

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRAULICAS - IPH

SIMULAÇÃO DINÂMICA DO ESCOAMENTO EM
ÁREAS DE INUNDAÇÃO.

Magda Vânia C. Carmona
Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre, RS, junho de 1990.

Trabalho apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

Autor: MAGDA VÂNIA C. CARMONA
Orientador: CARLOS EDUARDO M. TUCCI

Comissão Examinadora:
Prof. Carlos Eduardo M. Tucci
Prof. Nara Rosauro
Prof. Robin Clarke
Prof. Armando M. Awruch.

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o pleno desenvolvimento deste estudo sugerindo procedimentos ou incentivando.

Em especial ao Prof. Carlos Eduardo Tucci pela orientação, acompanhamento, interesse e dedicação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Inundação e seu Impacto	1
1.2. Objetivos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Equações Básicas	4
2.2. Representação do Leito de Inundação	7
3. METODOLOGIA	23
3.1. Estrutura Geral do Modelo	23
3.2. Equações Básicas do Modelo	25
3.2.1. Escoamento na Calha Principal do Rio e seus tributários	25
3.2.2. Escoamento na Zona de Inundação	26
3.3. Solução Numérica	30
3.3.1. Escoamento na Calha Principal do Rio	31
3.3.2. Escoamento na Zona de Inundação	35
3.3.3. Resolução do Sistema	40
3.4. Condições Iniciais	41
3.5. Condições de Contorno	42
3.6. Discretização do Sistema	42
3.7. Parâmetros do Sistema Fluvial	45

4. APLICAÇÃO DO MODELO	47
4.1. Rio Iguaçu	47
4.2. Dados Disponíveis	49
4.3. Discretização	50
4.4. Análise de Sensibilidade	54
4.5. Ajuste e Verificação	60
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	68
5.1. Conclusões	68
5.2. Recomendações	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXO A : Dados utilizados no ajuste do modelo	74

RESUMO

Nos últimos anos têm crescido a preocupação dos hidrólogos em melhor representar os fenômenos físicos que ocorrem no escoamento de um rio com áreas inundáveis.

Neste trabalho foi utilizado um modelo matemático que simula escoamento não permanente em rios com zonas de inundação, dando especial atenção aos efeitos dinâmicos no leito maior de extravazamento. O módulo das áreas inundadas utiliza o critério de discretização de celas, que se adapta a diferentes esquemas topológicos. As equações de Saint Venant são utilizadas no leito principal, integradas com as equações das celas. Essas equações são resolvidas numericamente através de um esquema implícito de diferenças finitas.

O modelo foi aplicado no rio Iguaçu, na cheia de julho de 1983. O trecho escolhido fica a jusante da Região Metropolitana de Curitiba e tem uma extensão de 28,75 km. Os resultados obtidos são bons, mesmo havendo incertezas nos parâmetros morfológicos.

Podemos com isto concluir que o modelo oferece resultados suficientemente precisos, podendo ser usado no gerenciamento de recursos hídricos, principalmente em um país como o Brasil, que tem convivido constantemente com o problema de inundações em várzeas.

ABSTRACT

During the last few years, hydrologists have attempted to provide a better representation of the physical phenomena which occur in riverflow when flood areas exist.

In this study a mathematical model which simulates non permanent flow in rivers with flood zones was utilized, giving special attention to the dynamic effects on the broad flood bed. The module of the flooded areas uses the cell discretization criterion which can be adapted to different topological schemes. The Saint Venant equations are utilized in the main bed, integrated to the cell equations. These equations are solved numerically by an implicit scheme of finite differences.

The model was applied to Iguaçu river during the july 1983 flood. The reach chosen lies downstream from the Metropolitan Area of Curitiba, and extends for 28,75 km. The results obtained were good, even though there is uncertainty about the morphological parameters.

It may thus be concluded that the model offers sufficiently precise results, and can be used in water resource management, especially in a country like Brazil, which has had constant problems with flood plain inundations.

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 2.1 : ÁREAS DE INUNDAÇÃO - (a) seção transversal, (b) planta baixa do rio	9
Figura 2.2 : SEÇÃO TRANSVERSAL DO CANAL COMPOSTO	10
Figura 2.3 : DIVISÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO RIO PARA APLICA - ÇÃO DO MODELO	11
Figura 2.4 : ESCOAMENTO EM VERTEDOR	16
Figura 2.5 : SEÇÃO TRANSVERSAL DO RIO	17
Figura 3.1 : ESQUEMA GERAL DO SISTEMA	24
Figura 3.2 : LIGAÇÃO TIPO VERTEDOR	30
Figura 3.3 : LIGAÇÃO TIPO FLUVIAL	37
Figura 3.4 : LIGAÇÃO TIPO VERTEDOR	39
Figura 3.5 : DISCRETIZAÇÃO DA ZONA DE INUNDAÇÃO E LEITO PRIN - CIPAL DO RIO	44
Figura 4.1 : BACIA DO ALTO E MÉDIO IGUAÇU	48
Figura 4.2 : DISCRETIZAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA	51
Figura 4.3 : PLANTA COM A DISCRETIZAÇÃO DO SISTEMA	52
Figura 4.4 : RELAÇÃO VAZÃO E VELOCIDADE X RUGOSIDADE ENTRE CELAS	55
Figura 4.5 : RELAÇÃO VAZÃO E VELOCIDADE X RUGOSIDADE ENTRE CELA E RIO	56
Figura 4.6 : COMPORTAMENTO DO NÍVEL DO RIO COM A VARIAÇÃO DA RUGOSIDADE ENTRE CELAS	57
FIGURA 4.7 : COMPORTAMENTO DO NÍVEL DO RIO COM A VARIAÇÃO DA RUGOSIDADE ENTRE CELA E RIO, MANTENDO A COTA DE ESCOAMENTO	58

FIGURA 4.8	: COMPORTAMENTO DO NÍVEL DO RIO COM A VARIAÇÃO DA RUGOSIDADE ENTRE CELA E RIO. UTILIZANDO O FATOR $PK = L^{\circ} / L$	59
Figura 4.9	: SIMULAÇÃO DA CHEIA DE JUL/83 NO RIO IGUAÇU	62
Figura 4.10	: ÁREAS INUNDADAS NA CHEIA DE JUL/83	63
Figura 4.11	: ESQUEMA DE TROCA DE VAZÕES ENTRE CELAS E RIO. ..	65

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 4.1 : Quadro Comparativo entre Níveis Calculados e Observados	66

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Inundação e seu impacto

O Brasil, por ser um país com grande rede hidrográfica, tem convivido constantemente com o problema de áreas inundáveis.

Com o desenvolvimento econômico e o grande crescimento urbano, muitas áreas ribeirinhas foram ocupadas sem qualquer preocupação com a proteção de vidas humanas e bens materiais. Somando ainda o crescente desmatamento e conseqüente assoreamento dos rios, pode-se constatar o agravamento dos problemas de enchentes em muitas regiões no Brasil.

As alternativas de soluções para este tipo de problema podem envolver medidas estruturais e/ou não estruturais. As medidas não estruturais que podem ser: ocupação orientada do solo, com o zoneamento de áreas sujeitas a inundação e/ou instalação de um sistema de previsão e alerta contra cheias, seriam medidas preventivas e que dependeriam de um criterioso planejamento ambiental e sócio-econômico da região. As medidas estruturais que envolvem a construção de obras hidráulicas tais como canais de desvio, reservatórios e diques, muitas vezes não são viáveis economicamente e geralmente modificam o regime do rio provocando impacto ambiental.

A ocorrência de inundação exige o estudo conjunto de alternativas que possam minorar os efeitos das enchentes.

A quantificação dos riscos de inundação e seu impacto sobre

as várzeas requer metodologias como modelos matemáticos visando a determinação da:

. Influência da ocupação de espaço por pontes, estradas, dique, aterros, etc sobre as enchentes.

. Velocidade das águas em áreas inundadas. Em rios meandrados, a velocidade nas várzeas podem ser bem maior que no leito do rio.

. Níveis de inundações.

Além disso, quando existem barragens e diques é necessário avaliar qual seria o impacto devido ao rompimento destas estruturas, para um plano de alerta e evacuação.

1.2 - Objetivos

O movimento d'água em rios e canais é representado matematicamente por duas equações diferenciais que descrevem a conservação de massa e a quantidade de movimento do escoamento. Essas equações são comumente chamadas de 'Equações de Saint Venant'.

Em rios de calha simples, com seções e trechos uniformes, o escoamento é representado normalmente pelas equações referidas. Quando o estudo não exige um resultado muito preciso, ou os dados disponíveis são limitados, são usadas versões simplificadas das equações de Saint Venant.

Quando no rio ocorrem grandes extravazamentos da calha principal o problema torna-se mais complexo. A maior dificuldade encontrada na representação do escoamento na área de inundação é a grande diferença entre as características geométricas, hidráulicas e de rugosidade existente entre o leito menor e o leito maior de extravazamento. A discrepância entre as características dos dois leitões não permite que o problema muitas vezes

seja tratado como uma unidade.

Nos últimos 15 anos têm crescido a preocupação dos hidrólogos em retratar melhor os efeitos dinâmicos do escoamento na zona de inundação separadamente, tendo a preocupação de representar os efeitos dinâmicos do leito maior de extravazamento.

O objetivo deste estudo é o de estabelecer um modelo matemático que simule escoamento não permanente em rios com zonas de inundação, dando especial atenção aos efeitos dinâmicos no leito maior de extravazamento.

No modelo em estudo, o comportamento do canal principal e da zona de inundação é analisado separadamente, levando em conta os efeitos dinâmicos no leito maior de extravazamento.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Equações básicas

O movimento de um fluido é basicamente regido pelos princípios físicos fundamentais de conservação de massa, quantidade de movimento e energia.

A conservação de massa estabelece que não há ganho nem perda de massa por parte do fluido durante o escoamento. Já a equação da conservação da quantidade de movimento que é regida pela segunda lei de Newton, representa a variação das forças que agem sobre o sistema. Enquanto que a conservação de energia é estabelecida pela primeira lei da termodinâmica. Geralmente a energia admitida como total nesta equação é constituída pela composição da energia mecânica com a energia térmica, desprezando-se outras formas de energia.

A equação que representa a conservação da massa como uma grandeza escalar, é conhecida por equação da continuidade, a que traduz a conservação da quantidade de movimento, uma grandeza vetorial, é chamada de equação dinâmica, e a conservação da energia, grandeza escalar como a massa, é descrita por uma equação denominada de equação de energia.

Em formulação geral o sistema das equações básicas do escoamento descreve o movimento tridimensional, não permanente, de um fluido. Desta forma, além das equações de grandezas escalares (massa e

energia), haverá três equações dinâmicas, uma para cada direção ortogonal do espaço.

Ao simularmos o escoamento de um rio ou canal considerando o fluido incompressível poderá haver uma simplificação significativa das equações do sistema geral, pois desvincula totalmente (ou quase) a parte dinâmica (mecânica) da térmica. Assim bastam somente as equações mecânicas (a dinâmica uni-dimensional e a da continuidade) para descrever o escoamento. Teremos então como incógnitas as componentes de velocidade e a pressão, que deixa de ser uma variável termodinâmica, passando a funcionar como uma variável posicional mecânica. Essas equações são comumente chamadas de equações de Saint Venant.

Na literatura vários autores têm apresentado a dedução dessas equações baseando-se nos conceitos de conservação de massa e quantidade de movimento, Yen (1973), Abbott (1979) e Liggett (1975).

As equações de Saint Venant são :

$$\partial Q / \partial x + \partial A / \partial t = q \quad \text{eq. da continuidade} \quad (2.1)$$

$$\partial Q / \partial t + \partial (q^2 / A) / \partial x + gA \partial h / \partial x + gAS_f = 0 \quad \text{eq. dinâmica} \quad (2.2)$$

Onde:

A - área da seção transversal (m^2),

g - aceleração da gravidade (m/s^2),

h - nível d' água (m),

Q - descarga (m^3/s),

t - tempo (s),

x - comprimento (m),

S_f - linha de fricção (m/m)

Como são várias as simplificações adotadas no estabelecimento dessas equações, torna-se necessário conhecer os conceitos e as simplificações básicas, no sentido de melhor avaliar a aplicabilidade das mesmas.

As simplificações mais importantes são :

a - fluido incompressível e homogêneo.

b - pressão hidrostática na vertical.

Neste caso é desprezada a aceleração vertical, que podem ocorrer em ondas com variação brusca, como as formadas após o rompimento de barragem. Para escoamento gradualmente variado em rios e canais esta simplificação é aceitável, não representando erro significativo.

c - escoamento uni-dimensional.

Considera como importante o escoamento na direção longitudinal. Esta simplificação assume que as velocidades na transversal e na vertical são pequenas comparadas com a longitudinal. Em estuários onde as seções são largas, a simplificação de uma dimensão não é usualmente válida. Neste caso, modelos bi-dimensionais são usados para simular as velocidades nas direções transversal e longitudinal. Em consequência dessa simplificação, a velocidade é considerada uniformemente distribuída na seção transversal.

d - trechos com variações gradual nas seções transversais.

e - aproximação no termo que descreve a declividade do fundo.

Durante a dedução das equações foi adotado que $\sin \theta = (-\partial Z_0 / \partial x) = S_0$, mas na realidade $(-\partial Z_0 / \partial x) = \text{tg } \theta$.

f - declividade da linha de fricção aproximada por uma fórmula de escoamento permanente uniforme.

O termo de fricção S_f é em geral calculado por uma das fórmulas do movimento permanente uniforme como Chezy, Manning, etc...

g - rotação da terra, pressão atmosférica e o vento não influenciam o escoamento.

h - a calha do rio e a área de inundação não mudam de forma durante a cheia.

As equações (2.1) e (2.2) são tratadas comumente na literatura como equações completas apesar das simplificações, já que podem representar o escoamento da maioria dos problemas em rios e canais.

2.2 - Representação do leito de inundação

No caso de rios com zona de inundação a representação do escoamento se torna mais complexa. As equações básicas não retratam a variação brusca da seção transversal quando ocorre inundação.

A geometria das áreas de inundação são as mais variadas, mas tendem a ter pequenos lagos que se formam em rebaixos e se interligam quando inundam. Além disso, existem as obstruções naturais como a vegetação, estrangulamento, etc.

As obstruções e a geometria tendem a reduzir a vazão devido a rugosidade alta. No entanto, em rios meandrados o escoamento pela margem tem um menor percurso e maior declividade. Portanto, a existência de condições dinâmicas de fluxo depende da geometria e das obstruções.

Para representar esta situação alguns autores têm elaborado modelos matemáticos procurando retratar adequadamente o escoamento em rios com zonas de inundação. Os modelos básicos são os seguintes :

a - semefeito dinâmico

Uma das soluções mais simples é a de considerar a zona de inundação como um armazenamento morto que contribui ao receber água do canal principal e devolve para o canal quando o nível do rio abaixa.

O movimento d'água na zona de inundação é representado pela equação de continuidade e no canal principal pelas equações de Saint Venant.

Neste caso a contribuição lateral q_l da equação de continuidade (eq. 2.1) fica :

$$q_l = q_{l_1} + q_{l_2}$$

Onde q_{l_2} é a contribuição do escoamento proveniente da bacia hidrográfica ou outras fontes e q_{l_1} é a contribuição das áreas inundadas (fig. 2.1a).

A contribuição das áreas de cheia pode ser expressa por:

$$q_{l_1} = -(\partial A_f / \partial x) \cdot \partial H / \partial t$$

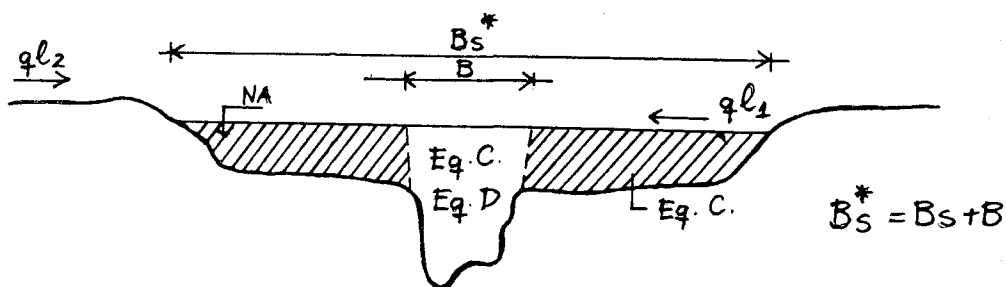
onde A_f é a superfície da zona de inundação (fig. 2.1b). Considerando que $B_s = \partial A / \partial x$ é a largura de inundação e B a largura da calha principal, a equação da continuidade fica

$$\partial Q / \partial x + (B + B_s) \partial H / \partial t = q_{l_2} \quad (2.3)$$

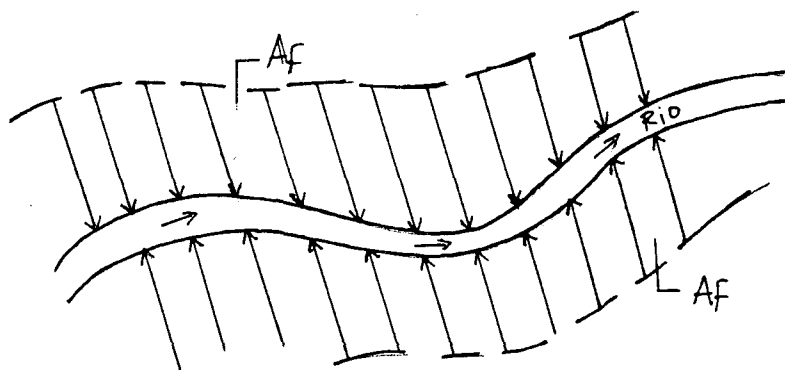
As limitações principais deste tipo de modelo são :

. Não considera a velocidade da margem;

- . Fluxo dinâmico somente no canal e na extrapolação do mesmo. Portanto, a rugosidade da calha de extravazamento é considerada infinita ;
- . Tende a reproduzir cotas superiores as reais quando o efeito dinâmico é maior ou convergir para rugosidades muito pequenas no canal, para compensar a dinâmica das margens.



(a) seção transversal



(b) planta baixa do rio.

Fig. 2.1 - Áreas de inundação.

b - canal composto

O canal principal e a zona de inundação são considerados como uma seção transversal contínua onde são aplicadas as equações de Saint Venant (Fread, 1975).

Neste modelo a área "A" é a soma das áreas da seção transversal do leito menor e do leito maior de extravazamento (Fig. 2.2). Para o coeficiente de rugosidade de Manning normalmente é considerada a média dos coeficientes dos dois leitos.

Fread, calculou o coeficiente de rugosidade por:

$$n = [(P_c \cdot n_c^2 + P_z \cdot n_z^2) / (P_c + P_z)]^{1/2} \quad (2.4)$$

Onde:

n = coeficiente de rugosidade

P = perímetro molhado da seção transversal.

os índices c e z correspondem respectivamente ao canal principal e a zona de inundação.

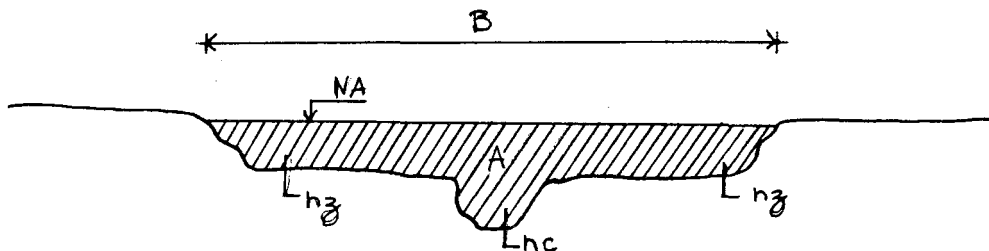


Fig. 2.2 - Seção transversal do canal composto.

Esta formulação apresenta as seguintes limitações :

. em rios meandrados torna-se difícil estabelecer a real seção de escoamento;

. a declividade média dos trechos pode variar de acordo com a importância do fluxo da calha principal;

. em rios com áreas de inundação com seção de largura quase infinita torna-se difícil definir a seção de escoamento.

Para contornar alguns destes problemas, GRIJSEN e MEIJER (1979), num estudo sobre o controle de cheias nos Rios Paraná e Paraguai, usaram o critério que divide a seção em fatias.

Na situação normal o fluxo é representado pela velocidade média (Q/A_s) na seção transversal. Quando ocorre o transbordamento d'água para planície, a distribuição da velocidade é avaliada por sub-seções. Neste caso, são estimados dois coeficientes de rugosidade, um para a planície e um outro para o próprio rio.

Neste algoritmo a seção transversal é dividida em um número de sub-seções e considera-se a mesma declividade do nível d'água para toda a seção (fig. 2.3). A vazão total Q é a soma das vazões das fatias.

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (2.5)$$

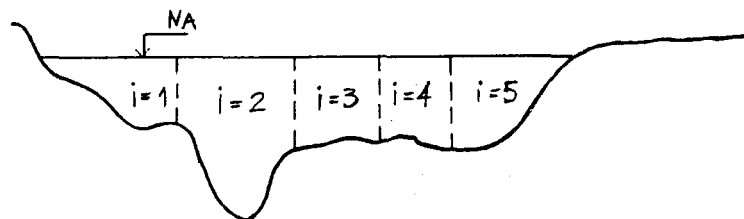


Fig. 2.3 - Divisão da seção transversal do rio para aplicação do modelo.

onde a vazão de cada fatia é

$$Q_i = C_i \cdot A_i \cdot (R_i \cdot \partial H / \partial x)^{1/2} \quad (2.6)$$

Sendo que, a declividade da linha d'água é considerada constante e o raio hidráulico equivalente da seção é

$$R_e = \left(\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i \cdot \sqrt{R_i} \right)^2 / C^2 \cdot A^2 \quad (2.7)$$

Portanto, conhecida a rugosidade C_i em cada fatia, a simulação é efetuada com o raio hidráulico equivalente.

Este procedimento é válido somente para uma situação de fluxo gradualmente variado. A limitação deste procedimento é de que admite declividade longitudinal única para o escoamento, seção com nível horizontal e o procedimento de sub-dividir a seção cria tendenciosidade no cálculo (Tucci et alii, 1987).

O modelo foi calibrado para um período de 4 anos, de setembro/64 a agosto/68, incluindo cheias pequenas, moderadas e extremas com um período de recorrência de 50 anos, apresentando resultados aceitáveis.

c - equações separadas (2 equações)

FREAD (1975) desenvolveu um modelo matemático uni-dimensional que trata o canal do rio e suas áreas de inundação separadamente.

O modelo é baseado numa forma modificada das equações de escoamento não permanente. As equações de Saint Venant são aplicadas separadamente no leito menor do rio e na zona de inundação e logo após integradas, levando em conta que o nível d'água é horizontal na seção,

chegando assim a equações modificadas que contém as mesmas duas incógnitas Q e h das equações convencionais.

$$\partial A / \partial t + \partial(\phi \cdot Q) / \partial x_c + \partial(T \cdot Q) / \partial x_f - q = 0 \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} \partial Q / \partial t + \partial(\phi^2 \cdot Q^2 / A_c) / \partial x_c + \partial(T^2 \cdot Q^2 / A_f) / \partial x_f + g A_c (\partial h / \partial x_c + S_c) \\ + g A_f (\partial h / \partial x_f + S_f) - q V_{qx} = 0 \end{aligned} \quad (2.9)$$

Onde os subscritos c e f indicam respectivamente as variáveis pertencentes ao canal principal e a zona de inundação.

Q - descarga (m^3/s).

A - área molhada da seção transversal (m^2).

h - altura d'água (m).

S - linha de fricção (m/m).

q - descarga lateral por metro (m^2/s)

V_{qx} - velocidade da descarga lateral (m/s).

x - distância ao longo do rio ou zona de inundação (m).

t - tempo (s).

g - aceleração da gravidade (m/s^2)

Onde:

$$h = h_c = h_f$$

$$Q = Q_c + Q_f$$

$$A = A_c + A_s + A_f$$

n = coeficiente de rugosidade

$$\phi = 1/(1+\psi) \quad \text{e} \quad T = \psi/(1+\psi)$$

$$\psi = Q_f/Q_c = (n_c A_f/n_f A_c)(R_f/R_c)^{2/3} \cdot (\Delta x_c/\Delta x_f)^{1/2}$$

$$Q_f = \psi Q_c$$

$$Q_c = 1/(1+\psi) \cdot Q = \phi Q$$

As equações (2.8) e (2.9) governam, no modelo de FREAD, o escoamento em rios naturais meandrados e com zonas de inundação.

FREAD(1975) comparou o seu modelo com outros dois modelos convencionais, procurando estudar o efeito da sinuosidade do rio no tempo de viagem e amortecimento das ondas de cheia. Chegando as seguintes conclusões:

. Os resultados do modelo Fread se aproximam dos do modelo canal-composto quando não há sinuosidade no rio.

. O amortecimento e tempo de viagem diminuem significativamente com o aumento da sinuosidade.

. O amortecimento e o tempo de viagem aumentam significativamente com o aumento da rugosidade relativa ($n_r = n_f/n_c$) e largura relativa ($B_r = B_f/B_c$).

d - equações de Saint Venant aplicadas no rio e nas áreas inundadas

(4 equações)

SAMUELS (1979) desenvolveu no Hydraulics Research Station em Wallingford o modelo matemático EMBER (A Numerical Model of Enbanked River).

Este modelo foi desenvolvido para investigar o comportamento

das inundações entre Tewkesbury e Gloucester na Inglaterra. Ele baseia-se nas seguintes equações :

$$\partial A_c / \partial t + \partial Q_c / \partial x_c = q_c \quad (\text{continuidade}) \quad (2.10)$$

$$\partial A_f / \partial t + \partial Q_f / \partial x_f = q_f \quad (2.11)$$

$$\Sigma q_f + q_c = q_t$$

$$\partial Q_c / \partial t + \partial (BQ_c^2 / A_c) / \partial x_c + gA_c (\partial h_c / \partial x_c + S_c) = 0 \quad (\text{dinâmica}) \quad (2.12)$$

$$\partial Q_f / \partial t + \partial (BQ_f^2 / A_f) / \partial x_f + gA_f (\partial h_f / \partial x_f + S_f) = 0 \quad (2.13)$$

onde o subscrito c se refere ao canal principal e f a zona de inundação.

