XNI
C      WRITE(6,*)RAE,RAC,RAI,RKE,RKC,RKI
      IF((RAE.EC.0).OR.(RAC.EC.0).OR.(RAI.EC.C))GOTO 7C
      BETA(I,J)=(1.+RKE**2/RAE+RKC**2/RAC+RKI**2/RAI)*(1+RAE+RAC+RAI
8) / (1+RKE+RKC+RKI)**2.
      GOTO 61
70     IF(RAE.EC.0)GOTO 50
      IF(RAC.NE.0)GOTO 54
      IF(RAI.EC.0)GOTO 52
      BETA(I,J)=(1.+RKE**2/RAE+RKI**2/RAI)*(1+RAE+RAI)/(1+RKE+RKI
8)**2.
      GOTO 61
52     BETA(I,J)=(1.+RKE**2/RAE)*(1+RAE)/(1+RKE)**2.
      GOTO 61
54     BETA(I,J)=(1.+RKE**2/RAE+RKC**2/RAC)*(1+RAE+RAC)/(1+RKE+RKC
8)**2.
      GOTO 61
50     IF(RAC.NE.0)GOTO 55
      BETA(I,J)=(1.+RKI**2/RAI)*(1+RAI)/(1+RKI)**2.
      GOTO 61
55     IF(RAI.NE.0)GOTO 57
      BETA(I,J)=(1.+RKC**2/RAC)*(1+RAC)/(1+RKC)**2.
      GOTO 61
57     BETA(I,J)=(1.+RKC**2/RAC+RKI**2/RAI)*(1+RAI+RAC)/(1+RKC+RKI
8)**2.
      GOTO 61
50     BETA(I,J)=1.
      CCNV(I,J)=CCNVC
61     CONTINUE
C      IF(ICPI.NE.0)WRITE(6,69)H(I,J),A(I,J),CCNV(I,J),BETA(I,J)
C 69     FORMAT(2(4X,F11.3),3X,F14.1,1X,F10.3)
6C     CONTINUE
      RETURN
      END
C      SUBRTINA AREA
C
C      CALCULA A AREA, PERIMETRO MCLFACC, RAIO HIDRAULICO,
C      PROFUNDIDADE MEDIA,
C
C      VARIAVEIS
C      C      - DESCARGA NA SFCAD
C      PM     - PERIMETRO MCLFACC

```

```

C          RM - RAI0 HICRAULICO
C          A  - AREA DA SECAC
C          PRM - PROFUNDIDADE MEDIA
C          NA - ELEVACAO DO NIVEL D'AGUA NA SECAC
C          NP - NUMERO DE PONTOS DA SECAC (PARES DE VALORES X,Y)
C
SUBROUTINE AREA(NA,NP,X,Y,FM,FM,E,A)
DIMENSION X(210),Y(210),DIF(210),XX(210),YY(210),ZZ(210)
REAL NA
ITEST=1
MCA=121
C      WRITE(6,1)NP
1  FORMAT(1CX,I4)
DO 1C I=1,NP
C      WRITE(6,2)X(I),Y(I)
2  FORMAT(2(10X,F8.2))
10  DIF(I)=NA-Y(I)
    XX(I)=0.0
    YY(I)=0.0
    ZZ(I)=0.0
    MCA=1C
C      WRITE(6,1)MCA
C
C      CALCULA AREA , PERIMETRO MCLHADO DA SECAC E LARGURA DA SECAC (SL)
C
    IF(DIF(1)) 21,21,20
20  ITEST=2
21  CONTINUE
    DO 80 J=2,NP
    IF(ITEST-1)25,25,50
25  IF(DIF(I)) 30,30,40
30  XX(I)=0.0
    YY(I)=0.0
    ZZ(I)=0.0
    GO TO 80
40  VAR=ABS(ATAN((Y(I)-Y(I-1))/(X(I)-X(I-1))))
    YY(I)=DIF(I)*COS(VAR)/SIN(VAR)
    XX(I)=0.5*(DIF(I)*YY(I))
    ZZ(I)=SQRT(DIF(I)**2+YY(I)**2)
    ITEST=2
    GO TO 80
50  IF(DIF(I)) 70,70,60
60  YY(I)=X(I)-X(I-1)
    XX(I)=0.5*(DIF(I)+DIF(I-1))*YY(I)
    ZZ(I)=SQRT(YY(I)**2+(DIF(I)-DIF(I-1))**2)
    GO TO 80
70  VAR=ABS(ATAN((Y(I)-Y(I-1))/(X(I)-X(I-1))))
    YY(I)=DIF(I-1)*COS(VAR)/SIN(VAR)
    XX(I)=0.5*DIF(I-1)*YY(I)
    ZZ(I)=SQRT(DIF(I-1)**2+YY(I)**2)
    DIF(I)=0.0
    ITEST=1
80  CONTINUE
    A=0.0
    B=0.0

```

```

      PM=C.0
C
C   CALCULA A AREA (A), LARGURA DA SECAC (P), PERIMETRO MOLHADO (PM)
C   DO SO I=1,NP
      A=A+XX(I)
      B=B+YY(I)
90  PM=PM+ZZ(I)
      MCA=235
C   WRITE(6,1)MCA
C   WRITE(6,51)A,B,PM
91  FORMAT(3(10X,F8.2))
C
C   CALCULA O RAIO HIDRAULICO (RH)
C
      RH=A/PM
C
C   CALCULA A PROFUNDIDADE MEDIA (PRM)
C
      PRM=A/3
      RETURN
      END
      FUNCTION FINT(X,Y,N,ABC,ISEC)
C   INTERPOLA UM VALOR FINT(Y) CORRESPONDENTE A UM VALOR ABC(X)
C   NUMA TABELA FORNECIDA X,Y COM N VALORES CORRESPONDENTE A UMA
C   SE AC ISEC
      DIMENSION X(500),Y(500)
C   WRITE(6,7)N,ABC,ISEC
7   FORMAT(3X,I4,F10.2,I4)
      NM1=N-1
      DO 1C I=2,NM1
C       WRITE(6,8)ABC,X(I)
8   FORMAT(10X,F10.2,10X,F10.2)
      IF(ABC - X(I))20,2C,1C
10  CONTINUE
      J=N-1
      I=N
      GO TO 30
20  J=I-1
C   WRITE(6,12)I,J,X(I),X(J)
12  FORMAT(2X,2I4,2F10.2)
30  IF((X(I)-X(J)).NE.0) GO TO 5C
C   WRITE(6,40)X(I),X(J),Y(I),Y(J),ABC,ISEC
40  FORMAT(2X,'DIVISAO POR ZERO NA FINT ',4F10.2,2X,F10.2,2X,
      *'CORRECC =',15)
      Z=.01
      GO TO 60
50  Z = (X(I)-X(J))
60  FINT=Y(J)+(Y(I)-Y(J))*(ABC-X(J))/Z
      RETURN
      END
      FUNCTION FINTM(X,Y,N,ABC,ISEC)
C   INTERPOLA UM VALOR FINT(Y) CORRESPONDENTE A UM VALOR ABC(X)
C   NUMA TABELA FORNECIDA X,Y COM N VALORES CORRESPONDENTE A UMA
C   SE AC ISEC, SENDO OS VALORES TABELADOS NUMA MATRIZ
      DIMENSION X(110,210),Y(110,210)

```

```

C      WRITE(6,7)N,ABC,ISEC
7      FORMAT(3X,I4,F10.2,I4)
      NM1=N-1
      DO 1C I=2,NM1
C          WRITE(6,8)ABC,X(ISEC,I)
8      FORMAT(10X,F10.2,10X,F10.2)
      IF(ABC - X(ISEC,I))2C,2C,1C
10     CONTINUE
      J=N-1
      I=N
      GO TC 30
20     J=I-1
C      WRITE(6,12)I,J,X(ISEC,I),X(ISEC,J)
12     FORMAT(2X,2I4,2F10.2)
30     IF((X(I,I)-X(I,J)).NE.C) GO TC 50
C      WRITE(6,40)X(ISEC,I),X(ISEC,J),Y(ISEC,I),Y(ISEC,J),ABC,ISEC
40     FORMAT(2X,'DIVISAO PCR ZERO NA FINTM ',4F10.2,2X,F10.2,2X,
      *'CCDICC =' ,I5)
      Z=.C1
      GO TC 60
50     Z = (X(ISEC,I)-X(ISEC,J))
60     FINTM=Y(ISEC,J)+(Y(ISEC,I)-Y(ISEC,J))*(ABC-X(ISEC,J))/Z
      RETURN
      ENCL
      SUBROUTINE FINT2(X,Y,N,ABC,ISEC,F1,DF,NK)
C      INTERPOLA UM VALOR FINT(Y) CORRESPONDENTE A UM VALOR ABC(X)
C      NUMA TABELA FORNECIDA X,Y COM N VALORES CORRESPONDENTE A UMA
C      SE AC ISEC E RETORNA VALOR NK QUE IDENTIFICA A POSICAO ANTERIOR
C      RELATIVA AO ELEMENTO SENDO INTERPOLADO
      DIMENSION X(110,210),Y(110,210)
      NM1=N-1
C      WRITE(6,7)N,ABC,ISEC
7      FORMAT(3X,I4,F10.2,I4)
      DO 1C I=2,NM1
C          WRITE(6,8)ABC,X(ISEC,I)
8      FORMAT(10X,F10.2,10X,F10.2)
      IF(ABC - X(ISEC,I))2C,2C,1C
10     CONTINUE
      J=N-1
      I=N
      GO TC 30
20     J=I-1
C      WRITE(6,12)I,J,X(ISEC,I),X(ISEC,J),ABC
12     FORMAT(2X,2I4,3F10.2)
30     IF((X(ISEC,I)-X(ISEC,J)).NE.C) GO TC 50
C      WRITE(6,40)X(ISEC,I),X(ISEC,J),Y(ISEC,I),Y(ISEC,J),ISEC,ABC,ICCD
40     FORMAT(2X,'DIVISAO PCR ZERO NA FINT2 ',4F10.2,2X,I5,2X,F10.2,2X,
      *'CCDICC =' ,I5)
      F1=Y(ISEC,I)
      DF=-99
      NK=I
      GO TC 60
50     Z = (X(ISEC,I)-X(ISEC,J))
      F1=Y(ISEC,J)+(Y(ISEC,I)-Y(ISEC,J))*(ABC-X(ISEC,J))/Z
      DF=(Y(ISEC,I)-Y(ISEC,J))/Z

```

```

      NK=J
60  CONTINUE
      RETURN
      END
      SUBROUTINE MAXMIN(NP,Y,MAX,MIN)
      REAL MAX,MIN
      DIMENSION Y(210)
C     ESTA SUBROUTINA VERIFICA C MAXIMO E C MENOR VALOR DE UMA SEQUENCIA
C     Y DE DADOS COM NP(I)PONTOS
C     WRITE(6,2)NP
2    FORMAT(10X,I4)
      MAX=Y(1)
      MIN=Y(1)
      MCA=2
C     WRITE(6,5)MCA
5    FORMAT(2X,I4)
      DO 10 J=2, NP
          IF(Y(J).GT.MAX)MAX=Y(J)
          IF(Y(J).LE.MIN)MIN=Y(J)
C     WRITE(6,5)J
10   CONTINUE
C     WRITE(6,11)MAX,MIN
11  FORMAT(10X,F8.2,10X,F8.2)
      RETURN
      END
C
-----
C
      SUBROUTINE PLCTA(CO,CC,NT,CMAX,CMIN,NS,LET2,CTI,ICCC,ICPC)
      COMMON/INST/ICATA(5),JK,K1,K2,K3,K4,K5,INCR,JK1
      DIMENSION CC(NT),CC(NT),MY(E1),YI(9),IFICT(E1)
      DATA MY/81+'-'//,MAIS/'+'//,IAST/'+'//,IC/'C'//,IPONT/'.'//,IBRAN/' '/
      PRINT 5
5     FORMAT(1H1)
      CONST=EO/(CMAX-CMIN)
101  FORMAT(10X,3F10.4)
      DO 100 J=1,81,10
100  MY(J)=MAIS
      DO 110 J=1,9
110  YI(J)=(CMAX-CMIN)/E.*(J-1)+C.CCC1+CMIN
      IY=YI(1)
      PRINT 6
          IF(1CCC) 200,210,200
210  IF(1CPC.EQ.1)GOTO 211
      PRINT 1,NS
      GOTO 212
211  PRINT 11,NS
212  VCALC=0.0
      TIMEF=CTI
      VCBS=0.0
      GO TO 220
220  IF(1CPC.EQ.1)GOTO 201
      PRINT 4,NS
      GOTO 220
201  PRINT 44,NS

```

```

220 PRINT 6
PRINT 2, (YI(J),J=1,9), (MY(J),J=1,81)
DO 18C J=2,NT
C IF((J-1)/LCT2*LCT2 .NE. (J-1)) GC TC 18C
CALL TEMPC
C IF (J/10*10 .EQ. J) GC TC 14C
DO 12C M=1,81
120 IPLCT(M)=IBRAN
DO 130 M=1,81,10
130 IPLCT(M)=IPCNT
GC TC 16C
140 DO 150 M=1,81
150 IPLCT(M)=MY(M)
160 K=(CC(J)-QMIN)*CCNST+1.CC01
IF(K.GT.81.CR.K.LE.C) GC TC 17C
IPLCT(K)=IAST
17C K=(CC(J)-QMIN)*CONST+1.CC01
IF(K.GT.81.CR.K.LE.O.CR.CC(J).EC.O)GC TC 175
IPLCT(K)=IC
175 PRINT 3,(IPLCT(L),L=1,81),CC(J),CC(J),K3,K2,K1,K4,K5
IF(IJCCD)180,176,18C
176 VCALC=VCALC+QC(J)
VQBS=VCBS+CC(J)
180 CONTINUE
IF(IJCCD) 190,185,19C
185 VCALC=VCALC*TIMEP
VQBS=VCBS*TIMEP
PRINT 7,VQBS,VCALC
1 FORMAT(1X,'HIDROGRAMA DA SECAC',I5,5X,' METCCC DE PREISSMANN')
11 FORMAT(1X,'HIDROGRAMA DA SECAC',I5,5X,' METCCC DE VASILIEV')
2 FORMAT(1X,F7.1,7(F7.1,2X),F7.1,' OBSERV',2X,' CALCUL',8X,
.' INSTANTE',/,1X,81A1)
3 FORMAT(1X,81A1,2(F10.2),2X,2(I2,'/'),I4,2X,I2,'H',I2,'MIN')
4 FORMAT(1X,'COTAGRAMA DA SECAC',I5,5X,' METCCC DE PREISSMANN')
44 FORMAT(1X,'COTAGRAMA DA SECAC',I5,5X,' METCCC DE VASILIEV')
6 FORMAT(1X,81('*'))
7 FORMAT(/,1X,'VOLUME OBSERVADO (M3) =',E10.3,5X,'VOLUME CALCULADO
1 (M3) =',E10.3)
19C RETURN
ENG
C
C
-----
C
C
SUBROUTINE TEMPC
C
COMMON/INST/ICATA(5),JK,K1,K2,K3,K4,K5,INCR,JK1
DIMENSION NDM(12)
DATA NDM/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
C
IF(JK.NE.O) GC TO 1
KANC=ICATA(1)-4*(ICATA(1)/4)
IF(KANC.EC.O) NDM(2)=25
K1=ICATA(1)

```

```
K2=ICATA(2)
K3=ICATA(3)
K4=ICATA(4)
K5=ICATA(5)
JK=1
IF(JK1) 1,10,1
1 INCR1 = INCR/60
  IREST = INCR - (INCR1*60)
  IF(IREST) 5,20,5
5 K5 = K5+IREST
  IF(K5 .LT. 60) GO TO 21
  K5 = K5-60
  INCR1 = INCR1+1
  GO TO 21
20 K5=0
21 K4=K4+INCR1
  IF(K4-24) 10,30,30
30 K4=C
  K3=K3+1
  IF(K3-NDM(K2)) 1C,1C,4C
40 K2=K2+1
  K3=1
  IF(K2-12) 10,10,50
50 K1=K1+1
10 RETURN
END
/*
//GC.SYSIN CC *
```

**ANEXO 4**

**EXEMPLO DE ENTRADA DE DADOS DO PROGRAMA "PROPAGA"**



FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 8901+

17167.00	245.0317188.00	247.1517196.00	246.6417224.00	244.8717256.00	242.67					
17265.00	241.7517272.00	241.1617278.00	241.0317302.00	238.9117353.00	237.41					
17508.00	237.4117687.00	237.7121482.00	238.7421501.00	240.0321529.00	238.34					
21551.00	240.3121557.00	239.0321564.00	234.0321727.00	230.0321754.00	230.78					
21771.00	229.9321799.00	231.2321830.00	230.2321947.00	230.0322003.00	231.53					
22018.00	239.0322024.00	239.7922073.00	238.9822144.00	239.6222160.00	237.49					
22229.00	238.3522289.00	238.7922346.00	241.6722361.00	243.5022380.00	245.56					
22407.00	247.30									
N	245.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
D	230.03	0.035	550.00	0.035	680.00	0.030	700.00	0.030		
P	230.03	0.120	550.00	0.120	680.00	0.100	700.00	0.080		
Q	245.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	3	11100.00	145	225.65	4	7753.00	10831.00	9295.00	9848.00	
	0.00	245.20	84.00	244.62	165.00	244.65	268.00	244.92	367.00	245.01
	415.00	243.84	508.00	242.51	526.00	243.13	683.00	242.80	781.00	243.08
	840.00	244.62	868.00	242.73	891.00	240.30	928.00	237.82	1065.00	237.02
	1245.00	236.82	1405.00	236.82	1515.00	236.42	1566.00	237.82	1591.00	240.03
	1605.00	240.73	1618.00	240.43	1646.00	235.82	1696.00	236.02	1756.00	235.82
	1801.00	234.82	1851.00	235.62	1890.00	234.87	1940.00	235.32	1995.00	235.22
	2050.00	234.92	2210.00	234.52	2355.00	234.82	2509.00	234.82	2639.00	235.02
	2759.00	235.62	2816.00	233.82	2871.00	232.82	2922.00	233.72	2972.00	235.72
	3129.00	234.87	3249.00	235.02	3332.00	234.72	3433.00	234.82	3534.00	234.57
	3634.00	234.82	3736.00	234.72	3826.00	234.82	3946.00	235.22	4046.00	235.52
	4146.00	234.32	4251.00	234.02	4341.00	235.42	4430.00	235.52	4520.00	235.82
	4609.00	235.67	4700.00	235.52	4790.00	235.72	4890.00	235.62	4970.00	235.84
	5060.00	235.92	5155.00	235.22	5245.00	235.32	5335.00	235.02	5420.00	235.22
	5515.00	235.62	5605.00	235.72	5695.00	236.02	5785.00	236.12	5839.00	236.49
	5934.00	236.49	6028.00	236.54	6065.00	235.19	6035.00	237.24	6191.00	236.07
	6321.00	235.17	6463.00	234.57	6619.00	235.07	6771.00	236.60	6851.00	235.47
	7001.00	234.97	7101.00	235.27	7271.00	236.29	7373.00	235.54	7454.00	236.31
	7508.00	235.94	7623.00	236.07	7741.00	237.24	7753.00	237.95	7769.00	238.97
	7833.00	239.11	7837.00	238.25	7862.00	236.30	7941.00	231.95	8114.00	225.65
	8165.00	226.95	8195.00	226.30	8262.00	230.30	3334.00	232.25	6381.00	231.95
