



## Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba

---

RELATÓRIO FINAL – VOLUME 4  
CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS

TOMO 4.2  
MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO RIO AVARIÚ

---

DEZEMBRO 2 002

**GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

**SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**SUDERHSA Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**

**PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA  
PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO RIO IGUAÇU  
NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

RELATÓRIO FINAL - VOLUME 4

**CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS**

TOMO 4.2

**MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO RIO AVARIÚ**

**CH2M HILL DO BRASIL SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA.  
DEZEMBRO DE 2002  
EDIÇÃO FINAL**

## RELAÇÃO DE VOLUMES

---

- Volume 1 SISTEMA INSTITUCIONAL  
Propõe um sistema institucional para a concretização e gestão do Plano Diretor de Drenagem.
- Volume 2 POLÍTICAS E AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS  
Apresenta a um elenco de políticas e ações para o controle do uso do solo urbano com o objetivo de promover a redução das vazões de águas pluviais e dos impactos das cheias.
- Volume 3 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS - RELATÓRIO GERAL (4 tomos)  
Apresenta as questões relacionadas às linhas de inundação, capacidade do sistema de macrodrenagem e medidas estruturais de controle de cheias comuns a toda área de projeto. Abrange os seguintes assuntos: metodologia, critérios e parâmetros de modelagem; caracterização do sistema; pesquisa sobre inundações; estudo da evolução da mancha urbana; programas de melhorias; análise geral de impactos ambientais e medidas mitigadoras; integração com o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu.
- Volume 4 CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS - MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO (30 tomos)  
Apresenta, para cada bacia de afluente do rio Iguaçu, as linhas de inundação para diversos cenários e períodos de retorno, um diagnóstico das inundações, as medidas estruturais de controle propostas, o anteprojeto dessas medidas, orçamentos estimativos e programas específicos. Apresenta também um estudo sobre os impactos das medidas de controle propostas para os afluentes, nas cheias do rio Iguaçu.
- Volume 5 PLANO DE AÇÃO PARA SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA (2 tomos)  
Identifica as áreas críticas sob risco de inundação; analisa os planos de ações emergenciais existentes; propõe uma logística operacional baseada no Sistema de Monitoramento e Alerta de Cheias e no Sistema Metropolitano de Defesa Civil identificando os estados de alerta e as ações de emergência com os respectivos responsáveis.
- Volume 6 MANUAL DE DRENAGEM URBANA  
Apresenta critérios para elaboração de projetos, com sua fundamentação teórica, dentro dos princípios do Plano Diretor de Drenagem. Apresenta também a regulamentação por distrito de drenagem das ações a serem implementadas.
- Volume 7 SUBSÍDIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS (2 tomos)  
Avalia os benefícios das intervenções propostas para a redução das enchentes em uma bacia piloto através da metodologia da disposição a pagar, a partir da valoração dos imóveis beneficiados.
- Volume 8 CAPACITAÇÃO TÉCNICA  
Apresenta o roteiro e a análise dos resultados do curso de capacitação ministrado para técnicos da SUDERHSA, das prefeituras e das entidades responsáveis pela implantação do Plano Diretor de Drenagem.
- Volume 9 SISTEMA DE DIVULGAÇÃO E INTERAÇÃO COM OS USUÁRIOS  
Desenvolve o projeto de quatro folderes, de um cartaz e de um sítio na internet para a divulgação do Plano Diretor de Drenagem e abertura de canais de comunicação com a população.
- Volume 10 SÍNTESE  
Apresenta o resumo do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu com a síntese dos trabalhos elaborados e das ações propostas.

## TOMOS DO VOLUME 4

---

Tomos 4.1 a 4.27      CAPACIDADE DO SISTEMA ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS –  
 MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO PARA AS BACIAS DOS  
 AFLUENTES DO RIO IGUAÇU, CONFORME A RELAÇÃO ABAIXO:

Tomos	Bacia
4.1	RIO DO MOINHO
4.2	RIO AVARIÚ
4.3	ARROIO MASCATE
4.4	RIO ATUBA
4.5	RIO ITAQUI
4.6	RIO PEQUENO
4.7	RIO CAMBUI
4.8	RIO BELÉM
4.9	RIO BARIGUI
4.10	RIO PALMITAL
4.11	RIBEIRÃO PADILHA
4.12	RIO ITAQUI (CAMPO LARGO)
4.13	RIO DA RESSACA
4.14	RIBEIRÃO DA DIVISA
4.15	RIO ALTO BOQUEIRÃO
4.16	RIO IRAI
4.17	RIO MAURÍCIO
4.18	RIBEIRÃO PONTA GROSSA
4.19	ARROIO ESPIGÃO
4.20	ARROIO DA PRENSA
4.21	RIO PASSAÚNA
4.22	RIO DO ENGENHO
4.23	RIO DO CERNE
4.24	RIO MIRINGUAVA
4.25	RIO COTIA
4.26	RIO DA CACHOEIRA
4.27	RIO VERDE

Tomos 4.28      ANTEPROJETO HIDRÁULICO PARA AS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE

Tomos 4.29      PROJETO CONCEITUAL DE URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO PARA AS MEDIDAS  
 ESTRUTURAIS DE CONTROLE

Tomos 4.30      ESTUDO DOS EFEITOS DAS MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS SOBRE O  
 RIO IGUAÇU

# ÍNDICE

---

## TOMO 4.2 – RIO AVARIÚ

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA</b>	<b>3</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO	3
2.2	SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM	3
2.3	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	4
2.4	USO DO SOLO	5
<b>3</b>	<b>MODELAGEM HIDRODINÂMICA</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CENÁRIOS CONSIDERADOS</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DADOS UTILIZADOS</b>	<b>9</b>
5.1	BASE CARTOGRÁFICA	9
5.2	PERFIL LONGITUDINAL	9
5.3	SEÇÕES TRANSVERSAIS	10
5.4	CONDIÇÕES DE CONTORNO	10
<b>6</b>	<b>RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDRODINÂMICAS</b>	<b>12</b>
6.1	CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL	12
6.2	CENÁRIO DIRIGIDO	15
<b>7</b>	<b>MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS PROPOSTAS</b>	<b>22</b>
7.1	MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS	22