O significado das outras variáveis é o mesmo apresentado no modelo de FREAD.

O fluxo lateral é considerado como uma troca de água entre o canal e a zona de inundação (Fig. 2.4).

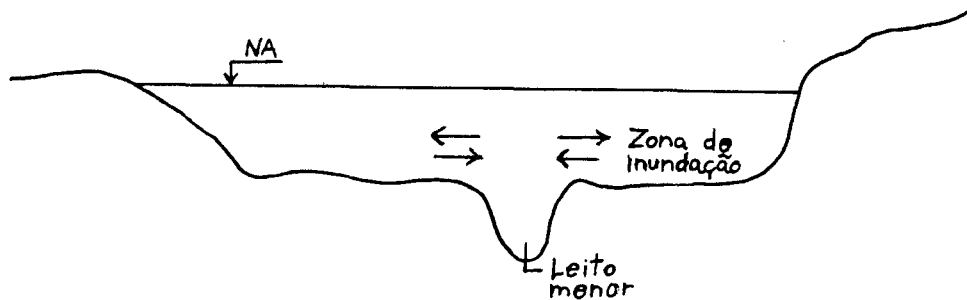


fig 2.4 - seção transversal do rio.

e - modelo com celas

Em 1964 foi desenvolvido pela SOGREAH (Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques) um modelo matemático a pedido da UNESCO (1964). Para uma parte do Delta do rio Mekong, no sudeste da Ásia.

A metodologia desenvolvida divide toda a área inundada em celas que serão interligadas entre si. O balanço total d'água que entra e sai de uma cela "i" é dado pela variação do volume armazenado na cela.

A fórmula final da equação de continuidade é :

$$\Delta V_i = A s_i (H_i) \cdot \Delta H_i = P_i(\tau) \cdot \Delta t + \Delta t \cdot \sum Q_{i,k}(H_i(\tau), H_k(\tau))$$

Onde:

$$n \cdot \Delta t \leq \tau \leq (n+1) \cdot \Delta t$$

ΔV_i = variação do volume d'água

$A s_i$ = superfície d'água no momento t.

$Q_{i,k}$ = vazão média entre as celas i e k durante t .

P_i = precipitação que cai sobre a cela em t .

O escoamento entre as celas é representado por dois tipos de ligação :

(a) - ligação tipo vertedor - quando existirem diques ou estradas nos limites das celas (Fig. 2.5).

. regime não afogado

condição: $(H_i - Z_s) < 2/3(H_k - Z_s)$

$$Q_{i,k} = \phi_D (H_k - Z_s)^{3/2}$$

. regime afogado

condição: $(H_i - Z_s) \geq 2/3(H_k - Z_s)$

$$Q_{i,k} = \phi_N (H_i - Z_s)$$

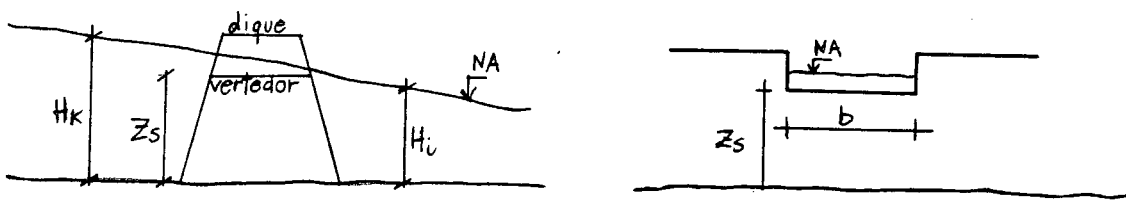


Fig. 2.5 - Escoamento em vertedor

Onde:

$$\phi_D = \mu_1 \cdot b \cdot \sqrt{2g}$$

$$\phi_N = \mu_2 \cdot b \cdot \sqrt{2g}$$

μ_1, μ_2 - coeficientes de descarga.

b - largura útil do vertedor.

z_s - altura da soleira.

H_k, H_i - altura d' água das celas k e i .

g - aceleração da gravidade.

(b) - ligação tipo fluvial - para locais onde não exista obstáculos.

Neste caso, foi utilizada a fórmula de Strickler

$$Q_{i,k} = K_{str} \cdot A_{i,k} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Onde:

K_{str} - coeficiente de Strickler.

$A_{i,k}$ - área molhada da seção entre as celas i e k .

R_h - raio hidráulico da seção $A_{i,k}$.

J - declividade da linha d' água.

O escoamento no canal principal foi representado pelo modelo difusão, que despreza os termos de inércia.

A SOGREAH de 1966 a 1977 desenvolveu um sistema denominado CARIMA, o qual combina em uma estrutura simples várias técnicas de cálculo tradicional e uns poucos novos aspectos que têm sido recentemente

desenvolvidos. (Major, Lara e Cunge, 1985)

Geralmente dois tipos de fluxo são tratados por CARIMA.

(1) Fluxo de canal uni-dimensional (1-D) no qual as equações completas de fluxo são consideradas;

(2) Fluxo bi-dimensional em planície de inundação discretizada em celas, no qual são usadas equações do tipo não-inercial e equações para fluxo em vertedores.

O fluxo uni-dimensional é modelado por uma série de pontos computacionais ao longo do rio, os quais correspondem a uma seção transversal do rio.

O fluxo bi-dimensional em planície de inundação é modelado por uma série de celas conectadas e onde a relação entre o volume de armazenamento e a altura d'água é conhecida. As ligações entre as celas são escolhidas de maneira a seguir as características naturais da região (ruas, diques, etc...). O fluxo entre celas é determinado em função do tipo de resistência encontrada (Manning, Strickler) ou da lei tipo vertedor.

O sistema CARIMA permite construir um modelo de grande complexidade por meio dos seguintes elementos:

. ponto de cálculo uni-dimensional (1-D) com nível d'água e descarga variando com o tempo, hidraulicamente definido pela forma geométrica da seção transversal e rugosidade em função do nível d'água.

. ponto nodal (1-D) um ponto fictício de confluência de diferentes seções.

. cela bi-dimensional (2-D), uma cela com armazenamento e nível d'água variando com o tempo, definida pela área da superfície d'água em função do nível.

. ponto bi-dimensional (2-D), um ponto de cálculo com nível d'água variando com o tempo.

Por definição as ligações uni e bi-dimensionais podem ser do tipo:

. canal uni-dimensional, que conecta dois pontos tipo fluvial uni-dimensional. Este tipo de ligação pode ser: verdadeira, quando une dois pontos de cálculo uni-dimensional ou fictício, quando une um ponto de cálculo com um nodal. A ligação uni-dimensional é definida pelo nome dos pontos conectados, pelo comprimento do trecho e pelo coeficiente de ponderação das principais perdas no trecho.

. ligação fluvial bi-dimensional, com descarga variando com o tempo, conecta duas celas (2-D), ou uma cela com um ponto fluvial onde o fluxo é do tipo rio.

. ligação tipo vertedor, permite simular fluxos que não obedecem a lei de Strickler. Isto é, pode representar soleiras naturais no leito do rio e fluxos sobre diques, estradas e dunas. Tais ligações são principalmente usadas para unir celas bi-dimensionais entre si ou com pontos fluviais uni-dimensional.

Os pontos nodais são usados somente para associar pontos (1-D) ou pontos simples (2-D) (confluências). Uma cela pode ser unida a um ponto nodal somente através de um ponto intermediário simples (2-D).

A calibração do modelo foi feita com o registro de 3 cheias, as quais tinham observações relativamente completas.

BEREZOWSKY (1984) utilizou a mesma metodologia apresentada pela SOGREAH para simular o fluxo em planícies de inundação, utilizando um

método de diferenças finitas implícito.

O modelo foi aplicado no delta do rio Balsas, apresentando boa concordância entre a maioria dos pontos medidos e os valores calculados.

ESPINOSA (1985) estudou as planícies inundáveis do Rio Escalante através de um modelo bi-dimensional.

O modelo é do tipo celas de fluxo e armazenamento, o qual simula o fluxo entre celas em duas direções mas de forma uni-dimensional, podendo também ser chamado de falso bi-dimensional.

Este modelo (BIDIM) foi aplicado na região sul do lago Maracaibo (Venezuela). Especificamente num tramo do rio Escalante, compreendido entre os povoados de São Carlos e Santa Bárbara de Zulia. Os resultados comparam o hidrograma de entrada com a variação dos níveis das celas no tempo.

Em resumo o desenvolvimento de modelos hidrodinâmicos que simulam as planícies de inundação tiveram as seguintes linhas :

. desprezar o efeito dinâmico das margens : Válido para pequenas profundidades no leito maior;

. dinâmica no leito de inundação, com equações próprias : Neste caso duas variações foram encontradas, com linha d'água horizontal na seção, portanto integrando as equações e o caso contrário que resultam quatro equações. Este tipo de formulação tem limitações devido a grande variabilidade do leito de inundação;

. discretização das áreas de inundações por celas : Este procedimento é aquele que permite uma melhor discretização do sistema, no

entanto os parâmetros envolvidos tem variações que na literatura não são esclarecidas.

3 - METODOLOGIA

3.1 - ESTRUTURA GERAL DO MODELO

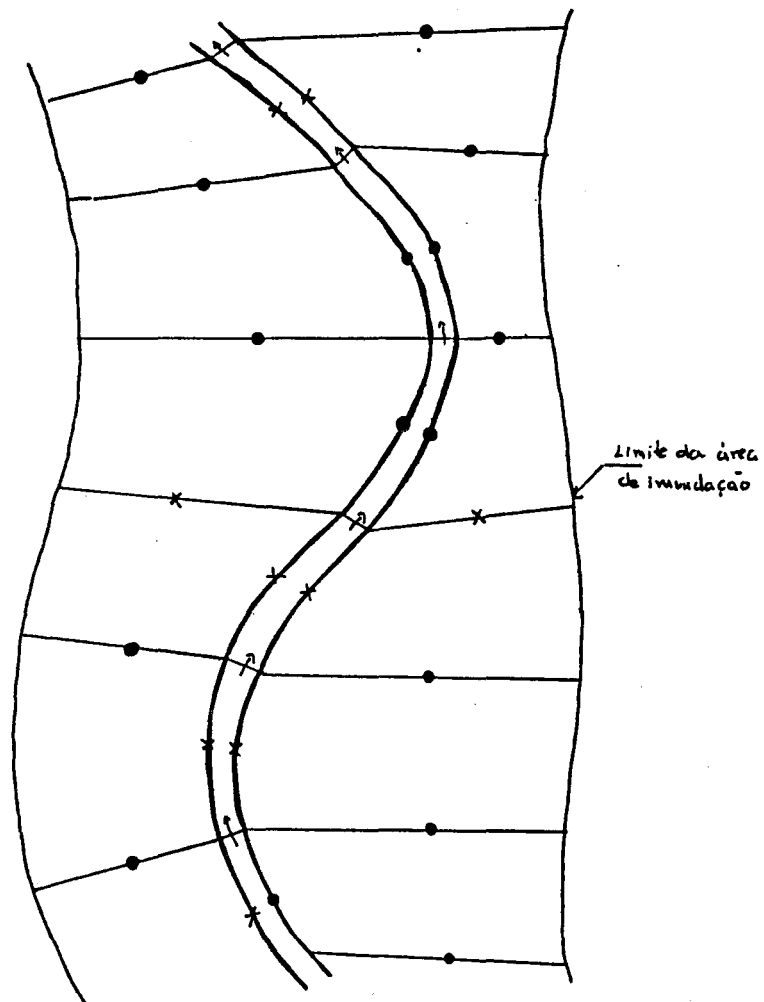
Este modelo foi construído tendo como objetivo simular rios com zonas de inundação, considerando o aspecto dinâmico das zonas inundadas. O modelo possui três módulos :

1 - Representação da calha principal de um curso d'água (Tucci, 1978).

2 - Representação da transformação chuva-vazão das bacias contribuintes (IPHII, Tucci et al, 1981).

3 - Representação das áreas inundadas em conjunto com o leito do rio, desenvolvido neste estudo.

O segundo módulo não foi utilizado neste estudo, mas está integrado ao sistema computacional. Neste trabalho o objetivo é o de usar um modelo que simule as áreas inundadas em conjunto com o leito principal do rio. O módulo utilizado nas áreas inundadas foi baseado no *Modèle mathématique du delta du Mekong* (UNESCO; SOGREAH; 1964), que utiliza o critério de discretização de celas (Fig. 3.1).



- ⇒ ligação no rio
- x ligação tipo vertedor
- . ligação tipo fluvial

fig. 3.1 - Esquema Geral do Sistema

3.2 - EQUAÇÕES BÁSICAS DO MODELO

3.2.1 - Escoamento na calha principal do rio e seus tributários.

. Equação de continuidade

$$\partial Q / \partial x + \partial A / \partial t = q_l \quad (3.1)$$

. e a equação dinâmica

$$\begin{aligned} \partial \rho Q / \partial t + V \partial \beta \rho Q / \partial x + \beta \rho V \partial Q / \partial x + \beta \rho V^2 T \partial H / \partial x + \varepsilon A \partial \rho H / \partial x \\ = \rho \varepsilon A C (S_o - S_f + q_l V_l / A \varepsilon) + \beta \rho V^2 A_x^H \end{aligned} \quad (3.2)$$

onde ρ é a densidade d'água, H é a profundidade d'água, V é a velocidade, S_o é a declividade do leito do rio, S_f é a declividade de fricção, V_l é a velocidade do fluxo lateral, β é o coeficiente de momento, ε é a aceleração da gravidade, T é a largura da seção definida como $\partial A / \partial H$ e A_x^H é definida como $(\partial A / \partial x)_{H=\text{const}}$

A declividade de fricção é aproximada pela equação :

$$S_f = Q|Q|n^2/R^{4/3}A^2$$

onde n é o coeficiente de Manning e R é o raio hidráulico.

O modelo contempla a representação de confluências, que não foi utilizado neste estudo, mas está descrito em Tucci (1978).

3.2.2 - Escoamento na zona de Inundação

A área de terras inundáveis será dividida em celas, que dentro do possível devem respeitar a topografia da região. Cada cela será considerada como um reservatório que faz intercâmbio d'água com seus vizinhos.

Para avaliar o escoamento nas zonas inundadas utilizaremos a equação de continuidade, a fórmula de Strickler e a fórmula clássica para vertedores.

. Equação de continuidade nas celas

A equação de continuidade representa a variação de volume d'água armazenado na cela 'i'.

Existem duas hipóteses fundamentais nos quais a equação é baseada:

(a) - O volume V_i do armazenamento da cela 'i' é diretamente relacionado com o nível H_i na cela, ou seja $V_i = V(H_i)$.

(b) - A descarga $Q_{i,k}^n$ entre duas celas adjacentes 'i' e 'k' em um dado tempo Δt , é função somente dos níveis H_i^n e H_k^n , ou seja $Q_{i,k}^n = Q(H_i^n, H_k^n)$.

A hipótese de que qualquer força de inércia que possa atuar no fluxo entre duas celas será desconsiderada, nos permite escrever a equação de continuidade para uma cela 'i'.

O incremento no volume d'água na cela 'i' durante um tempo Δt pode ser definido por :

(a) - condições geométricas

$$\Delta V_i = \int_{H_i(t_n)}^{H_i + \Delta H_i} AS_i(H_i) dH_i \quad (3.3)$$

Onde:

$$tn = n\Delta t$$

$H_i(t_n)$ - nível d' água no tempo t_n .

$AS_i(H_i)$ - área da superfície d' água no plano horizontal da cela i .

(b) - condições de descarga

$$\Delta V_i = \sum_k \int_{t_n}^{t_n + \Delta t} Q_{i,k}(H_i, H_k) dt \quad (3.4)$$

Onde:

$Q_{i,k}$ - descarga vinda da cela k para cela i .

k - índice de todas celas adjacentes a cela i .

Igualando as equações (3.3) e (3.4)

$$\int_{H_i(t_n)}^{H_i + \Delta H_i} AS_i(H_i) dH_i = \sum_k \int_{t_n}^{t_n + \Delta t} Q_{i,k}(H_i, H_k) dt$$

Considerando que a variação de $AS_i(H_i)$ é pequena em cada intervalo de tempo e que a integral das vazões possa ser expressa de forma discreta, resulta

$$AS_i(H_i) \Delta H_i = \Delta t \sum_k Q_{i,k}(H_i(\tau), H_k(\tau)) \quad (3.5)$$

Onde:

$$n\Delta t \leq \tau \leq (n+1)\Delta t$$

A vazão $Q_{i,k}$ de troca entre celas é calculada de acordo com o tipo de ligação entre as mesmas. Neste caso, foram consideradas as ligações tipo : fluvial e de vertedores. O primeiro caso, representa o fluxo predominante na várzea sem maior obstrução topográfica. O segundo ocorre quando existem obstáculos naturais, 'polders' ou estradas.

. ligação fluvial

No caso da ligação tipo fluvial é utilizada a fórmula de Strickler.

$$Q_{i,k} = K A_{i,k} R_{i,k}^{2/3} S^{1/2} \quad (3.6)$$

Onde:

K - coeficiente de rugosidade

$A_{i,k}$ - área da seção transversal por onde passa o fluxo

$R_{i,k}$ - raio hidráulico da seção entre a cela i e k .

S - declividade da superfície d' água.

Os parâmetros K , $A_{i,k}$ e $R_{i,k}$ dependem do nível d' água médio $\bar{H}_{i,k}$. Sendo assim,

$$K A_{i,k} R_{i,k}^{2/3} = K(\bar{H}_{i,k}) \quad (3.7)$$

Onde:

$$\bar{H}_{i,k} = \alpha H_i + (1 - \alpha) H_k$$

Chamaremos $K\bar{H}_{i,k}$ de fator de condutância ('conveyance') da seção de escoamento entre as duas celas consideradas.

A declividade da superfície d'água é expressa por :

$$S = (H_k - H_i) / \Delta x \quad (3.8)$$

onde Δx é a distância entre os centros das celas i e k .

. ligação por vertedor

Neste caso, é usada a fórmula clássica de vertedor, assumindo $H_k > H_i$. (Fig. 3.2)

São consideradas duas fórmulas de descarga:

. Para condição de fluxo livre.

$$Q_{i,k} = \mu_1 b \sqrt{2g} (H_k - Z_v)^{3/2} \quad (3.9)$$

. Para condição de fluxo submerso

$$Q_{i,k} = \mu_2 b \sqrt{2g} (H_i - Z_v)(H_k - Z_v)^{1/2} \quad (3.10)$$

Onde:

b - largura útil do vertedor
 μ_1, μ_2 - coeficientes de descarga
 g - aceleração da gravidade
 H_i, H_k - níveis da cela i e k
 Z_v - altura da soleira do vertedor.



fig. 3.2 ligação tipo vertedor.

As duas condições descritas acima podem ser distinguidas pelo seguinte critério:

Se $H_i - Z_k < 2/3(H_k - Z_v)$ o fluxo é livre

Se $H_i - Z_v \geq 2/3(H_k - Z_v)$ o fluxo é submerso.

3.3 - SOLUÇÃO NUMÉRICA

O sistema geral utilizado neste trabalho, para a simulação de

escoamento não-permanente gradualmente variado em rios com zonas de inundação é descrito por três equações.

No rio, são usadas duas equações diferenciais parciais: a equação da continuidade (que conserva a massa do escoamento) e a equação dinâmica (que conserva a quantidade de movimento). Na zona de inundação é usada a equação (3.5).

3.3.1 - Escoamento na calha Principal do Rio.

Para resolver as equações de Saint Venant numericamente, é utilizado o esquema implícito de diferenças finitas (CHEN, 1973) a seguir apresentados:

$$f_{i+1/2} = 1/2(f_i^l + f_{i+1}^l)$$

$$\partial f / \partial x = (f_{i-1}^{l+1} - f_i^{l+1}) / \Delta x \quad (3.11)$$

$$\partial f / \partial t = 1/2 \Delta t [(f_i^{l+1} - f_i^l) + (f_{i+1}^{l+1} - f_{i+1}^l)]$$

O fluxo lateral da equação da continuidade (3.1) pode ser apresentado por:

$$q_l = q_{l1} + q_{l2}$$

Onde q_{l1} é a troca de vazão com as celas de inundação (m^2/s) e q_{l2} a contribuição de afluentes e/ou bacias que entram direto no rio principal. A

vazão de troca é discretizada no tempo por,

$$q_{l1} = (q_{l1}^{t+1} + q_{l1}^t) / 2 \quad (3.12)$$

Aplicando o esquema numérico das eqs. 3.11, na equação de continuidade (3.1) resulta:

$$1/\Delta x_i (Q_{i+1}^{t+1} - Q_i^{t+1}) + T_{i+1/2} / 2\Delta t (H_i^{t+1} - H_i^t + H_{i+1}^{t+1} - H_{i+1}^t) = q_{li+1/2}^{t+1/2} \quad (3.13)$$

Introduzindo a equação (3.12) na (3.13) e expandindo o termo de tempo $t+1$ da contribuição lateral por série de Taylor resulta,

$$\begin{aligned} 1/\Delta x_i (Q_{i+1}^{t+1} - Q_i^{t+1}) + (T_i + T_{i+1})^t / 4\Delta t (H_i^{t+1} - H_i^t + H_{i+1}^{t+1} - H_{i+1}^t) = \\ q_{l1}^t + \partial q_{l1} / \partial H_k (H_k^{t+1} - H_k^t) + \partial q_{l1} / \partial H_i (H_i^{t+1} - H_i^t) + \\ \partial q_{l1} / \partial H_{i+1} (H_{i+1}^{t+1} - H_{i+1}^t) / 2 + q_{l2i+1/2}^{t+1/2} \end{aligned}$$

desenvolvendo, resulta :

$$A_i Q_i^{t+1} + B_i H_i^{t+1} + C_i Q_{i+1}^{t+1} + D_i H_{i+1}^{t+1} + E_i H_k^{t+1} = F_i \quad (3.14)$$

onde,

$$A_i = -4\Delta t / \Delta x_i$$

$$B_i = T_i^t + T_{i+1}^t - 2\Delta t \partial q / \partial H_i$$

$$C_i = 4\Delta t / \Delta x_i$$

$$D_i = T_i^t + T_{i+1}^t - 2\Delta t \partial q / \partial H_{i+1}$$

$$E_i = -2\Delta t \partial q / \partial H_k$$

$$F_i = [T_i^t + T_{i+1}^t - 2\Delta t \partial q / \partial H_i] (H_i^t + H_{i+1}^t) - 2\Delta t \partial q / \partial H_k H_k^t \\ + 4\Delta t q_{l1}^t + 4\Delta t q_{l2i+1/2}^{t+1/2}$$

Usando o mesmo procedimento na equação dinâmica (eq. 3.2), resulta :

$$1/2\Delta t [p_i^t Q_i^{t+1} - p_i^t Q_i^t + p_{i+1}^t Q_{i+1}^{t+1} - p_{i+1}^t Q_{i+1}^t] + 1/\Delta x_i ((V_i^t + V_{i+1}^t)/2) \\ [(\beta p)_{i+1}^t Q_{i+1}^t - (\beta p)_i^t Q_i^{t+1}] + ((\beta p)_i^t + (\beta p v)_{i+1}^t)/2 (Q_{i+1}^{t+1} - Q_i^{t+1})/\Delta x_i - \\ ((\beta p v^2)_i^t + (\beta p v^2)_{i+1}^t)/2 (H_{i+1}^{t+1} - H_i^{t+1})/\Delta x_i + ((\beta A)_i^t + (\beta A)_{i+1}^t)/2 \\ (p_{i+1}^t H_{i+1}^{t+1} - p_i^t H_i^{t+1})/\Delta x_i = ((\rho \beta A)_i^t + (\rho \beta A)_{i+1}^t)/2 (Z_i - Z_{i+1})/\Delta x_i - \\ \beta [1/2 [2\rho A S_f / Q (Q^{t+1} - Q^t) - 2\rho A S_f / K \partial K / \partial H (H^{t+1} - H^t) + \\ \rho S_f T (H^{t+1} - H^t)]_i + 1/2 [2\rho A S_f / Q (Q^{t+1} - Q^t) - 2\rho A S_f / K \partial K / \partial H (H^{t+1} - H^t) \\ + \rho T S_f (H^{t+1} - H^t)]_{i+1} + 1/2 [(\rho A S)_i^t + (\rho A S)_{i+1}^t] + \\ p_{i+1}^t [-1/2 ((A_f)_{i+1}^{t+1} - A_f^t) / \Delta x_i V_{l_{i+1/2}}^t / \Delta t (H_i^{t+1} - H_i^t + H_{i+1}^{t+1} - H_{i+1}^t) + \\ (\rho q_{l_2} V_{l_2})_{i+1/2}^{t+1/2} + (\beta p v^2 A_x^H)_i^t] \quad (3.15)$$

A equação (3.15) pode ser escrita simbolicamente como :

$$A_i^t Q_i^{t+1} + B_i^t H_i^{t+1} + C_i^t Q_{i+1}^{t+1} + D_i^t H_{i+1}^{t+1} = E_i^t \quad (3.16)$$

Onde :

$$A_i^t = \rho_i^t (1 + 2(S_f/V)_i^t \Delta t g) - 2\Delta t / \Delta x_i [(\beta \rho V)_{i+1/2}^t + V_{i+1/2}^t (\beta \rho)_i^t]$$

$$B_i^t = 2\Delta t / \Delta x_i [(\beta \rho V^2 T)_{i+1/2}^t - \rho_i^t g (A)_{i+1/2}^t] + \rho_i^t \Delta t g [(S_f T)_i^t - 2(CAS_f/K)_i^t (\partial K / \partial H + Z)_i^t] + \rho_{i+1/2}^t A_{i+1/2}^t / \Delta x_i V_{i+1/2}^t$$

$$C_i^t = \rho_{i+1}^t (1 + 2(S_f/V)_i^t \Delta t g) + 2\Delta t / \Delta x_i [(\beta \rho V)_{i+1/2}^t + V_{i+1/2}^t (\beta \rho)_i^t]$$

$$D_i^t = 2\Delta t / \Delta x_i [\rho_{i+1/2}^t g A_{i+1/2}^t - (\beta \rho V^2 T)_{i+1/2}^t] + \rho_i^t \Delta t g [(S_f T)_i^t - 2(CAS_f/K)_i^t (\partial K / \partial H + Z)_i^t] + \rho_{i+1/2}^t (A_f)_{i+1/2}^t / \Delta x_i V_{i+1/2}^t$$

$$E_i^t = (\rho Q)_i^t [1 + 2\Delta t g (S_f/V)_i^t] + (\rho Q)_{i+1}^t [1 + 2\Delta t g (S_f/V)_{i+1}^t] + 2\Delta t / \Delta x_i g (\rho A)_{i+1/2}^t (Z_i + Z_{i+1}) + H_i^t \rho_i^t \Delta t g [(S_f T)_i^t - 2(CAS_f/K)_i^t (\partial K / \partial H)_i^t] + H_{i+1}^t \rho_{i+1}^t \Delta t g [(S_f T)_{i+1}^t - 2(CAS_f/K)_{i+1}^t (\partial K / \partial H)_{i+1}^t] + \rho_{i+1/2}^t (A_f V)_{i+1/2}^t / \Delta x_i (H_i^t + H_{i+1}^t) - g \Delta t [(\rho A S_f)_i^t + (\rho A S_f)_{i+1}^t] +$$

$$2\Delta t \rho_{i+1/2}^t (q_{12} V_{12})_{i+1/2}^{t+1/2} + 2\Delta t (\beta \rho V^2 A_x^H)_{i+1/2}^t$$

Z_i é a cota de fundo do leito do rio.