	8453.00	233.15	8534.00	231.60	8695.00	231.95	3314.00	229.15	9084.00	229.65
	9141.00	228.85	9221.00	231.15	9246.00	230.85	9291.00	238.35	9286.00	238.66
	9295.00	238.09	9445.00	236.09	9545.00	235.99	9566.00	237.29	9686.00	236.49
	9780.00	236.59	9802.00	238.09	9845.00	239.01	9848.00	238.35	9858.00	229.45
	9945.00	230.60	9976.00	220.05	10024.00	231.65	10126.00	233.55	10177.00	233.45
	10209.00	232.10	10263.00	232.05	10300.00	230.85	10332.00	230.05	10370.00	229.45
	10463.00	231.65	10482.00	230.95	10507.00	232.25	10541.00	232.55	10577.00	231.45
	10598.00	232.35	10638.00	231.55	10679.00	231.95	10773.00	232.45	10782.00	233.85
	10817.00	238.35	10816.00	238.47	10823.00	238.40	10831.00	243.79	10863.00	249.68
N	242.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
C	225.65	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030		
F	225.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
Q	242.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	4	4500.00	42	219.70	4	20500.00	21860.00			
	0.00	245.00	85.00	243.40	1753.00	242.50	7586.00	242.50	7812.00	241.27
	9020.00	241.93	9273.00	243.27	9412.00	241.59	9555.00	243.20	10033.00	240.29
	10555.00	242.73	10720.00	241.20	10804.00	243.00	11107.00	240.47	11352.00	245.20
	11719.00	245.00	12035.00	242.80	12192.00	244.62	12367.00	236.42	12957.00	240.73
	12958.00	235.82	16507.00	235.22	17360.00	236.94	18353.00	234.97	18800.00	236.31
	19800.00	237.50	20500.00	240.00	20540.00	235.00	20580.00	230.00	20730.00	228.40
	20880.00	228.60	21030.00	228.40	21130.00	223.20	21330.00	225.20	21480.00	219.70
	21600.00	230.00	21800.00	235.00	21820.00	240.00	21840.00	245.00	21860.00	250.00

FILE: PROPAGA PARAHA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 9901+

21880.00	255.00	21900.00	260.00						
N	245.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
O	219.76	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	245.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	5	11300.00	194	221.47	4	12507.00	19266.00	17030.00	17337.00
	0.00	243.64	33.00	240.99	90.00	241.04	240.93	241.07	322.00
	397.00	241.01	461.00	241.25	545.00	241.01	570.00	239.00	610.00
	690.00	240.35	760.00	240.55	5852.00	239.88	5917.00	240.05	5974.00
	6057.00	239.89	6067.00	240.52	6089.00	240.89	6121.00	239.82	6178.00
	6262.00	239.86	6284.00	240.73	6311.00	239.85	6327.00	239.87	6377.00
	6477.00	240.21	6504.00	239.56	6572.00	239.96	6625.00	240.70	6650.00
	6708.00	238.87	9351.00	238.26	9376.00	239.02	9423.00	237.82	9499.00
	9544.00	237.71	9585.00	237.52	9644.00	237.65	9735.00	237.81	9799.00
	9879.00	237.71	9957.00	237.14	10028.00	237.65	10089.00	236.89	10182.00
	10254.00	238.18	10331.00	237.73	10415.00	237.23	10478.00	237.59	10591.00
	10628.00	239.91	10710.00	238.13	10777.00	239.24	10839.00	237.16	10926.00
	10976.00	239.78	11011.00	239.41	11022.00	239.06	11053.00	238.93	11132.00
	11198.00	238.80	11265.00	238.09	11354.00	238.14	11398.00	237.42	11503.00
	11570.00	239.02	11634.00	239.97	11643.00	239.87	11700.00	238.29	11791.00
	11825.00	240.04	11877.00	237.88	11940.00	240.91	12019.00	242.04	12088.00
	12156.00	241.60	12238.00	241.55	12289.00	242.43	12359.00	241.27	12450.00
	12507.00	238.95	12578.00	235.49	12650.00	233.50	12742.00	232.80	12792.00
	12850.00	233.22	12892.00	231.72	12942.00	233.52	13020.00	233.46	13063.00
	13068.00	233.47	13093.00	231.07	13158.00	213.47	13235.00	233.47	13238.00
	13358.00	233.61	13416.00	233.83	13493.00	233.62	13568.00	234.80	13654.00
	13715.00	234.40	13788.00	234.13	13873.00	234.31	13951.00	234.43	14039.00
	15618.00	235.45	15706.00	235.28	15801.00	235.15	15854.00	234.94	15939.00
	16002.00	235.54	16073.00	235.60	16152.00	237.53	16160.00	236.09	16168.00
	16207.00	230.39	16295.00	229.89	16363.00	229.29	16426.00	230.19	16451.00
	16536.00	233.49	16645.00	231.04	16665.00	230.49	16689.00	231.59	16774.00
	16816.00	233.59	16821.00	230.09	16827.00	230.94	16857.00	235.52	16914.00
	16927.00	233.09	16974.00	232.40	16925.00	232.00	17006.00	236.09	17036.00
	17064.00	235.22	17050.00	238.11	17104.00	230.83	17130.00	234.99	17157.00
	17173.00	237.57	17211.00	237.58	17276.00	237.33	17337.00	237.37	17369.00
	17369.00	230.49	17402.00	236.44	17411.00	234.91	17429.00	237.05	17466.00
	17491.00	230.98	17508.00	236.27	17524.00	234.93	17528.00	234.72	17549.00
	17592.00	234.65	17634.00	236.25	17642.00	234.84	17687.00	236.72	17725.00
	17743.00	234.70	17806.00	236.52	17823.00	230.89	17833.00	234.50	17913.00
	17973.00	234.52	17993.00	236.69	17999.00	235.39	18005.00	231.49	18082.00
	18123.00	225.39	18141.00	220.24	18156.00	224.69	18207.00	224.89	18243.00
	18355.00	227.14	18380.00	226.59	18484.00	230.24	18574.00	231.39	18671.00
	18792.00	231.94	18886.00	230.89	18973.00	228.59	19004.00	227.89	19042.00
	19087.00	225.79	19129.00	225.29	19160.00	226.14	19226.00	225.79	19251.00
	19266.00	241.74	19272.00	243.73	19300.00	248.66	19315.00	251.32	
N	240.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
O	221.47	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	221.47	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	280.00	0.080	
C	240.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	6	10200.00	198	225.23	4	11910.00	14300.00	12851.00	12915.00
	0.00	243.58	102.00	243.71	215.00	243.54	305.00	242.85	515.00
	663.00	241.30	811.00	241.21	501.00	241.27	1112.00	240.49	1257.00
	1407.00	240.21	5134.00	237.22	5224.00	230.52	5434.00	236.53	5592.00
	5650.00	232.95	5737.00	235.80	5792.00	234.54	5850.00	234.10	5900.00
	5920.00	234.15	6783.00	234.83	6933.00	234.34	6960.00	233.15	6990.00
	7110.00	236.09	7162.00	234.87	7250.00	235.25	7342.00	234.63	7350.00

FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 3901+

7360.00	230.47 7375.00	234.43 7435.00	234.83 8823.00	234.19 8867.00	233.99
8915.00	234.37 8927.00	235.13 8937.00	235.13 8942.00	234.83 8953.00	234.39
8974.00	234.24 8998.00	234.84 9001.00	235.01 9019.00	235.01 9051.00	234.12
9114.00	234.08 9169.00	234.41 9370.00	234.75 9446.00	234.05 9584.00	233.96
9638.00	234.83 9668.00	234.26 9714.00	234.26 9756.00	234.99 9812.00	234.84
9976.00	235.1610030.00	236.7310039.00	235.1910094.00	233.9010148.00	235.15
10159.00	236.6510163.00	235.5310170.00	232.0310139.00	230.9310240.00	233.63
10316.00	232.1310423.00	231.0310552.00	228.1310607.00	228.5310637.00	228.03
10695.00	230.0310847.00	226.5310954.00	229.9310987.00	229.5311039.00	227.83
11090.00	228.4311168.00	226.0311219.00	226.1311247.00	227.7311267.00	235.53
11271.00	236.7511300.00	235.9211328.00	235.1511360.00	234.4411375.00	235.03
11384.00	236.8811434.00	234.5511443.00	235.6211452.00	236.5411473.00	235.07
11466.00	234.1611492.00	235.0411512.00	236.7611550.00	235.6911570.00	236.67
11615.00	236.3811660.00	236.2311698.00	235.7311715.00	235.0711761.00	235.52
11806.00	235.4211858.00	236.1311510.00	236.4411926.00	235.7711931.00	236.36
11956.00	237.1011961.00	235.2311564.00	232.4811990.00	225.9812041.00	226.33
12075.00	225.5312103.00	226.4812149.00	227.7312196.00	230.7312242.00	229.98
12257.00	235.2312267.00	236.2812277.00	235.2312287.00	231.1812304.00	228.98
12315.00	229.5312354.00	228.1812386.00	228.4812450.00	227.5312469.00	226.63
12510.00	226.1312554.00	227.3312587.00	229.2312622.00	228.3312655.00	226.48
12667.00	235.2312671.00	236.1712723.00	234.9312766.00	235.1312813.00	235.39
12861.00	236.0712907.00	236.4112915.00	235.2312921.00	230.8312952.00	225.23
12990.00	226.3313005.00	225.4813045.00	228.2313094.00	230.2313134.00	231.48
13175.00	231.8313217.00	232.5313263.00	232.8313308.00	233.0313353.00	232.33
13398.00	231.7313405.00	235.2313409.00	234.6513422.00	234.3813438.00	232.83
13446.00	233.7613477.00	233.4813497.00	234.0113513.00	233.4113523.00	234.99
13544.00	226.9213589.00	235.5613618.00	235.1013620.00	234.7813643.00	234.68
13707.00	234.4713764.00	234.2813809.00	234.4313833.00	234.7813842.00	234.91
13881.00	236.1613902.00	236.1613909.00	235.2813916.00	234.5813941.00	235.29
13951.00	235.8914009.00	236.1714019.00	235.4714037.00	234.4214069.00	234.83
14083.00	235.4614097.00	235.5114120.00	235.0014125.00	234.6114130.00	235.50
14144.00	225.2714161.00	235.2314178.00	235.5314181.00	235.4514192.00	234.57
14204.00	235.4614217.00	236.0214227.00	235.5214259.00	235.3514327.00	235.08
14366.00	235.5414369.00	236.0714354.00	243.4614403.00	252.87	
N	235.00 0.120 250.00 0.120	260.00 0.100	270.00 0.080		
O	225.23 0.035 250.00 0.035	260.00 0.035	230.00 0.030		
P	225.23 0.120 250.00 0.120	260.00 0.100	270.00 0.080		
Q	225.00 0.120 250.00 0.120	260.00 0.100	270.00 0.080		
L	7 10700.00 160 224.04 4 12123.00 16385.00 13421.00 14065.00				
0.00	242.66 21.00 242.15 69.00	242.47 4076.00	236.17 4220.00	236.06	
4224.00	234.84 4237.00	236.61 4258.00	236.12 4286.00	235.47 4324.00	236.33
5423.00	234.90 5456.00	234.79 5476.00	232.63 5578.00	230.72 5684.00	231.89
5826.00	221.96 5843.00	232.60 5865.00	234.95 5876.00	234.40 5882.00	232.76
5896.00	228.33 5946.00	227.43 5981.00	228.13 5996.00	227.43 6026.00	227.23
6059.00	233.12 6075.00	232.00 6092.00	232.65 6120.00	233.01 6147.00	232.64
6237.00	231.63 6376.00	231.75 6509.00	231.60 6557.00	232.09 6678.00	229.47
6718.00	228.72 6754.00	229.81 6791.00	232.57 6799.00	233.12 6806.00	232.57
6817.00	228.67 6832.00	228.35 6839.00	232.57 6833.00	232.40 6917.00	232.55
7010.00	231.7211678.00	233.5011755.00	233.3411771.00	233.0811792.00	233.30
11937.00	235.0312068.00	235.5512120.00	236.7612132.00	233.6412139.00	226.14
12196.00	226.8412281.00	226.4512315.00	225.6412330.00	228.1412413.00	227.34
12510.00	229.6412544.00	228.8412534.00	229.5912526.00	228.3412650.00	229.14
12726.00	229.8412751.00	230.2912874.00	227.4412896.00	227.8912906.00	233.64
12910.00	225.9212989.00	234.4713074.00	234.0313099.00	235.2713107.00	233.53
13137.00	233.6513142.00	230.2513221.00	225.3513242.00	229.9013336.00	230.15

FILE: PRCPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 3901+

13401.00	229.1513413.00	233.4513421.00	235.6513468.00	233.5613518.00	234.24					
13571.00	232.8913606.00	235.4613672.00	235.7013758.00	234.4013934.00	233.38					
13949.00	234.0413958.00	232.3913990.00	234.4814018.00	234.7314038.00	236.38					
14059.00	234.9814065.00	235.5614072.00	230.1114120.00	230.2114180.00	229.56					
14215.00	229.8114221.00	233.5614257.00	233.4114345.00	233.1114363.00	231.85					
14388.00	233.1614413.00	233.1714427.00	233.4114443.00	233.1614467.00	231.85					
14494.00	232.4014529.00	232.3814547.00	232.1114558.00	236.0314665.00	234.07					
14710.00	234.1414765.00	232.4214779.00	234.4414805.00	232.9714873.00	234.47					
14915.00	233.8814924.00	234.4814957.00	233.2515005.00	233.1215073.00	235.77					
15095.00	235.8215104.00	233.5415108.00	231.9415150.00	223.9415179.00	224.04					
15246.00	225.5415228.00	225.6415254.00	226.5415407.00	225.2915459.00	227.49					
15520.00	227.7915647.00	221.3915680.00	231.5415692.00	233.5415702.00	233.64					
15712.00	233.5415715.00	227.0415770.00	224.3415820.00	224.9415869.00	224.54					
15923.00	229.2915966.00	228.5415990.00	229.5416066.00	223.7916094.00	229.54					
16132.00	229.0416254.00	230.7416290.00	230.0416310.00	230.5416323.00	235.52					
16333.00	234.9716350.00	235.5616376.00	242.4516395.00	245.2316412.00	250.30					
N	236.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
D	224.04	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030		
P	224.04	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
G	236.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	8	9500.00	159	222.50	4	11652.00	22160.00	19110.00	20533.00	