## ANEXOS

ANEXO 1 - TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

ANEXO 2 - HIDROGRAMAS DE ENTRADA

ANEXO 3 - COTAGRAMAS

ANEXO 4 - HIDROGRAMAS DE SAÍDA

ANEXO 5 - SEÇÕES TRANSVERSAIS

ANEXO 6 – COTAS DE NÍVEIS DE ÁGUA

ANEXO 7 - DESENHOS

## RELAÇÃO DE DESENHOS

Nº	Título	Escala
IL-01	Bacia do Rio Avariú Planta Geral com a Localização da Bacia	Gráfica
C001	Bacia do Rio Avariú Diagrama Unifilar	S/ escala
T049	Bacia do Rio Avariú Sub-Bacias Hidrográficas	1:50000
C002	Bacia do Rio Avariú Condições de Contorno	Gráfica
CA1/1	Bacia do Rio Avariú Manchas de Inundação – Cenário Atual - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CT1/1	Bacia do Rio Avariú Manchas de Inundação – Cenário Tendencial - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CD1/1	Bacia do Rio Avariú Manchas de Inundação – Cenário Dirigido - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
I001	Bacia do Rio Avariú Inundações Segundo Pesquisa	1:50000
C003	Bacia do Rio Avariú Medidas de Controle de Enchentes	1:5.000

# 1 APRESENTAÇÃO

---

Este relatório é um dos componentes dos trabalhos referentes ao "Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu" objeto do contrato nº 04/99, firmado entre a SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná e a CH2M HILL do Brasil Serviços de Engenharia Ltda.

Este volume apresenta o estudo das áreas de risco de inundação ao longo da rede de macrodrenagem da bacia do rio Avariú, resultado dos trabalhos de simulação de modelo matemático, conforme previsto no Terceiro Termo Aditivo do contrato acima mencionado.

As áreas de risco de inundação foram geradas a partir de modelagem matemática, sobre base cartográfica do SIGRH fornecida pela SUDERHSA, destinando-se à definição das medidas de controle de inundações a serem propostas para cada caso específico.

Como ferramenta de análise, utilizou-se o módulo hidrodinâmico HD do modelo Mike 11, desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute – DHI, o qual é voltado à simulação hidráulica de redes complexas de rios e canais. Foi também empregado o programa Spring, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, na preparação dos dados para a modelagem bem como na apresentação dos produtos.

Os elementos, parâmetros e dados necessários às simulações, tais como os: hidrológicos, de tipologia dos solos, de usos do solo atual e futuro, de topologia, hidráulico-fluviais, etc, foram preparados em estudos contidos em outros volumes deste Plano Diretor, os quais são citados sempre que necessário ao entendimento e à clareza dos serviços elaborados.

No Capítulo 2 – Características Principais da Bacia – são apresentadas, de forma sucinta, a descrição da bacia, a sua localização na área de estudo do Plano Diretor e citações dos principais elementos característicos da bacia que entraram na composição dos resultados, e/ou citados os volumes e capítulos do Plano Diretor onde se encontram os estudos que os definiram.

No Capítulo 3 – Modelagem Hidrodinâmica – são apresentados os principais critérios utilizados na modelagem matemática para a determinação das linhas de inundação.

No Capítulo 4 – Cenários Considerados – descrevem-se os cenários que constituem os objetos de estudo deste relatório, formulados para a avaliação das inundações dos rios da bacia do Alto Iguaçu, mencionando-se os principais critérios adotados nas simulações, em cada caso.

São apresentados, no Capítulo 5 – Dados Básicos Utilizados – os dados que serviram de apoio para o desenvolvimento dos trabalhos, compreendendo fundamentalmente a base cartográfica, em que foram alocadas as seções transversais, tendo também sido a mesma utilizada para o traçado do perfil longitudinal dos rios analisados e pertencentes à bacia do rio Avariú. São, ainda, fornecidos os hidrogramas afluentes e indicadas as condições de contorno.

No Capítulo 6 – Resultados das Simulações Hidrodinâmicas – encontram-se os produtos resultantes das simulações, consistindo em perfis longitudinais com a representação do nível de água no canal do rio, tabela com as cotas e vazões em função das estacas, cotogramas, hidrogramas de saída, desenhos das áreas de risco de inundação. São também apresentadas

análises, conclusões e recomendações efetuadas com base nas configurações e localizações das áreas de risco de inundação relativamente às áreas urbanizadas. Nesse capítulo são também propostas as medidas de controle para extinguir e/ou atenuar, quando for o caso, as inundações resultantes das simulações efetuadas.

As principais características das medidas de controle (MCs) recomendadas são apresentadas no Capítulo 7 – Medidas de Controle Estruturais Propostas. Neste capítulo são definidas as principais características hidráulicas, urbanísticas e de paisagismo das medidas propostas, bem como apresentados os seus custos estimativos de implantação.

Como síntese dos resultados das simulações e da análise e interpretação das mesmas, foram propostas para a bacia do rio Avariú as seguintes medidas de controle:

- Implantação de um reservatório de acumulação, junto à margem esquerda do rio, imediatamente a montante da travessia deste sob a rua Francisco Dal Negro (entre estacas 2+200 a 2+500)
- Melhoria das condições do canal existente em um trecho de 252 m de extensão, situado a jusante da rua J. Dombrowski (entre estacas 3+018 a 3+270)
- Substituição da travessia sob a rua Des. James (estaca 3+275)

Os custos estimados para a implantação destas MCs alcançam, a preços de janeiro/2000, o montante de 3,2 milhões de reais.



## 2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA

---

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O rio Avariú é afluente da margem esquerda do rio Iguaçu. A sua bacia hidrográfica abrange uma extensão territorial de cerca de 7,2 km<sup>2</sup>, estando totalmente localizada no município de São José dos Pinhais.

A localização da bacia do rio Avariú na área de abrangência do Plano Diretor de Drenagem é apresentada no desenho IL-01, e a planta geral da bacia no desenho I001.

Os principais elementos da área de estudo pertinentes à bacia do rio Avariú e considerados para a simulação hidrodinâmica são mostrados no Diagrama Unifilar do Sistema de Macrodrenagem, apresentado no desenho C001.