3.3.2 - Escoamento na Zona de inundação

Considerando a eq. 3.5 na forma diferencial e introduzindo a contribuição lateral direta q_l que pode ser a precipitação de uma bacia ou uma face da cela que recebe a contribuição, resulta

$$A \frac{\partial H}{\partial t} = \sum_{k=1}^4 Q_{i,k} + q_l \quad (3.17)$$

Onde :

i, k = índices das celas.

H = profundidade d' água na cela.

A = área da superfície d' água na cela.

$Q_{k,i}$ = é a vazão de troca entre as celas i e k .

q_l = contribuição lateral da bacia.

A solução numérica desta equação pode ser obtida por

$$A_i^t (H_i^{t+1} - H_i^t) / \Delta t = \sum_{k=1}^4 (\theta Q_{i,k}^{t+1} + (1-\theta) Q_{i,k}^t) + (q_l^{t+1} + q_l^t) / 2 \quad (3.18)$$

Expandindo em série de Taylor a vazão $Q_{i,k}^{t+1}$ obtém-se

$$Q_{i,k}^{t+1} = Q_{i,k}^t + (\partial Q_{i,k} / \partial H_i) (H_i^{t+1} - H_i^t) + (\partial Q_{i,k} / \partial H_k) (H_k^{t+1} - H_k^t) \quad (3.19)$$

Substituindo a equação 3.19 em 3.18 e considerando o sentido positivo a direção de fluxo de $k \rightarrow i$, resulta

$$A_i^t / \Delta t (H_i^{t+1} - H_i^t) = \sum_{k=1}^4 \left(\theta [Q_{i,k}^t + \partial Q / \partial H_i (H_i^{t+1} - H_i^t) + \partial Q / \partial H_k (H_k^{t+1} - H_k^t)] \right.$$

$$\left. + (1-\theta) Q_{i,k}^t \right) + (q_i^{t+1} + q_i^t) / 2$$

$$(A_i^t / \Delta t - \theta \sum_{k=1}^4 \partial Q_{i,k} / \partial H_i) H_i^{t+1} - \theta \sum_{k=1}^4 \partial Q_{i,k} / \partial H_k H_k^{t+1} = (A_i^t / \Delta t - \theta \sum_{k=1}^4 \partial Q / \partial H_i) H_i^t$$

$$+ \sum_{k=1}^4 (-\theta \partial Q / \partial H_k H_k^t + Q_{i,k}^t) + (q_i^{t+1} + q_i^t) / 2$$

Reorganizando os termos resulta,

$$M_i H_i^{t+1} + \sum_{k=1}^4 M_k H_k^{t+1} = G \quad (3.20)$$

onde:

$$M_i = A_i^t / \Delta t - \theta \sum_{k=1}^4 \partial Q_{i,k} / \partial H_i$$

$$M_k = -\theta \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial H_k}$$

$$G = \sum_{k=1}^4 (-\theta \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial H_k} H_k + Q_{i,k})^t + (A_i^t / \Delta t) - \theta \sum_{k=1}^4 \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial H_i} H_i^t + (Q_i^{t+1} + Q_i^t) / 2$$

. Cálculo da vazão e suas derivadas.

(a) - ligação fluvial (Fig. 3.3).

Neste caso consideramos a área de $A = b \cdot H$ e o raio hidráulico de $R = H$.

$$Q = 1/n R^{2/3} I^{1/2} A$$

$$Q = bH^{5/3} / n [(H_i - H_k) / \Delta L]^{1/2} \quad (3.21)$$

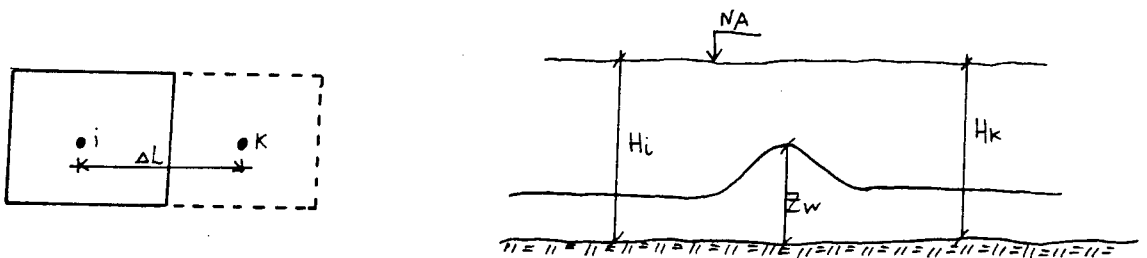


Fig. 3.3 - Ligação tipo fluvial.

Onde Z_w é a cota a partir do qual ocorre o escoamento.

O sinal negativo indica a vazão entrando na cela i e o positivo no caso contrário.

Para definir o sinal ϵ utilizado o fator unitário

$$\epsilon = (H_k^{l+1} - H_i^{l+1}) / |H_k^{l+1} - H_i^{l+1}| \quad (3.22)$$

A equação 3.21 fica

$$Q = b/n(\Delta L)^{1/2} ((H_i + H_k)/2 - Z_v)^{5/3} |H_k - H_i|^{1/2} \quad (3.23)$$

onde a profundidade na seção de escoamento ϵ representada por $(H_i + H_k)/2 - Z_v$

multiplicando pelo fator unitário temos

$$Q = b/n(\Delta L)^{1/2} [(H_i - H_k - 2Z_v)/2]^{5/3} (H_k - H_i) |H_k - H_i|^{-1/2} \quad (3.24)$$

Para $(H_i + H_k)/2 - Z_v > 0 \quad \rightarrow \quad$ ligação tipo fluvial

. Se $H_i > H_k$

$$K = b/n(\Delta L)^{1/2}$$

As derivadas ficam :

$$\partial Q / \partial H_i = Q^t \{ 5/3 (H_i + H_k - 2Z_v)^{-1} - (H_k - H_i)^{-1} - 1/2 (H_i - H_k)^{-1} \} \quad (3.25)$$

$$\partial Q / \partial H_k = Q^t \{ 5/3 (H_i + H_k - 2Z_v)^{-1} + (H_k - H_i)^{-1} + 1/2 (H_i - H_k)^{-1} \} \quad (3.26)$$

Se $H_k > H_i$

$$\partial Q / \partial H_i = Q \left(5/3(H_i + H_k - 2Z_v)^{-1} - (H_k - H_i)^{-1} + 1/2(H_k - H_i)^{-1} \right) \quad (3.27)$$

$$\partial Q / \partial H_k = Q \left(5/3(H_i + H_k - 2Z_v)^{-1} + (H_k - H_i)^{-1} - 1/2(H_k - H_i)^{-1} \right) \quad (3.28)$$

(b) - Ligação de Vertedores (Fig. 3.4).

Para $(H_k - H_i)/2 - Z_v < 0$

Se $2/3(H_i - Z_v) \leq (H_k - Z_v)$, o vertedor é afogado e a vazão é:

$$Q = -Cb \sqrt{|H_i - H_k|} (H_k - Z_v) \quad (3.29)$$

onde $C = \mu_1 \sqrt{2g}$

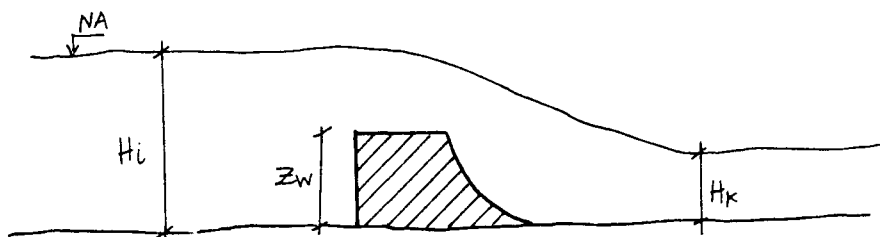


Fig. 3.4 - Ligação tipo vertedor.

As derivadas ficam :

. Se $H_i > H_k$

$$\partial Q / \partial H_i = Q^t / 2(H_i - H_k)^{-1} \quad (3.30)$$

$$\partial Q / \partial H_k = Q^t \left\{ (H_k - Z_v)^{-1} - 1/2(H_i - H_k)^{-1} \right\} \quad (3.31)$$

. Se $H_i < H_k$

$$\partial Q / \partial H_i = Q^t / 2(H_k - H_i)^{-1} \quad (3.32)$$

$$\partial Q / \partial H_k = Q^t \left\{ (H_k - Z_v)^{-1} + 1/2(H_k - H_i)^{-1} \right\} \quad (3.33)$$

Quando o vertedor é do tipo não afogado a vazão é :

$$Q = -Cb(H_i - Z_v)^{3/2} \quad (3.34)$$

e as derivadas ficam

$$\partial Q / \partial H_i = 3Q^t / 2(H_i - Z_v)^{-1} \quad (3.35)$$

$$\partial Q / \partial H_k = 0 \quad (3.36)$$

3.3.3 - Resolução do sistema

As equações 3.14 e 3.16 são aplicadas nas seções $i =$

1, 2, ..., n-1 do rio, o que resultam $2(n-1)$ equações. As incógnitas são $2n$, onde n é o número de seções e em cada seção existem duas variáveis H^{t+1} e Q^{t+1} . Para cada cela é utilizada a equação 3.20, o que resultam m equações portanto m incógnitas, onde m é o número de celas e em cada cela existe uma variável. As condições de montante e jusante fornecem mais duas equações, resultando num sistema de $2n+m$ equações a $2n+m$ incógnitas para ser resolvido em cada intervalo de tempo. Neste caso as equações resultantes são lineares, resultando o sistema de equações em notação matricial:

$$A \cdot X = E \quad (3.37)$$

onde A é a matriz dos coeficientes; X a matriz das incógnitas e E é a matriz dos termos independentes.

3.4 - CONDIÇÕES INICIAIS

As equações diferenciais de escoamento gradual necessitam de condições iniciais e de contorno para resolver a equação dentro da região delimitada por estas condições. No caso da solução numérica é necessário especificar o valor dos níveis e vazões em todas as seções e o valor dos níveis em todas as celas no tempo inicial. Normalmente estes dados são desconhecidos, eles devem ser estimados de maneira a não provocar instabilidade no modelo.

Quando ocorrem pequenas profundidades (situação de fluxo nulo) a solução do algoritmo computacional pode causar problemas como mensagem de divisão por zero ou produzir resultados falsos. Considerando esta dificuldade aconselhamos que a simulação inicie com o leito inundado.

3.5 - CONDIÇÕES DE CONTORNO

A especificação das condições nos limites é feita em função do regime a ser simulado. Quando o regime subcrítico, deve-se especificar uma condição a montante e outra a jusante já que os efeitos se propagam segundo as características. Para regime supercrítico é necessário apenas especificar as condições de montante. O caso de inundação de várzeas se caracteriza como regime subcrítico.

As condições de contorno podem ser representadas por cotogramas e hidrogramas das seções extremas. Estes registros representam a variação natural do rio ou a operação de obras hidráulicas. A curva-chave também poderá ser usada como condição de jusante, se os efeitos de jusante forem pequenos e a relação entre Q e H se aproximarem de uma linha reta ou curva.

O modelo aqui estudado aceita somente uma condição de contorno para cada extremo do sistema, desconsiderando as diferenças que podem estar ocorrendo na dinâmica das celas limítrofes. No nosso caso o fluxo de entrada e saída do sistema foi considerado apenas no canal principal, desconsiderando a entrada pelas celas.

3.6 - DISCRETIZAÇÃO DO SISTEMA

Nos itens anteriores foram apresentadas as equações de Saint Venant para o rio e a equação de continuidade para as celas e as soluções numéricas dessas equações.

Para resolver numericamente este problema é necessário discretizar o curso d'água em trechos e a zona inundável em celas com base nos seguintes critérios :

. uniformidade no curso d' água

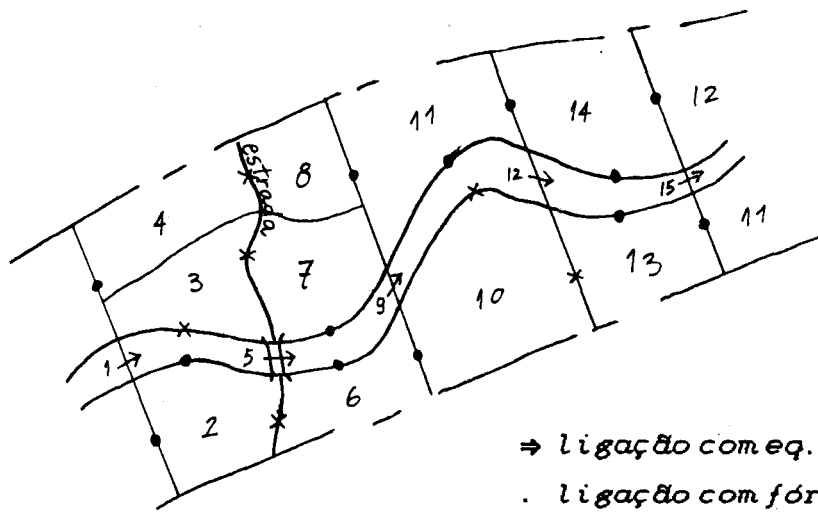
As seções devem ser escolhidas procurando representar a morfologia do rio, ou seja sempre que houver alterações significativas na uniformidade do rio, deve-se adotar seções que representem essas modificações.

As variações na largura, profundidade e rugosidade representam as mudanças mais importantes nas características de um rio. Quando essas variáveis modificarem substancialmente a função $K(Y)$ conveyance em função da profundidade é necessário discretizar com maior detalhe.

. discretização da zona inundável

A zona inundável deverá ser dividida em um certo número de celas. Esta divisão não será arbitrária, mas baseada no máximo possível em limites naturais como estradas, diques, banquetas naturais, etc... Caso não existam obstáculos naturais, a divisão deverá ser feita de tal maneira que o tamanho das celas sejam adequados aos nossos estudos.

Face a grande sensibilidade do modelo com relação as trocas de vazão entre cela x rio, aconselhamos que as distâncias entre as seções do rio fiquem em torno de 1,0 Km.



⇒ ligação com eq. de Saint Venant
 . ligação com fórmula de Strickler
 x ligação com fórmula de vertedor

Fig. 3.5 - Discretização da zona de inundação e leito principal do rio.

Cada cela comunica-se com as suas celas vizinhas ou rio e a ligação entre elas corresponde a uma troca de escoamento que dependerá das condições físicas do limite.

. condições internas

Quando existem condições que afetam o escoamento do rio, como barragens, pilares de pontes, estreitamento, confluências é necessário avaliar o efeito destes obstáculos. Uma das maneiras é discretizar o trecho em que se encontra a obra e avaliar separadamente as mudanças que ela provoca no escoamento do rio, sendo introduzido no modelo como condição interna.

O rio é representado por seções transversais distribuídas ao longo do trecho. O espaçamento entre as seções não deve ser necessariamente

constante, embora sejam dependentes da batimetria, já que as seções devem ser posicionadas procurando representar todas as mudanças morfológicas que afetam a solução.

As características da seção transversal serão dadas sob a forma tabular, relacionando a área, largura e raio hidráulico com a profundidade.

O mesmo procedimento é adotado nos limites das celas. Para cada ligação é dada, sob forma tabular, a relação de largura, área e raio hidráulico com a profundidade.

Para a avaliação da variação de volume d'água das celas, serão dados sob a forma tabular a relação profundidade e área horizontal da cela. Os dados serão retirados de plantas plani-altimétricas em uma escala adequada.

Este procedimento aumenta o tempo de cálculo e o armazenamento de dados durante o processamento, mas apresenta resultados mais confiáveis.

3.7 - PARÂMETROS DO SISTEMA FLUVIAL

. estimativa da rugosidade

Para o ajuste da rugosidade é necessário dispor de níveis ou vazões nos limites e nas seções intermediárias de interesse durante a ocorrência do evento que se deseja simular, com uma discretização no tempo compatível com a realidade.

Quando não se dispõe de dados adequados, o modelo pode ser utilizado adotando estimativas para os parâmetros. Como estimativa inicial

pode-se utilizar os valores apresentados por Chow (1959).

. declividade do fundo

O nivelamento das seções do rio muitas vezes não caracteriza a declividade média do mesmo. Isto ocorre principalmente quando as seções estão localizadas em buracos formados no fundo do rio.

Estes dados devem ser analisados criteriosamente pois pequenos erros de níveis podem distorcer a solução do modelo.

4 - APLICAÇÃO DO MODELO

4.1 - Rio Iguaçu

O rio Iguaçu é um dos principais afluentes do Paraná. Tem suas nascentes perto de Curitiba, drena em seu percurso de aproximadamente 1100 km, uma bacia de 68000 km².

Esta bacia hidrográfica é constituída de quatro bacias principais : A bacia do rio Iguaçu, no centro-sul da região, apresentando declividades moderadas, extensas várzeas, amplos e numerosos meandros e grandes áreas inundáveis. A bacia do rio da várzea, onde as planícies aluviais se tornam mais estreitas e a declividade mais acentuada. As bacias do rio Açungui e do rio Capivari, ao norte da região onde a declividade é alta, sendo frequente as rupturas de declive, apresentando ao longo de seu curso corredeiras e cachoeiras.

O trecho escolhido para este estudo (28,75 km) se encontra na bacia do rio Iguaçu, a jusante da Região Metropolitana de Curitiba, entre São José dos Pinhais e Araucária, com uma área de drenagem de aproximadamente 1500 km². (Fig. 4.1)

Esta região sofre enchentes periódicas de grande frequência, provocando problemas para as populações ribeirinhas. As zonas ribeirinhas já sofreram modificações em suas características físicas, com aterros, estradas, pontes, desmatamentos, etc..., aumentando consideravelmente a magnitude das enchentes.

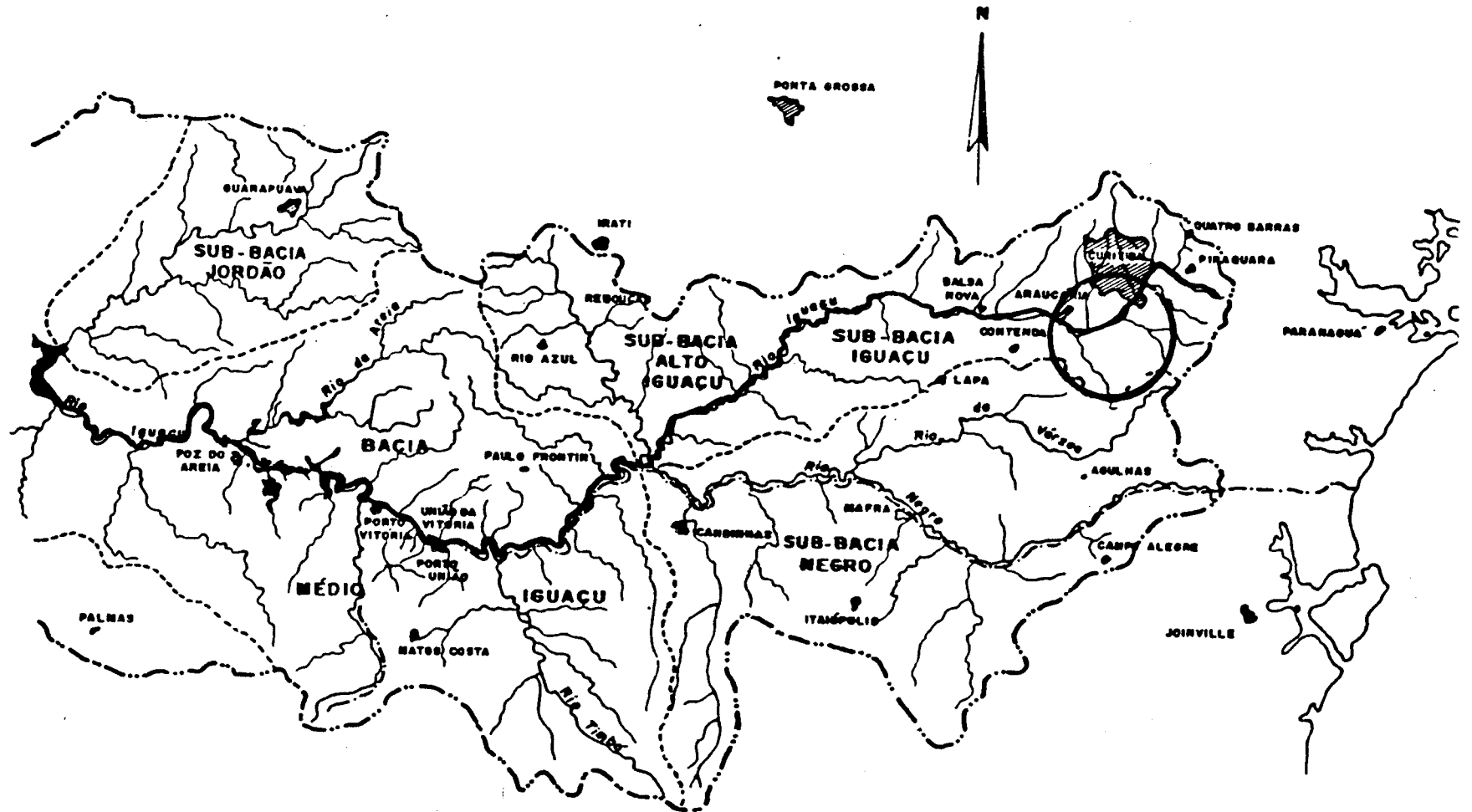


Fig. 4.1 — Bacia do alto e médio Iguazu

4.2 - Dados disponíveis

A aplicação deste tipo de modelo requer dados com um nível de detalhamento muito grande. No Brasil, dificilmente as bacias hidrográficas apresentam dados adequados.

No rio escolhidos para este trabalho, rio Iguaçu, existem dados que possibilitam a caracterização física da região num nível que não é totalmente satisfatório, mas podem ser utilizados para uma aferição preliminar do modelo.

- *Dados topográficos e de batimetria*

- . plantas plani-altimétricas : esc. 1 : 10.000
esc. 1 : 50.000
- . planta baixa do rio : esc. 1 : 50.000
- . seções transversais do rio (17 seções) abrangendo as zonas inundadas.
esc. H - 1 : 2.000
esc. V - 1 : 100

A escala na planta plani-altimétrica é insuficiente para permitir visualização da topografia no nível desejado, e que é fornecida nas seções. Isto dificultou a discretização das áreas de inundação.

- *Dados limimétricos*

- . cotas do nível d'água em 17 pontos do trecho estudado para a cheia de jul/83.

- *Dados de vazões*

. As vazões foram estimadas para a cheia de jul/83, em 4 pontos do trecho. (Magna, 1984)

Não existem registros no tempo para cheias ocorridas.

4.3 - Discretização

As seções do leito principal utilizadas no modelo hidrodinâmico foram identificadas diretamente das plantas altimétricas. Para efeito de aplicação do modelo dividiu-se o trecho de 28,75 km, em 27 sub-trechos diferentes, de aproximadamente 1,0 km de extensão. As seções intermediárias foram determinadas por interpolação linear (Fig. 4.3). No anexo A são apresentadas as características físicas (área, raio hidráulico, ...) do leito maior para todas as seções.

. definição das celas

A discretização das áreas inundadas acompanha o mesmo traçado dos trechos do rio. Procurando seguir a topografia, foram criadas celas de cada lado dos trechos do rio (Fig. 4.3). Na figura 4.2 é representada a discretização de forma esquemática. Devido as limitações dos dados não foi possível discretizar com maior precisão.

A caracterização física das celas foi feita de duas maneiras:

1 - Volume da cela - foi representado pela relação profundidade x área, obtida das plantas plani-altimétricas esc: 1:10.000.

2 - Limites da cela - os limites laterais das celas foram obtidos das seções transversais esc. 1:100 e 1:2000, que forneceram os seguintes parâmetros : raio hidráulico, área, perímetro molhado, largura e profundidade. Os dados de entrada para as celas são apresentados no anexo A.