	0.00	243.70	64.00	243.30	212.00	242.90	365.00	242.90	1253.00	242.68
	1403.00	242.50	1554.00	242.70	2547.00	242.21	3074.00	242.33	3183.00	242.13
	4597.00	242.00	4747.00	242.06	4892.00	242.27	5146.00	241.90	5296.00	241.95
	5448.00	242.01	5601.00	242.03	5750.00	242.03	5998.00	242.05	7102.00	241.49
	7266.00	241.24	7366.00	241.46	7592.00	241.40	7739.00	241.31	9362.00	240.02
	9510.00	239.38	9662.00	239.97	9812.00	239.93	9962.00	239.94	11192.00	236.92
	11342.00	236.75	11502.00	236.48	11652.00	236.31	11832.00	235.53	12632.00	234.98
	13702.00	234.42	13742.00	223.12	13752.00	225.86	13842.00	227.22	13891.00	234.42
	13962.00	234.70	14042.00	235.00	14194.00	234.69	14294.00	234.37	14445.00	234.03
	16344.00	232.45	16472.00	233.35	16614.00	232.55	16814.00	235.02	16820.00	232.66
	16805.00	234.96	16947.00	234.96	16952.00	235.39	16989.00	234.98	17093.00	234.47
	17251.00	235.16	17291.00	235.50	17301.00	235.14	17305.00	226.74	17326.00	227.89
	17347.00	225.64	17424.00	227.74	17493.00	227.24	17577.00	229.54	17553.00	230.34
	17754.00	230.74	17814.00	229.24	17862.00	231.54	17925.00	250.74	17933.00	232.89
	17995.00	235.39	18093.00	232.28	18204.00	234.78	18217.00	235.48	18219.00	235.33
	18253.00	234.23	18288.00	235.33	18306.00	235.63	18313.00	235.04	18363.00	230.04
	18468.00	230.94	18482.00	230.14	18508.00	231.54	18556.00	228.24	18685.00	229.44
	18746.00	226.49	18775.00	228.29	18820.00	227.34	18862.00	228.74	18920.00	229.54
	18981.00	229.54	19071.00	231.04	19106.00	233.07	19110.00	235.50	19116.00	234.84
	19210.00	232.79	19217.00	230.01	19252.00	229.61	19356.00	230.71	19391.00	230.51
	19425.00	231.01	19443.00	235.01	19461.00	236.35	19519.00	234.31	19687.00	230.03
	19771.00	232.88	19791.00	232.97	19801.00	232.77	19971.00	232.92	20099.00	232.47
	20174.00	234.57	20181.00	234.81	20191.00	234.43	20254.00	232.54	20340.00	234.81
	20350.00	235.22	20392.00	234.82	20424.00	232.82	20507.00	234.86	20530.00	235.78
	20533.00	234.96	20541.00	229.60	20569.00	224.90	20551.00	225.80	20662.00	234.30
	20744.00	224.40	20782.00	222.90	20812.00	223.70	20842.00	222.90	20872.00	223.90
	20884.00	234.90	20888.00	235.45	20906.00	234.80	21030.00	233.30	21150.00	234.80
	21168.00	235.46	21231.00	234.66	21256.00	232.86	21271.00	234.66	21273.00	235.36
	21283.00	234.82	21291.00	226.22	21467.00	226.02	21511.00	224.77	21539.00	228.12
	21721.00	230.12	21775.00	229.32	21834.00	230.22	21907.00	229.12	21996.00	230.32
	22040.00	229.52	22094.00	231.07	22130.00	230.57	22150.00	234.32	22160.00	236.24
	22170.00	227.35	22181.00	240.39	22191.00	243.49	22224.00	249.65		
N	240.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
G	222.90	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030		

FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 8901+

P	222.90	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
O	240.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	9	9660.00	26	222.00	4	14520.00	18600.00	15560.00	16760.00	
	0.00	250.00	200.00	245.00	1700.00	240.00	10720.00	235.00	11520.00	234.00
	14520.00	230.00	14600.00	224.00	14700.00	224.00	14740.00	230.00	14300.00	233.00
	14860.00	230.00	14900.00	222.00	15500.00	223.00	15560.00	230.00	16160.00	235.00
	16760.00	230.00	16600.00	222.50	17500.00	222.50	17560.00	230.00	17360.00	233.00
	18160.00	230.00	18200.00	224.00	18560.00	224.00	18600.00	230.00	18880.00	245.00
	19680.00	250.00								
N	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
D	222.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030		
P	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
Q	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	10	8400.00	19	222.00	4	12640.00	14920.00	14320.00	14520.00	
	0.00	250.00	120.00	240.00	200.00	236.00	2520.00	235.00	4280.00	234.00
	12640.00	234.00	12700.00	227.00	12900.00	222.00	14000.00	227.00	14320.00	230.00
	14420.00	234.00	14520.00	230.00	14600.00	222.00	14900.00	222.00	14920.00	230.00
	15040.00	235.00	16360.00	240.00	16760.00	245.00	20260.00	250.00		
N	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
D	222.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030		
P	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
Q	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	11	12440.00	149	221.55	4	9434.00	16006.00	13294.00	13902.00	
	0.00	242.00	35.00	257.00	42.00	236.00	110.00	235.00	3419.00	235.15
	3427.00	236.00	3442.00	233.00	3444.00	234.00	3523.00	234.90	3634.00	234.75
	3990.00	234.60	4051.00	234.60	4409.00	234.60	4343.00	233.00	5220.00	233.15
	5256.00	231.90	5679.00	233.50	5899.00	233.90	6205.00	233.80	6558.00	232.60
	6752.00	232.10	7134.00	232.20	7359.00	231.00	7797.00	229.90	7912.00	227.90
	7987.00	228.50	8169.00	228.70	8350.00	228.80	8421.30	231.50	8427.00	231.75
	8432.00	231.60	8439.00	228.50	8440.00	225.60	3461.60	227.80	8473.00	231.60
	8549.00	229.80	8629.00	229.60	9352.00	230.00	9410.00	231.50	9429.00	231.85
	9434.00	231.60	9451.00	223.60	9489.00	224.20	9517.00	225.00	9540.00	231.65
	9546.00	232.00	9552.00	231.50	9707.00	231.50	10356.00	229.80	10397.00	229.55
	10446.00	225.00	10464.00	230.00	10540.00	229.70	10555.00	229.60	10611.00	229.40
	10675.00	227.70	10745.00	225.15	10816.00	229.40	10827.00	229.80	10882.00	229.75
	11855.00	230.00	11923.00	230.40	11525.00	228.50	12125.00	225.40	12181.00	229.85
	12205.00	230.10	12430.00	230.70	12475.00	233.30	12504.00	233.40	12510.00	231.10
	12515.00	224.33	12531.00	223.00	12610.00	226.00	12563.00	223.60	12742.00	223.50
	12800.00	222.10	12842.00	223.60	12883.00	222.70	12945.00	224.10	13001.00	222.60
	13059.00	224.65	13121.00	225.60	13145.00	224.20	13184.00	224.90	13202.00	231.10
	13204.00	222.90	13215.00	232.20	13312.00	230.90	13476.00	232.20	13443.00	232.20
	13889.00	223.30	13902.00	231.10	13908.00	226.10	13926.00	224.10	13988.00	224.70
	14051.00	221.70	14067.00	223.10	14076.00	221.10	14078.00	232.90	14089.00	232.25
	14145.00	232.40	14246.00	231.10	14254.00	228.90	14292.00	227.10	14319.00	227.40
	14330.00	227.16	14345.00	231.10	14355.00	235.00	14360.00	232.20	14492.00	232.25
	14490.00	231.15	14505.00	226.80	14520.00	224.90	14547.00	226.90	14631.00	227.25
	14642.00	229.00	14673.00	229.15	14753.00	227.80	14737.00	222.35	14924.00	225.75
	14955.00	224.15	15016.00	224.90	15039.00	222.65	15031.00	223.75	15100.00	222.60
	15125.00	223.65	15165.00	223.75	15184.00	223.15	15207.00	224.65	15248.00	223.45
	15290.00	223.65	15326.00	221.55	15411.00	226.15	15450.00	225.35	15597.00	222.15
	15622.00	222.65	15645.00	221.75	15660.00	223.15	15670.00	231.15	15718.00	232.50
	15891.00	229.20	15998.00	232.70	16006.00	237.50	16026.00	240.80	16041.00	241.70
	16090.00	241.80	16531.00	242.60	16751.00	244.40	16840.00	245.20		
N	221.90	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
O	221.90	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030		

FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 8901+

P	221.90	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
Q	221.90	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
L	12	8600.00	32	222.00	4 12720.00	16630.00	14400.00	15400.00
	0.00	259.00	120.00	245.00	240.00	280.00	235.00	300.00
	2000.00	233.00	12000.00	232.00	12720.00	232.00	12300.00	222.00
	13720.00	232.00	13840.00	233.00	13560.00	232.00	14000.00	223.00
	14400.00	232.00	14900.00	233.00	15400.00	232.00	15500.00	223.00
	15800.00	232.00	16480.00	230.00	16550.00	223.00	16650.00	224.00
	16940.00	235.00	17460.00	235.00	20260.00	235.00	20540.00	235.00
	24940.00	245.00	25540.00	250.00				
N	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
D	222.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030
P	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
Q	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
L	13	7400.00	151	212.00	4 14918.00	16571.00		
	0.00	243.70	29.00	239.90	44.00	232.25	631.00	232.20
	917.00	230.25	3649.00	230.50	4666.00	232.40	5128.00	231.75
	6695.00	233.40	6909.00	232.25	7157.00	234.10	8033.00	232.70
	12480.00	233.80	13619.00	234.00	14148.00	243.70	14313.00	240.60
	14148.00	243.00	14313.00	240.00	14401.00	237.00	14478.00	236.20
	14632.00	236.40	14709.00	237.00	14755.00	239.00	14771.00	239.60
	14810.00	239.50	14825.00	238.00	14864.00	236.00	14881.00	234.00
	14918.00	230.00	14934.00	218.00	15019.00	219.00	15069.00	216.40
	15173.00	213.00	15227.00	214.00	15274.00	212.00	15503.00	220.00
	15625.00	222.00	15707.00	220.00	15756.00	217.00	15788.00	219.00
	15915.00	220.00	15933.00	233.00	15955.00	222.00	16068.00	223.00
	16344.00	225.00	16448.00	224.00	16493.00	224.00	16531.00	223.00
	16571.00	232.30	16601.00	232.20	16691.00	231.00	16791.00	230.00
	17101.00	231.00	17191.00	231.00	17341.00	231.15	17491.00	231.10
	17941.00	231.00	18103.00	230.95	18254.00	230.90	18404.00	230.80
	18613.00	231.10	18742.00	231.20	18833.00	231.50	18983.00	231.60
	19350.00	231.30	19503.00	231.40	19655.00	231.45	19804.00	231.35
	20043.00	231.25	20173.00	231.20	20325.00	231.00	20483.00	230.80
	20692.00	231.10	20824.00	231.10	20948.00	231.40	21054.00	231.20
	21324.00	231.30	21444.00	231.60	21594.00	232.50	21743.00	231.85
	21954.00	229.70	22144.00	230.50	22254.00	230.70	22385.00	230.90
	22482.00	230.20	22534.00	230.10	22606.00	230.15	22631.00	230.30
	22828.00	222.30	22833.00	231.60	22900.00	219.80	22975.00	217.00
	23122.00	218.80	23164.00	231.60	23166.00	232.80	23194.00	230.00
	23310.00	230.90	23386.00	229.90	23416.00	229.85	23433.00	230.00
	23710.00	230.00	23782.00	230.70	23878.00	229.90	23929.00	230.00
	24070.00	230.10	24144.00	230.15	24219.00	230.15	24258.00	230.30
	24441.00	230.25	24516.00	230.20	24588.00	230.40	24660.00	230.70
	24804.00	231.40	24828.00	231.00	24853.00	231.50	24897.00	239.50
	24005.00	240.50	24015.00	240.45	24078.00	240.80	24136.00	240.90
	25303.00	245.00						
N	210.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
D	212.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.030	290.00	0.030
P	210.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080
L	14	7900.00	23	222.00	4 14680.00	18550.00	15720.00	15960.00
	0.00	252.00	160.00	250.00	280.00	245.00	400.00	240.00
	600.00	235.00	14600.00	235.00	14700.00	222.00	15700.00	222.00
	15840.00	232.00	15960.00	230.00	16000.00	222.00	17400.00	222.00
	17780.00	232.00	18120.00	230.00	18200.00	222.00	18550.00	222.00
	18760.00	231.00	20160.00	231.00	20560.00	260.00		

FILE: PRCPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 3901+

N	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
D	222.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.030	280.00	0.030		
P	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
C	220.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	15	1220.00	116	220.71	4	122.00	8792.00	2844.00	5452.00	
	0.00	240.48	30.00	238.26	60.00	237.45	102.00	239.43	122.00	238.00
	172.00	229.08	242.00	226.01	323.00	223.50	440.00	227.55	459.00	223.40
	492.00	223.05	515.00	226.42	595.00	226.14	695.00	226.22	717.00	223.95
	616.00	226.35	841.00	225.50	578.00	225.73	1064.00	226.95	1223.00	227.52
	1268.00	223.49	1426.00	226.79	1579.00	228.03	1599.00	229.36	1619.00	226.26
	1625.00	223.31	1688.00	222.76	1726.00	223.71	1788.00	222.36	1858.00	222.96
	1553.00	222.71	2070.00	220.71	2090.00	229.03	2230.00	227.67	2270.00	229.27
	2250.00	229.37	2305.00	226.56	2367.00	228.79	2402.00	228.45	2461.00	226.27
	2482.00	226.86	2532.00	227.40	2587.00	228.53	2622.00	229.63	2641.00	227.99
	2668.00	228.48	2682.00	226.87	2689.00	228.44	2702.00	224.86	2740.00	224.11
	2757.00	224.61	2827.00	223.26	2844.00	228.00	2862.00	227.63	2882.00	230.34