### 2.2 SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM

#### 2.2.1 Caracterização do Sistema

A caracterização da situação atual de cerca de 3,3 km de trechos de rios da bacia do rio Avariú é mostrada no Volume 3 – Tomo 3.1 do Relatório Final, compreendendo informações sobre os seguintes elementos:

- Traçado da rede de canais;
- Perfis longitudinais;
- Seções transversais;
- Rugosidades definidas pelo coeficiente de Manning.

#### 2.2.2 Singularidades

Caracterizam-se por singularidade as obstruções existentes ao longo do caminamento do rio. Estas podem ser travessias de ruas (bueiros, galerias e pontilhões), passarelas e qualquer outro obstáculo existente que dificulte a passagem da vazão afluente a um determinado ponto.

As singularidades levantadas na bacia do rio Avariú estão locadas nos desenhos CA1/1 e CT1/1. A tabela 2.1 mostra as principais características daquelas consideradas nas simulações:

**Tabela 2.1 Singularidades - Bacia do Rio Avariú**

Nº	Estaca	Tipo	Dimensões	Recobrimento
1	0+626	Galeria	(6,0 x 2,0) m	0,3 m
2	1+551	Galeria	2 x (2,0 x 2,0) m	0,5 m
3	1+756	Galeria / bueiro	2 x (2,0 x 2,0) m + 1 $\phi$ 1,5 m	0,5 m
4	1+951	Galeria	2 x (2,0 x 2,0) m	0,3 m
5	2+114	Galeria	2 x (2,0 x 2,0) m	0,5 m
6	3+018	Galeria	(6,0 x 2,0) m	0,3 m
7	3+275	Bueiro tubular	1 $\phi$ 1,8 m	0,5 m

Fonte: CH2M HILL

### 2.2.3 Obras e Projetos

Não foram identificados projetos e programas de obras de drenagem para execução nesta bacia.

### 2.2.4 Áreas Inundáveis

Foram identificados pontos críticos de inundação na bacia do rio Avariú, os quais estão indicados na Planta Geral da Bacia contida no desenho I001.

Estes pontos críticos de inundação foram definidos a partir de pesquisas realizadas junto à Prefeitura de São José dos Pinhais. A pesquisa e seus resultados estão detalhadamente apresentados no Volume 3 – Tomo 3.1, do Relatório Final.

## 2.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

### 2.3.1 Atendimento Atual

A população urbana total (1999) atual da bacia é de 16.771 habitantes. A bacia do rio Avariú não é atendida por sistema público de esgotamento sanitário.

### 2.3.2 Prognósticos para o Horizonte do Plano

De acordo com o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu, elaborado para a SUDERHSA pela CH2M HILL (Dezembro 2000), a bacia do rio Avariú terá o início de implantação de seu sistema de esgotamento sanitário na segunda etapa de obras (2006 a 2010). A evolução do atendimento da população urbana pelo sistema de esgotamento sanitário no Cenário Proposto (Cenário D) até o horizonte do plano, ano 2020, é a mostrada na Tabela 2.2 a seguir:

**Tabela 2.2 Bacia do Rio Avariú**  
**Programa de Atendimento pelo Sistema de Coleta e Tratamento de Esgoto**

Parâmetro de Atendimento	Ano			
	2005	2010	2015	2020
População Urbana (hab)	25.659	32.324	38.115	44.975
População Atendida pelos sistemas de coleta e tratamento de esgotos (hab)	-	9.697	15.246	34.181
Índice de Atendimento (%)	-	30	40	76
Extensões de Redes Coletoras (km)	-	41	1.184	1.480
Número de Ligações (unidades)	-	2.050	3.070	6.070

Fonte: CH2M HILL

De acordo com as proposições do Plano de Despoluição, os esgotos coletados na bacia do rio Avariú serão conduzidos para a estação de tratamento existente denominada ETE Iguaçú, que apresenta capacidade para tratar 139 l/s.

A população informada na tabela 2.2 reflete a situação da bacia de esgotamento do rio Avariú. Devido à diferença de áreas, com relação à área de drenagem, as populações informadas são diferentes. A área de drenagem da bacia é menor que a área de esgotamento, sendo, portanto, a população urbana relativa ao limite de drenagem menor que a população urbana relativa ao limite de esgotamento.

## 2.4 USO DO SOLO

A urbanização da bacia do rio Avariú é relativamente recente, a densidade demográfica média atual é de cerca de 22 hab/ha, apresentando, em áreas urbanizadas, regiões com densidades demográficas de cerca de 120 hab/ha.

As áreas de maior ocupação localizam-se ao sul, a montante da Av. Rui Barbosa. As áreas ao norte desta avenida são de ocupação pouco intensa, estando lá localizado um campus da PUC.

O prognóstico para o ano 2020, fim do período de planejamento, é que a densidade demográfica média alcance o valor de 52 hab/ha, alcançando em áreas urbanizadas regiões com densidades de cerca de 150 hab/ha.

Os estudos de evolução da mancha urbana, elaborados para toda a área do plano de drenagem, são mostrados no Volume 3 – Tomo 3.3 do Relatório Final.

### 3 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

---

O conhecimento da malha hídrica a ser modelada constitui o primeiro passo a ser considerado nos trabalhos de modelagem matemática. Sua definição deve-se basear em uma análise detalhada das características hidráulicas do sistema hídrico a ser simulado, de forma a adequar as características e limitações do modelo matemático adotado.

Visando subsidiar a modelagem matemática no modelo de simulação hidrodinâmico Mike 11, realizou-se preliminarmente um amplo trabalho de coleta, análise e processamento de dados, o que permitiu a composição de uma base de dados consistente e com nível de detalhamento compatível com os objetivos do Plano Diretor.

No estabelecimento da base de dados de entrada para a modelagem matemática, considerou-se o seguinte subsídio básico:

- Disponibilidade de seções transversais, de forma a contemplar toda a área a ser modelada. Neste caso, é desejável a disponibilidade de um cadastro da rede hídrica a ser simulada, com grau de precisão compatível com os objetivos do estudo. Tratando-se de eventos hidrológicos críticos de cheias, estes levantamentos deverão extrapolar a calha natural de vazão, de forma a poder retratar as inundações que podem ocorrer lateralmente;
- Os limites da modelagem devem estar localizados a uma distancia suficiente das áreas onde serão implementadas ações de natureza estrutural do sistema hídrico, de forma que as alterações que possam ocorrer no escoamento não interfiram nas condições de contorno impostas; e
- Disponibilidade de informações observadas, tendo em vista os trabalhos de aferição e calibragem do modelo de simulação.