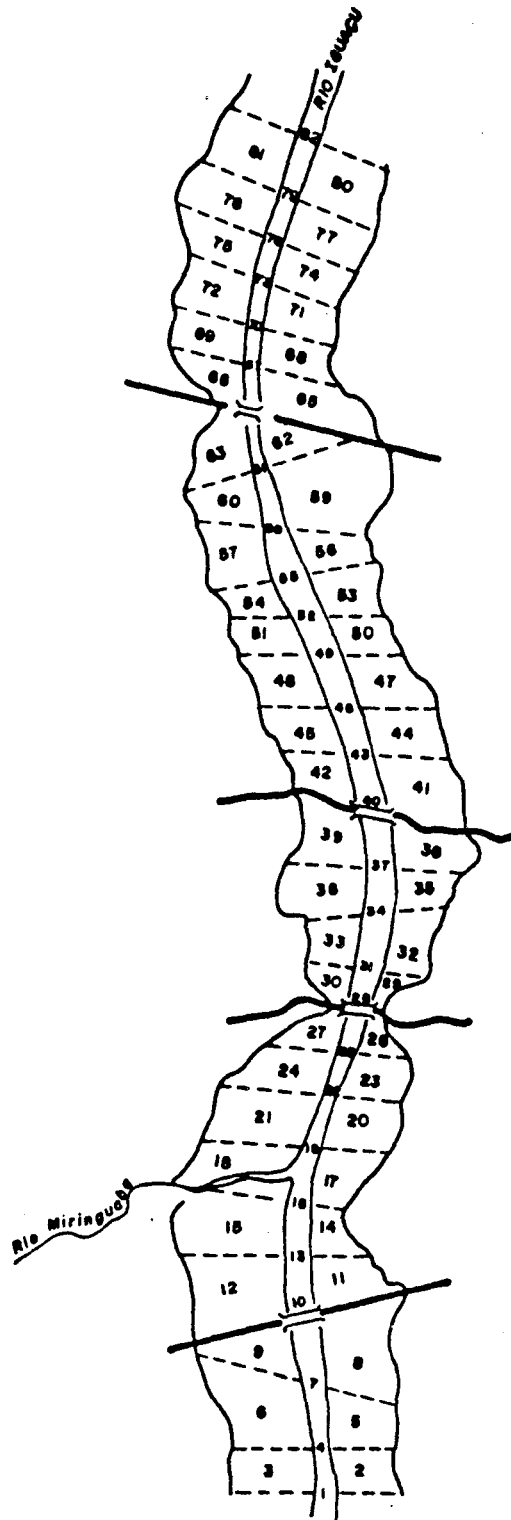


Fig. 4.2 — Discretização do sistema na forma esquemática

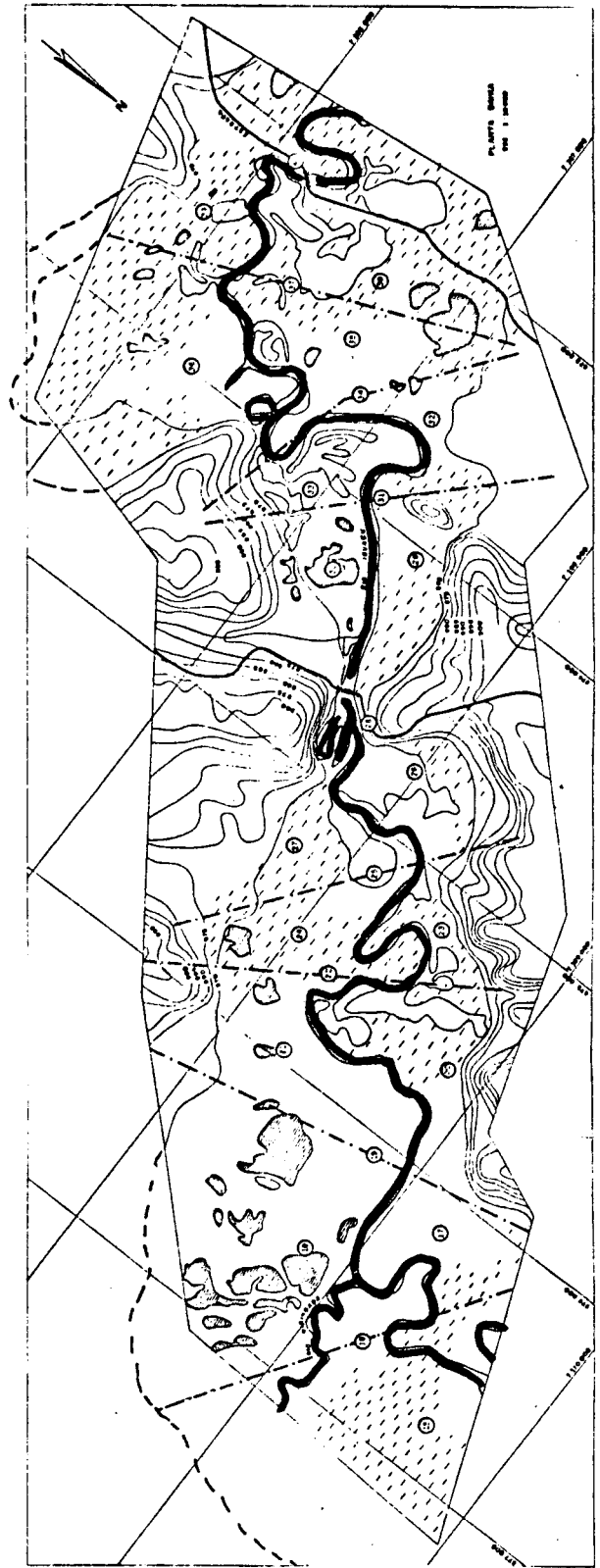
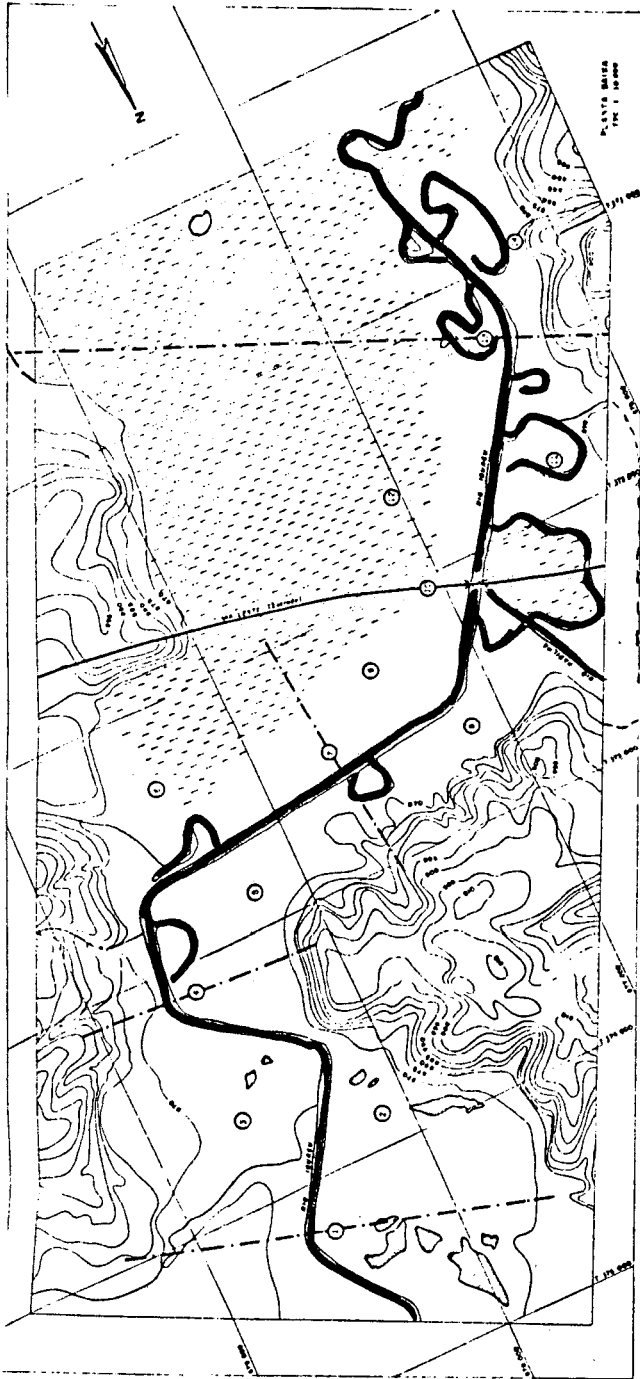


Fig. 4.3 (a) - Planta com discretização do sistema

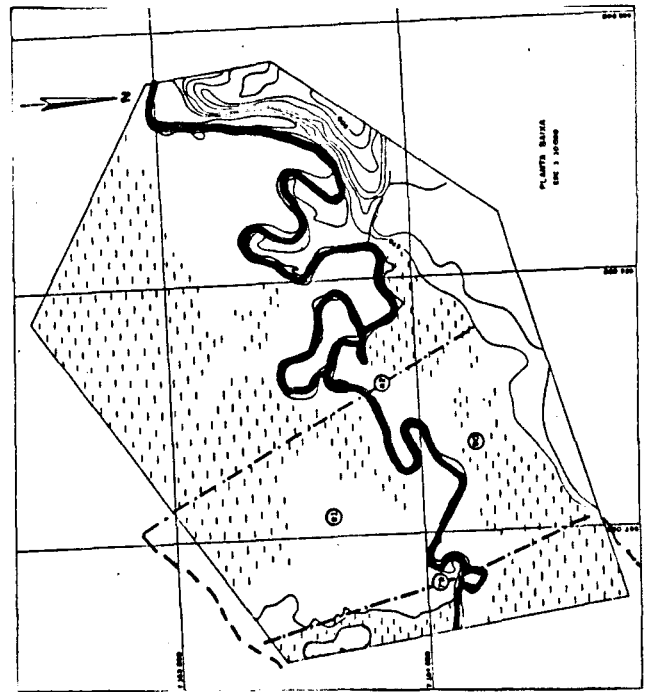
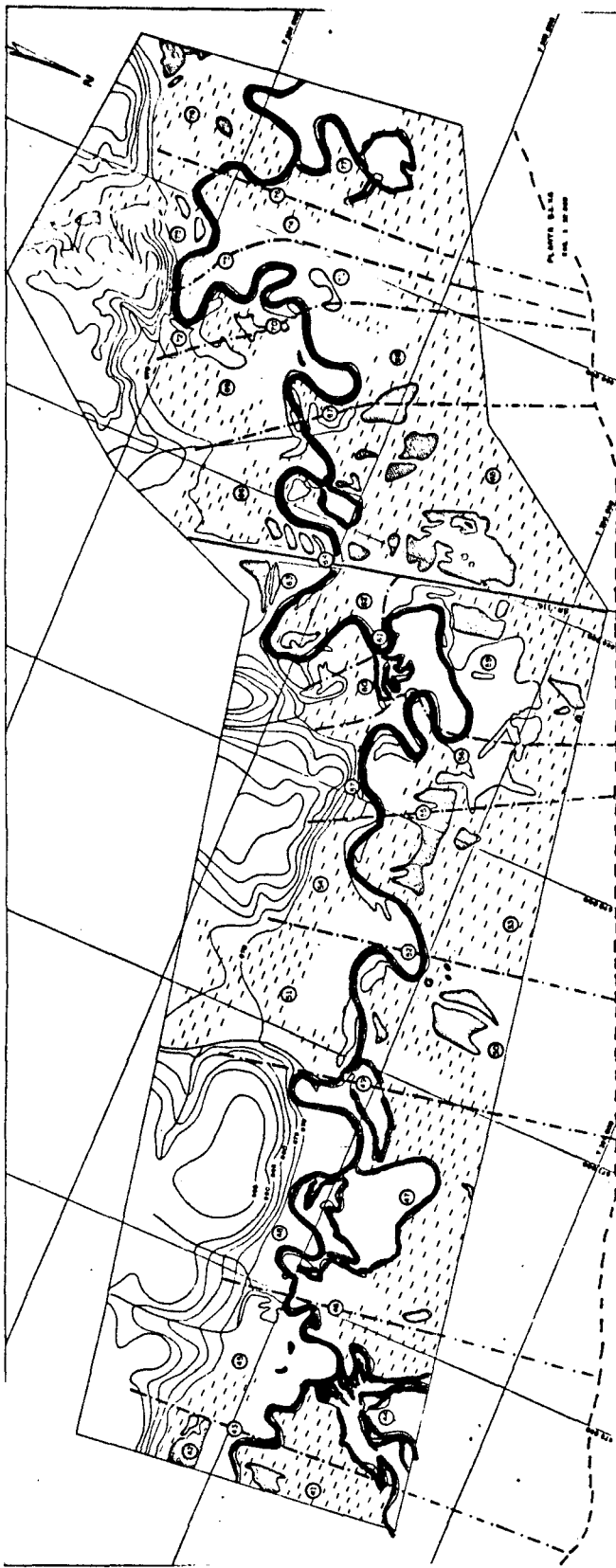


Fig. 4.3 (b) - Planta com discretização do sistema

. Limitação dos dados :

Os dados usados na simulação, como níveis, vazões, etc... foram medidos pelas marcas deixadas após a cheia, no caso dos níveis, ou foram estimadas, como é o caso das vazões.

Como condição de montante adotou-se a vazão de 204,0 m³/s, valor estimado para este evento. Já para a condição de jusante foi adotada a curva chave cujo o cálculo é feito internamente pelo modelo através da fórmula de Manning e das características físicas da seção.

Foram consideradas contribuições lateral ao longo do trecho e ainda a contribuição pontual do rio Miringuaba no trecho 6, estimadas por Magna-1984.

4.4 - Análise de sensibilidade

Existe grande dificuldade em estimar os diferentes parâmetros utilizados na formulação das áreas inundáveis. A análise de sensibilidade procura indicar a variação provável dos parâmetros.

A sensibilidade das variáveis com relação a mudança dos parâmetros do modelo pode ser medida analiticamente, quando se possui explicitamente as funções, ou experimentalmente, através de testes numéricos. As variáveis que serão objeto de análise são o escoamento superficial e a vazão. Neste capítulo estudaremos através de testes numéricos a influência da rugosidade nas variáveis analisadas.

A rugosidade em rios com áreas de inundação apresenta valores com ordem de grandeza distintas para o leito do rio e várzeas. A análise é realizada na rugosidade das várzeas e a influência desta sobre o nível do rio.

O escoamento das celas foi analisado com valores de rugosidade variando de $0,10 < n < 1,0$. A *fig. 4.4* mostra a relação existente entre vazão (velocidade) e rugosidade nos limites das celas 48 e 51.

Como podemos observar na *fig. 4.4* (celas 48-51) para um n pequeno ($0,10-0,20$) o $\Delta n = 0,10$ produz um $\Delta Q = 16,0 \text{ m}^3/\text{s}$, já para valores de n maiores ($0,9-1,0$) o mesmo $\Delta n = 0,10$ faz com que ΔQ fique em torno de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

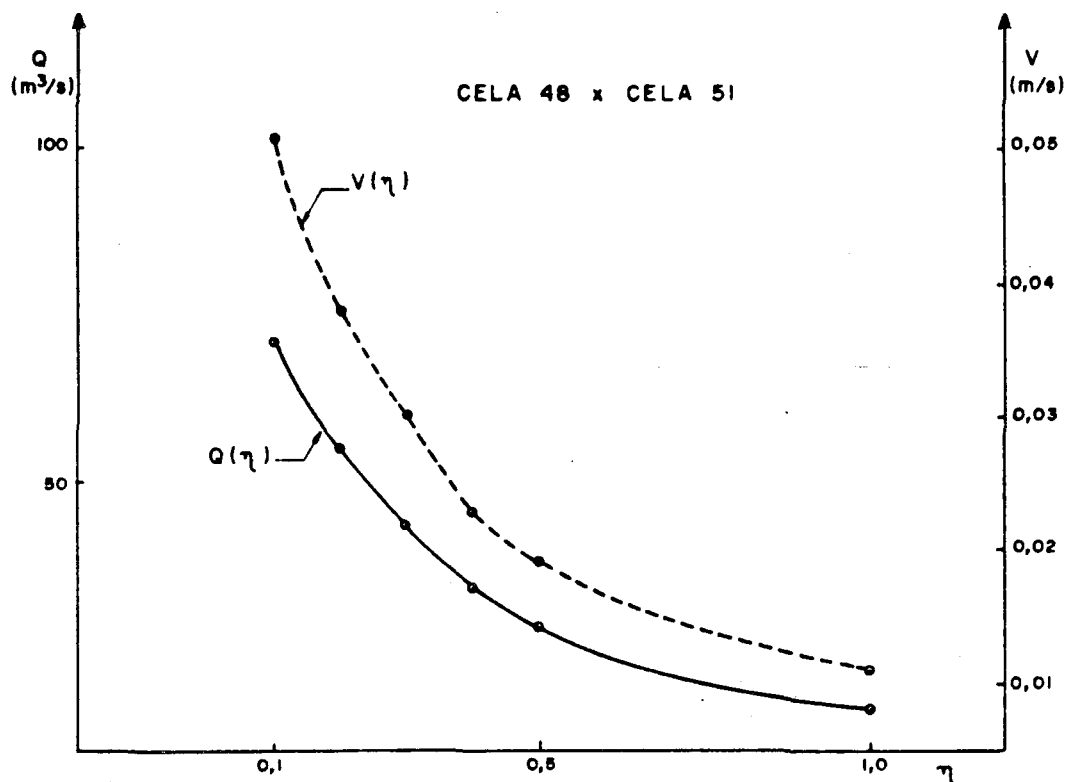


Fig 4.4 - Relação vazão e velocidade x rugosidade entre celas.

O mesmo ocorre com a análise do escoamento entre cela e rio. As rugosidades adotadas entre cela e rio ficaram em torno de $1,0 < n < 3,0$.

A *fig. 4.5 (cela 48-trecho 16)* mostra o mesmo tipo de comportamento existente entre cela x cela. Para um mesmo Δn existem distintos ΔQ , dependendo basicamente da ordem de grandeza da rugosidade. Para rugosidade variando de 1,0 para 2,0 temos $\Delta Q = 80,0 \text{ m}^3/\text{s}$, já que se variarmos de 2,0 para 3,0 teremos $\Delta Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dai podemos concluir que a relação vazão(velocidade) x rugosidade tem o comportamento de uma curva assintótica. Quanto maior o $n \rightarrow +$ a vazão tende $Q \rightarrow 0$ e $\Delta Q \rightarrow 0$.

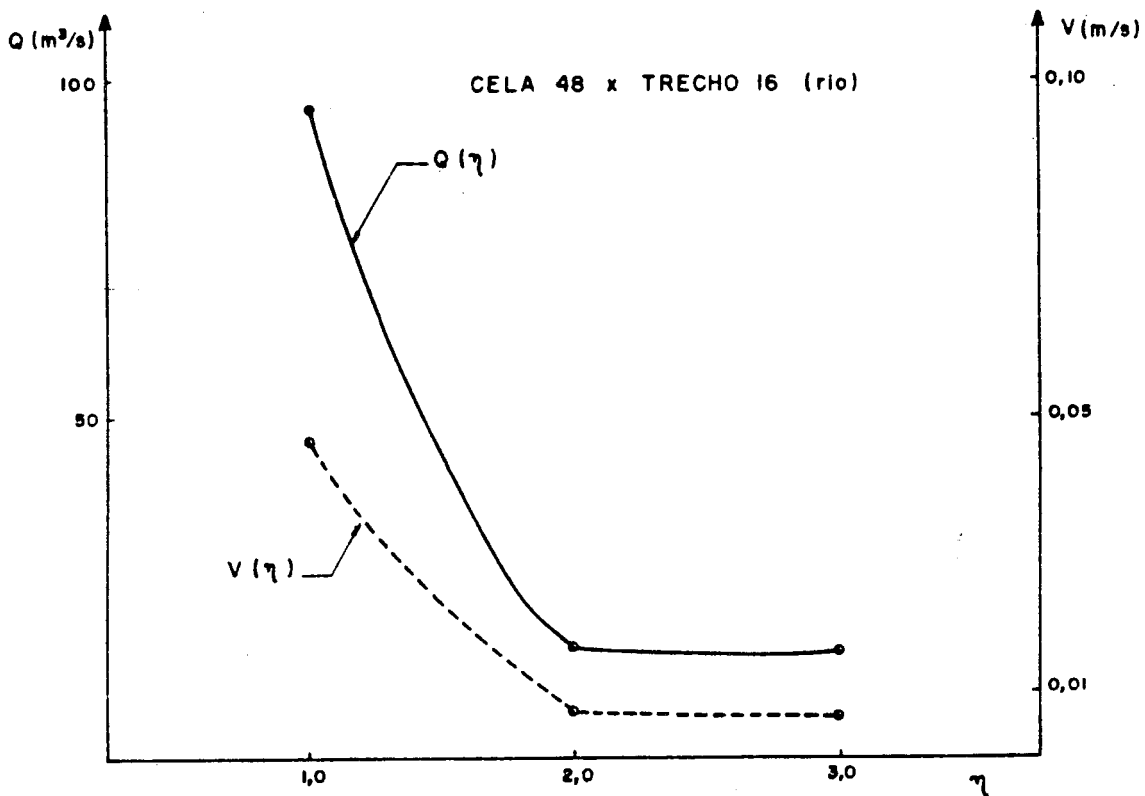


Fig 4.5 - Relação vazão e velocidade x rugosidade entre cela e rio.

A análise de sensibilidade da rugosidade foi feita no rio Iguaçu, com os mesmos dados utilizados no ajuste do modelo.

A *fig. 4.6* (trecho 15 à 18) nos mostra o comportamento dos níveis do rio entre as seções 43 e 55, ao variarmos o valor de n de todas as ligações entre as celas.

A escolha de n para um modelo vai depender da possibilidade de medir a rugosidade em campo, da sensibilidade e experiência do hidrólogo e/ou de valores adotados em outros trabalhos semelhantes.

No caso deste trabalho, o gráfico mostra que os níveis produzidos para rugosidades entre $0,2 < n < 0,5$ têm o mesmo comportamento e estão mais próximos um do outro. Considerando este fato e também os valores de n adotados em outros trabalhos com várzeas, optou-se por $n = 0,5$ como rugosidade entre celas, para o ajuste final do modelo.

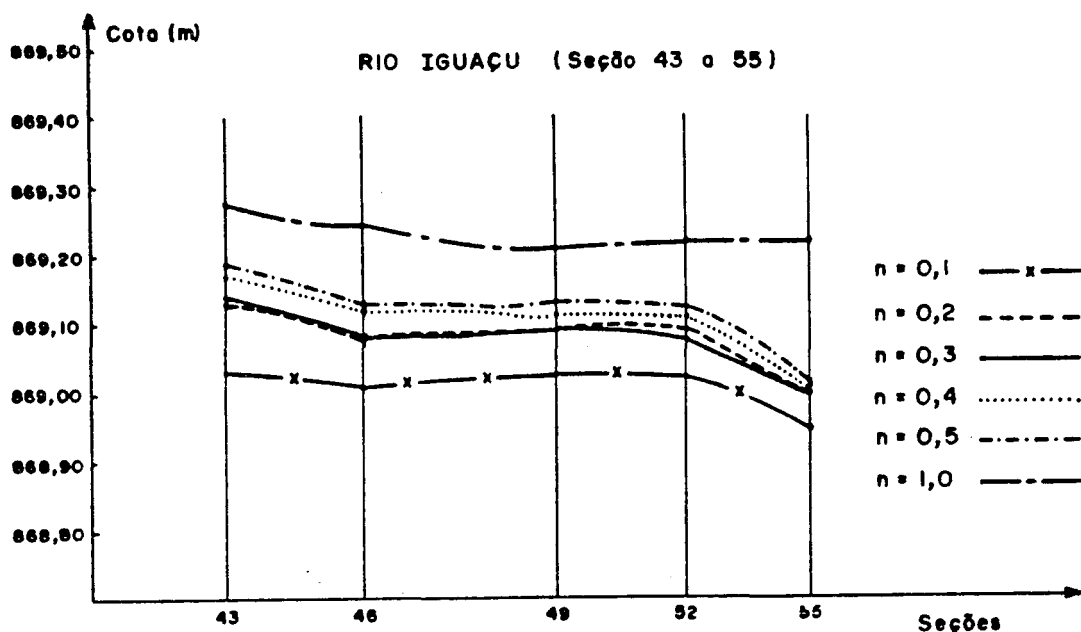


Fig. 4.6 - Comportamento do nível do rio com a variação da rugosidade entre celas.

A *fig. 4.7* mostra o comportamento do nível do rio, considerando neste caso, a variação de n entre cela e rio. Mantendo a cota de escoamento como a cota média das margens das duas seções consideradas.

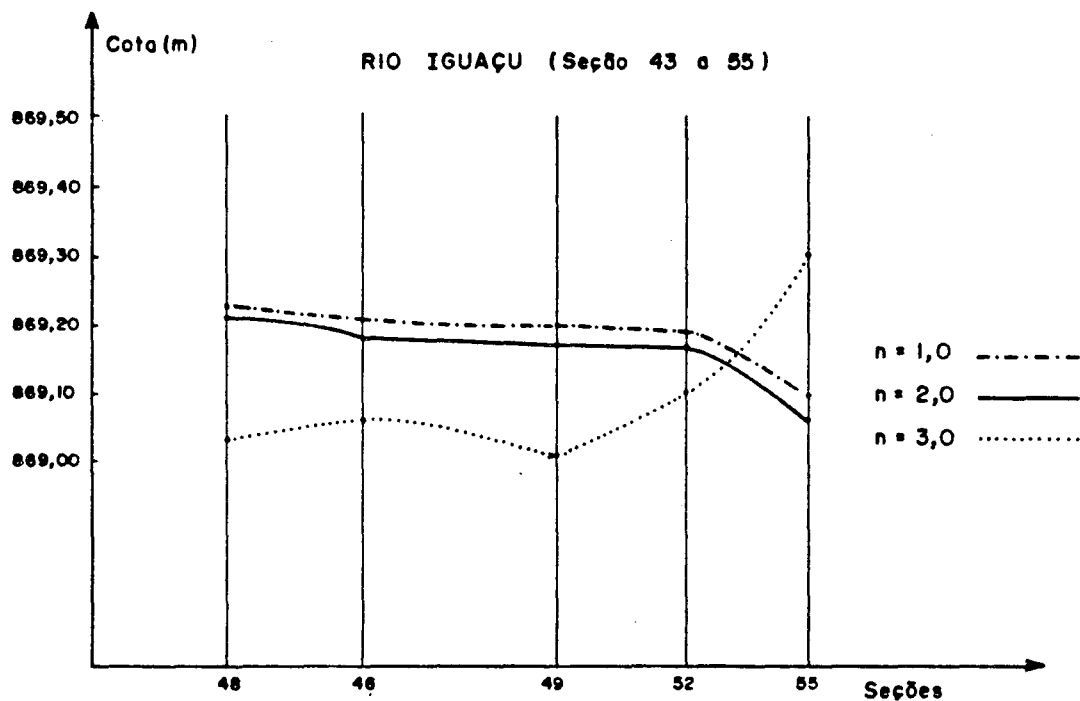


Fig. 4.7 - Comportamento do nível do rio com a variação da rugosidade entre cela e rio.