	2922.00	227.69	2952.00	230.51	2990.00	228.43	3048.00	228.95	3056.00	228.49
	3305.00	228.64	3535.00	228.26	3807.00	228.49	4519.00	228.39	4629.00	228.49
	4860.00	228.36	5000.00	228.41	5292.00	228.38	5452.00	229.06	5469.00	225.34
	5600.00	226.64	5628.00	225.74	5774.00	223.79	5965.00	222.44	6011.00	222.89
	6050.00	222.39	6196.00	222.59	6316.00	222.64	6395.00	223.09	6486.00	222.64
	6637.00	223.09	6748.00	224.14	6799.00	222.94	6958.00	224.14	6988.00	223.14
	7033.00	224.59	7149.00	223.54	7207.00	224.14	7295.00	223.64	7338.00	224.14
	7430.00	223.74	7527.00	224.69	7605.00	224.39	7637.00	225.14	7670.00	224.39
	7680.00	230.33	7715.00	230.25	7751.00	229.42	7785.00	230.72	7800.00	225.28
	7885.00	225.68	7918.00	224.58	8056.00	224.98	8127.00	225.73	8170.00	225.18
	8357.00	226.08	8432.00	226.08	8649.00	223.68	8732.00	222.13	8742.00	227.18
	8751.00	229.28	8772.00	229.20	8792.00	228.14	8863.00	231.46	8929.00	240.64
	8942.00	246.49								
N	220.71	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
C	220.71	0.035	250.00	0.035	260.00	0.030	270.00	0.030		
P	220.71	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
C	220.71	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L	10	13500.00	164	213.60	4	0.00	9925.00	1362.00	8820.00	
	0.00	229.20	10.00	227.10	40.00	223.50	75.00	222.60	110.00	217.00
	140.00	220.00	182.00	214.00	210.00	217.00	228.00	213.60	270.00	216.60
	350.00	217.80	420.00	216.00	460.00	217.80	530.00	216.60	628.00	218.20
	690.00	216.50	750.00	213.60	811.00	215.30	868.00	215.05	990.00	218.80
	1071.00	224.70	1111.00	225.05	1200.00	224.70	1330.00	222.30	1340.00	222.70
	1362.00	229.00	1400.00	226.50	1440.00	227.00	1468.00	229.00	1500.00	229.80
	1538.00	227.50	1600.00	228.00	1670.00	227.30	1690.00	226.00	1710.00	229.20
	1750.00	229.00	1825.00	227.20	1875.00	227.00	1938.00	227.30	1960.00	226.30
	2030.00	227.50	2080.00	226.80	2100.00	227.70	2130.00	227.40	2185.00	227.80
	2310.00	227.80	2480.00	227.70	3040.00	228.00	3070.00	228.60	3105.00	228.00
	3210.00	227.80	3240.00	228.60	3310.00	228.70	3498.00	228.00	3450.00	228.50
	3510.00	228.80	3570.00	228.00	3610.00	228.00	3630.00	228.80	3780.00	228.60
	3850.00	229.30	3960.00	226.70	4020.00	227.80	4100.00	223.60	4150.00	228.10
	4250.00	228.20	4360.00	229.00	4420.00	228.40	4500.00	229.00	4562.00	228.50
	4650.00	228.80	4920.00	228.50	5245.00	228.80	5315.00	223.60	5750.00	228.60
	5960.00	228.80	6350.00	228.70	6390.00	228.60	6410.00	222.60	6426.00	223.60
	6480.00	229.60	6438.00	228.80	6520.00	228.40	6355.00	229.70	7180.00	228.40
	7400.00	228.50	7627.00	228.10	7758.00	228.50	7900.00	227.80	8040.00	227.60
	8120.00	227.80	8195.00	227.50	8560.00	227.80	3710.00	227.80	3748.00	228.10
	8780.00	229.30	8820.00	229.00	8830.00	223.20	3360.00	223.00	3920.00	222.00
	8970.00	222.40	8990.00	229.20	9040.00	228.80	3070.00	227.70	9110.00	227.00

FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 8901+

9140.00	227.30	9160.00	228.90	9190.00	227.70	9200.00	229.40	9240.00	229.00
9273.00	278.70	9290.00	232.00	9325.00	224.40	9350.00	225.00	9370.00	227.60
9390.00	227.30	9425.00	227.70	9440.00	224.90	9475.00	223.00	9522.00	223.10
9540.00	222.60	9650.00	222.50	9700.00	223.50	9858.00	223.60	9880.00	223.80
9580.00	222.70	9910.00	226.40	9925.00	228.40	9948.00	227.60	10000.00	227.20
10070.00	227.00	10128.00	226.50	10190.00	227.60	10220.00	227.80	10365.00	228.10
10415.00	228.00	10510.00	228.30	10660.00	228.30	10700.00	227.10	10760.00	228.10
10810.00	223.30	10898.00	229.00	10960.00	228.40	11110.00	228.60	11150.00	228.00
11330.00	228.00	11410.00	229.00	11640.00	229.00	11750.00	229.00	11825.00	229.00
11960.00	228.00	11970.00	229.10	12120.00	229.30	12420.00	229.40	12800.00	229.50
12870.00	229.80	12940.00	230.40	13060.00	229.60	13330.00	230.10	13450.00	230.40
13528.00	232.00	13550.00	232.80	13600.00	241.20	13655.00	246.30		
N	213.60	0.035	550.00	0.035	680.00	0.030	700.00	0.030	
D	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
P	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	17	12400.00	163	217.10	4	0.00	11950.00	2210.00	10950.00
	0.00	241.03	25.00	223.10	30.00	224.60	40.00	217.10	90.00
	180.00	220.85	245.00	219.80	305.00	220.20	370.00	219.75	490.00
	520.00	217.60	560.00	220.30	585.00	219.40	625.00	220.00	695.00
	725.00	220.25	795.00	221.55	855.00	219.40	830.00	220.30	900.00
	910.00	224.80	920.00	227.22	960.00	226.67	1000.00	226.43	1035.00
	1070.00	226.59	1115.00	226.55	1140.00	226.20	1160.00	226.28	1218.00
	1260.00	226.97	1300.00	227.30	1322.00	226.67	1335.00	225.73	1380.00
	1400.00	225.47	1430.00	224.68	1455.00	225.49	1490.00	226.91	1500.00
	1510.00	221.28	1615.00	218.68	1721.00	220.98	1825.00	217.78	1930.00
	2013.00	217.53	2130.00	221.28	2150.00	220.28	2190.00	222.28	2195.00
	2210.00	226.49	2230.00	227.20	2259.00	226.86	2269.00	224.30	2280.00
	2332.00	226.00	2510.00	227.25	2590.00	227.60	3555.00	227.86	4280.00
	5020.00	229.12	5915.00	228.27	6660.00	228.31	7410.00	228.34	8160.00
	8822.00	228.27	8830.00	228.09	8840.00	224.39	8900.00	223.09	8907.00
	8970.00	228.29	9695.00	228.16	10290.00	227.88	10550.00	227.31	10660.00
	10670.00	225.40	1083.00	223.46	10700.00	225.40	10710.00	226.02	10740.00
	10755.00	227.37	10788.00	226.94	10795.00	227.45	10810.00	226.08	10820.00
	10850.00	227.02	10860.00	225.45	10870.00	222.40	10915.00	222.05	10975.00
	11035.00	220.25	11061.00	220.45	11071.00	225.45	11081.00	223.63	11100.00
	11110.00	226.96	11140.00	226.59	11170.00	226.98	11200.00	227.35	11210.00
	11260.00	224.48	11280.00	224.41	11310.00	225.45	11335.00	226.71	11345.00
	11395.00	227.40	11415.00	225.85	11440.00	227.27	11455.00	227.60	11462.00
	11470.00	225.44	11479.00	220.44	11492.00	218.94	11515.00	220.69	11620.00
	11690.00	221.84	11779.00	222.54	11815.00	223.59	11845.00	222.69	11903.00
	11920.00	222.44	11940.00	225.44	11950.00	227.61	11980.00	226.51	11990.00
	12010.00	225.91	12035.00	225.48	12070.00	226.59	12145.00	225.91	12168.00
	12188.00	224.62	12245.00	225.78	12292.00	225.99	12313.00	226.14	12332.00
	12385.00	226.48	12445.00	226.33	12460.00	226.50	12510.00	226.48	12565.00
	12605.00	226.90	12650.00	226.80	12700.00	226.78	12750.00	227.34	12809.00
	12850.00	227.49	12900.00	227.83	12942.00	227.27	12995.00	227.52	13043.00
	13090.00	227.54	13135.00	227.70	13187.00	228.46	13240.00	227.35	13285.00
	13340.00	227.59	13385.00	227.86	13407.00	229.02	13420.00	230.79	13460.00
	13500.00	237.81	13555.00	241.00	13600.00	243.94			
N	217.10	0.035	550.00	0.035	680.00	0.030	700.00	0.030	
D	217.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
P	217.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	18	15100.00	117	214.28	4	0.00	10850.00	2455.00	8890.00
	0.00	240.79	50.00	223.66	100.00	226.69	165.00	225.44	210.00
	220.00	221.53	260.00	218.33	360.00	219.93	440.00	215.68	469.00

FILE: PRCP4GA PARANA AI- VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 8901+

531.00	214.28	565.00	216.68	620.00	215.13	682.00	219.63	876.00	221.48
1033.00	222.18	1195.00	222.53	1202.00	222.13	1425.00	222.48	1573.00	221.28
1702.00	220.68	1738.00	221.43	1765.00	218.33	1952.00	216.68	1928.00	217.08
2012.00	218.03	2128.00	220.58	2228.00	221.58	2272.00	223.23	2283.00	223.23
2375.00	220.93	2420.00	221.68	2455.00	226.60	2515.00	226.12	2643.00	225.49
2688.00	224.85	3005.00	225.20	3030.00	224.69	3050.00	225.30	3125.00	225.07
3235.00	225.40	3275.00	224.81	3643.00	224.92	3653.00	224.70	4180.00	224.60
4245.00	224.70	4390.00	224.51	4645.00	224.66	4695.00	223.92	4735.00	223.43
4772.00	222.91	4962.00	222.52	5000.00	223.36	5150.00	224.27	5292.00	224.40
5588.00	224.91	5715.00	225.36	6150.00	225.78	6250.00	225.79	6363.00	225.44
6800.00	225.95	6915.00	225.71	7050.00	225.68	7175.00	225.93	7220.00	225.67
7380.00	225.82	7460.00	225.66	7590.00	225.60	7740.00	225.82	7885.00	225.56
8260.00	225.61	8450.00	225.33	8595.00	225.49	8905.00	225.55	8890.00	226.87
8910.00	221.20	9000.00	220.25	9070.00	220.55	9140.00	220.30	9215.00	221.65
9310.00	220.60	9355.00	221.55	9386.00	220.80	9410.00	224.05	9430.00	227.15
9440.00	225.81	9465.00	226.54	9490.00	223.60	9550.00	226.13	9562.00	225.22
9615.00	224.72	9635.00	226.44	9665.00	224.11	9690.00	226.64	9785.00	226.32
9605.00	226.73	9825.00	224.08	9835.00	222.33	9930.00	221.33	9980.00	219.33
10050.00	220.38	10090.00	219.38	10110.00	226.69	10175.00	224.03	10200.00	225.80
10210.00	224.10	10240.00	225.69	10390.00	225.27	10395.00	226.09	11260.00	226.26
11380.00	226.58	11315.00	226.71	11535.00	227.12	12280.00	227.11	12400.00	228.23
12560.00	240.88	12570.00	245.18						
N	214.28	0.035	550.00	0.025	680.00	0.030	700.00	0.030	
O	217.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
P	217.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	15	12600.00	157	214.40	4	0.00	9770.00	2700.00	8750.00
	0.00	241.00	90.00	225.60	155.00	224.00	170.00	224.40	220.00
	270.00	223.80	300.00	222.40	310.00	218.50	325.00	218.00	400.00
	415.00	217.80	450.00	217.60	470.00	217.70	490.00	217.30	510.00
	540.00	216.50	580.00	216.50	635.00	216.00	695.00	216.40	790.00
	815.00	215.40	840.00	215.50	860.00	214.40	880.00	214.90	900.00
	935.00	215.30	965.00	215.20	1000.00	215.70	1015.00	217.30	1040.00
	1090.00	219.40	1125.00	219.30	1150.00	215.00	1225.00	220.90	1240.00
	1255.00	224.10	1260.00	223.10	1310.00	223.00	1360.00	222.60	1415.00
	1450.00	222.50	1460.00	218.50	1480.00	216.50	1525.00	215.50	1640.00
	1680.00	219.80	1720.00	220.40	1780.00	220.10	1835.00	220.30	1920.00
	1940.00	219.00	1960.00	219.00	2000.00	218.00	2040.00	218.70	2060.00
	2080.00	219.90	2100.00	218.50	2120.00	218.80	2190.00	218.20	2220.00
	2215.00	218.70	2280.00	219.50	2300.00	219.20	2325.00	219.40	2380.00
	2450.00	219.20	2495.00	221.10	2510.00	220.60	2535.00	220.90	2580.00
	2660.00	221.20	2675.00	219.80	2690.00	222.50	2700.00	225.00	2710.00
	2715.00	224.20	2750.00	224.40	2910.00	224.20	2935.00	224.60	3000.00
	3130.00	224.60	3210.00	224.20	3330.00	224.30	3390.00	225.20	3695.00
	3940.00	224.00	4075.00	224.50	4355.00	225.00	4510.00	224.90	4530.00
	4550.00	224.80	4900.00	224.60	5050.00	225.00	5130.00	224.80	5475.00
	5645.00	224.80	5710.00	225.00	5790.00	224.80	5940.00	225.10	6090.00
	6190.00	225.20	6385.00	224.40	6530.00	224.40	6600.00	225.20	6785.00
	6840.00	225.20	6975.00	224.80	7115.00	224.90	7260.00	225.40	7390.00
	7490.00	225.00	7590.00	225.30	7620.00	224.80	7905.00	224.00	8260.00
	8430.00	224.50	8540.00	224.20	8640.00	224.40	8725.00	224.90	8750.00
	8700.00	223.00	8765.00	220.00	8785.00	218.60	8940.00	219.20	8950.00
	9035.00	219.80	9140.00	220.50	9240.00	221.00	9275.00	221.60	9415.00
	9415.00	219.20	9540.00	219.80	9600.00	221.80	9730.00	221.60	9750.00
	9770.00	224.60	9830.00	225.00	9910.00	225.00	9950.00	224.40	10155.00
	10260.00	224.40	10380.00	224.20	10790.00	224.40	10920.00	224.20	10970.00

FILE: PROCPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 3901+

11260.00	223.60	11380.00	224.10	11565.00	224.20	11680.00	224.30	11940.00	224.50
12240.00	225.00	12380.00	225.10	12485.00	224.20	12510.00	227.60	12540.00	234.00
12580.00	241.00	12635.00	248.20						
N	214.40	0.035	559.00	0.035	680.00	0.030	700.00	0.030	
C	214.40	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
P	214.40	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	20	7800.00	191	214.00	4	4880.00	13000.00	9560.00	11750.00
	0.00	241.60	30.00	238.00	90.00	229.10	140.00	228.80	215.00
1330.00	228.20	2500.00	227.00	4000.00	225.60	4330.00	224.30	5770.00	223.80
5840.00	224.20	5920.00	224.10	6060.00	223.00	6160.00	224.30	6260.00	222.80