A definição do esquema topológico constitui-se basicamente na definição da malha hídrica a ser considerada no processo de modelagem. O esquema topológico representativo da malha hídrica foi estabelecido de forma a representar o comportamento hidráulico, dentro de uma dada precisão desejada. Desta forma, no processo de modelagem, os afluentes podem ser considerados através de ramificações em trechos de rios ou aplicados lateralmente.

A bacia do rio Avariú foi dividida em 7 sub-bacias e para elas foram definidos todos os parâmetros necessários para a modelagem. No contexto da bacia hidrográfica do rio Avariú, o sistema hídrico simulado compreenderá o curso principal do rio, o que perfaz cerca de 3,3 km, cuja abrangência espacial pode ser visualizada no desenho T049.

O curso d'água do rio Avariú foi estaqueado de jusante para montante, tendo como origem o nó correspondente à sua foz. Esta sistemática estabelece um sistema de referência que permite o posicionamento de todos os elementos considerados no processo de modelagem, tais como:

- Pontos de confluência;
- Pontos onde serão aplicadas as condições de contorno de montante e jusante;
- Pontos de aplicação das vazões laterais;

- Localização das estruturas hidráulicas.

O Volume 3 – Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias – Relatório Geral, apresenta toda a metodologia adotada referente à modelagem hidrodinâmica.

## 4 CENÁRIOS CONSIDERADOS

---

O estudo do sistema de macrodrenagem da bacia do rio Avariú se desenvolve em três cenários:

- Cenário Atual, retratando tanto as condições atuais de impermeabilização como do sistema de macrodrenagem das bacias hidrográficas contribuintes;
- Cenário Tendencial, em que são consideradas tanto as condições futuras de impermeabilização como do sistema de macrodrenagem das bacias, em decorrência do processo de urbanização previsto para o ano 2.020; e
- Cenário Dirigido, representando a mesma mancha urbana projetada para o ano de 2.020 e a situação futura do sistema de macrodrenagem com as medidas de controle. Portanto, são justamente as medidas de controle propostas no Plano Diretor que transformam o cenário tendencial em dirigido.

Portanto, nos cenários atual e tendencial foram consideradas as condições atuais da rede de macrodrenagem, não sendo contemplada a implantação de qualquer medida de controle visando a contenção e o controle de cheias.

Na bacia do rio Avariú as condições de impermeabilização foram obtidas através de caracterização geológica dos solos e estudos demográficos e de ocupação urbana que levaram em conta a população atual e sua distribuição espacial, bem como a projeção e distribuição da população ao longo do período de planejamento, a partir da tendência de crescimento e das leis de zoneamento e uso do solo.

Os parâmetros adotados nas simulações para os cenários atual e tendencial são apresentados na Tabela 4.1 do Anexo 1. Os dados populacionais constantes desta tabela são decorrentes dos estudos de evolução e distribuição populacional apresentados do Plano Diretor de Despoluição Hídrica e adotados no Plano Diretor de Drenagem.

## 5 DADOS UTILIZADOS

### 5.1 BASE CARTOGRÁFICA

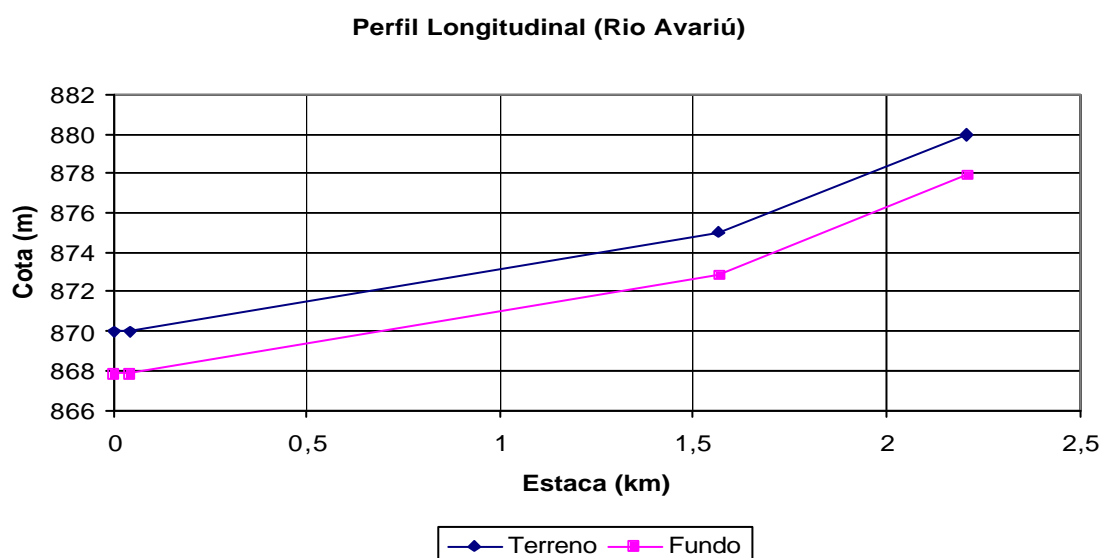
Para o desenvolvimento dos trabalhos de delimitação de áreas de risco de inundação nos trechos de macrodrenagem da bacia do Alto Iguaçu, através de modelagem matemática, foi utilizada a base cartográfica, na escala 1:10.000, preparada pela SUDERHSA como elemento de seu Sistema de Informações para Gestão de Recursos Hídricos – SIRGH. Para o presente relatório, abrangendo a bacia do rio Avariú, essa base foi complementada com cartas do programa Paranacidade, na escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, elaboradas em 1996 e 1997.

Foi feita a análise e a preparação dessa base de modo a possibilitar a utilização da mesma com o modelo de simulação hidrodinâmico Mike 11. Foram gerados modelos digitais do terreno (MDT) a partir da altimetria, com a inclusão e a validação de elementos de interesse que afetam o comportamento das inundações, como as cotas das margens dos rios, caracterizando-se, dessa maneira, a topologia ribeirinha.

### 5.2 PERFIL LONGITUDINAL

A partir do traçado do curso d'água principal e a definição do trecho de macrodrenagem, procedeu-se o estaqueamento do curso no sentido da foz para as cabeceiras. O perfil longitudinal do terreno, ao longo do trecho estaqueado, foi composto extraíndo-se da base cartográfica as cotas das margens nos pontos onde o traçado do curso intercepta as curvas de nível.