Como podemos observar no gráfico acima, as rugosidades 2,0 e 3,0 mantêm os níveis estáveis em todos os trechos. Já $n = 1,0$ provoca uma instabilidade em alguns trechos. Para $n < 1,0$ ocorre instabilidade na solução numérica devido as grandes trocas de vazão. Isto é decorrente principalmente da discretização da troca rio-cela. Devido a falta de dados

dados topográficos, em geral adotou-se uma seção de troca superdimensionada. Procurou-se corrigir estes valores multiplicando a área de troca entre as celas e o rio por $PK = L^0 / L$, onde L^0 é a distância em linha reta entre duas seções e L é a distância entre duas seções acompanhando a sinuosidade do rio.

A *fig. 4.8* mostra o comportamento do nível do rio com variação de n entre cela e rio, neste caso utilizou-se o fator $PK = L^0 / L$ que tem a função de diminuir a seção de escoamento onde o rio é muito sinuoso.

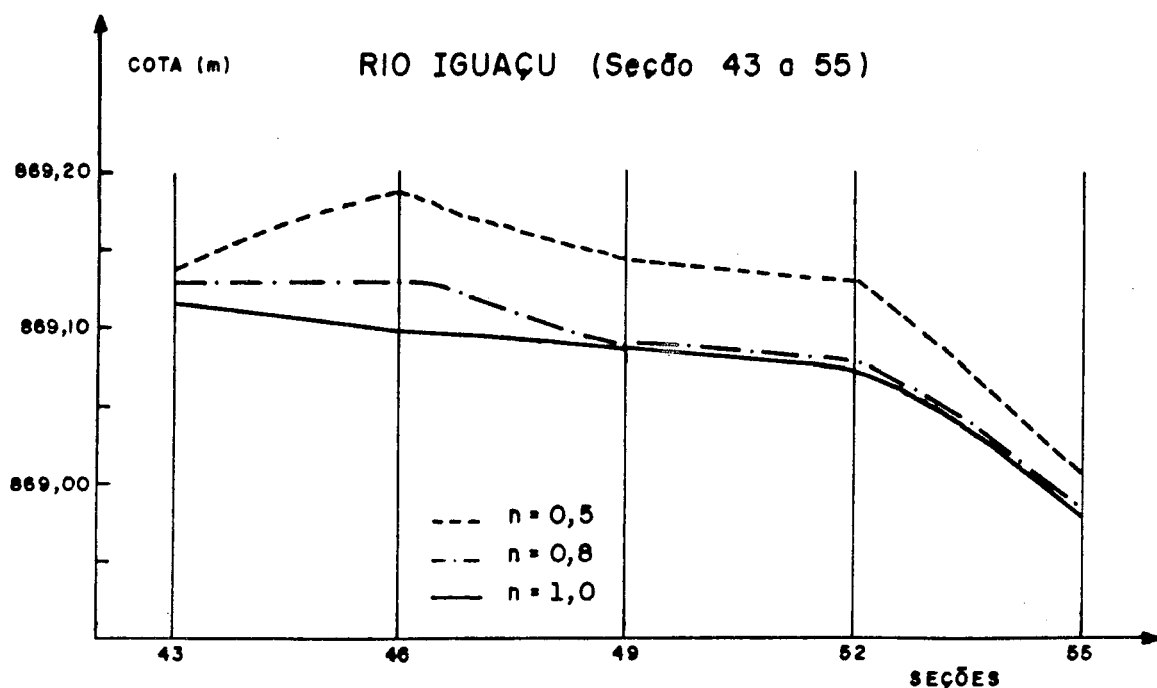


Fig. 4.8 - Comportamento do nível do rio com a variação da rugosidade entre cela e rio, utilizando-se o fator $PK = L^0 / L$.

4.5 - Ajuste e Verificação

O modelo foi ajustado basicamente através da variação das rugosidades, procurando se aproximar ao máximo os níveis medidos na cheia de jul/83. Houve também a preocupação em comparar as vazões calculadas com as estimadas em tres pontos do trecho.

As condições iniciais foram estimadas baseadas nas vazões obtidas no estudo Magna(1984) nas seções 1 (montante) e 82 (jusante). Os valores intermediários de vazão foram determinados somando-se as contribuições laterais trecho à trecho. Com as vazões adotadas calculou-se o nível para um trecho, e a partir deste valor considerou-se o nível d'água paralelo ao fundo do rio.

Para dar início ao ajuste, distinguiu-se as rugosidades, pela ordem de grandeza, em tres tipos : A rugosidade do fundo do rio, a rugosidade existente entre cela e rio e a entre celas .

Temos algumas considerações a fazer com relação a distinção entre os tipos de rugosidade adotados.

As rugosidades do fundo do rio (10^{-3}) e entre celas, nas várzeas (10^{-1}) estão na ordem de grandeza adotadas ou calculadas em trabalhos até hoje publicados.

Com relação a rugosidade adotada entre rio e celas, observamos no decorrer do trabalho, que um dos fatores que provocava a instabilidade no modelo era a grande troca de volume d'água entre rio e cela. Considerando que a capacidade de armazenamento do rio é bem menor que a da cela, a troca de vazão entre rio e cela, provocava para o rio, num Δt pequeno, uma grande variação no nível d'água, gerando assim uma instabilidade no modelo.

A maneira de contornar este tipo de problema sem mexer na

estrutura do modelo seria aumentar a rugosidade entre a cela e o rio, fugindo dos valores até hoje observados nas várzeas ($0,1 < n < 1,0$), ou corrigir o relêvo de troca (cota mínima e largura) entre celas e rio. Esta última situação é o mais real e foi utilizada neste caso, devido as limitações dos dados.

Devido a dificuldade de fazer o ajuste do modelo com 3 tipos de rugosidade escolheu-se o seguinte caminhamento :

1 - Adotou-se a rugosidade de $n = 0,5$ para o escoamento entre celas. Valor já adotado em outros trabalhos de escoamento em várzeas.

2 - Após a escolha destes valores, simulou-se a cheia, procurando o menor valor de n entre cela e rio que permitisse a estabilidade do modelo ($n=0,80$). Até este momento não houve preocupação com o ajuste do modelo aos níveis medidos.

3 - A partir deste momento foi fixado os valores dos n para o escoamento entre celas e entre rio e celas. Com estes valores fixos, variou-se o n do rio procurando o melhor ajuste possível aos níveis medidos. Os valores adotados para rugosidade do rio encontram-se no ANEXO A.

No ajuste ou calibração do modelo considerou-se o escoamento entre cela e rio do tipo fluvial (fórmula de Strickler). O resultado da simulação está exposto na *fig. 4.9*.

A *fig. 4.10* mostra a área que foi inundada na cheia de jul/83, com um tempo de recorrência estimado em 25 anos.

A *fig. 4.11* mostra como se comporta o escoamento das águas no rio e celas em parte do trecho estudado.

A tabela 4.1 compara os níveis calculados com os medidos na cheia de jul/83.

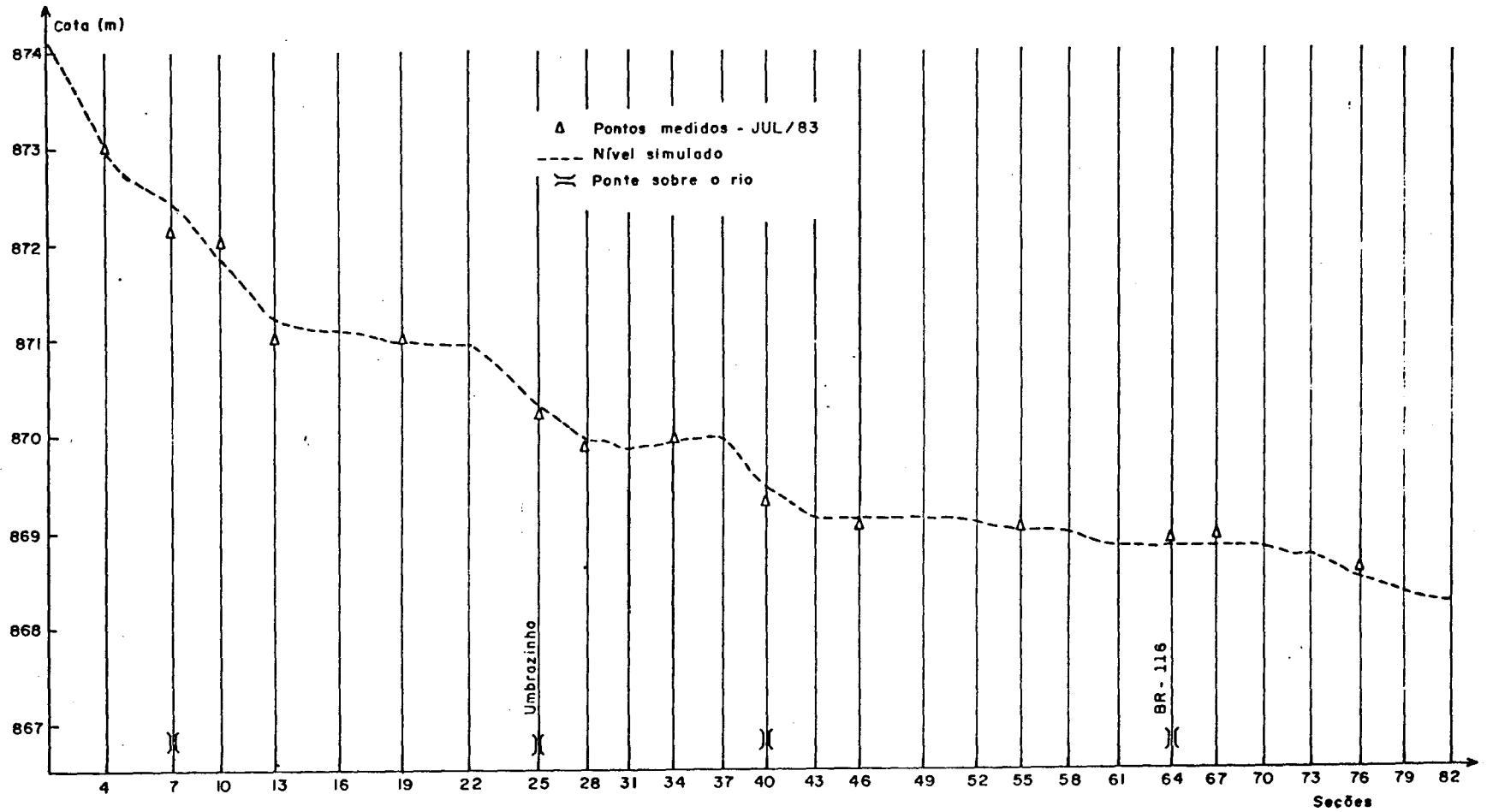


Fig. 4.9 - Simulação da cheia JUL/83 no rio Iguaçu - PR
Ligação entre rio e cela tipo fluvial

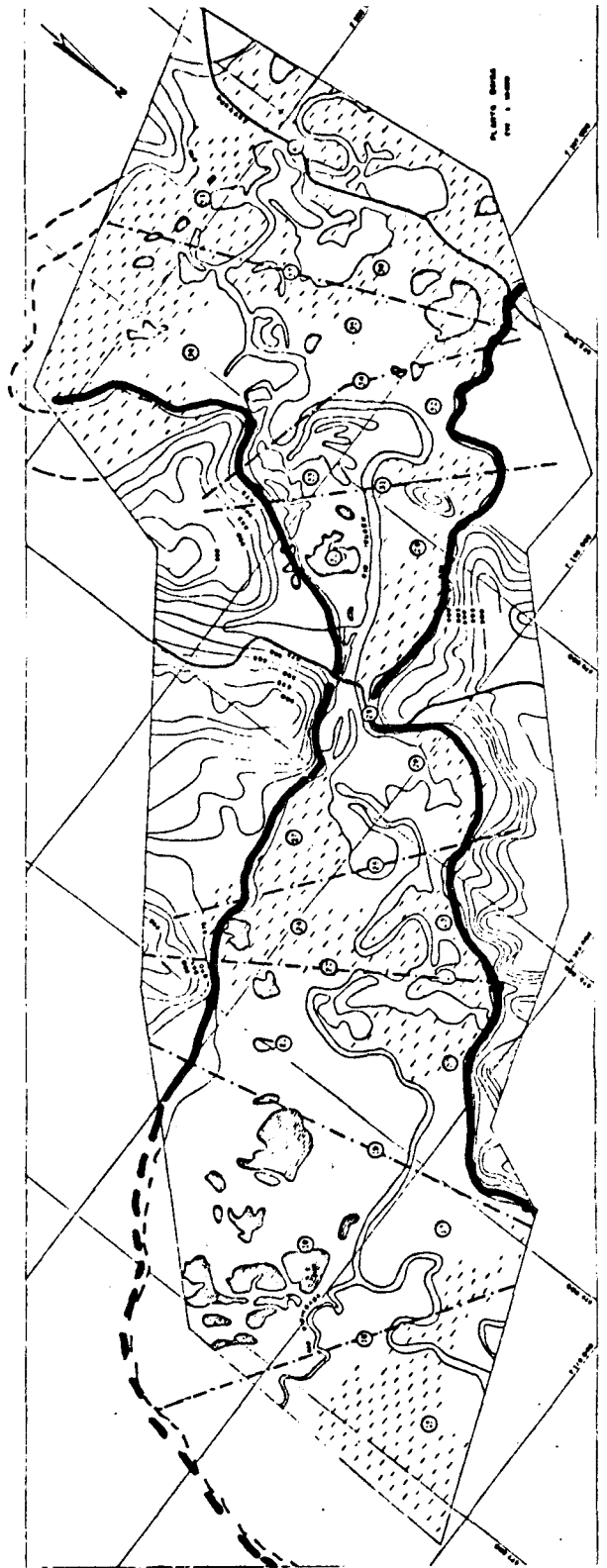
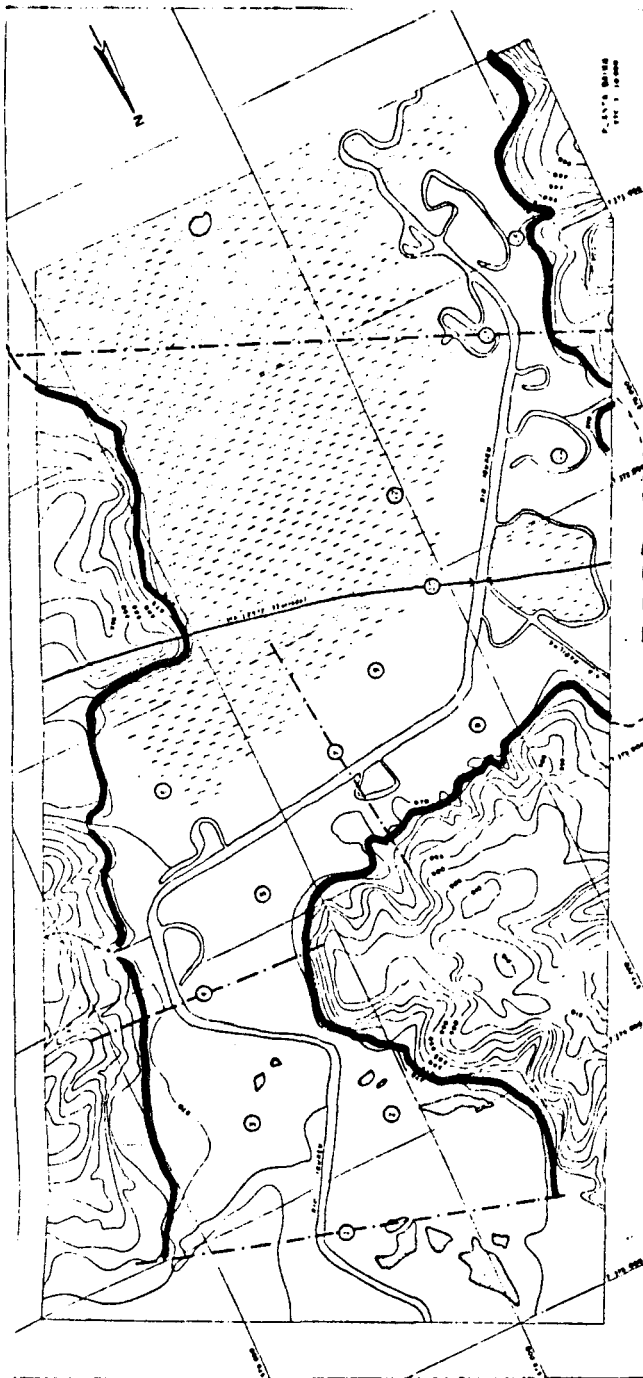


Fig. 4.10(a) - Áreas inundadas na cheia de JUL/83.

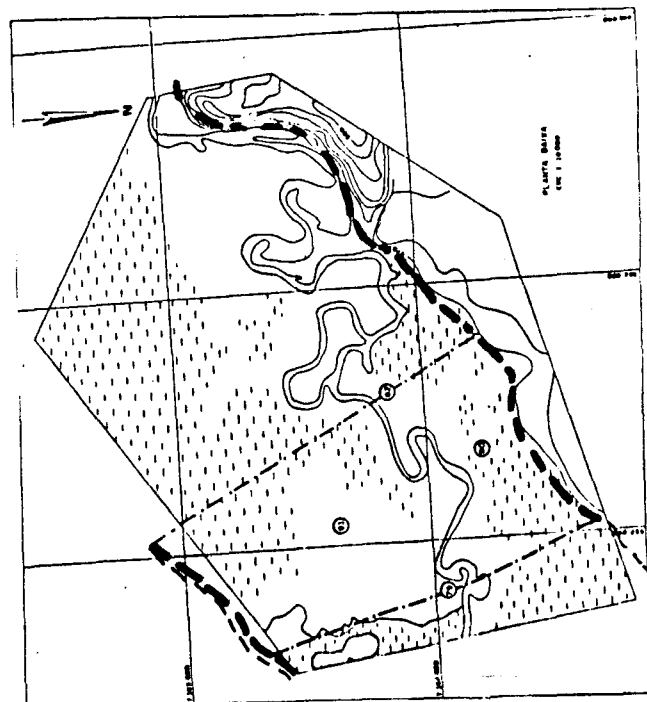
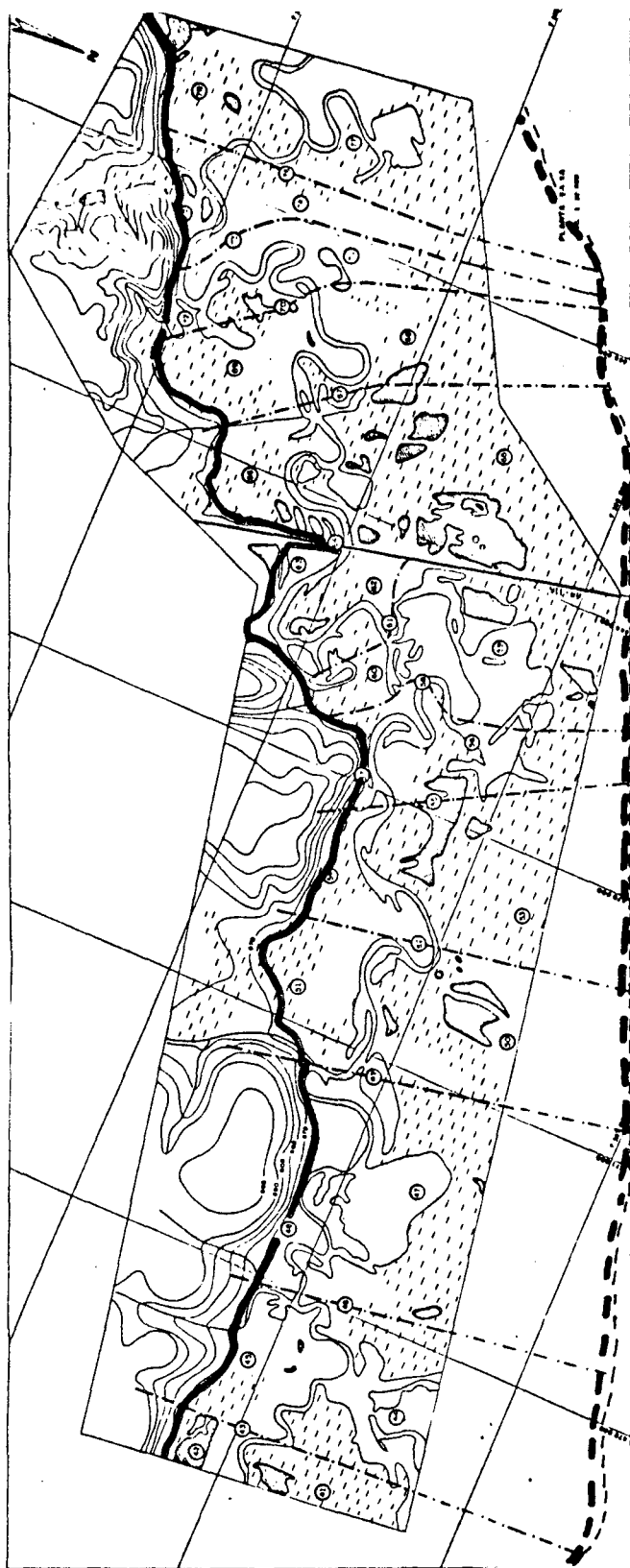


Fig. 4.10(b) - Áreas inundadas na cheia de JUL/83.

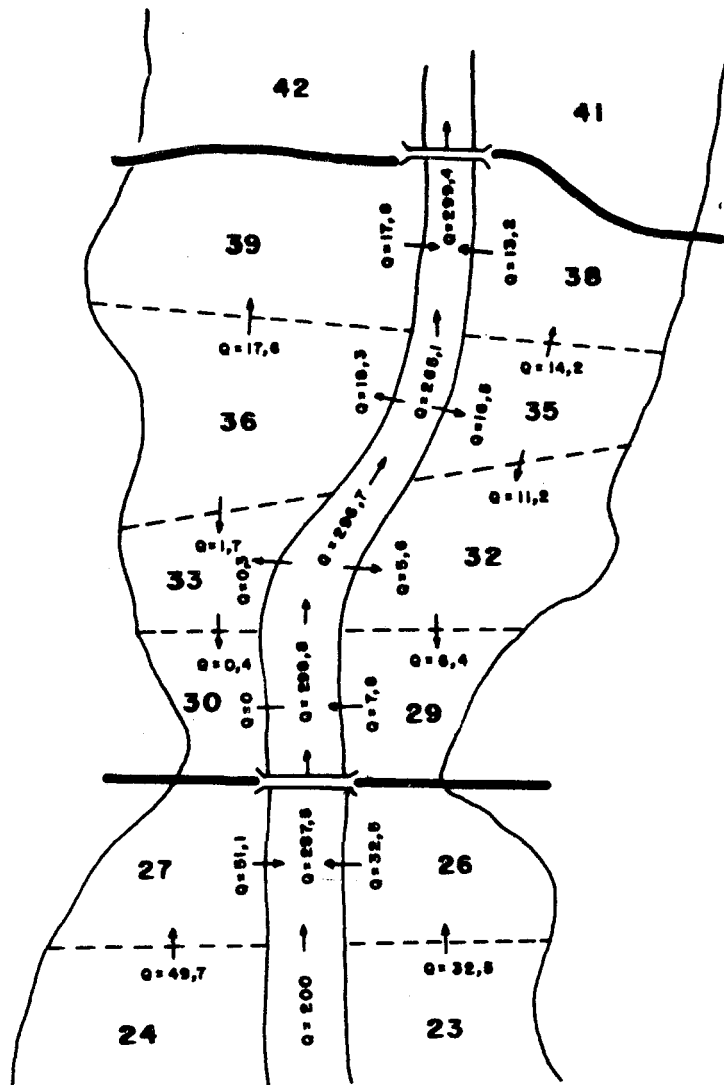


Fig. 4.11 - Esquema da troca de vazões entre celas e rio, no $\Delta t=81$.

TABELA 4.1

Quadro Comparativo entre Níveis Calculados e Observados.

LOCALIZAÇÃO	NÍVEL MEDIDO	NÍVEL CALCULADO	ΔH
S-4	873,00	873,02	+0,02
S-7	872,25	872,43	+0,18
S-10	871,99	871,83	-0,16
S-13	871,01	871,17	+0,16
S-19	870,98	870,96	-0,02
S-25	870,48	870,32	-0,16
S-28(<i>Umbarazinho</i>)	869,77	869,83	+0,06
S-34	869,88	869,91	+0,03
S-40	869,56	869,47	-0,09
S-46	869,08	869,10	+0,02
S-55	869,05	868,97	-0,08
S-64	868,80	868,81	+0,01
S-67	868,84	868,78	-0,06
S-76	868,15	868,49	+0,34

A etapa final do trabalho que seria a verificação ou validação da simulação não foi possível devido as limitações e falta de dados. Bem como não foi viável fazer um ajuste mais detalhado, como permitiria o modelo, verificando os níveis de celas e vazões ocorridas em vários pontos críticos de interesse do projetista.

5 - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 - Conclusões

A metodologia mais utilizada para simulação do escoamento em áreas de inundação, segundo se observa na literatura, é a de desprezar os efeitos dinâmicos na mesma, no entanto, quando as profundidades atingem valores altos existe um comportamento dinâmico, e este modelo tende a superestimar as cotas de inundação, pois obriga o escoamento escoar somente pelo leito menor.

Neste trabalho foi ampliado um modelo hidrodinâmico existente para contemplar a dinâmica de fluxo que ocorrem nas áreas de inundação. A metodologia utilizada foi a de discretizar este sistema com celas interligadas entre si e com o canal principal.

A metodologia requer o conhecimento da morfologia do leito maior de inundação, informação que nem sempre está disponível, pois envolve levantamentos de alto custo. Os mapas existentes, em geral, possuem curvas de níveis espaçadas de 20 m (1:50000), mas nestas áreas o relevo apresenta pequenas variações, que não são identificadas. Neste estudo, apesar de existir um mapa na escala 1:10000 com curvas de nível de 5 em 5 metros, houve dificuldade no detalhamento das informações para o modelo.

No desenrolar dos trabalhos foi possível verificar que a falta de dados adequados e confiáveis dificultam bastante a aplicação deste tipo de modelo. A exatidão e abrangência dos resultados que poderíamos

chegar, com o mesmo, ficaram limitados.

O modelo foi aplicado no rio Iguaçu, na cheia de jul/83, chegando-se as seguintes conclusões :

- I -

- O modelo é extremamente sensível aos dados de entrada. Qualquer mudança brusca (erro) nos mesmos, provoca instabilidade numérica. Isto se deve a magnitude dos valores envolvidos e a incerteza dos valores morfológicos (topográficos).