6240.00	224.00	6355.00	220.60	6380.00	218.70	6405.00	218.90	6440.00	221.60
6470.00	221.60	6515.00	220.20	6530.00	219.00	6500.00	218.40	6640.00	219.40
6660.00	224.40	6690.00	221.40	6765.00	224.40	6900.00	221.30	6910.00	222.20
6825.00	223.40	6835.00	222.00	6840.00	220.20	6930.00	214.80	6960.00	213.80
7010.00	214.00	7115.00	216.00	7140.00	215.60	7200.00	217.40	7240.00	216.60
7290.00	217.60	7330.00	217.00	7350.00	216.00	7360.00	222.30	7400.00	224.00
7415.00	223.60	7430.00	224.90	7450.00	224.60	7480.00	223.50	7520.00	223.40
7540.00	224.40	7600.00	222.40	7640.00	223.80	7705.00	223.40	7750.00	224.00
7800.00	223.90	7870.00	223.40	7950.00	223.20	8035.00	224.60	8060.00	223.60
8100.00	225.00	8135.00	223.80	8140.00	222.00	8155.00	219.40	8205.00	217.40
8280.00	215.30	8390.00	216.70	8480.00	219.20	8515.00	220.60	8690.00	219.20
8760.00	217.05	8860.00	217.00	9020.00	218.50	9110.00	213.05	9290.00	218.60
9420.00	218.05	9480.00	218.00	9515.00	216.60	9540.00	213.30	9550.00	221.80
9560.00	224.00	9590.00	222.00	9600.00	220.00	9610.00	222.00	9620.00	223.80
9660.00	223.50	9690.00	222.80	9730.00	223.80	9780.00	223.30	9810.00	223.50
9920.00	223.20	9955.00	223.40	10040.00	223.30	10110.00	223.40	10185.00	223.30
10260.00	223.50	10330.00	223.60	10400.00	223.50	10555.00	223.40	10625.00	223.30
10700.00	223.70	10825.00	223.40	10825.00	223.60	10915.00	223.20	11000.00	223.40
11080.00	223.20	11150.00	223.60	11240.00	223.40	11550.00	223.40	11595.00	224.20
11650.00	224.30	11715.00	224.50	11730.00	224.60	11750.00	225.60	11770.00	219.70
11800.00	218.50	11840.00	219.40	11890.00	217.90	11975.00	213.05	12010.00	217.40
12060.00	219.40	12110.00	220.50	12175.00	218.00	12225.00	217.50	12300.00	217.80
12380.00	219.40	12480.00	219.50	12485.00	222.20	12490.00	224.90	12575.00	222.70
12610.00	223.80	12650.00	223.30	12670.00	224.90	12630.00	223.60	12700.00	224.90
12730.00	224.50	12740.00	223.70	12755.00	225.20	12775.00	222.20	12810.00	219.40
12830.00	221.30	12890.00	223.20	12900.00	225.00	12920.00	222.80	12975.00	223.00
13000.00	224.80	13060.00	224.10	13080.00	224.10	13150.00	224.20	13225.00	224.00
13300.00	224.20	13400.00	224.10	13440.00	224.30	13540.00	224.10	13675.00	224.20
13735.00	224.30	13810.00	224.20	13880.00	224.40	13950.00	224.20	14030.00	224.50
14050.00	224.30	14150.00	224.40	14180.00	224.50	14250.00	224.30	14320.00	224.40
14390.00	224.30	14435.00	224.20	14475.00	224.50	14535.00	224.40	14620.00	224.60
14715.00	224.50	14770.00	224.60	14805.00	224.50	15065.00	224.80	15140.00	224.60
15215.00	224.80	15310.00	224.70	15370.00	225.10	15500.00	225.20	15570.00	225.00
15700.00	225.00	15730.00	225.30	15810.00	223.40	15880.00	220.40	15970.00	218.40
16060.00	219.20	16210.00	225.20	16230.00	226.20	16240.00	233.00	16275.00	240.00
16350.00	249.60								
N	230.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
C	214.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
C	230.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	21	7400.00	174	214.72	4	5170.00	17022.00	7105.00	10053.00
	0.00	244.77	28.00	243.54	100.00	237.78	122.00	235.59	153.00
239.00	227.25	293.00	234.85	377.00	233.19	405.00	232.24	425.00	231.37
449.00	229.65	470.00	225.58	487.00	214.97	519.00	225.30	757.00	224.36
800.00	226.54	1170.00	223.91	1669.00	224.13	1720.00	224.26	1860.00	223.68

FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 3901\*

2102.00	224.02	2240.00	223.73	2332.00	224.20	2435.00	223.70	2680.00	223.93
2760.00	225.01	2832.00	227.22	2872.00	227.17	2910.00	226.61	2961.00	224.36
3316.00	223.95	3345.00	225.73	3370.00	225.35	3394.00	223.14	3432.00	222.74
4136.00	222.11	4481.00	222.77	4679.00	222.37	4769.00	222.59	4798.00	223.70
4843.00	223.69	4860.00	222.55	5005.00	221.29	5027.00	222.27	5125.00	221.64
5176.00	223.48	5188.00	221.07	5199.00	216.47	5245.00	215.27	5362.00	216.27
5463.00	218.72	5495.00	218.47	5505.00	219.07	5519.00	223.49	5540.00	221.58
5608.00	220.84	5638.00	223.06	5741.00	221.22	5739.00	223.99	5857.00	222.53
5895.00	223.04	5917.00	221.99	5960.00	221.87	5979.00	223.38	6012.00	220.88
6035.00	223.15	6060.00	223.49	6102.00	220.64	6150.00	223.07	6170.00	220.47
6207.00	223.07	6239.00	220.43	6260.00	223.37	6310.00	221.27	6318.00	216.57
6360.00	215.47	6440.00	215.82	6460.00	214.67	6489.00	215.67	6549.00	214.72
6590.00	216.07	6615.00	216.67	6637.00	217.47	6678.00	217.97	6740.00	215.07
6770.00	215.22	6837.00	217.92	6821.00	219.02	6869.00	218.57	7022.00	217.62
7081.00	217.62	7105.00	223.84	7150.00	222.55	7210.00	222.60	7309.00	222.35
7351.00	222.98	7380.00	222.53	7536.00	222.55	7588.00	223.11	7631.00	222.66
8020.00	223.00	8903.00	223.00	10020.00	222.40	10553.00	224.36	10080.00	222.21
10104.00	222.61	10121.00	218.79	10164.00	218.34	10185.00	217.54	10203.00	219.04
10280.00	215.74	10304.00	215.99	10360.00	217.69	10473.00	217.64	10550.00	216.84
10585.00	218.89	10603.00	223.45	10722.00	220.96	10775.00	223.27	10805.00	221.83
10835.00	223.71	10857.00	221.31	10865.00	219.06	10924.00	219.51	11021.00	219.16
11074.00	220.21	11186.00	220.26	11245.00	218.41	11272.00	218.81	11321.00	217.61
11346.00	219.56	11371.00	224.05	11455.00	221.62	11515.00	223.30	11635.00	219.91
11773.00	222.18	11793.00	220.32	11905.00	218.67	12064.00	217.77	12135.00	217.07
12175.00	215.87	12220.00	216.37	12265.00	215.52	12435.00	216.32	12480.00	215.37
12510.00	222.71	12530.00	221.40	12531.00	219.65	12539.00	221.40	12630.00	221.78
12630.00	222.28	13300.00	222.84	13345.00	223.45	13332.00	222.65	13410.00	219.68
13440.00	223.13	13500.00	223.29	16490.00	222.92	16519.00	223.52	16604.00	223.83
16630.00	220.81	16763.00	224.06	16780.00	217.03	16889.00	217.33	16935.00	218.83
17022.00	219.83	17080.00	217.28	17230.00	218.63	17370.00	219.33	17450.00	219.23
17510.00	216.53	17600.00	217.58	17622.00	224.75	17305.00	241.02		
N 214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
N 214.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.080		
P 214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
Q 214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080		
L 22 8200.00	198	214.00	4	3595.00	14490.00	10755.00	13670.00		
0.00	253.20	140.00	245.40	240.00	227.00	305.00	227.00	330.00	225.60
990.00	225.40	1650.00	224.70	2100.00	224.40	2430.00	223.60	2580.00	223.50
3405.00	222.20	3420.00	222.40	3440.00	222.20	3525.00	222.30	3540.00	222.45
3570.00	222.40	3595.00	222.60	3605.00	221.30	3636.00	219.05	3640.00	218.20
3675.00	218.40	3690.00	217.80	3730.00	214.90	3740.00	215.05	3755.00	214.60
3775.00	214.60	3790.00	214.50	3800.00	215.00	3830.00	215.80	3850.00	215.00
3870.00	215.80	3905.00	215.40	3930.00	216.00	4010.00	216.00	4030.00	216.20
4090.00	215.50	4105.00	214.70	4140.00	214.60	4175.00	216.60	4225.00	221.00
4260.00	222.70	4320.00	222.60	4370.00	221.60	4425.00	222.50	4440.00	221.00
4480.00	222.00	4500.00	222.90	4520.00	222.90	4540.00	221.40	4550.00	221.60
4755.00	221.50	4780.00	221.40	4840.00	222.00	4920.00	221.20	4940.00	221.60
4950.00	223.30	4980.00	221.50	5010.00	221.70	5040.00	223.50	5085.00	221.60
5105.00	222.40	5175.00	223.00	5220.00	221.30	5250.00	222.20	5300.00	222.60
5320.00	222.50	5340.00	222.90	5355.00	222.60	5400.00	223.40	5410.00	221.60
5440.00	221.80	5455.00	223.20	5490.00	223.00	5600.00	217.80	5610.00	217.20
5640.00	215.30	5650.00	215.70	5665.00	215.00	5630.00	215.40	5710.00	215.00
5720.00	216.00	5750.00	216.40	5775.00	215.60	5735.00	216.60	5835.00	215.40
5865.00	216.00	5890.00	220.00	5880.00	222.00	5390.00	223.50	5920.00	222.70
6090.00	222.40	6120.00	222.40	6150.00	222.00	6170.00	222.20	6220.00	222.00

FILE: PROPACA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 3901\*

6225.00	221.40	6280.00	222.40	6320.00	222.50	6330.00	223.40	6340.00	222.70
6350.00	218.50	6390.00	219.00	6525.00	219.50	6545.00	220.10	6620.00	219.80
6660.00	216.80	6675.00	218.10	6700.00	216.90	6720.00	218.20	6750.00	217.60
6775.00	220.00	6735.00	222.80	6820.00	222.85	6830.00	222.60	6840.00	218.80
6920.00	220.00	7140.00	218.60	7165.00	217.60	7210.00	220.00	7320.00	218.00
7350.00	216.80	7380.00	217.40	7450.00	216.00	7470.00	216.70	7485.00	215.00
7515.00	215.60	7550.00	214.50	7690.00	216.80	7730.00	217.00	7820.00	218.00
7900.00	216.20	7920.00	217.10	7950.00	216.50	7980.00	217.20	8000.00	216.90
8010.00	221.00	8025.00	223.00	8065.00	222.45	8195.00	222.40	8240.00	221.60
8260.00	222.20	8300.00	221.80	8360.00	222.40	8440.00	222.20	10180.00	221.80
10200.00	222.20	10330.00	221.00	10445.00	221.60	10490.00	220.80	10530.00	221.20
10550.00	221.00	10610.00	221.60	10650.00	218.40	10680.00	218.20	10740.00	220.40
10755.00	222.00	10810.00	220.80	11200.00	221.00	11905.00	221.60	11990.00	221.20
12205.00	221.60	12290.00	221.30	12370.00	222.40	12390.00	222.00	12425.00	222.40
12540.00	221.80	12660.00	222.40	12685.00	221.80	12760.00	222.50	12870.00	221.20
12900.00	221.70	13040.00	221.80	13080.00	220.80	13120.00	222.20	13150.00	221.60
13385.00	221.80	13500.00	222.00	13595.00	223.00	13620.00	222.40	13670.00	223.60
13690.00	217.40	13740.00	217.20	13790.00	218.30	13820.00	219.20	13855.00	219.75
13900.00	219.80	13990.00	219.30	14100.00	218.00	14225.00	215.50	14355.00	217.00
14400.00	217.00	14420.00	218.00	14440.00	220.00	14450.00	222.60	14490.00	232.00
14590.00	243.00	14740.00	252.00	15040.00	273.80				
N	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
O	214.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
Q	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	23	5100.00	185	210.00	4	3480.00	11935.00	6700.00	10845.00
0.00	241.80	115.00	254.20	180.00	232.40	229.00	230.15	240.00	227.00
1020.00	226.10	1050.00	226.10	1090.00	227.10	1110.00	227.10	1220.00	224.60
1285.00	225.90	1300.00	225.80	1305.00	225.00	1320.00	224.40	1350.00	224.00
1450.00	224.00	1460.00	224.40	1585.00	224.10	1640.00	225.50	1720.00	226.20
1740.00	225.60	1760.00	226.20	1785.00	225.50	1800.00	223.70	1820.00	223.08
2720.00	222.80	2740.00	224.40	2770.00	224.80	2815.00	223.00	2870.00	222.90
2880.00	223.60	2900.00	223.40	2920.00	223.10	2940.00	223.00	2960.00	222.60
3005.00	224.30	3020.00	224.20	3040.00	224.95	3060.00	225.00	3100.00	222.30
3150.00	222.40	3220.00	226.00	3250.00	226.10	3260.00	226.30	3300.00	226.30
3340.00	225.40	3390.00	222.40	3410.00	222.60	3430.00	223.60	3440.00	224.60
3470.00	225.20	3480.00	223.40	3500.00	222.00	3520.00	222.70	3540.00	221.90
3555.00	221.80	3575.00	221.20	3580.00	219.80	3590.00	218.00	3615.00	218.20
3650.00	218.00	3685.00	217.30	3700.00	217.50	3710.00	216.80	3740.00	217.40
3750.00	219.40	3765.00	220.60	3810.00	221.20	3820.00	222.00	3840.00	220.80
3860.00	220.30	3880.00	221.60	3900.00	221.50	3910.00	221.80	3940.00	221.40
3960.00	219.70	3990.00	221.40	3995.00	217.60	4005.00	214.90	4020.00	216.70
4040.00	214.10	4095.00	215.60	4120.00	215.00	4135.00	215.90	4165.00	215.40
4525.00	216.80	4540.00	215.90	4550.00	216.60	4570.00	216.20	4610.00	216.60
4620.00	216.20	4625.00	216.70	4625.00	216.20	4640.00	216.30	4660.00	216.50
4700.00	215.60	4760.00	212.30	4810.00	213.20	4830.00	214.20	4860.00	214.70
4910.00	216.20	4925.00	216.10	4940.00	216.60	4950.00	216.50	4980.00	220.00
4990.00	221.90	5000.00	221.10	5030.00	220.20	5050.00	220.10	5120.00	221.00
5140.00	221.80	5160.00	221.60	5180.00	222.35	5210.00	218.11	5280.00	219.60
5340.00	218.60	5360.00	217.70	5405.00	216.50	5420.00	217.20	5445.00	216.60
5450.00	216.00	5500.00	215.90	5520.00	216.10	5540.00	215.50	5565.00	215.40
5585.00	214.50	5600.00	214.80	5630.00	214.00	5635.00	212.06	5750.00	213.46