O perfil longitudinal do fundo do curso d'água foi determinado a partir das cotas das margens indicadas no perfil longitudinal do terreno, descontando-se destas a profundidade média dos leitos menores (canal por onde ocorre o escoamento das águas em períodos normais, isto é, quando não há inundações) que compõem o trecho de macrodrenagem, obtendo-se, assim, as cotas de fundo do canal para os mesmos locais onde foram levantadas cotas do terreno. É apresentado, em seguida, o perfil longitudinal do rio Avariú.



### 5.3 SEÇÕES TRANSVERSAIS

As seções transversais do curso de água são fundamentais para caracterizar a topologia da macrodrenagem. Cada seção transversal foi composta de duas partes, leito menor e várzea. As características geométricas das seções de leito menor foram obtidas em levantamentos de campo efetuados pela CH2M HILL. A várzea, ou fundo de vale inundável, foi caracterizada em situações de mudança de declividade, com o auxílio do modelo digital do terreno obtido da base cartográfica.

As características geométricas do leito menor de cada seção levantada têm validade para um trecho de macrodrenagem do curso de água, que se inicia na estaca onde se localiza a seção, até a seção seguinte. Essa consideração é feita no sentido da cabeceira para a foz.

Em função da conformação topográfica da várzea do rio Avariú, foram definidas dez seções transversais e nove tramos de macrodrenagem, de modo a caracterizar o comportamento do relevo do terreno. Estas seções transversais, resultantes da composição do leito menor com a várzea, serviram como dados de entrada para o módulo hidrodinâmico do Mike 11.

Destas, algumas seções transversais mais representativas são apresentadas no Anexo 5.

Foram adotados coeficientes de rugosidade (Manning) distintos para as duas partes componentes da seção transversal, sendo considerado entre  $n = 0,028$  a  $0,040$  para o leito menor e  $n = 0,060$  para a várzea, nos tramos do trecho de macrodrenagem.

### 5.4 CONDIÇÕES DE CONTORNO

No desenho C002 são apresentadas as condições de contorno para o modelo hidrodinâmico, indicando-se os pontos de entrada de vazão no curso a partir dos hidrogramas gerados e abordados no item anterior. As áreas de risco de inundação foram definidas com base em dois eventos chuvosos extremos, associados respectivamente aos períodos de retorno de 10 e 25 anos.

O trecho de macrodrenagem do rio Avariú considerado nas simulações tem início na sua foz no rio Iguaçu, prolongando-se por uma extensão de 3.275 m, até a estaca 3+275, onde está localizada a primeira seção transversal, a partir de montante.

Como condição de contorno de jusante, considerou-se a cota correspondente à capacidade de vazão do rio Iguaçu para o período de retorno de  $TR=2$  anos, igual a 870,00.

Para geração dos hidrogramas de cheia foi utilizado o modelo IPHS1 que é um software desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Esse sistema permite calcular hidrogramas de cheias para bacias complexas utilizando métodos e algoritmos consagrados na literatura.

Para as operações de transformação chuva-vazão foi selecionado o método do Soil Conservation Service dos EUA, para cálculo da separação do escoamento e geração do hidrograma. Esse método combina um hidrograma unitário sintético triangular com um algoritmo de separação de escoamentos, conhecido pelo seu parâmetro CN (*curve number*).



O hidrograma unitário sintético proposto pelo SCS é definido com base no tempo de concentração da bacia, este sendo um dos parâmetros do modelo. Dessa forma, o tempo de concentração regula a forma do hidrograma e conseqüentemente a vazão de pico resultante. Dado que o tempo de concentração é função das condições de escoamento ao longo da bacia, e estas podem variar com o grau de urbanização e demais alterações antrópicas, procurou-se estimar esse parâmetro de forma compatível com os cenários estabelecidos no plano.

O CN é um parâmetro adimensional que regula a separação do escoamento, ou seja, o volume da precipitação que infiltra no terreno. A partir do conhecimento do volume infiltrado obtém-se a precipitação efetiva disponível para escoamento superficial. Assim, o parâmetro CN é função das características do solo relacionadas com os processos de infiltração, tais como a sua permeabilidade e as condições de saturação. Este também é um parâmetro altamente influenciável pelas condições de ocupação da bacia. As impermeabilizações do solo provocadas pelo processo de urbanização diminuem as taxas de infiltração, aumentando conseqüentemente o volume de escoamento superficial.

A metodologia, critérios e parâmetros utilizados para a obtenção do parâmetro CN e cálculo dos hidrogramas são apresentados no Volume 03. Para as simulações hidrodinâmicas foram utilizadas as vazões dos hidrogramas gerados nos estudos hidrológicos, elaborados para os períodos de retorno de 10 e 25 anos. Os hidrogramas utilizados são apresentados no Anexo 2.

## 6 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDRODINÂMICAS

---

Os hidrogramas, cotagramas, vazões e cotas de nível d'água gerados nas simulações são apresentados neste relatório para seções consideradas mais representativas. Os elementos completos para as demais seções podem ser encontrados nos arquivos de entrada e saída do programa Mike 11, que estão disponíveis em meio digital.

### 6.1 CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL

#### 6.1.1 Perfis Longitudinais com Nível de Água

Apresentam-se no final deste capítulo, na forma de gráficos ilustrativos, os perfis das linhas de água para o rio Avariú, resultados das simulações do módulo hidrodinâmico HD do modelo matemático Mike 11. Esses gráficos mostram a envoltória das cotas máximas de inundação para os cenários atual e tendencial, ao longo do perfil longitudinal do rio Avariú, considerando os períodos de retorno de 10 e 25 anos. Para efeito de melhor comparação dos resultados, estão descritos também nessa parte os perfis longitudinais com nível de água no cenário dirigido.

Através desses gráficos e da tabela 6.1, pode-se observar que a linha da envoltória das cotas máximas de inundação se altera do cenário atual para o cenário tendencial, para ambos os períodos de retorno, devido às características de impermeabilização da bacia sofrerem alterações de um cenário para o outro, conseqüência do índice de urbanização previsto para a bacia.