- A utilização de todo potencial do modelo é limitada pelo nível de detalhamento dos dados disponíveis. No entanto, este é o problema de quase todos os rios, mesmo em países desenvolvidos (Cunge et ali, 1981). Neste caso, a visita ao local e levantamentos de pontos específicos podem reduzir muito as incertezas encontradas.

- Para fazer o ajuste do modelo foi necessário adotar um critério de o prioridade na fixação das rugosidades do leito do rio e da várzea. A escolha foi a seguinte : 1) determinou-se a rugosidade da ligação cela x rio. 2) escolheu-se a rugosidade da ligação cela x cela. 3) fixou-se a rugosidade do leito do rio.

- Para representar as mudanças de níveis que ocorrem junto as pontes, aumentou-se as rugosidades do leito do rio nas proximidades das mesmas, chegando-se a um bom ajuste nestes locais.

- O ajuste final foi baseado unicamente nos níveis levantados ao longo do rio na cheia de jul/83. Desta maneira somente foi possível verificar os níveis calculados no eixo do rio. Não sendo possível fazer verificações de níveis e vazões nas várzeas devido a falta de dados.

- Dos resultados obtidos observou-se que dois parâmetros morfológicos são fundamentais: a largura e a profundidade da seção de troca entre as celas ou entre a cela e o rio principal. Estas variáveis junto com a rugosidade retratam a 'conveyance' entre as mesmas. As rugosidades obtidas embutem o erro na estimativa destas informações morfológicas.

- A utilização adequada deste modelo, extraindo todas as informações que ele pode oferecer, somente poderá ocorrer quando existir um maior detalhamento de dados.

- Deve-se salientar que resultados de linha d'água nas seções do rio principal podem ser obtidos com modelos menos sofisticados. A vantagem desta metodologia é de poder obter as velocidades, fluxos e níveis no leito maior.

5.2 - Recomendações

As principais recomendações sugeridas são as seguintes :

- O modelo desenvolvido utilizou-se de seções retangulares equivalentes na troca entre celas e com o rio principal, sugerimos que seja explorada a forma de função, já que no leito maior existe grande variação morfológica.

- As condições de contorno atuais contemplam somente o rio principal, ou seja admite-se que exista uma seção estreita ou despreza-se o fluxo dinâmico das duas seções limites. Esta é uma limitação que pode distorcer os resultados nos limites de aplicação do modelo.

- O modelo não foi usado para simular um evento com evolução no tempo das condições de contorno, característica esta que o modelo está preparado. Neste caso poderão aparecer algumas dificuldades como a citada por *Cunge et ali (1981)* de profundidades pequenas.

- O modelo deve ser mais explorado quanto a variabilidade das rugosidades no leito maior e nas trocas com o rio principal. Apesar de não existirem dados de medições, poderão ser explorados dentro da análise de sensibilidade.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 . BEREZOWSKY, M. 1986. Modelo matemático para la simulacion del flujo en llanuras de inundacion. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDRÁULICA, 12.º, São Paulo, 1986. ANAIS. São Paulo, Comité Regional Latino-Americano da ALPH. V.1, p. 376-387.
- 2 . BROCARD, Osmain & CAILLIEZ, Pierre. 1971. Rio Cai : modelo matemático de simulação do escoamento através de uma zona de inundação. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. n.p.
- 3 . CUNGE, J. A.; HOLLY, F. M.; JR, Verwey, A. 1980. Flow simulation in natural rivers. In: . Practical aspects of computational hydraulics. Boston, Pitman. chap. 4, p. 132-184.
- 4 . CUNGE, J. A.; HOLLY, F. M.; JR, Verwey, A. 1980. Model Calibration and data needs. In: . Practical aspects of computational hydraulics. Boston, Pitman. chap. 5, p. 185-232.
- 5 . CUNGE, Jean A. 1975. Two-dimensional modeling of flood plains. In: MAHMOOD, K. & YEVJEVICH, V. ed. Unsteady flow in open channels. Fort Collins, Water Resources Publications. V.2, chap. 17.
- 6 . FREAD, D. L. 1975. Flood routing in meandering rivers with flood plains. s.n.t. p. 16-33.
- 7 . GRIJSEN, J. G. & MEIJER, T. G. P. 1979. On the modelling of flood flow in large river systems with flood plains. In: ASSOCIATION

INTERNATIONALE DE RECHERCHES HYDRAULIQUES CONGRÉS; 18., Cagliari,
1979. Cmptes rendus.

- 8 . JÉGAT, H. J. & ESPINOSA, C. F. 1979. Estudio de la planicie inundable del rio Escalante a traves de un modelo bidimensional. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDRÁULICA, 12., São Paulo, 1986. ANAIS. São Paulo. Comitê Regional Latino-Americano da ALPH. V.3, p. 210-219.
- 9 . SAMUELS, P. G. 1979. EMBER - a numerical model of an embanked river. Wallingford, Hydraulics Research Station. n.p.
- 10 . TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. 1983. Modelos hidrodinâmicos. In: Curso de engenharia hidrológica. São Paulo, EPUSP, V. 1 , p. H. 1-139.
- 11 . TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. 1980. Hidrodinâmica de rios e canais. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica. cap. 3 , p. 37-112.
- 12 . UNESCO. s.d. Modèle mathématique du Delta du Mekong; manuel descriptif et d'exploitation des programmes. Cambodge. n.p.

ANEXO A

=====

MODELO HIDRODINAMICO - IP /HIDRO/V4

SIMULACAO DO ESCOAMENTO UNI-DIMENSIONAL DE UMA REDE FLUVIAL COM ZONAS DE INUNDACAO

LEITO DO RIO : SIMULACAO BASEADA NA RESOLUCAO NUMERICA DAS EQUACOES DE SAINT-VENANT,
ATRAVES DO EMPREGO DE UM ESQUEMA IMPLICITO DE DIFERENCAS FINITAS

ZONA DE INUNDACAO : SIMULACAO BASEADA NA RESOLUCAO NUMERICA DA EQUACAO DE CONTINUI-
DADE EM CONJUNTO COM UMA FUNCAO DE ESCOAMENTO : MANNING/VERTEDOR

VERSAO DE JULHO DE 1989

- PROF. CARLOS E. M. TUCCI - INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRAULICAS - UFRGS.
- MAGDA V. C. CARMONA - TESE DE MESTRADO - (IPH-UFRGS)

=====

SIMULACAO DO SISTEMA: RIO IGUACU **** arq-8a *** L*/L -

EVENTO: variavel

=====

CARACTERISTICAS DO SISTEMA FLUVIAL

TRECHOS

TRECHO	MONT.	JUS.	DISTANCIA
1	1	4	1200.
2	4	7	1400.
3	7	10	950.
4	10	13	1100.
5	13	16	1300.
6	16	19	1300.
7	19	22	1400.
8	22	25	1400.
9	25	28	1000.
10	28	31	900.
11	31	34	900.
12	34	37	950.
13	37	40	950.
14	40	43	1000.
15	43	46	950.
16	46	49	1400.
17	49	52	900.
18	52	55	900.
19	55	58	1000.
20	58	61	1000.
21	61	64	1100.
22	64	67	950.
23	67	70	1000.
24	70	73	1000.
25	73	76	1000.
26	76	79	900.

RUGOSIDADE

.173	.173	.001	.088	.005	.025	.015	.015
.040	.003	.003	.003	.005	.025	.005	.005
.010	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.010
.045	.045	.010	.010				

COEFICIENTE BETA

1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

NIVEL DO FUNDO DAS SECOES

867.500	867.650	868.500	867.500	867.800	870.800	867.500	867.900
867.300	867.000	867.550	866.600	867.000	867.030	867.900	866.700
866.870	867.100	866.400	867.100	866.900	865.800	867.700	867.100
865.200	867.700	868.950	865.200	867.430	869.500	864.200	867.480
867.200	863.300	867.300	866.300	863.500	866.950	866.700	863.700
866.550	866.950	863.800	866.050	866.950	864.000	865.250	866.300
863.900	865.200	865.700	863.550	866.200	865.900	863.280	866.500
865.500	863.000	866.300	864.750	862.820	866.000	863.800	862.500
866.200	864.850	862.500	866.500	866.350	862.200	866.400	866.200
862.200	866.200	866.000	862.000	865.900	865.600	861.750	865.550
864.800	861.500						

SECOES TRANSVERSAIS

SECAO	1			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO	
M	M2	M	M	
865.70	.00	.00	.00	
866.00	.60	4.00	.15	
867.00	10.60	16.00	.65	
868.00	32.60	28.00	1.15	
869.00	63.60	34.00	1.83	
870.00	101.60	42.00	2.37	
871.00	159.60	74.00	2.69	
872.00	234.60	76.00	3.01	
873.00	312.60	80.00	3.80	
874.00	393.60	82.00	4.62	

SECAO 2			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
867.00	.00	20.00	.00
868.00	25.00	30.00	.83
869.00	56.00	32.00	1.70
870.00	100.00	56.00	1.75
871.00	158.00	60.00	2.57
872.00	240.00	104.00	2.67
873.00	345.00	106.00	3.18
874.00	452.00	108.00	4.06
875.00	561.00	110.00	4.92

SECAO 3			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
867.50	.00	.00	.00
868.00	6.00	24.00	.25
869.00	38.00	40.00	.95
870.00	79.00	42.00	1.84
871.00	125.00	50.00	2.44
872.00	177.00	54.00	3.18
873.00	233.00	58.00	3.87
874.00	292.00	60.00	4.64
875.00	354.00	64.00	5.25

SECAO 4			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
867.00	.00	40.00	.00
868.00	41.00	42.00	.96
869.00	86.00	48.00	1.75
870.00	141.00	62.00	2.23
871.00	204.00	64.00	3.07
872.00	271.00	70.00	3.74
873.00	341.00	70.00	4.58
874.00	411.00	70.00	4.89

SECAO 5			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
867.00	.00	30.00	.00
868.00	32.50	35.00	.92
869.00	69.00	38.00	1.77
870.00	113.00	50.00	2.21
870.45	137.30	58.00	2.32
871.00	169.00	60.00	2.76
872.00	232.80	66.00	3.43
874.00	364.80	66.00	4.56

SECAO 6			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
866.70	.00	30.00	.00
867.70	32.50	35.00	.92
868.70	69.00	38.00	1.77
869.70	113.00	50.00	2.21
870.15	137.30	58.00	2.32
870.70	169.00	60.00	2.76
871.70	232.80	66.00	3.46
873.70	364.80	66.00	4.56
875.00	450.60	66.00	5.45

066.40	.00	.00	.00
867.00	8.40	28.00	.30
868.00	37.40	30.00	1.21
869.00	67.40	30.00	2.05
870.00	98.40	32.00	2.76
871.00	131.40	34.00	3.41
874.00	233.40	34.00	4.74

SECAO		8	
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
865.80	.00	.00	.00
866.40	8.40	28.00	.30
867.40	37.40	30.00	1.21
868.40	67.40	30.00	2.05
869.40	98.40	32.00	2.76
870.40	131.40	34.00	3.41
873.40	233.40	34.00	4.74
875.00	287.80	34.00	5.49

SECAO		9	
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
865.20	.00	.00	.00
866.00	8.00	20.00	.40
867.00	30.00	24.00	1.22
868.00	55.00	26.00	2.01
869.00	83.00	30.00	2.61
870.00	114.00	32.00	3.29
871.00	148.00	36.00	3.78
873.00	220.00	36.00	4.26

SECAO		10	
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
865.20	.00	.00	.00
866.00	14.96	37.40	.40
867.00	55.50	43.60	1.26
868.00	100.26	46.00	2.13
869.00	147.76	49.00	2.92
870.00	198.36	52.20	3.64
871.00	250.66	52.40	4.44
873.00	355.50	52.40	5.23

SECAO		11	
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
864.20	.00	.00	.00
865.00	14.96	37.40	.40
866.00	55.50	43.60	1.26
867.00	100.26	40.00	2.13
868.00	147.76	49.00	2.92
869.00	198.36	52.20	3.64
870.00	250.66	52.40	4.44
872.00	355.50	52.40	5.23
873.00	407.90	52.40	5.83

SECAO		12	
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.30	.00	.00	.00
864.00	2.80	8.00	.34
865.00	14.80	16.00	.90
866.00	33.80	22.00	1.49

869.00	139.80	58.00	2.87
872.00	323.80	62.00	4.08

SECAO 13

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.50	.00	.00	.00
864.20	2.80	8.00	.35
865.20	14.80	13.00	.90
866.20	33.80	22.00	1.49
867.20	60.80	32.00	1.85
868.20	93.80	34.00	2.63
869.20	139.80	58.00	2.87
872.20	323.80	62.00	4.08

SECAO 14

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.70	.00	.00	.00
864.00	1.50	10.00	.15
865.00	15.50	18.00	.85
866.00	36.00	23.00	1.52
867.00	60.00	25.00	2.27
868.00	85.25	25.50	2.99
869.00	111.10	26.20	3.62
872.00	192.50	27.30	4.38

SECAO 15

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.80	.00	.00	.00
864.10	1.50	10.00	.15
865.10	15.50	18.00	.85
866.10	36.00	23.00	1.52
867.10	60.00	25.00	2.27
868.10	85.25	25.50	2.99
869.10	111.10	26.20	3.62
872.10	192.50	27.30	4.38

SECAO 16

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
864.00	.00	.00	.00
865.00	11.00	22.00	.50
866.00	35.00	26.00	1.32
867.00	64.00	32.00	1.95
868.00	100.00	40.00	2.43
869.00	141.00	42.00	3.21
870.00	183.00	42.00	3.98
872.00	267.00	42.00	4.50

SECAO 17

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.90	.00	.00	.00
864.00	.10	2.00	.05
865.00	14.10	26.00	.54
866.00	43.10	32.00	1.38
867.00	76.10	34.00	2.16
868.00	113.10	40.00	2.72
869.00	155.10	44.00	3.37
872.00	287.10	44.00	4.77

SECAO 18

863.65	.00	.00	.00
864.65	.10	2.00	.05
865.65	14.10	26.04	.54
866.65	43.10	32.00	1.33
867.65	76.10	34.00	2.16
868.65	113.10	40.00	2.72
869.65	155.10	44.00	3.37
871.65	287.10	44.00	4.77

SECAO 19

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.20	.00	.00	.00
864.00	4.80	12.00	.40
865.00	21.80	22.00	.98
866.00	45.80	26.00	1.71
867.00	72.80	28.00	2.46
868.00	101.80	30.00	3.14
869.00	133.30	33.00	3.70
871.00	199.30	33.00	4.10

SECAO 20

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
863.80	.00	.00	.00
863.80	4.80	12.00	.40
864.80	21.80	22.00	.98
865.80	45.80	26.00	1.71
866.80	72.80	28.00	2.46
867.80	101.80	30.00	3.14
868.80	133.30	33.00	3.70
870.80	199.30	33.00	4.10

SECAO 21

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
862.80	.00	.00	.00
863.60	4.80	12.00	.40
864.60	21.80	22.00	.98
865.60	45.80	26.00	1.71
866.60	72.80	28.00	2.46
867.60	101.80	30.00	3.14
868.60	133.30	33.00	3.70
870.60	199.30	33.00	4.10

SECAO 22

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
862.50	.00	.00	.00
863.00	3.65	14.60	.25
864.00	22.95	24.00	.95
865.00	52.55	35.20	1.48
866.00	92.05	43.80	2.07
867.00	153.85	79.80	2.35
868.00	238.95	90.40	2.62
869.00	329.35	90.40	3.53
870.00	420.30	91.50	4.40
871.00	513.00	95.00	5.19

SECAO 23

NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
862.50	.00	.00	.00
863.00	4.00	16.00	.25
864.00	28.00	32.00	.87

866.00	105.00	42.00	2.43
867.00	147.50	43.00	3.24
868.00	192.00	46.00	3.91
869.00	239.00	48.00	4.61
869.89	282.60	50.00	5.18

SECAO 24			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
862.30	.00	.00	.00
862.80	4.00	16.00	.25
863.80	28.00	32.00	.87
864.80	64.00	40.00	1.58
865.80	105.00	42.00	2.43
866.80	147.50	43.00	3.24
867.80	192.00	46.00	3.91
868.80	239.00	48.00	4.60
869.70	282.60	50.00	5.18

SECAO 25			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
862.20	.00	.00	.00
862.70	4.00	16.00	.25
863.70	28.00	32.00	.87
864.00	64.00	40.00	1.58
865.70	105.00	42.00	2.43
866.70	147.50	43.00	3.24
867.70	192.00	46.00	3.91
868.70	239.00	48.00	4.60
869.60	282.60	50.00	5.18

SECAO 26			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
862.00	.00	.00	.00
863.00	8.00	16.00	.50
864.00	32.00	32.00	.99
865.00	68.00	40.00	1.68
866.00	109.00	42.00	2.52
867.00	151.50	43.00	3.33
868.00	196.00	46.00	3.99
869.00	243.00	48.00	4.67

SECAO 27			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
861.75	.00	.00	.00
862.75	8.00	16.00	.50
863.75	32.00	32.00	.99
864.75	68.00	40.00	1.68
865.75	109.00	42.00	2.52
866.75	151.50	43.00	3.32
867.75	196.00	46.00	3.99
868.75	243.00	48.00	4.67

SECAO 28			
NIVEL	AREA	LARGURA	RA IO HIDRAULICO
M	M2	M	M
861.50	.00	.00	.00
862.00	9.50	30.00	.25
863.00	49.00	41.00	1.18
864.00	92.50	46.00	1.97
865.00	142.50	54.00	3.58

AREAS DE INUNDACAO

NUMERO DAS CELAS ADJACENTES

		1	2	3	4
1	2	5	-1	0	0
2	3	6	-1	0	0
3	5	2	8	-2	0
4	6	3	9	-2	0
5	8	5	11	-3	0
6	9	6	12	-3	0
7	11	8	14	-4	0
8	12	9	15	-4	0
9	14	11	17	-5	0
10	15	12	18	-5	0
11	17	14	20	-6	0
12	18	15	21	-6	0
13	20	17	23	-7	0
14	21	18	24	-7	0
15	23	20	26	-8	0
16	24	21	27	-8	0
17	26	23	29	-9	0
18	27	24	30	-9	0
19	29	26	32	-10	0
20	30	27	33	-10	0
21	32	29	35	-11	0
22	33	30	36	-11	0
23	35	32	38	-12	0
24	36	33	39	-12	0
25	38	35	41	-13	0
26	39	36	42	-13	0
27	41	38	44	-14	0
28	42	39	45	-14	0
29	44	41	47	-15	0
30	45	42	48	-15	0
31	47	44	50	-16	0
32	48	45	51	-16	0
33	50	47	53	-17	0
34	51	48	54	-17	0
35	53	50	56	-18	0
36	54	51	57	-18	0
37	56	53	59	-19	0
38	57	54	60	-19	0
39	59	56	62	65	-20
40	60	57	63	-20	0
41	62	59	65	-21	0
42	63	60	66	-21	0
43	65	59	62	68	-22
44	66	63	69	-22	0
45	68	65	71	-23	0
46	69	66	72	-23	0
47	71	68	74	-24	0
48	72	69	75	-24	0
49	74	71	77	-25	0
50	75	72	78	-25	0

52	70	75	81	-20	0
53	80	77	-27	0	0
54	81	78	-27	0	0

TIPO DE LIGACAO

		1	2	3	4
1	2	1	1	0	0
2	3	1	1	0	0
3	5	1	1	1	0
4	6	1	1	1	0
5	8	1	2	1	0
6	9	1	2	1	0
7	11	2	1	1	0
8	12	2	1	1	0
9	14	1	1	1	0
10	15	1	1	1	0
11	17	1	1	1	0
12	18	1	1	1	0
13	20	1	1	1	0
14	21	1	1	1	0
15	23	1	1	1	0
16	24	1	1	1	0
17	26	1	2	1	0
18	27	1	2	1	0
19	29	2	1	1	0
20	30	2	1	1	0
21	32	1	1	1	0
22	33	1	1	1	0
23	35	1	1	1	0
24	36	1	1	1	0
25	38	1	2	1	0
26	39	1	2	1	0
27	41	2	1	1	0
28	42	2	1	1	0
29	44	1	1	1	0
30	45	1	1	1	0
31	47	1	1	1	0
32	48	1	1	1	0
33	50	1	1	1	0
34	51	1	1	1	0
35	53	1	1	1	0
36	54	1	1	1	0
37	56	1	1	1	0
38	57	1	1	1	0
39	59	1	1	2	1
40	60	1	1	1	0
41	62	1	2	1	0
42	63	1	2	1	0
43	65	2	2	1	1
44	66	2	1	1	0
45	68	1	1	1	0
46	69	1	1	1	0
47	71	1	1	1	0
48	72	1	1	1	0
49	74	1	1	1	0
50	75	1	1	1	0
51	77	1	1	1	0
52	78	1	1	1	0
53	80	1	1	0	0

COTA DE ESCOAMENTO

		1	2	3	4
1	2	867.80	871.50	.00	.00
2	3	872.00	872.89	.00	.00
3	5	867.80	867.80	872.08	.00
4	6	872.00	869.70	871.50	.00
5	8	867.80	875.20	871.30	.00
6	9	869.70	875.50	870.85	.00
7	11	875.20	867.10	870.70	.00
8	12	875.50	868.20	870.10	.00
9	14	867.10	866.95	871.00	.00
10	15	868.20	867.50	869.40	.00
11	17	866.95	866.80	869.60	.00
12	18	867.50	866.70	869.00	.00
13	20	866.80	867.40	868.90	.00
14	21	866.70	867.00	868.70	.00
15	23	867.40	868.00	868.90	.00
16	24	867.00	867.20	868.55	.00
17	26	868.00	872.00	869.20	.00
18	27	867.20	872.00	869.60	.00
19	29	872.00	867.45	869.30	.00
20	30	872.00	868.40	870.20	.00
21	32	867.45	867.50	868.80	.00
22	33	868.40	866.10	869.40	.00
23	35	867.50	867.10	868.60	.00
24	36	866.10	866.50	868.50	.00
25	38	867.10	871.00	868.50	.00
26	39	866.50	871.10	868.20	.00
27	41	871.00	866.30	868.55	.00
28	42	871.10	866.95	867.80	.00
29	44	866.30	865.80	868.65	.00
30	45	866.95	867.00	867.60	.00
31	47	865.80	864.70	868.70	.00
32	48	867.00	865.60	867.50	.00
33	50	864.70	865.70	868.55	.00
34	51	865.60	865.80	867.30	.00
35	53	865.70	866.60	868.20	.00
36	54	865.80	866.00	867.10	.00
37	56	866.60	866.40	868.30	.00
38	57	866.00	865.10	866.85	.00
39	59	866.40	866.10	871.80	869.00
40	60	865.10	864.20	866.60	.00
41	62	866.10	871.80	869.80	.00
42	63	864.20	871.80	866.40	.00
43	65	871.80	871.80	866.60	868.75
44	66	871.80	866.40	866.85	.00
45	68	866.60	866.50	867.15	.00
46	69	866.40	866.30	867.35	.00
47	71	866.50	866.30	867.00	.00
48	72	866.30	866.10	867.20	.00
49	74	866.30	866.10	866.80	.00
50	75	866.10	865.90	867.00	.00
51	77	866.10	865.70	866.70	.00
52	78	865.90	865.20	866.50	.00
53	80	865.70	866.70	.00	.00
54	81	865.20	865.60	.00	.00

DISTANCIA

	1	2	3	4	
1	2	1050.00	400.00	.00	.00
2	3	1200.00	250.00	.00	.00
3	5	1050.00	1200.00	200.00	.00
4	6	1200.00	1100.00	350.00	.00
5	8	1200.00	1150.00	250.00	.00
6	9	1100.00	800.00	350.00	.00
7	11	1150.00	900.00	250.00	.00
8	12	800.00	900.00	700.00	.00
9	14	900.00	800.00	225.00	.00
10	15	900.00	1000.00	400.00	.00
11	17	800.00	700.00	300.00	.00
12	18	1000.00	800.00	400.00	.00
13	20	700.00	600.00	300.00	.00
14	21	800.00	450.00	300.00	.00
15	23	600.00	600.00	100.00	.00
16	24	450.00	500.00	300.00	.00
17	26	600.00	900.00	150.00	.00
18	27	500.00	950.00	200.00	.00
19	29	900.00	650.00	150.00	.00
20	30	950.00	400.00	150.00	.00
21	32	650.00	600.00	100.00	.00
22	33	400.00	700.00	300.00	.00
23	35	600.00	300.00	400.00	.00
24	36	700.00	600.00	400.00	.00
25	38	300.00	450.00	600.00	.00
26	39	600.00	500.00	150.00	.00
27	41	450.00	500.00	550.00	.00
28	42	500.00	500.00	170.00	.00
29	44	500.00	800.00	450.00	.00
30	45	500.00	750.00	150.00	.00
31	47	800.00	800.00	650.00	.00
32	48	750.00	800.00	60.00	.00
33	50	800.00	600.00	600.00	.00
34	51	800.00	500.00	250.00	.00
35	53	800.00	500.00	500.00	.00
36	54	800.00	500.00	100.00	.00
37	56	500.00	400.00	600.00	.00
38	57	500.00	300.00	50.00	.00
39	59	400.00	700.00	700.00	100.00
40	60	300.00	400.00	350.00	.00
41	62	700.00	500.00	200.00	.00
42	63	400.00	500.00	100.00	.00
43	65	700.00	700.00	500.00	600.00
44	66	500.00	500.00	200.00	.00
45	68	450.00	300.00	650.00	.00
46	69	500.00	250.00	300.00	.00
47	71	300.00	150.00	650.00	.00
48	72	250.00	450.00	200.00	.00
49	74	150.00	450.00	800.00	.00
50	75	450.00	450.00	100.00	.00
51	77	450.00	800.00	600.00	.00
52	78	450.00	650.00	300.00	.00
53	80	800.00	150.00	.00	.00
54	81	650.00	500.00	.00	.00

LARGURA

	1	2	3	4
1	2	500.00	1200.00	.00
2	3	50.00	1200.00	.00
3	5	500.00	270.00	1400.00
4	6	50.00	700.00	1400.00
5	8	270.00	420.00	950.00
6	9	700.00	1600.00	950.00
7	11	420.00	120.00	1100.00
8	12	1600.00	1500.00	1100.00
9	14	120.00	400.00	1300.00
10	15	1500.00	1000.00	1300.00
11	17	400.00	550.00	1300.00
12	18	1000.00	850.00	1300.00
13	20	550.00	250.00	1400.00
14	21	850.00	850.00	1400.00
15	23	250.00	200.00	1400.00
16	24	850.00	700.00	1400.00
17	26	200.00	150.00	1000.00
18	27	700.00	100.00	1000.00
19	29	150.00	500.00	900.00
20	30	100.00	400.00	900.00
21	32	500.00	750.00	900.00
22	33	400.00	130.00	900.00
23	35	750.00	1100.00	950.00
24	36	130.00	600.00	950.00
25	38	1100.00	1180.00	950.00
26	39	600.00	380.00	950.00
27	41	1180.00	1050.00	1000.00
28	42	380.00	400.00	1000.00
29	44	1050.00	1300.00	950.00
30	45	400.00	200.00	950.00
31	47	1300.00	1300.00	1400.00
32	48	200.00	200.00	1400.00
33	50	1300.00	1100.00	900.00
34	51	200.00	600.00	900.00
35	53	1100.00	1200.00	900.00
36	54	600.00	200.00	900.00
37	56	1200.00	1000.00	1000.00
38	57	200.00	550.00	1000.00
39	59	1000.00	300.00	900.00
40	60	550.00	500.00	1000.00
41	62	300.00	200.00	1100.00
42	63	500.00	500.00	1100.00
43	65	900.00	200.00	1300.00
44	66	500.00	400.00	950.00
45	68	1300.00	1300.00	1000.00
46	69	400.00	700.00	1000.00
47	71	1300.00	1900.00	1000.00
48	72	700.00	100.00	1000.00
49	74	1900.00	1500.00	1000.00
50	75	100.00	300.00	1000.00
51	77	1500.00	550.00	900.00
52	78	300.00	900.00	900.00
53	80	550.00	900.00	.00
54	81	900.00	900.00	.00

DELA 2

NIVEL AREA
 0.67.65 05000.