5775.00	211.00	5795.00	210.06	5810.00	211.10	5850.00	212.20	5900.00	212.30
5940.00	215.50	5978.00	216.00	5980.00	220.30	5990.00	221.40	6075.00	221.70
6190.00	221.20	6200.00	221.40	6400.00	221.50	6500.00	222.11	6640.00	221.80

FILE: PROPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PJT 8901+

6700.00	221.90	7300.00	222.10	8930.00	222.00	8960.00	222.40	9090.00	222.60
9110.00	222.20	9950.00	222.30	10390.00	222.00	10420.00	222.20	10500.00	221.80
10540.00	221.80	10550.00	222.20	10590.00	221.70	10760.00	221.30	10810.00	221.60
10830.00	222.60	10845.00	222.60	10848.00	220.80	10350.00	219.00	10860.00	218.30
10895.00	217.50	11045.00	217.50	11150.00	217.20	11200.00	216.60	11235.00	216.60
11790.00	216.20	11540.00	216.50	11425.00	218.00	11430.00	213.50	11530.00	218.50
11600.00	218.50	11730.00	218.50	11890.00	218.10	11910.00	220.40	11935.00	226.00
11960.00	229.00	12000.00	232.40	12040.00	235.00	12120.00	240.00	12240.00	245.00
N	210.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
O	210.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	210.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
C	210.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	24	4200.00	78	199.41	4	4205.00	11055.00	6795.00	9100.00
	0.00	243.50	271.00	235.00	340.00	229.50	600.00	228.20	670.00
	1110.00	227.80	1130.00	228.20	1170.00	227.60	3630.00	223.60	3655.00
	3795.00	222.50	3905.00	223.75	3930.00	225.05	3950.00	222.80	4030.00
	4205.00	223.12	4250.00	221.55	5370.00	221.05	5395.00	221.60	5410.00
	5540.00	219.65	6010.00	219.30	6650.00	218.60	6150.00	218.60	6310.00
	6340.00	218.60	6370.00	218.20	6455.00	199.41	6480.00	200.10	6500.00
	6530.00	200.10	6600.00	201.56	6620.00	201.20	6630.00	207.00	6730.00
	6795.00	221.60	6850.00	221.20	6970.00	221.00	7015.00	221.60	7085.00
	7110.00	221.60	7160.00	221.40	8230.00	221.60	8530.00	222.00	8615.00
	8635.00	222.10	8650.00	221.70	8685.00	222.05	8735.00	221.60	8755.00
	8810.00	221.57	8830.00	222.05	8860.00	221.50	8330.00	222.05	8900.00
	9000.00	221.80	9040.00	221.60	9100.00	221.83	9160.00	218.25	9250.00
	9310.00	217.75	9500.00	217.55	9655.00	217.00	9755.00	217.22	9815.00
	10060.00	215.90	10145.00	221.56	10180.00	220.80	10330.00	221.80	10400.00
	10510.00	217.80	10580.00	216.45	10630.00	221.80	10730.00	221.10	10830.00
	11055.00	239.40	11210.00	250.60	11250.00	252.40			
N	199.41	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
O	199.41	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	199.41	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
C	199.41	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
L	25	4500.00	53	214.90	4	305.00	6835.00		
	0.00	250.00	305.00	225.00	425.00	220.05	1535.00	220.00	1585.10
	1730.00	218.00	1895.00	217.50	2055.00	219.00	2095.00	218.30	2255.00
	2315.00	218.60	2415.00	217.80	2475.00	218.80	2520.00	217.20	2615.00
	2750.00	219.00	2855.00	216.70	3005.00	217.80	3175.00	216.40	3320.00
	3405.00	214.90	3505.00	216.00	3670.00	215.70	3825.00	216.40	3960.00
	4205.00	216.20	4385.00	216.20	4510.00	217.00	4725.00	218.00	4865.00
	4945.00	217.30	5045.00	218.50	5125.00	217.50	5265.00	217.00	5335.00
	5510.00	216.40	5675.00	217.50	5795.00	217.20	5905.00	218.20	6005.00
	6135.00	217.20	6135.10	220.00	6235.00	225.00	6030.00	230.00	7082.00
	7185.00	230.00	7405.00	225.00	7512.00	224.00	7620.00	225.00	7660.00
	7835.00	235.00	7890.00	240.00	8050.00	245.00			
N	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
O	214.00	0.035	250.00	0.035	260.00	0.035	280.00	0.030	
P	214.00	0.120	250.00	0.120	260.00	0.100	270.00	0.080	
R	-1	0							
S	240.34	229.83	239.54	239.03	230.00	236.84	235.94	235.12	
S	234.56	233.76	232.89	232.18	231.76	231.15	230.24	229.13	
S	227.56	226.39	225.62	224.97	224.31	223.75	222.98	221.95	
T	22585.00	22752.00	22818.00	22585.00	22135.00	23293.00	23434.00	23576.00	
T	23700.00	23884.00	24010.00	24115.00	24236.00	24416.00	24621.00	24874.00	
T	25027.00	25215.00	25328.00	25437.00	25558.00	25633.00	25697.00	25763.00	

FILE: PRCPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 8901+

U	25							
V	22560.00	22568.00	24000.00	24252.00	30588.00	36305.00	43059.00	48047.00
V	54094.00	62070.00	67012.00	68210.00	67059.00	63294.00	60470.00	56752.00
V	52471.00	48000.00	44000.00	40235.00	36941.00	34000.00	30941.00	28282.00
V	24070.00	24329.00						
X	24							
Y	15							
Z	220.00	0.00	220.62	10000.00	221.44	20000.00	221.79	24000.00
Z	222.16	28000.00	222.54	32000.00	222.93	35000.00	223.34	40000.00
Z	223.79	44000.00	224.29	48000.00	224.80	52000.00	225.31	56000.00
Z	226.00	60000.00	226.80	64000.00	227.60	68000.00		
C120								
D1	163.82	163.82	227.57	291.27	356.77	259.52	154.74	72.83
D1	100.12	263.68	382.31	409.60	396.86	409.60	436.93	458.75
D1	470.56	481.76	473.50	436.93	421.72	396.36	382.26	369.52
D1	356.83	345.89						
C126								
D1	66.41	66.41	92.26	118.08	136.53	104.30	62.73	29.53
D1	40.59	106.90	154.99	166.05	160.89	166.05	177.14	185.98
D1	190.77	195.31	191.88	177.14	178.97	160.39	154.97	149.80
D1	144.66	140.23						
C126								
D1	166.77	166.77	231.67	296.52	342.83	263.13	157.53	74.14
D1	101.92	268.43	369.20	416.98	404.01	416.93	444.81	467.02
D1	479.04	490.44	481.83	444.81	429.32	404.01	399.15	376.18
D1	363.26	352.13						
C126								
D1	150.54	150.54	209.12	267.00	309.46	237.56	142.19	66.93
D1	92.00	242.30	351.31	376.39	364.68	376.39	401.51	421.56
D1	432.41	442.70	454.92	401.51	387.52	364.63	351.26	339.56
D1	327.90	317.85						
C126								
D1	157.91	157.91	219.37	280.78	324.63	249.20	149.16	70.21
D1	90.51	254.17	308.53	354.84	382.55	394.34	421.19	442.22
D1	453.81	464.40	456.24	421.19	406.52	382.55	363.48	356.20
D1	343.57	332.43						
C126								
D1	140.20	140.20	194.77	249.29	288.22	221.25	132.43	62.33
D1	85.69	225.67	227.20	350.56	339.65	350.56	373.95	392.63
D1	402.73	412.31	405.07	373.95	360.93	339.65	327.16	316.25
D1	305.59	296.04						
C126								
D1	142.57	142.57	196.05	253.49	293.06	224.93	134.67	63.38
D1	87.12	229.47	332.71	356.44	349.37	356.44	380.25	399.24
D1	409.52	419.26	411.90	380.25	367.01	349.37	332.67	321.58
D1	310.54	301.02						
C126								
D1	123.97	123.97	172.22	220.42	254.85	175.64	117.10	55.12
D1	75.76	199.54	289.32	309.96	300.32	309.96	330.65	347.16
D1	354.10	364.57	358.17	326.65	315.14	300.32	289.28	279.64
D1	270.63	261.76						
C126								
D1	183.59	183.59	255.04	326.42	377.42	299.73	173.42	81.62
D1	112.20	295.51	426.46	459.64	444.76	459.64	469.68	514.13
D1	527.37	539.91	530.43	489.66	472.63	444.76	428.41	414.13

FILE: PKOPAGA PARANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 39014

D1 399.91	387.65							
C126								
D1 126.92	126.92	176.32	225.67	260.92	299.29	119.89	56.43	
D1 77.57	204.29	296.20	317.34	307.47	317.34	339.52	355.43	
D1 364.58	373.25	366.70	338.52	326.74	337.47	296.16	286.29	
D1 276.46	267.99							
C126								
D1 109.21	109.21	151.71	194.18	224.51	172.35	103.16	48.55	
D1 66.74	175.78	254.37	273.06	264.57	273.06	291.29	305.83	
D1 313.71	321.17	315.53	291.29	281.14	264.57	254.84	246.35	
D1 237.89	230.60							
C126								
D1 116.59	116.59	161.96	207.20	239.66	133.99	110.13	51.83	
D1 71.25	167.66	272.09	291.51	282.45	291.51	310.97	326.50	
D1 334.91	342.87	336.85	310.97	300.14	282.45	272.06	262.99	
D1 253.96	246.18							
C126								
D1 180.05	180.05	250.12	320.14	370.14	234.14	170.07	80.05	
D1 110.04	299.81	420.20	450.19	426.18	450.19	480.23	504.21	
D1 517.20	529.50	520.20	460.23	463.51	436.19	420.14	406.14	
D1 392.19	380.17							
C126								
D1 205.14	205.14	284.93	364.75	421.72	323.73	193.77	91.20	
D1 125.27	330.19	478.75	512.92	496.96	512.92	547.15	574.47	
D1 509.26	603.28	592.89	547.15	528.10	496.96	478.68	462.73	
D1 446.84	433.15							
C126								
D1 183.00	183.00	254.22	325.28	376.21	239.30	172.86	81.36	
D1 111.84	294.50	427.09	457.57	443.33	457.57	433.11	512.48	
D1 525.07	533.18	523.73	483.11	471.11	443.33	427.03	412.80	
D1 398.02	386.41							
C126								
D1 222.65	222.65	309.58	396.23	458.12	351.63	210.50	99.08	
D1 126.19	358.70	520.08	557.20	539.87	557.20	594.39	624.07	
D1 640.14	655.36	640.25	594.39	573.69	539.37	520.01	502.68	
D1 485.42	470.54							
C126								
D1 185.24	185.96	253.32	320.62	382.27	233.45	175.65	82.67	
D1 113.65	299.31	433.97	464.95	450.49	464.95	495.98	520.75	
D1 524.15	546.86	537.26	495.98	478.71	450.49	433.92	419.45	
D1 405.05	392.64							
C126								
D1 115.12	115.12	159.91	204.68	236.65	131.66	103.74	51.18	
D1 70.35	185.29	266.65	287.82	278.87	237.82	307.33	322.37	
D1 330.67	336.53	332.59	307.03	296.34	278.37	263.61	259.66	
D1 250.75	243.06							
C126								
D1 109.21	109.21	151.71	194.18	224.51	172.35	103.16	48.55	
D1 66.74	175.78	254.37	273.06	264.57	273.06	291.29	305.83	
D1 313.71	321.17	315.53	291.29	281.14	264.57	254.84	246.35	
D1 230.60	230.60							
C126								
D1 121.02	121.02	163.12	215.17	246.78	130.73	114.31	53.80	
D1 73.96	194.79	282.43	302.58	291.17	302.53	322.78	338.90	
D1 347.62	355.39	349.64	322.76	311.54	233.17	232.39	272.98	

FILE: PROPAGA PAKANA A1 VM/SP RELEASE 5.0 EXPRESS PUT 39014

D1 263.60	255.53						
C126							
D1 75.27	75.27	104.55	133.83	154.73	118.78	71.10	33.46
D1 46.00	121.15	175.66	188.19	182.34	183.19	200.75	210.78
D1 216.20	221.35	217.46	200.75	193.76	182.34	175.63	169.78
D1 163.95	158.92						
C126							
D1 62.46	63.46	83.16	112.84	130.46	109.15	59.94	28.21
D1 38.78	102.14	148.10	156.67	152.74	158.67	169.26	177.71
D1 182.29	186.63	183.35	169.26	163.37	153.74	148.08	143.15
E1 138.23	134.00						
C126							
D1 66.41	66.41	92.26	118.98	126.53	104.30	62.73	29.53
D1 40.59	106.90	154.99	166.05	166.89	166.05	177.14	185.98
D1 190.77	195.31	191.83	177.14	170.97	159.89	154.97	149.80
D1 144.66	140.23						

ANEXO 5

EXEMPLOS DE SAIDAS DO PROGRAMA "PROPAGA"

RESULTADOS OBTIDOS

PAGINA 1

METODO DE PREISSMAN

DT=86400. SEC DT1 =43200. SEC

\*\*\*\*\*  
 I TEMPO I I SECAO I I NIVEL I I VAZAO I I VELOC. MEDIA I I PROF. MAX I I PROF. MEDIA I I BETA I I FPCUDE I  
 \*\*\*\*\*

0/ 0/ 0  
 12H 0MIN

1	241.24	22588.0	0.36	11.21	4.83	1.02	0.05
2	240.94	22752.0	0.36	15.29	6.35	1.60	0.05
3	240.76	22818.0	0.43	21.06	5.58	1.92	0.06
4	240.46	22585.0	0.37	18.99	3.96	1.20	0.06
5	240.10	23135.0	0.35	14.87	5.14	1.70	0.05
6	239.75	23293.0	0.24	15.71	6.60	1.60	0.03
7	239.63	23434.0	0.31	16.73	6.24	1.10	0.04
8	239.52	23576.0	0.25	17.52	5.83	1.73	0.03
9	239.43	23700.0	0.24	17.43	6.11	1.94	0.03
10	239.33	23884.0	0.13	17.78	8.08	1.43	0.02
11	239.28	24010.0	0.16	17.28	6.45	1.89	0.02
12	239.24	24119.0	0.12	27.24	8.10	2.12	0.01
13	239.21	24236.0	0.13	17.21	6.63	1.71	0.02
14	239.17	24416.0	0.22	18.46	12.76	1.17	0.02
15	239.12	24621.0	0.15	25.52	11.90	1.68	0.01
16	239.08	24804.0	0.15	21.98	12.58	1.59	0.01
17	239.05	25027.0	0.14	24.77	14.70	1.44	0.01
18	239.03	25213.0	0.13	24.63	15.79	1.50	0.01
19	239.02	25328.0	0.10	25.02	15.27	1.43	0.01
20	239.02	25437.0	0.09	24.30	16.74	1.28	0.01
21	239.01	25558.0	0.10	25.01	17.51	1.26	0.01
22	239.01	25633.0	0.12	28.95	17.38	1.44	0.01
23	239.00	25697.0	0.14	39.59	16.81	1.38	0.01
24	239.00	25763.0	0.13	24.10	18.88	1.06	0.01

RESULTADOS OBTIDOS

PAGINA 2

METODO DE PREISSMAN

DT=86400. SEC DT1 =43200. SEC

\*\*\*\*\*  
 I TEMPO I I SECAO I I NIVEL I I VAZAO I I VELOC.MEDIA I I PROF. MAX I I PROF. MEDIA I I BETA I I FROLDE I  
 \*\*\*\*\*

1/ 1/ 0  
 OF 0MIN

1	241.20	22588.0	0.36	11.17	4.79	1.02	0.05
2	240.92	22515.8	0.36	15.27	6.33	1.60	0.05
3	240.76	22596.6	0.43	21.06	5.58	1.92	0.06
4	240.44	23217.7	0.37	18.97	3.97	1.20	0.06
5	240.08	23484.3	0.36	14.95	5.13	1.70	0.05