Nos cenários atual e tendencial foi utilizado regime permanente como "start" do modelo e no cenário dirigido foi utilizado arquivo de parâmetros, gerando níveis iniciais diferentes nos cenários atual e tendencial para o dirigido, no perfil longitudinal de nível d'água.

#### 6.1.2 Tabela Estaca x Cota x Vazão

A seguir apresenta-se a Tabela 6.1, com os valores das cotas dos níveis máximos de água resultantes e as vazões de pico por estaca, para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos.

Comparando-se os valores das cotas obtidas para os cenários atual e tendencial e os períodos de retorno de 10 e 25 anos, verifica-se, em algumas seções, significativo acréscimo dos níveis máximos de água ao longo do período de planejamento, chegando a alterações da ordem de 1,1 m. Este fato se dá principalmente nas seções de montante do trecho simulado, seções estas que apresentam maiores restrições ao escoamento.

Na Tabela 6.2 são indicadas por estaca as cotas e as lâminas de inundação para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos.

**Tabela 6.1 Nível Máximo e Vazão de Pico – Rio Avariú**

Estaca	Cotas (m)				Vazões (m <sup>3</sup> /s)			
	Cenário Atual		Cenário Tendencial		Cenário Atual		Cenário Tendencial	
	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
0+491	870,81	870,92	870,88	871,00	35,3	42,1	40,0	45,6
1+391	874,57	874,87	874,78	875,02	32,4	37,2	36,1	39,4
1+820	878,38	878,85	878,76	879,10	29,0	33,9	32,2	37,6
2+499	881,22	881,78	881,60	882,21	22,6	28,1	26,3	34,4
3+060	884,05	884,74	884,51	885,19	13,1	19,5	17,4	26,4
3+275	886,79	887,71	887,49	888,83	7,2	10,8	10,0	14,1

Fonte: CH2M HILL

**Tabela 6.2 Cotas de Extravasamento e Lâminas de Inundação – Rio Avariú**

Estaca	Cotas de Extravasamento (m)	Lâmina de Inundação (m)			
		Cenário Atual		Cenário Tendencial	
		TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
0+491	870,57	0,24	0,35	0,31	0,43
1+391	874,50	0,07	0,37	0,28	0,52
1+820	877,95	0,43	0,90	0,81	1,15
2+499	881,20	0,02	0,58	0,40	1,01
3+060	884,80	-	-	-	0,39
3+275	885,70	1,09	2,01	1,79	3,13

Fonte: CH2M HILL

### 6.1.3 Cotogramas e Hidrogramas de Saída

Nos Anexos 3 e 4 são apresentados, respectivamente, os cotogramas e hidrogramas para as seções das estacas 0+491, 1+391, 1+820, 2+499, 3+060 e 3+275, resultantes da modelagem para os períodos de retorno de 10 e 25 anos dos cenários atual e tendencial. Através dos hidrogramas pode-se verificar a translação das ondas de enchentes no trecho de macrodrenagem definido. Nos cotogramas pode-se identificar, através da cota de extravasamento, o tempo de permanência da enchente na seção.

### 6.1.4 Áreas de Risco de Inundação

As áreas com risco de inundações na bacia do rio Avariú para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas nos desenhos CA1/1, CT1/1 E CD1/1.

De um modo geral, verifica-se uma mancha de inundação contínua, desde a estaca zero, junto ao rio Iguçu, até a estaca 2+114. Pode-se observar, também, acréscimos na área de inundação para

o período de retorno de 25 anos em relação ao de 10 anos em alguns dos tramos do trecho de macrodrenagem, principalmente no trecho entre as estacas 2+114 e 3+018.

As áreas de risco de inundações delimitadas pela modelagem atingem arruamentos da área urbana, notadamente entre as ruas Antonio Zaramella (Est. 1+551) e Francisco Dal Negro (Est. 2+180), e entre as ruas J. Dom Browksi (Est. 3 + 18) e Des. James (Est. 3 + 275). Entre as ruas Francisco Dal Negro e J. Dom Browksi as áreas de risco de inundações atingem as margens do curso do rio Avariú.

Segundo informações das prefeituras colhidas da pesquisa de inundação do Plano Diretor de Drenagem, a área entre as ruas Francisco Dal Negro e J. Dom Browksi realmente é sujeita a inundações, podendo estas ser originadas pela insuficiência hidráulica do canal de macrodrenagem.

Observa-se que o bueiro tubular de diâmetro 1,50 m, situado na estaca 3+275, sob a rua Des. James, não tem capacidade suficiente para permitir que haja o escoamento da vazão de enchente sem que ocorra o galgamento das águas sobre o leito carroçável desta avenida. O trecho de canal a jusante deste bueiro apresenta, também, insuficiência no escoamento das vazões de cheias.

O desenho apresentado foi elaborado com o auxílio de um módulo do programa Spring, desenvolvido pelo INPE, com a finalidade de representar a área de inundação a partir da envoltória de cotas máximas de nível de água. Esse módulo interpola as cotas em modelo digital de terreno (MDT), previamente gerado.

A precisão do modelo de desenho depende da resolução do MDT, estando intimamente ligada com a escala de produção da cartografia utilizada como base para a criação do mesmo. Isto é, a precisão do modelo de desenho está diretamente relacionada com a escala em que a base cartográfica foi produzida. Após a interpolação, as manchas que representam as áreas de risco de inundação foram importadas para um programa CAD, gerando os desenhos com todas as informações necessárias.

### **6.1.5 Análise e Recomendações**

As áreas de risco de inundações resultantes das simulações efetuadas se desenvolvem ao longo das margens do rio Avariú, praticamente em toda a extensão do trecho de macrodrenagem, apresentando nos pontos de maior amplitude uma largura de cerca de 150 m. São, portanto, as áreas ribeirinhas inundáveis que são ocupadas naturalmente pelo rio nas épocas das chuvas correspondentes aos tempos de recorrência estudados.

Algumas destas áreas ainda possuem características rurais e outras já estão urbanizadas, e as previsões efetuadas, que têm como horizonte o ano 2020, indicam que a tendência é da bacia do rio Avariú sofrer significativa urbanização. Observa-se, também, que algumas áreas ribeirinhas inundáveis são usadas para habitação ou outros usos antrópicos, podendo as inundações causar transtornos e prejuízos.