2	868.00	70000.
3	869.00	252000.
4	870.00	602000.
5	871.00	624000.
6	872.00	646000.
7	873.00	668000.
8	875.00	688000.

CELA 3

	NIVEL	AREA
1	868.50	40000.
2	869.00	70000.
3	870.00	451000.
4	871.00	500000.
5	872.00	540000.
6	873.00	580000.
7	874.00	620000.
8	875.00	645000.

CELA 5

	NIVEL	AREA
1	867.80	120000.
2	869.00	170000.
3	870.00	366000.
4	871.00	390000.
5	872.00	414000.
6	873.00	416000.
7	874.00	418000.
8	875.00	420000.

CELA 6

	NIVEL	AREA
1	870.80	250000.
2	871.00	704000.
3	871.50	730000.
4	872.00	740000.
5	873.00	770000.
6	874.00	795000.
7	875.00	815000.

CELA 8

	NIVEL	AREA
1	867.90	22000.
2	869.00	234000.
3	870.00	455000.
4	871.00	465000.
5	872.00	470000.
6	873.00	475000.
7	874.00	485000.
8	875.00	496000.

CELA 9

	NIVEL	AREA
1	867.30	12000.
2	870.00	64000.
3	871.00	319000.
4	872.00	340000.
5	873.00	398000.

CELA 11

	NIVEL	AREA
1	867.55	22000.
2	868.00	38000.
3	869.00	361000.
4	870.00	389000.
5	871.00	412000.
6	872.00	416000.
7	873.00	422000.
8	875.00	444000.

CELA 12

	NIVEL	AREA
1	866.60	100000.
2	868.00	200000.
3	869.00	430000.
4	870.00	1100000.
5	871.00	1355000.
6	873.00	1545000.
7	875.00	1605000.

CELA 14

	NIVEL	AREA
1	867.03	26000.
2	868.00	68000.
3	869.00	279000.
4	870.00	287000.
5	872.00	330000.
6	873.00	332000.
7	874.00	333000.
8	875.00	335000.

CELA 15

	NIVEL	AREA
1	867.90	143000.
2	867.00	153000.
3	868.00	505000.
4	869.00	953000.
5	870.00	1148000.
6	872.00	1158000.
7	875.00	1165000.

CELA 17

	NIVEL	AREA
1	866.87	26000.
2	868.00	68000.
3	869.00	279000.
4	870.00	287000.
5	872.00	330000.
6	873.00	332000.
7	874.00	333000.
8	875.00	335000.

CELA 18

	NIVEL	AREA
1	867.45	143000.
2	867.80	153000.
3	868.00	505000.
4	869.00	953000.
5	870.00	1148000.
6	872.00	1158000.
7	875.00	1165000.

CELA 20

	NIVEL	AREA
1	867.10	75000.
2	869.00	196000.
3	870.00	212000.
4	871.00	229000.
5	872.00	234000.
6	874.00	250000.
7	875.00	256000.

CELA 21

	NIVEL	AREA
1	866.90	93000.
2	868.00	128000.
3	869.00	279000.
4	870.00	330000.
5	872.00	362000.
6	874.00	400000.
7	875.00	465000.

CELA 23

	NIVEL	AREA
1	867.70	38000.
2	869.00	98000.
3	870.00	106000.
4	871.00	115000.
5	872.00	117000.
6	874.00	125000.
7	875.00	128000.

CELA 24

	NIVEL	AREA
1	867.10	47000.
2	868.00	64000.
3	869.00	139000.
4	870.00	165000.
5	872.00	181000.
6	874.00	200000.
7	875.00	233000.

CELA 26

	NIVEL	AREA
1	867.70	75000.
2	869.00	110000.
3	870.00	115000.
4	871.00	120000.
5	872.00	125000.
6	873.00	130000.
7	874.00	135000.

CELA 27

	NIVEL	AREA
1	868.95	230000.
2	870.00	270000.
3	871.00	294000.
4	872.00	308000.
5	874.00	330000.
6	875.00	340000.

CELA 29

	NIVEL	AREA
1	867.43	24000.
2	868.00	81000.
3	869.00	169000.
4	870.00	219000.
5	871.00	233000.
6	872.00	267000.
7	874.00	333000.
8	875.00	373000.

CELA 30

	NIVEL	AREA
1	869.50	75000.
2	870.00	119000.
3	871.00	173000.
4	872.00	198000.
5	873.00	218000.
6	874.00	235000.

CELA 32

	NIVEL	AREA
1	867.48	12000.
2	868.00	41000.
3	869.00	85000.
4	870.00	109000.
5	871.00	116000.
6	872.00	133000.
7	874.00	167000.
8	875.00	187000.

CELA 33

	NIVEL	AREA
1	867.20	75000.
2	868.00	119000.
3	869.00	173000.
4	871.00	198000.
5	873.00	218000.
6	874.00	235000.

CELA 35

	NIVEL	AREA
1	867.30	43000.
2	868.00	176000.
3	869.00	326000.
4	870.00	376000.
5	871.00	386000.
6	873.00	391000.
7	874.00	396000.
8	875.00	401000.

CELA 36

	NIVEL	AREA
1	866.30	51000.
2	867.00	52000.
3	868.00	350000.
4	869.00	556000.
5	870.00	569000.
6	871.00	605000.
7	872.00	677000.

8 875.00 751000.

CELA 38

	NIVEL	AREA
1	866.95	43000.
2	868.00	176000.
3	869.00	326000.
4	870.00	374000.
5	871.00	386000.
6	873.00	391000.
7	874.00	396000.
8	875.00	401000.

CELA 39

	NIVEL	AREA
1	866.70	25000.
2	867.00	26000.
3	868.00	190000.
4	869.00	278000.
5	870.00	285000.
6	871.00	303000.
7	873.00	339000.
8	875.00	375000.

CELA 41

	NIVEL	AREA
1	866.60	5000.
2	868.00	262000.
3	869.00	650000.
4	870.00	660000.
5	871.00	692000.
6	872.00	706000.

CELA 42

	NIVEL	AREA
1	866.95	5000.
2	868.00	95000.
3	869.00	170000.
4	870.00	195000.
5	871.00	205000.
6	872.00	215000.
7	874.00	238000.
8	875.00	271000.

CELA 44

	NIVEL	AREA
1	866.10	5000.
2	868.00	262000.
3	869.00	650000.
4	870.00	660000.
5	871.00	602000.
6	872.00	706000.

CELA 45

	NIVEL	AREA
1	866.95	5000.
2	868.00	95000.
3	869.00	170000.
4	870.00	195000.
5	871.00	205000.

6	872.00	210000.
7	874.00	238000.
8	875.00	271000.

CELA 47

	NIVEL	AREA
1	865.25	7000.
2	867.00	330000.
3	868.00	940000.
4	869.00	1245000.
5	870.00	1267000.
6	871.00	1346000.

CELA 48

	NIVEL	AREA
1	866.30	7000.
2	867.10	80000.
3	868.00	227000.
4	869.00	257000.
5	870.00	268000.
6	871.00	270000.
7	873.00	276000.
8	875.00	283000.

CELA 50

	NIVEL	AREA
1	865.20	18000.
2	866.50	37000.
3	867.00	145000.
4	868.00	485000.
5	869.00	566000.
6	870.00	579000.

CELA 51

	NIVEL	AREA
1	865.70	5000.
2	867.00	7000.
3	868.00	99000.
4	869.00	223000.
5	870.00	240000.
6	871.00	288000.
7	872.00	355000.

CELA 53

	NIVEL	AREA
1	866.20	36000.
2	867.00	75000.
3	867.50	291000.
4	868.50	971000.
5	869.50	1312000.
6	870.50	1159000.

CELA 54

	NIVEL	AREA
1	865.90	2000.
2	867.00	3000.
3	868.00	49000.
4	869.00	112000.
5	870.00	120000.
6	871.00	144000.

7 872.00 177000.

CELA 56

	NIVEL	AREA
1	866.50	145000.
2	867.00	169000.
3	868.00	318000.
4	869.00	366000.
5	870.00	369000.
6	871.00	404000.
7	872.00	404000.

CELA 57

	NIVEL	AREA
1	865.50	20000.
2	868.00	21000.
3	869.00	47000.
4	870.00	52000.
5	871.00	54000.
6	872.00	108000.
7	873.00	113000.
8	874.00	119000.

CELA 59

	NIVEL	AREA
1	866.30	217000.
2	867.00	254000.
3	868.00	477000.
4	869.00	549000.
5	870.00	554000.
6	871.00	606000.
7	872.00	606000.

CELA 60

	NIVEL	AREA
1	864.70	20000.
2	867.00	21000.
3	868.00	47000.
4	869.00	52000.
5	870.00	54000.
6	871.00	108000.
7	872.00	113000.
8	875.00	119000.

CELA 62

	NIVEL	AREA
1	868.00	72000.
2	869.00	85000.
3	870.00	159000.
4	871.00	183000.
5	872.00	185000.
6	873.00	202000.
7	874.00	202000.

CELA 63

	NIVEL	AREA
1	863.80	39000.
2	866.20	42000.
3	867.20	94000.
4	868.20	105000.

5	867.20	100000.
6	870.20	216000.
7	871.20	139000.
8	874.20	239000.

CELA 65

	NIVEL	AREA
1	866.20	57000.
2	867.00	652000.
3	868.00	882000.
4	869.00	940000.
5	870.00	1043000.
6	871.00	1140000.

CELA 66

	NIVEL	AREA
1	864.85	48000.
2	867.00	150000.
3	868.00	173000.
4	869.00	182000.
5	870.00	234000.
6	871.00	250000.

CELA 68

	NIVEL	AREA
1	866.50	30000.
2	867.00	290000.
3	868.00	405000.
4	869.00	424000.
5	870.00	459000.
6	871.00	489000.

CELA 69

	NIVEL	AREA
1	866.35	30000.
2	867.00	139000.
3	868.00	167000.
4	869.00	175000.
5	870.00	207000.
6	871.00	247000.
7	873.00	327000.
8	875.00	443000.

CELA 71

	NIVEL	AREA
1	866.40	15000.
2	867.00	145000.
3	868.00	202000.
4	869.00	212000.
5	870.00	229000.
6	871.00	244000.

CELA 72

	NIVEL	AREA
1	866.20	15000.
2	867.00	89000.
3	868.00	83000.
4	869.00	88000.

7 873.00 104000.
8 875.00 222000.

CELA 74

	NIVEL	AREA
1	866.20	15000.
2	867.00	145000.
3	868.00	202000.
4	869.00	212000.
5	870.00	229000.
6	871.00	244000.

CELA 75

	NIVEL	AREA
1	866.00	15000.
2	867.00	69000.
3	868.00	83000.
4	869.00	88000.
5	870.00	104000.
6	871.00	124000.
7	873.00	164000.
8	875.00	222000.

CELA 77

	NIVEL	AREA
1	865.90	60000.
2	867.00	585000.
3	868.00	668000.
4	869.00	752000.
5	870.00	835000.
6	875.00	876000.

CELA 78

	NIVEL	AREA
1	865.60	171000.
2	867.50	171000.
3	868.50	206000.
4	869.50	224000.
5	870.50	336000.
6	872.50	407000.
7	874.50	493000.
8	875.50	542000.

CELA 80

	NIVEL	AREA
1	865.55	30000.
2	867.00	292000.
3	868.00	334000.
4	869.00	376000.
5	870.00	418000.
6	875.00	438000.

CELA 81

	NIVEL	AREA
1	864.80	343000.
2	867.00	343000.
3	868.00	413000.
4	869.00	449000.
5	870.00	673000.

7 874.00 980000.
 8 875.00 1085000.

CELA	LADO	PROF.	AREA	RAIOH	RUGO
2	1	867.80	.00	.00	.50
2	1	869.00	196.00	.75	.50
2	1	870.00	550.00	1.25	.50
2	1	871.00	1050.00	2.02	.50
2	1	872.00	1580.00	2.98	.50
2	1	873.00	2120.00	3.93	.50
2	1	874.00	2670.00	4.86	.50
2	2	871.50	.00	.00	.80
2	2	872.50	1200.00	1.00	.80
2	2	873.50	2400.00	1.99	.80
3	1	872.00	.00	.00	.50
3	1	872.50	4.00	.20	.50
3	1	873.00	46.00	.74	.50
3	1	874.00	126.00	1.40	.50
3	2	872.89	.00	.00	.80
3	2	873.60	1200.00	1.00	.80
3	2	874.60	2400.00	1.99	.80
5	1	867.80	.00	.00	.50
5	1	869.00	196.00	.75	.50
5	1	870.00	550.00	1.25	.50
5	1	871.00	1050.00	2.02	.50
5	1	872.00	1580.00	2.98	.50
5	1	873.00	2120.00	3.93	.50
5	1	874.00	2670.00	4.86	.50
5	2	867.80	.00	.00	.50
5	2	869.00	20.00	.40	.50
5	2	870.00	100.00	1.11	.50
5	2	871.00	280.00	1.14	.50
5	2	872.00	545.00	2.02	.50
5	2	873.00	830.00	2.86	.50
5	2	874.00	1130.00	3.77	.50
5	3	872.08	.00	.00	.80
5	3	873.00	1400.00	1.00	.80
5	3	874.00	2800.00	1.99	.80
6	1	872.00	.00	.00	.50
6	1	872.50	4.00	.20	.50
6	1	873.00	46.00	.74	.50
6	1	874.00	126.00	1.40	.50
6	2	869.70	.00	.00	.50
6	2	870.00	20.00	.25	.50
6	2	871.00	452.00	.78	.50
6	2	872.00	1032.00	1.78	.50
6	2	873.00	1612.00	2.78	.50
6	2	874.00	2192.00	3.78	.50
6	3	871.50	.00	.00	.80
6	3	872.50	1400.00	1.00	.80
6	3	873.50	2800.00	1.99	.80
8	1	867.80	.00	.00	.50
8	1	869.00	20.00	.40	.50
8	1	870.00	100.00	1.11	.50
8	1	871.00	280.00	1.14	.50
8	1	872.00	545.00	2.02	.50
8	1	873.00	830.00	2.86	.50
8	1	874.00	1130.00	3.77	.50
8	2	875.20	.00	.00	.50
8	2	875.80	360.00	.60	.50
8	2	876.80	960.00	1.59	.50
8	3	871.30	.00	.00	.80

8	3	873.40	750.00	1.00	.60
8	3	874.40	1900.00	1.99	.80
9	1	869.70	.00	.00	.50
9	1	870.00	20.00	.25	.50
9	1	871.00	452.00	.78	.50
9	1	872.00	1032.00	1.78	.50
9	1	873.00	1612.00	2.78	.50
9	1	874.00	2192.00	3.78	.50
9	2	875.50	.00	.00	.50
9	2	876.00	690.00	.60	.50
9	2	877.00	1840.00	1.60	.50
9	3	870.85	.00	.00	.80
9	3	872.00	950.00	1.00	.80
9	3	873.00	1900.00	1.99	.80
11	1	875.20	.00	.00	.50
11	1	875.80	360.00	.60	.50
11	1	876.80	960.00	1.59	.50
11	2	867.10	.00	.00	.50
11	2	869.00	152.00	.49	.50
11	2	870.00	492.00	1.33	.50
11	2	871.00	872.00	2.26	.50
11	2	872.00	1272.00	3.21	.50
11	3	870.70	.00	.00	.80
11	3	871.80	1100.00	1.00	.80
11	3	872.80	2200.00	1.99	.80
12	1	875.50	.00	.00	.50
12	1	876.00	690.00	.60	.50
12	1	877.00	1840.00	1.60	.50
12	2	868.20	.00	.00	.50
12	2	869.00	194.00	.64	.50
12	2	870.00	748.00	.73	.50
12	2	871.00	2700.00	1.90	.50
12	2	872.00	4220.00	2.69	.50
12	3	870.10	.00	.00	.80
12	3	871.40	1100.00	1.00	.80
12	3	872.40	2200.00	1.99	.80
14	1	867.10	.00	.00	.50
14	1	869.00	152.00	.49	.50
14	1	870.00	492.00	1.33	.50
14	1	871.00	872.00	2.26	.50
14	1	872.00	1272.00	3.21	.50
14	2	866.95	.00	.00	.50
14	2	867.45	9.00	.20	.50
14	2	867.95	80.00	.59	.50
14	2	868.95	656.00	1.09	.50
14	2	869.95	1266.00	2.04	.50
14	2	870.95	1866.00	3.04	.50
14	3	871.00	.00	.00	.80
14	3	872.00	1300.00	1.00	.80
14	3	873.00	2600.00	2.00	.80
15	1	868.20	.00	.00	.50
15	1	869.00	194.00	.64	.50
15	1	870.00	748.00	.73	.50
15	1	871.00	2700.00	1.90	.50
15	1	872.00	4220.00	2.69	.50
15	2	867.50	.00	.00	.50
15	2	868.00	20.00	.20	.50
15	2	868.80	238.00	.85	.50
15	2	869.80	852.00	1.04	.50
15	2	870.80	1736.00	1.89	.50
15	2	871.80	2686.00	2.74	.50
15	3	869.40	.00	.00	.80
15	3	870.30	1300.00	1.00	.80
15	3	871.30	2600.00	2.00	.80

17	1	867.75	80.00	.59	.50
17	1	868.75	656.00	1.09	.50
17	1	869.95	1266.00	2.04	.50
17	1	870.95	1886.00	3.04	.50
17	2	866.80	.00	.00	.50
17	2	867.80	80.00	.59	.50
17	2	868.80	656.00	1.09	.50
17	2	869.80	1266.00	2.04	.50
17	2	870.80	1886.00	3.04	.50
17	3	869.60	.00	.00	.80
17	3	870.60	1300.00	1.00	.80
17	3	871.60	2600.00	2.00	.80
18	1	867.50	.00	.00	.50
18	1	868.00	20.00	.20	.50
18	1	868.80	238.00	.85	.50
18	1	869.80	852.00	1.04	.50
18	1	870.80	1736.00	1.89	.50
18	1	871.80	2686.00	2.74	.50
18	2	866.70	.00	.00	.50
18	2	868.00	20.00	.20	.50
18	2	868.80	238.00	.85	.50
18	2	869.80	852.00	1.04	.50
18	2	870.80	1736.00	1.89	.50
18	2	871.80	2686.00	2.74	.50
18	3	869.00	.00	.00	.80
18	3	870.30	1300.00	1.00	.80
18	3	871.30	2600.00	2.00	.80
20	1	866.80	.00	.00	.50
20	1	867.80	9.00	.20	.50
20	1	867.80	80.00	.59	.50
20	1	868.80	656.00	1.09	.50
20	1	869.80	1266.00	2.04	.50
20	1	870.80	1886.00	3.04	.50
20	2	867.40	.00	.00	.50
20	2	868.40	82.00	.44	.50
20	2	869.40	294.00	1.23	.50
20	2	870.40	540.00	2.16	.50
20	3	868.90	.00	.00	.80
20	3	870.00	1400.00	1.00	.80
20	3	871.00	2800.00	2.00	.80
21	1	866.70	.00	.00	.50
21	1	868.00	20.00	.20	.50
21	1	868.80	238.00	.85	.50
21	1	869.80	852.00	1.04	.50
21	1	870.80	1736.00	1.89	.50
21	1	871.80	2686.00	2.74	.50
21	2	867.00	.00	.00	.50
21	2	867.75	104.00	.42	.50
21	2	868.75	624.00	1.08	.50
21	2	869.75	1228.00	1.82	.50
21	2	870.75	1932.00	2.63	.50
21	3	868.70	.00	.00	.80
21	3	869.70	1400.00	1.00	.80
21	3	870.70	2800.00	2.00	.80
23	1	867.40	.00	.00	.50
23	1	868.40	82.00	.44	.50
23	1	869.40	294.00	1.23	.50
23	1	870.40	540.00	2.16	.50
23	2	868.00	.00	.00	.50
23	2	869.00	82.00	.44	.50
23	2	870.00	294.00	1.23	.50
23	2	871.00	540.00	2.16	.50
23	3	868.90	.00	.00	.80
23	3	870.00	1400.00	1.00	.80
23	3	871.00	2800.00	2.00	.80

24	1	867.75	104.00	.42	.50
24	1	868.75	624.00	1.08	.50
24	1	869.75	1228.00	1.82	.50
24	1	870.75	1932.00	2.63	.50
24	2	867.20	.00	.00	.50
24	2	868.00	104.00	.42	.50
24	2	869.00	624.00	1.08	.50
24	2	870.00	1228.00	1.82	.50
24	2	871.00	1932.00	2.63	.50
24	3	868.55	.00	.00	.80
24	3	869.70	1400.00	1.00	.80
24	3	870.70	2800.00	2.00	.80
26	1	868.00	.00	.00	.50
26	1	869.00	82.00	.44	.50
26	1	870.00	294.00	1.23	.50
26	1	871.00	540.00	2.16	.50
26	2	872.00	.00	.00	.50
26	2	873.00	200.00	.99	.50
26	2	874.00	400.00	1.96	.50
26	3	869.20	.00	.00	.80
26	3	870.20	1000.00	1.00	.80
26	3	871.20	2000.00	1.99	.80
27	1	867.20	.00	.00	.50
27	1	868.00	104.00	.42	.50
27	1	869.00	624.00	1.08	.50
27	1	870.00	1228.00	1.82	.50
27	1	871.00	1932.00	2.63	.50
27	2	872.00	.00	.00	.50
27	2	873.00	120.00	.98	.50
27	2	874.00	240.00	1.93	.50
27	3	869.60	.00	.00	.80
27	3	870.60	1000.00	1.00	.80
27	3	871.60	2000.00	1.99	.80
29	1	872.00	.00	.00	.50
29	1	873.00	200.00	.99	.50
29	1	874.00	400.00	1.96	.50
29	2	867.45	.00	.00	.50
29	2	868.50	60.00	.16	.50
29	2	869.50	1182.00	.74	.50
29	2	870.50	2862.00	1.67	.50
29	2	871.50	4597.00	2.61	.50
29	3	869.30	.00	.00	.80
29	3	870.00	900.00	1.00	.80
29	3	871.00	1800.00	2.00	.80
30	1	872.00	.00	.00	.50
30	1	873.00	120.00	.98	.50
30	1	874.00	240.00	1.93	.50
30	2	868.40	.00	.00	.50
30	2	869.40	36.00	.60	.50
30	2	870.40	105.00	1.05	.50
30	2	871.40	230.00	1.59	.50
30	2	872.40	400.00	2.17	.50
30	2	873.40	590.00	2.95	.50
30	3	870.20	.00	.00	.80
30	3	871.30	900.00	1.00	.80
30	3	872.30	1800.00	2.00	.80
32	1	867.50	.00	.00	.50
32	1	868.50	60.00	.16	.50
32	1	869.50	1182.00	.74	.50
32	1	870.50	2862.00	1.66	.50
32	1	871.50	4597.00	2.61	.50
32	2	867.50	.00	.00	.50
32	2	868.50	60.00	.16	.50
32	2	869.50	1182.00	.74	.50
32	2	870.50	2862.00	1.67	.50
32	2	871.50	4597.00	2.61	.50