6	239.77	23650.3	0.25	15.73	6.61	1.60	0.03
7	239.62	23756.8	0.32	16.72	6.24	1.10	0.04
8	239.53	23884.6	0.25	17.53	5.83	1.73	0.03
9	239.44	23567.1	0.24	17.44	6.11	1.94	0.03
10	239.34	24094.7	0.19	17.79	8.09	1.43	0.02
11	239.29	24157.3	0.15	17.29	6.46	1.89	0.02
12	239.25	24188.9	0.12	27.25	8.11	2.12	0.01
13	239.21	24254.2	0.13	17.21	6.63	1.71	0.02
14	239.16	24436.0	0.22	18.45	12.76	1.17	0.02
15	239.13	24633.5	0.15	25.53	11.91	1.68	0.01
16	239.09	24777.6	0.15	21.99	12.59	1.59	0.01
17	239.05	24571.9	0.14	24.77	14.70	1.44	0.01
18	239.03	25152.7	0.13	24.63	15.79	1.50	0.01
19	239.02	25257.2	0.10	25.02	15.27	1.43	0.01
20	239.02	25366.2	0.09	24.30	16.74	1.28	0.01
21	239.02	25480.7	0.10	25.02	17.51	1.26	0.01
22	239.01	25546.0	0.12	28.95	17.38	1.44	0.01
23	239.01	25600.9	0.14	39.60	16.82	1.38	0.01
24	239.00	25659.3	0.13	24.10	18.88	1.06	0.01

VOLUME INICIAL MAIS AFLUENTE(V1)= 0.31E+11 M\*\*3  
 VOLUME FINAL MAIS AFLUENTE(V2) = 0.32E+11 M\*\*3

V1/V2 = 0.98957

\*\*\*\*\*  
 COGRAMA CA SECAO 1 METODO DE PREISSMANN  
 \*\*\*\*\*

230.0	232.5	235.0	237.5	240.0	242.5	245.0	247.5	250.0	OBSERV	CALCUL	INSTANTE
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.30	1/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.30	1/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.34	2/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.43	2/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.57	3/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.72	3/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.96	4/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.24	4/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.55	5/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.89	5/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.24	6/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.61	6/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.92	7/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.15	7/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.53	8/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.95	8/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.28	9/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.55	9/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.85	10/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.05	10/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.24	11/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.34	11/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.37	12/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.36	12/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.28	13/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.16	13/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	245.04	14/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.94	14/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.80	15/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.66	15/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.45	16/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.31	16/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	244.11	17/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.90	17/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.69	18/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.48	18/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	243.27	19/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.95	19/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.78	20/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.58	20/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.38	21/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	242.15	21/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.98	22/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.78	22/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.55	23/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.40	23/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.22	24/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	241.06	24/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.91	25/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	*	.	.	.	.	0.0	240.77	25/ 1/ 0 12H OMIN

\*\*\*\*\*  
 COTACRAMA CA SECAD 24 METECC DE PREISSMANN  
 \*\*\*\*\*

210.0	212.5	215.0	217.5	220.0	222.5	225.0	227.5	230.0	OBSERV	CALCUL	INSTANTE
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	221.96	1/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	221.95	1/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	221.96	2/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.00	2/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.03	3/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.06	3/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.05	4/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.15	4/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.21	5/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.28	5/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.37	6/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.46	6/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.60	7/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.75	7/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	222.94	8/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.16	8/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.44	9/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.75	9/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	224.23	10/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	224.72	10/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	225.21	11/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	225.68	11/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	226.20	12/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	226.71	12/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.16	13/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.52	13/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.75	14/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.97	14/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	228.06	15/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	228.05	15/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	228.05	16/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.95	16/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.81	17/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.62	17/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.39	18/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	227.12	18/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	226.81	19/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	226.46	19/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	226.05	20/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	225.70	20/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	225.32	21/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	224.93	21/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	224.62	22/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	224.34	22/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	224.05	23/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.85	23/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.63	24/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.41	24/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.22	25/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	*	.	.	.	0.0	223.05	25/ 1/ 0 12H OMIN

\*\*\*\*\*  
 HIDROGRAMA DA SECAD 1 PERIODO DE PRESSAMN  
 \*\*\*\*\*

20000.0	27500.0	35000.0	42500.0	50000.0	57500.0	65000.0	72500.0	80000.0	OBSERV	CALCUL	INSTANTE
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	22588.00	1/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	22588.00	1/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	23294.00	2/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	24000.00	2/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	25176.50	3/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	26353.00	3/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	28470.50	4/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	30587.99	4/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	33446.50	5/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	36304.99	5/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	39681.99	6/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	43059.00	6/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	45553.00	7/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	48047.00	7/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	52070.49	8/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	56093.99	8/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	59082.00	9/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	62070.00	9/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	64541.00	10/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	67011.94	10/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	67610.94	11/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	68209.94	11/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	67634.44	12/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	67058.94	12/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	65176.50	13/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	63294.00	13/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	61892.00	14/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	60470.00	14/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	58611.00	15/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	56752.00	15/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	54611.50	16/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	52471.00	16/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	50235.50	17/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	48000.00	17/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	46000.00	18/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	44000.00	18/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	42117.50	19/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	40235.00	19/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	38588.00	20/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	36941.00	20/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	35470.50	21/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	34000.00	21/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	32470.50	22/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	30941.00	22/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	29611.50	23/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	28282.00	23/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	27176.00	24/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	26070.00	24/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	25199.50	25/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	24329.00	25/ 1/ 0 12H OMIN

VOLUME RESERVADO (M3) = 0.0

VOLUME CALCULADO (M3) = 0.948E+11

\*\*\*\*\*  
 HIDROGRAMA DA SECAD 24 PEIICO DE PREISSMANI  
 \*\*\*\*\*

20000.0	27500.0	35000.0	42500.0	50000.0	57500.0	65000.0	72500.0	80000.0	DBSERV	CALCUL	INSTANTE