A situação acima descrita e os resultados das simulações indicam, portanto, a necessidade de se implantar, no período de planejamento destes estudos, medidas estruturais de controle de enchentes na bacia do rio Avariú.

As inundações indicadas pela modelagem para esta bacia, no entanto, são de pequena amplitude, pois, para o Cenário Tendencial, TR=10 anos, para o qual serão propostas medidas de controle, a lâmina de inundação acima da borda do leito menor atinge, nas áreas urbanizadas, a altura máxima de cerca de 0,50 m. Este resultado indica que medidas de ajuste das seções transversais, através do alargamento destas ou eventualmente com a elevação das margens através de aterros, poderão controlar as inundações em muitos pontos.

A área entre as ruas Francisco Dal Negro e J. Dom Browski é uma área de várzea não ocupada, e que deverá ser preservada e usada para a proposição de uma medida de controle por ser um local favorável para a implantação de um reservatório, a ser modelada na próxima fase dos trabalhos, quando será estudado o cenário dirigido. Esta medida poderá abater os picos de enchentes e mitigar os problemas de inundações verificados a jusante deste local.

Cabe observar que algumas proposições de medidas estruturais para o aumento da capacidade dos canais a montante desta área serão realizadas, devido à inexistência de outras áreas para reservatórios e às vazões serem baixas, da ordem de 17 m<sup>3</sup>/s.

Recomenda-se, no entanto, que medidas não estruturais sejam implantadas visando à preservação das características naturais de permeabilidade da bacia e a não alteração do regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto e que também atuam no sentido da recuperação, proteção e manutenção da qualidade das águas.

## 6.2 CENÁRIO DIRIGIDO

### 6.2.1 Características do Cenário Dirigido

Na simulação hidrodinâmica para o cenário dirigido foi considerada e analisada a implantação de um reservatório de detenção lateral na área entre as ruas Francisco Dal Negro e J. Dom Browski (identificada como MCAV 01-01 no desenho CD1/1), que é uma área de várzea não ocupada e um local favorável para a implantação de um reservatório de detenção. A intenção de inserção desta medida de controle é justificada pela necessidade de controlar os aportes de cheias à calha do rio Avariú a jusante da rua Francisco Dal Negro. A área total estimada para a implantação deste reservatório é em torno de 36.000 m<sup>2</sup>.

Além deste reservatório, devido às inundações delimitadas pela modelagem atingirem arruamentos da área urbana entre as ruas J. Dom Browski (Est. 3 + 18) e Des. James (Est. 3 + 275), inclusive a montante desta rua, proposições de medidas estruturais (identificadas como MCAV 01-02 e MCAV 01-03 no desenho CD1/1) para a adequação hidráulica do sistema existente nesta área serão realizadas. Estas proposições envolverão o desassoreamento e recomposição do canal e a substituição de travessia existente da rua Des. James.

### 6.2.2 Tabela Estaca x Cota x Vazão

A seguir apresenta-se a Tabela 6.3, com os valores das cotas dos níveis máximos de água resultantes e as vazões de pico por estaca, para o cenário dirigido e períodos de retorno de 10 e 25 anos.

**Tabela 6.3 Nível Máximo e Vazão de Pico para o Cenário Dirigido – Rio Avariú**

Estacas	Cotas (m)		Vazões (m <sup>3</sup> /s)	
	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 10 anos	TR 25 anos
0+491	870,86	870,99	34,9	42,8
1+391	874,54	874,87	29,0	34,2
1+820	878,17	878,70	19,7	28,5
2+499	880,73	881,18	18,2	28,1
3+060	883,98	884,53	33,6	47,3
3+275	886,88	887,49	28,0	39,2

Fonte: CH2M HILL

Na Tabela 6.4 são indicadas as cotas de extravasamento e as lâminas de inundação para o cenário dirigido e os períodos de retorno de 10 e 25 anos.

**Tabela 6.4 Cotas de Extravasamento Lâmina de Inundação – Rio Avariú**

Estaca	Cotas de Extravasamento (m)	Lâmina de Inundação (m)	
		Cenário Dirigido	
		TR=10 anos	TR=25 anos
0+491	870,57	0,29	0,42
1+391	874,50	0,04	0,37
1+820	877,95	0,22	0,75
2+499	881,20	-	-
3+060	884,80	-	-
3+275	885,70	1,18	1,79

Fonte: CH2M HILL

Comparando-se os valores das cotas obtidas no cenário dirigido para os cenários atual e tendencial e os períodos de retorno de 10 e 25 anos, verifica-se, em algumas seções, significativo decréscimo dos níveis máximos de água ao longo do período de planejamento. Este fato se dá principalmente nas seções de montante do trecho simulado, seções estas que estão próximas às medidas de controle propostas.

### 6.2.3 Cotogramas e Hidrogramas de Saída

Nos Anexos 3 e 4 são apresentados, respectivamente, os cotogramas e hidrogramas para as seções das estacas 0+491, 1+391, 1+820, 2+499, 3+060 e 3+275, resultantes da modelagem para os períodos de retorno de 10 e 25 anos do cenário dirigido. Através dos hidrogramas pode-se verificar a translação das ondas de enchentes no trecho de macrodrenagem definido com as medidas de controle de cheias.

## 6.2.4 Áreas de Risco de Inundação

As áreas com risco de inundações da bacia do rio Avariú para o cenário dirigido e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas nos desenhos CA1/1, CT1/1 E CD1/1.

A medida de controle MC AV01-01, que é uma lagoa de acumulação tipo lateral, proporciona um decréscimo na vazão de 33,66 m<sup>3</sup>/s para 18,23 m<sup>3</sup>/s.

De um modo geral, com a inserção das medidas de controle indicadas anteriormente, verifica-se a eliminação das inundações em alguns dos tramos do trecho de macrodrenagem, principalmente no trecho entre as ruas Antonio Zaramella (Est. 1+551) e Francisco Dal Negro (Est. 2+180), e entre as ruas J. Dom Browski (Est. 3 + 18) e Des. James (Est. 3 + 275), áreas urbanas anteriormente atingidas.

## 6.2.5 Conclusões

Conforme pode ser observado na Tabela 6.1, as simulações para o cenário tendencial e período de retorno de 10 anos mostram que a vazão natural na travessia da rua Francisco Dal Negro foi estimada em torno de 30 m<sup>3</sup>/s e, com a implantação do reservatório lateral como medida de controle, teria uma redução para 18 m<sup>3</sup>/s.