32	3	868.80	.00	.00	.80
32	3	870.00	900.00	1.00	.80
32	3	871.00	1800.00	2.00	.80
33	1	868.40	.00	.00	.50
33	1	869.40	36.00	.60	.50
33	1	870.40	105.00	1.05	.50
33	1	871.40	230.00	1.59	.50
33	1	872.40	400.00	2.17	.50
33	1	873.40	590.00	2.95	.50
33	2	866.10	.00	.00	.50
33	2	867.00	36.00	.60	.50
33	2	868.00	105.00	1.05	.50
33	2	869.00	230.00	1.59	.50
33	2	870.00	400.00	2.17	.50
33	2	871.00	590.00	2.95	.50
33	3	869.40	.00	.00	.80
33	3	870.50	900.00	1.00	.80
33	3	871.50	1800.00	2.00	.80
35	1	867.50	.00	.00	.50
35	1	868.50	60.00	.16	.50
35	1	869.50	1182.00	.74	.50
35	1	870.50	2862.00	1.67	.50
35	1	871.00	4597.00	2.60	.00
35	2	867.10	.00	.00	.50
35	2	868.50	60.00	.16	.50
35	2	869.50	1182.00	.74	.50
35	2	870.50	2862.00	1.67	.50
35	2	871.00	4597.00	2.60	.00
35	3	868.60	.00	.00	.80
35	3	869.60	950.00	1.00	.80
35	3	870.60	1900.00	2.00	.80
36	1	866.10	.00	.00	.50
36	1	867.00	36.00	.60	.50
36	1	868.00	105.00	1.05	.50
36	1	869.00	230.00	1.59	.50
36	1	870.00	400.00	2.17	.50
36	1	871.00	590.00	2.95	.50
36	2	866.50	.00	.00	.50
36	2	867.00	36.00	.60	.50
36	2	868.00	105.00	1.05	.50
36	2	869.00	230.00	1.59	.50
36	2	870.00	400.00	2.17	.50
36	2	871.00	590.00	2.95	.50
36	3	868.50	.00	.00	.80
36	3	869.40	970.00	1.00	.80
36	3	870.40	1900.00	2.00	.80
38	1	867.10	.00	.00	.50
38	1	868.50	60.00	.16	.50
38	1	869.50	1182.00	.74	.50
38	1	870.50	2862.00	1.67	.50
38	1	871.00	4597.00	2.60	.50
38	2	871.00	.00	.00	.50
38	2	872.00	900.00	1.00	.50
38	2	873.00	1800.00	1.99	.50
38	3	868.50	.00	.00	.80
38	3	869.60	950.00	1.00	.80
38	3	870.60	1900.00	2.00	.80
39	1	866.50	.00	.00	.50
39	1	867.00	36.00	.60	.50
39	1	868.00	105.00	1.05	.50
39	1	869.00	230.00	1.59	.50
39	1	870.00	400.00	2.17	.50
39	1	871.00	590.00	2.95	.50
39	2	871.10	.00	.00	.50
39	2	872.00	900.00	1.00	.50

37	3	868.20	.00	.00	.80
37	3	869.40	950.00	1.00	.80
39	3	870.40	1900.00	2.00	.80
41	1	871.00	.00	.00	.50
41	1	872.00	900.00	1.00	.50
41	1	873.00	1800.00	1.99	.50
41	2	866.30	.00	.00	.50
41	2	867.50	76.00	.24	.50
41	2	868.50	510.00	.72	.50
41	2	869.50	1602.00	1.23	.50
41	2	870.50	2192.00	2.22	.50
41	3	868.55	.00	.00	.80
41	3	869.70	1000.00	1.00	.80
41	3	870.70	2000.00	2.00	.80
42	1	871.10	.00	.00	.50
42	1	872.00	500.00	1.00	.50
42	1	873.00	1000.00	1.98	.50
42	2	866.95	.00	.00	.50
42	2	868.00	186.00	.79	.50
42	2	869.00	428.00	1.73	.50
42	2	870.00	680.00	2.68	.50
42	3	867.80	.00	.00	.80
42	3	868.80	950.00	1.00	.80
42	3	869.80	1900.00	2.00	.80
44	1	866.30	.00	.00	.50
44	1	867.50	76.00	.24	.50
44	1	868.50	510.00	.72	.50
44	1	869.50	1602.00	1.23	.50
44	1	870.50	2192.00	2.22	.50
44	2	865.80	.00	.00	.50
44	2	867.00	76.00	.24	.50
44	2	868.00	510.00	.72	.50
44	2	869.00	1602.00	1.23	.50
44	2	870.00	2192.00	2.22	.50
44	3	868.65	.00	.00	.80
44	3	869.70	1000.00	1.00	.80
44	3	870.70	2000.00	2.00	.80
45	1	866.95	.00	.00	.50
45	1	868.00	186.00	.79	.50
45	1	869.00	428.00	1.73	.50
45	1	870.00	680.00	2.68	.50
45	2	867.00	.00	.00	.50
45	2	868.00	186.00	.79	.50
45	2	869.00	428.00	1.73	.50
45	2	870.00	680.00	2.68	.50
45	3	867.60	.00	.00	.80
45	3	868.80	950.00	1.00	.80
45	3	869.80	1900.00	2.00	.80
47	1	865.80	.00	.00	.50
47	1	867.00	76.00	.24	.50
47	1	868.00	510.00	.72	.50
47	1	869.00	1602.00	1.23	.50
47	1	870.00	2192.00	2.22	.50
47	2	864.70	.00	.00	.50
47	2	865.70	20.00	.10	.50
47	2	866.70	144.00	.42	.50
47	2	867.70	820.00	.70	.50
47	2	868.70	2064.00	1.61	.50
47	2	869.70	3344.00	2.57	.50
47	3	868.70	.00	.00	.80
47	3	869.60	1400.00	1.00	.80
47	3	870.60	2800.00	1.99	.80
48	1	867.00	.00	.00	.50
48	1	868.00	186.00	.79	.50
48	1	869.00	428.00	1.73	.50
48	1	870.00	680.00	2.68	.50

46	2	863.00	.00	.00	.50
48	2	865.80	5.00	.25	.50
48	2	866.30	90.00	.56	.50
48	2	867.30	474.00	.94	.50
48	2	868.30	1014.00	1.82	.50
48	2	869.30	1580.00	2.77	.50
48	3	867.50	.00	.00	.80
48	3	868.50	1400.00	1.00	.80
48	3	869.50	2800.00	1.99	.80
50	1	864.70	.00	.00	.50
50	1	865.70	20.00	.10	.50
50	1	866.70	144.00	.42	.50
50	1	867.70	820.00	.70	.50
50	1	868.70	2064.00	1.61	.50
50	1	869.70	3344.00	2.57	.50
50	2	865.70	.00	.00	.50
50	2	866.70	20.00	.10	.50
50	2	867.70	144.00	.42	.50
50	2	868.70	820.00	.70	.50
50	2	869.70	2064.00	1.61	.50
50	2	870.70	3344.00	2.57	.50
50	3	868.55	.00	.00	.80
50	3	869.30	900.00	1.00	.80
50	3	870.30	1800.00	2.00	.80
51	1	865.60	.00	.00	.50
51	1	865.80	5.00	.25	.50
51	1	866.30	90.00	.56	.50
51	1	867.30	474.00	.94	.50
51	1	868.30	1014.00	1.82	.50
51	1	869.30	1580.00	2.77	.50
51	2	865.80	.00	.00	.50
51	2	866.00	5.00	.25	.50
51	2	866.50	90.00	.56	.50
51	2	867.50	474.00	.94	.50
51	2	868.50	1014.00	1.82	.50
51	2	869.50	1580.00	2.77	.50
51	3	867.30	.00	.00	.80
51	3	868.30	900.00	1.00	.80
51	3	869.30	1800.00	2.00	.80
53	1	865.70	.00	.00	.50
53	1	866.70	20.00	.10	.50
53	1	867.70	144.00	.42	.50
53	1	868.70	820.00	.70	.50
53	1	869.70	2064.00	1.61	.50
53	1	870.70	3344.00	2.57	.50
53	2	866.60	.00	.00	.50
53	2	867.10	32.00	.21	.50
53	2	867.60	240.00	.73	.50
53	2	868.60	816.00	.76	.50
53	2	869.60	2040.00	1.53	.50
53	2	870.60	3570.00	2.33	.50
53	3	868.20	.00	.00	.80
53	3	869.30	900.00	1.00	.80
53	3	870.30	1800.00	2.00	.80
54	1	865.80	.00	.00	.50
54	1	866.00	5.00	.25	.50
54	1	866.50	90.00	.56	.50
54	1	867.50	474.00	.94	.50
54	1	868.50	1014.00	1.82	.50
54	1	869.50	1580.00	2.77	.50
54	2	866.00	.00	.00	.50
54	2	867.00	100.00	.74	.50
54	2	868.00	266.00	1.61	.50
54	2	869.00	432.00	2.62	.50
54	2	870.00	597.00	3.62	.50
54	3	867.10	.00	.00	.80

54	3	868.30	700.00	1.00	.80
54	3	869.30	1800.00	2.00	.80
56	1	866.60	.00	.00	.50
56	1	867.10	32.00	.21	.50
56	1	867.60	240.00	.73	.50
56	1	868.60	816.00	.76	.50
56	1	869.60	2040.00	1.53	.50
56	1	870.60	3570.00	2.33	.50
56	2	866.40	.00	.00	.50
56	2	867.10	32.00	.21	.50
56	2	867.60	240.00	.73	.50
56	2	868.60	816.00	.76	.50
56	2	869.60	2040.00	1.53	.50
56	2	870.60	3570.00	2.33	.50
56	3	868.30	.00	.00	.80
56	3	869.20	1100.00	1.00	.80
56	3	870.20	2200.00	2.00	.80
57	1	866.00	.00	.00	.50
57	1	867.00	100.00	.74	.50
57	1	868.00	266.00	1.61	.50
57	1	869.00	432.00	2.62	.50
57	1	870.00	597.00	3.62	.50
57	2	865.10	.00	.00	.50
57	2	866.00	100.00	.74	.50
57	2	867.00	266.00	1.61	.50
57	2	868.00	432.00	2.62	.50
57	2	869.00	597.00	3.62	.50
57	3	866.85	.00	.00	.80
57	3	867.90	1100.00	1.00	.80
57	3	868.90	2200.00	2.00	.80
59	1	866.40	.00	.00	.50
59	1	867.10	32.00	.21	.50
59	1	867.60	240.00	.73	.50
59	1	868.60	816.00	.76	.50
59	1	869.60	2040.00	1.53	.50
59	1	870.60	3570.00	2.33	.50
59	2	866.10	.00	.00	.50
59	2	867.10	32.00	.21	.50
59	2	867.60	240.00	.73	.50
59	2	868.60	816.00	.76	.50
59	2	869.60	2040.00	1.53	.50
59	2	870.60	3570.00	2.33	.50
59	3	871.80	.00	.00	.50
59	3	872.80	900.00	1.00	.50
59	3	873.80	1800.00	2.00	.50
59	4	869.00	.00	.00	.80
59	4	870.20	1000.00	1.00	.80
59	4	871.20	2000.00	2.00	.80
60	1	865.10	.00	.00	.50
60	1	866.00	100.00	.74	.50
60	1	867.00	266.00	1.61	.50
60	1	868.00	432.00	2.62	.50
60	1	869.00	597.00	3.62	.50
60	2	864.20	.00	.00	.50
60	2	865.00	100.00	.74	.50
60	2	866.00	266.00	1.61	.50
60	2	867.00	432.00	2.62	.50
60	2	868.00	597.00	3.62	.50
60	3	866.60	.00	.00	.80
60	3	867.70	1000.00	1.00	.80
60	3	868.70	2000.00	2.00	.80
62	1	866.10	.00	.00	.50
62	1	867.10	32.00	.21	.50
62	1	867.60	240.00	.73	.50
62	1	868.60	816.00	.76	.50
62	1	869.60	2040.00	1.53	.50

62	1	870.00	5570.00	2.33	.50
62	2	871.80	.00	.00	.50
62	2	872.80	1100.00	1.00	.50
62	2	873.80	2200.00	1.99	.50
62	3	869.80	.00	.00	.80
62	3	870.80	1000.00	1.00	.80
62	3	871.80	2000.00	2.00	.80
63	1	864.20	.00	.00	.50
63	1	865.00	100.00	.74	.50
63	1	866.00	266.00	1.61	.50
63	1	867.00	432.00	2.62	.50
63	1	868.00	597.00	3.62	.50
63	2	871.80	.00	.00	.50
63	2	872.80	500.00	1.00	.50
63	2	873.80	1000.00	1.98	.50
63	3	866.40	.00	.00	.80
63	3	867.40	1000.00	1.00	.80
63	3	868.50	2000.00	2.00	.80
65	1	871.80	.00	.00	.50
65	1	872.80	900.00	1.00	.50
65	1	873.80	1800.00	1.99	.50
65	2	871.80	.00	.00	.50
65	2	872.80	200.00	1.00	.50
65	2	873.80	400.00	2.00	.50
65	3	866.60	.00	.00	.50
65	3	867.00	212.00	.25	.50
65	3	868.00	1266.00	1.10	.50
65	3	869.00	2438.00	2.02	.50
65	3	870.00	3662.00	2.98	.50
65	3	871.00	4900.00	3.95	.50
65	4	868.75	.00	.00	.80
65	4	869.60	950.00	1.00	.80
65	4	870.60	1900.00	1.99	.80
66	1	871.80	.00	.00	.50
66	1	872.80	500.00	1.00	.50
66	1	873.80	1000.00	1.98	.50
66	2	866.40	.00	.00	.50
66	2	867.00	105.00	.27	.50
66	2	868.00	560.00	1.18	.50
66	2	869.00	1048.00	2.10	.50
66	2	870.00	1554.00	3.05	.50
66	2	871.00	2074.00	3.99	.50
66	3	867.15	.00	.00	.80
66	3	868.20	950.00	1.00	.80
66	3	869.20	1900.00	1.99	.80
68	1	866.60	.00	.00	.50
68	1	867.00	212.00	.25	.50
68	1	868.00	1266.00	1.10	.50
68	1	869.00	2438.00	2.02	.50
68	1	870.00	3662.00	2.98	.50
68	1	871.00	4900.00	3.95	.50
68	2	866.50	.00	.00	.50
68	2	866.80	212.00	.25	.50
68	2	867.80	1266.00	1.10	.50
68	2	868.80	2438.00	2.02	.50
68	2	869.80	3662.00	2.98	.50
68	2	870.80	4900.00	3.95	.50
68	3	866.95	.00	.00	.80
68	3	868.00	1000.00	1.00	.80
68	3	869.00	2000.00	2.00	.80
69	1	866.40	.00	.00	.50
69	1	867.00	105.00	.27	.50
69	1	868.00	560.00	1.18	.50
69	1	869.00	1048.00	2.10	.50
69	1	870.00	1554.00	3.05	.50
69	1	871.00	2074.00	3.99	.50

67	2	866.00	105.00	.27	.50
69	2	866.80	105.00	.27	.50
69	2	867.80	560.00	1.18	.50
69	2	868.80	1048.00	2.10	.50
69	2	869.80	1554.00	3.05	.50
69	2	870.30	2074.00	3.99	.50
69	3	867.35	.00	.00	.80
69	3	868.50	1000.00	1.00	.80
69	3	869.50	2000.00	2.00	.80
71	1	866.50	.00	.00	.50
71	1	866.80	212.00	.25	.50
71	1	867.80	1266.00	1.10	.50
71	1	868.80	2438.00	2.02	.50
71	1	869.80	3662.00	2.98	.50
71	1	870.80	4900.00	3.95	.50
71	2	866.30	.00	.00	.50
71	2	866.60	212.00	.25	.50
71	2	867.60	1266.00	1.10	.50
71	2	868.60	2438.00	2.02	.50
71	2	869.60	3662.00	2.98	.50
71	2	870.60	4900.00	3.95	.50
71	3	867.00	.00	.00	.80
71	3	868.00	1000.00	1.00	.80
71	3	869.00	2000.00	2.00	.80
72	1	866.20	.00	.00	.50
72	1	866.80	105.00	.27	.50
72	1	867.80	560.00	1.18	.50
72	1	868.80	1048.00	2.10	.50
72	1	869.80	1554.00	3.05	.50
72	1	870.80	2074.00	3.99	.50
72	2	866.10	.00	.00	.50
72	2	866.60	105.00	.27	.50
72	2	867.60	560.00	1.18	.50
72	2	868.60	1048.00	2.10	.50
72	2	869.60	1554.00	3.05	.50
72	2	870.60	2074.00	3.99	.50
72	3	867.20	.00	.00	.80
72	3	868.50	1000.00	1.00	.80
72	3	869.50	2000.00	2.00	.80
74	1	866.20	.00	.00	.50
74	1	866.60	212.00	.25	.50
74	1	867.60	1266.00	1.10	.50
74	1	868.60	2438.00	2.02	.50
74	1	869.60	3662.00	2.98	.50
74	1	870.60	4900.00	3.95	.50
74	2	866.10	.00	.00	.50
74	2	866.50	212.00	.25	.50
74	2	867.50	1266.00	1.10	.50
74	2	868.50	2438.00	2.02	.50
74	2	869.50	3662.00	2.98	.50
74	2	870.50	4900.00	3.95	.50
74	3	866.80	.00	.00	.80
74	3	868.00	1000.00	1.00	.80
74	3	869.00	2000.00	2.00	.80
75	1	866.10	.00	.00	.50
75	1	866.60	105.00	.27	.50
75	1	867.60	560.00	1.18	.50
75	1	868.60	1048.00	2.10	.50
75	1	869.60	1554.00	3.05	.50
75	1	870.60	2074.00	3.99	.50
75	2	865.90	.00	.00	.50
75	2	866.50	105.00	.27	.50
75	2	867.50	560.00	1.18	.50
75	2	868.50	1048.00	2.10	.50
75	2	869.50	1554.00	3.05	.50

75	3	867.00	.00	.00	.80
75	3	868.00	1000.00	1.00	.80
75	3	869.00	2000.00	2.00	.80
77	1	866.10	.00	.00	.50
77	1	866.50	212.00	.25	.50
77	1	867.50	1266.00	1.10	.50
77	1	868.50	2438.00	2.02	.50
77	1	869.50	3662.00	2.98	.50
77	1	870.50	4900.00	3.95	.50
77	2	865.70	.00	.00	.50
77	2	866.10	212.00	.25	.50
77	2	867.10	1266.00	1.10	.50
77	2	868.10	2438.00	2.02	.50
77	2	869.10	3662.00	2.98	.50
77	2	870.10	4900.00	3.95	.50
77	3	866.70	.00	.00	.80
77	3	867.70	900.00	1.00	.80
77	3	868.70	1800.00	2.00	.80
78	1	865.90	.00	.00	.50
78	1	866.50	105.00	.27	.50
78	1	867.50	560.00	1.18	.50
78	1	868.50	1048.00	2.10	.50
78	1	869.50	1554.00	3.05	.50
78	1	870.50	2074.00	3.99	.50
78	2	865.20	.00	.00	.50
78	2	866.80	105.00	.27	.50
78	2	867.80	560.00	1.18	.50
78	2	868.80	1048.00	2.10	.50
78	2	869.80	1554.00	3.05	.50
78	2	870.80	2074.00	3.99	.50
78	3	866.50	.00	.00	.80
78	3	867.50	900.00	1.00	.80
78	3	868.50	1800.00	2.00	.80
80	1	865.70	.00	.00	.50
80	1	866.10	212.00	.25	.50
80	1	867.10	1266.00	1.10	.50
80	1	868.10	2438.00	2.02	.50
80	1	869.10	3662.00	2.98	.50
80	1	870.10	4900.00	3.95	.50
80	2	866.70	.00	.00	.80
80	2	867.70	900.00	1.00	.80
80	2	868.70	1800.00	2.00	.80
81	1	865.20	.00	.00	.50
81	1	866.80	105.00	.27	.50
81	1	867.80	560.00	1.18	.50
81	1	868.80	1048.00	2.10	.50
81	1	869.80	1554.00	3.05	.50
81	1	870.80	2074.00	3.99	.50
81	2	865.60	.00	.00	.80
81	2	866.60	900.00	1.00	.80
81	2	867.60	1800.00	2.00	.80

 CELAS ADJACENTES AO TRECHO

2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21	23	24
26	27	29	30	32	33	35	36	38	39	41	42	44	45	47	48
50	51	53	54	56	57	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72
74	75	77	78	80	81										

INTERVALO DE TEMPO DOS DADOS = 120.0 MINUTOS

INTERVALO DE TEMPO DE CALCULO = 5.0 MINUTOS

CONDICOES INICIAIS

SECAO	NIVEL	VAZAO	SECAO	NIVEL	VAZAO	SECAO	NIVEL	VAZAO
1	875.01	204.00	2	874.08	.00	3	874.08	.00
4	873.15	207.00	5	872.71	.00	6	872.71	.00
7	872.27	210.00	8	872.12	.00	9	872.12	.00
10	871.99	213.00	11	871.82	.00	12	871.82	.00
13	871.66	217.00	14	871.46	.00	15	871.46	.00
16	871.27	220.00	17	871.07	.00	18	871.07	.00
19	870.88	288.00	20	870.67	.00	21	870.67	.00
22	870.46	291.00	23	870.25	.00	24	870.25	.00
25	870.05	294.00	26	869.91	.00	27	869.91	.00
28	869.77	297.00	29	869.75	.00	30	869.75	.00
31	869.72	300.00	32	869.69	.00	33	869.69	.00
34	869.66	303.00	35	869.63	.00	36	869.63	.00
37	869.61	306.00	38	869.58	.00	39	869.58	.00
40	869.56	310.00	41	869.51	.00	42	869.51	.00
43	869.47	313.00	44	869.42	.00	45	869.42	.00
46	869.38	317.00	47	869.31	.00	48	869.31	.00
49	869.25	320.00	50	869.20	.00	51	869.20	.00
52	869.16	323.00	53	869.12	.00	54	869.12	.00
55	869.08	327.00	56	869.03	.00	57	869.03	.00
58	868.99	330.00	59	868.94	.00	60	868.94	.00
61	868.89	335.00	62	868.84	.00	63	868.84	.00
64	868.80	340.00	65	868.75	.00	66	868.75	.00
67	868.71	342.00	68	868.66	.00	69	868.66	.00
70	868.62	345.00	71	868.57	.00	72	868.57	.00
73	868.53	347.00	74	868.48	.00	75	868.48	.00
76	868.44	350.00	77	868.40	.00	78	868.40	.00
79	868.35	352.00	80	868.30	.00	81	868.30	.00
82	868.26	355.00						

CONDICOES DE CONTORNO

NB = -1

HIDROGRAMA DA SECAO 1

INT. TEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	204.00	204.00	204.00	204.00						

NB = 0

CURVA DE DESCARGA NA SECAO DE CONTORNO R2

*** A RELACAO ENTRE NIVEL E VAZAO E A EQUACAO DE MANNING

CONTRIBUICAO LATERAL

CONTRIBUICAO LATERAL 1

INT. TEMPO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 1 3.2300 3.2300 3.2300 3.2300

SECOES DE MONTANTE DOS TRECHOS ONDE ESTA CONTRIBUICA O LATERAL ENTRA

1 4 7 10 13 19 22 25 28 31
 34 37 40 43 46 49 52 55 58 61

CONTRIBUICAO LATERAL 2

INT. TEMPO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 1 2.5000 2.5000 2.5000 2.5000

SECOES DE MONTANTE DOS TRECHOS ONDE ESTA CONTRIBUICA O LATERAL ENTRA

64 67 70 73 76 79 82

CONTRIBUICAO LATERAL 3

INT. TEMPO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 1 68.0000 68.0000 68.0000 68.0000

SECOES DE MONTANTE DOS TRECHOS ONDE ESTA CONTRIBUICA O LATERAL ENTRA

16

MODELO HIDRODINAMICO RIO IGUAQU ***** arq-8a *** L*/L -variavel PAGINA 2

I INTERVALO	I SECAO	I INICIAL	I AY	I FINAL	I NIVEL	I SECAO	I CELA	I VAZAO	I INICIAL	I AQ	I FINAL
I TEMPO	I DU CELA	I PROF.	I	I PROF.	I	I DU CELA	I ADJ.	I DAS CELAS	I VAZAO	I	I VAZAO

1	7.5100				875.0100	1			204.000		
2	6.4300				874.0800						
3	5.5800				874.0800						
4	5.6500				873.1500	4			207.000		
5	4.9100				872.7100						
6	1.9100				872.7100						
7	4.7700				872.2700	7			210.000		
8	4.2200				872.1200						
9	4.8200				872.1200						
10	4.9900				871.9900	10			213.000		
11	4.2700				871.8200						
12	5.2200				871.8200						
13	4.6600				871.6600	13			217.000		
14	4.4300				871.4600						
15	3.5600				871.4600						
16	4.5700				871.2700	16			220.000		
17	4.2000				871.0700						
18	3.9700				871.0700						
19	4.4800				870.8800	19			288.000		
20	3.5700				870.6700						
21	3.7700				870.6700						
22	4.6600				870.4600	22			291.000		
23	2.5500				870.2500						

24	5.1800	870.2500			
25	4.8500	870.0500	25		294.000
26	2.2100	869.9100			
27	.9600	869.9100			
28	4.5700	869.7700	28		297.000
29	2.3200	869.7500			
30	.2500	869.7500			
31	5.5200	869.7200	31		300.000
32	2.2100	869.6900			
33	2.4900	869.6900			
34	6.3600	869.6600	34		303.000
35	2.3300	869.6300			
36	3.3300	869.6300			
37	6.1100	869.6100	37		306.000
38	2.6300	869.5800			
39	2.8800	869.5800			
40	5.8600	869.5600	40		310.000
41	2.9600	869.5100			
42	2.5600	869.5100			
43	5.6700	869.4700	43		313.000
44	3.3700	869.4200			
45	2.4700	869.4200			
46	5.3800	869.3800	46		317.000
47	4.0600	869.3100			
48	3.0100	869.3100			

108

MODELO HIDRODINAMICO
RIO IGUAÇU

**** arq-8a *** L*/L -variavel

PAGINA 3

I INTERVALO I	SECAO I	INICIAL I	AY I	FINAL I	NIVEL I	SECAO I	CELA I	VAZAO I	INICIAL I	AQ I	FINAL I
I TEMPO IOU	CELA I	PROF. I	I	I PROF. I	I	IOU CELA I	ADJ. I	DAS CELAS I	VAZAO I	I	I VAZAO I

49	5.3500	869.2500	49		320.000
50	4.0000	869.2000			
51	3.5000	869.2000			
52	5.6100	869.1600	52		323.000
53	2.9200	869.1200			
54	3.2200	869.1200			
55	5.8000	869.0800	55		327.000
56	2.5300	869.0300			
57	3.5300	869.0300			
58	5.9900	868.9900	58		330.000
59	2.6400	868.9400			
60	4.1900	868.9400			
61	6.0700	868.8900	61		335.000
62	2.8400	868.8400			
63	5.0400	868.8400			
64	6.3000	868.8000	64		340.000
65	2.5500	868.7500			
66	3.9000	868.7500			
67	6.2100	868.7100	67		342.000
68	2.1600	868.6600			
69	2.3100	868.6600			
70	6.4200	868.6200	70		345.000
71	2.1700	868.5700			
72	2.3700	868.5700			
73	6.3300	868.5300	73		347.000
74	2.2800	868.4800			
75	2.4800	868.4800			
76	6.4400	868.4400	76		350.000