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	25921.52	1/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	25814.25	1/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	26094.11	2/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	26338.25	2/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	26586.22	3/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	26911.41	3/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	27316.60	4/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	27907.18	4/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	28561.28	5/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	29337.57	5/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	30266.36	6/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	31370.90	6/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	32680.68	7/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	34244.80	7/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	36133.15	8/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	38347.75	8/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	41039.95	9/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	44183.82	9/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	47715.64	10/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	51610.02	10/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	55467.33	11/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	59115.60	11/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	62133.18	12/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	64668.81	12/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	66912.50	13/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	68729.31	13/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	70080.06	14/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	70975.44	14/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	71448.58	15/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	71566.65	15/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	71372.06	16/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	70908.81	16/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	70197.00	17/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	69257.75	17/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	68104.75	18/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	66740.25	18/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	65187.07	19/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	63447.74	19/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	61581.70	20/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	59616.12	20/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	57416.26	21/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	55195.88	21/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	52718.35	22/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	50557.86	22/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	48565.64	23/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	46693.12	23/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	44923.72	24/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	43209.29	24/ 1/ 0 12H OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	41561.94	25/ 1/ 0 CH OMIN
.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	40001.23	25/ 1/ 0 12H OMIN

VOLUME (ESFUVADO) (P3) = 0.0

VOLUME CALCULADO (13) = 0.1175+12

\*\*\*\*\*  
 CJIAGRAMA DA SECAD 24 METODO DE PREISSMANN  
 \*\*\*\*\*

220.0	221.3	222.5	223.8	225.0	226.3	227.5	228.8	230.0	OBSERV	CALCUL	INSTANTE
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.79	220.77	21/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.83	220.81	21/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.85	220.83	22/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.86	220.84	22/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.88	220.86	23/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.90	220.88	23/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.93	220.91	24/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.96	220.94	24/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.97	220.95	25/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.98	220.96	25/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	220.99	220.97	26/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.00	220.98	26/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.03	220.98	27/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.06	221.04	27/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.11	221.09	28/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.16	221.14	28/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.22	221.20	31/ 5/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.28	221.26	31/ 5/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.32	221.30	1/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.36	221.34	1/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.35	221.33	2/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.34	221.32	2/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.34	221.32	3/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.38	221.37	4/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.43	221.41	4/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.52	221.50	5/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.61	221.59	5/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.71	221.69	6/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.91	221.79	6/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.90	221.88	7/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	221.99	221.97	7/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.04	222.03	8/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.10	222.08	8/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.15	222.13	9/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.19	222.17	9/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.23	222.21	10/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.27	222.25	10/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.35	222.33	11/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.43	222.41	11/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.56	222.54	12/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.59	222.67	12/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.76	222.75	13/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.84	222.82	13/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.88	222.86	14/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.92	222.90	14/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	222.97	222.95	15/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.02	223.00	15/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.04	223.03	16/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.07	223.05	16/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.06	223.04	17/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.05	223.03	17/ 6/ 83 12H OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.07	223.01	18/ 6/ 83 OH OMI N
.	0	.	.	.	.	.	.	.	223.00	222.98	18/ 6/ 83 12H OMI N

.....  
 HIDROGRAMA DA SECAO 24 METODO DE PREISSMANI  
 .....

0.0	6250.0	12500.0	18750.0	25000.0	31250.0	37500.0	43750.0	50000.0	OBSERV	CALCUL	INSTANTE
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	18313.00	18099.43	21/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	18422.00	18770.81	21/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	18807.50	19328.23	22/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	19193.00	19747.65	22/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	19361.50	20149.94	23/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	19530.00	20364.67	23/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	19754.50	20629.48	24/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	19979.00	20883.56	24/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	20323.00	21207.87	25/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	20667.00	21538.57	25/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	20840.00	21943.45	26/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	21013.00	22345.79	26/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	21070.50	22714.36	27/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	21128.00	23009.15	27/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	21481.00	23300.84	28/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	21834.00	23583.17	28/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	22432.00	23940.71	29/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	23030.00	24409.05	29/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	23766.50	24908.72	30/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	24503.00	25464.80	30/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25006.00	26004.95	31/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25509.00	26568.99	31/ 5/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25382.00	26909.22	1/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25255.00	27007.10	1/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25755.00	26916.45	2/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25255.00	26626.70	2/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	25829.50	26751.88	3/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	26407.00	27340.29	3/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	27584.00	27938.85	4/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	28766.00	28518.63	4/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	30135.00	29023.67	5/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	31504.00	29571.41	5/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	32720.00	30134.36	6/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	33936.00	30701.34	6/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34320.00	31322.27	7/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34104.00	31898.33	7/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34173.00	32633.15	8/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34247.00	33379.62	8/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34331.00	34149.68	9/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34420.00	34850.85	9/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	34980.00	35518.91	10/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	35540.00	36150.84	10/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	36486.00	36746.57	11/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	37432.00	37414.65	11/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	38013.00	37997.53	12/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	38594.00	38619.92	12/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	38908.00	39262.17	13/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	39222.00	39751.42	13/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	39632.00	40162.68	14/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	40042.00	40405.37	14/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	40247.00	40564.18	15/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	40452.00	40675.14	15/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	40370.00	40595.76	16/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	40289.00	40266.40	16/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	40083.00	39874.48	17/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	39878.00	39272.36	17/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	39392.00	38655.76	18/ 6/ 83
.	.	.	0.0	.	.	.	.	.	38906.00	37923.52	18/ 6/ 83