Em relação à travessia da rua Des. James (Est. 3 + 275), as simulações para o cenário tendencial e período de retorno de 10 anos mostram que a vazão natural na travessia foi estimada em torno de 10 m<sup>3</sup>/s. Como esta travessia, composta por um bueiro tubular, não possui capacidade para veicular esta vazão funcionando como conduto livre, sugeriu-se a sua substituição por uma galeria celular com dimensões de base e altura igual a 2m. Sugeriu-se também a adequação hidráulica do canal existente entre as ruas J. Dom Browski (Est. 3 + 18) e Des. James (Est. 3 + 275), podendo este trecho veicular as vazões afluentes estimadas.

Portanto pode-se concluir que o citado conjunto de medidas é suficiente para mitigar os problemas de inundações nestas regiões urbanizadas de São José dos Pinhais.

Figura 6.1

Legenda das figuras 6.2 em diante.

As figuras a que se referem a legenda abaixo foram geradas pelo software Mike 11, utilizado para a modelagem hidrodinâmica, o qual possui limitações para a geração de imagens. Por isso, em algumas figuras, a representação de certos itens não corresponde exatamente ao grafismo apresentado na legenda.

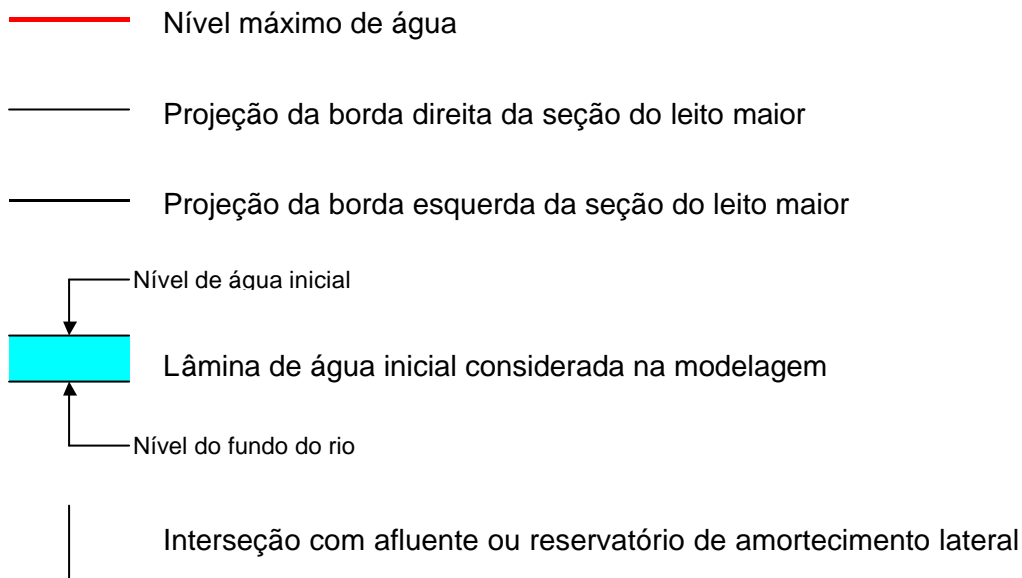
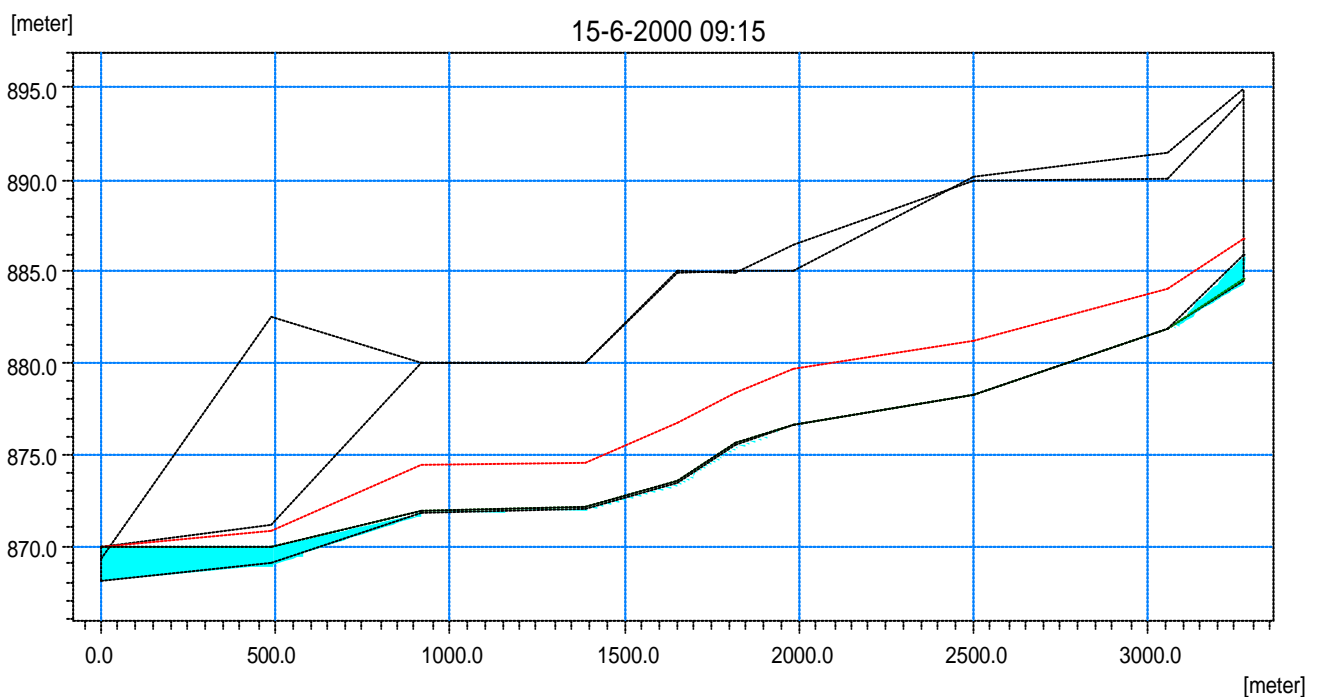


Figura 6.2

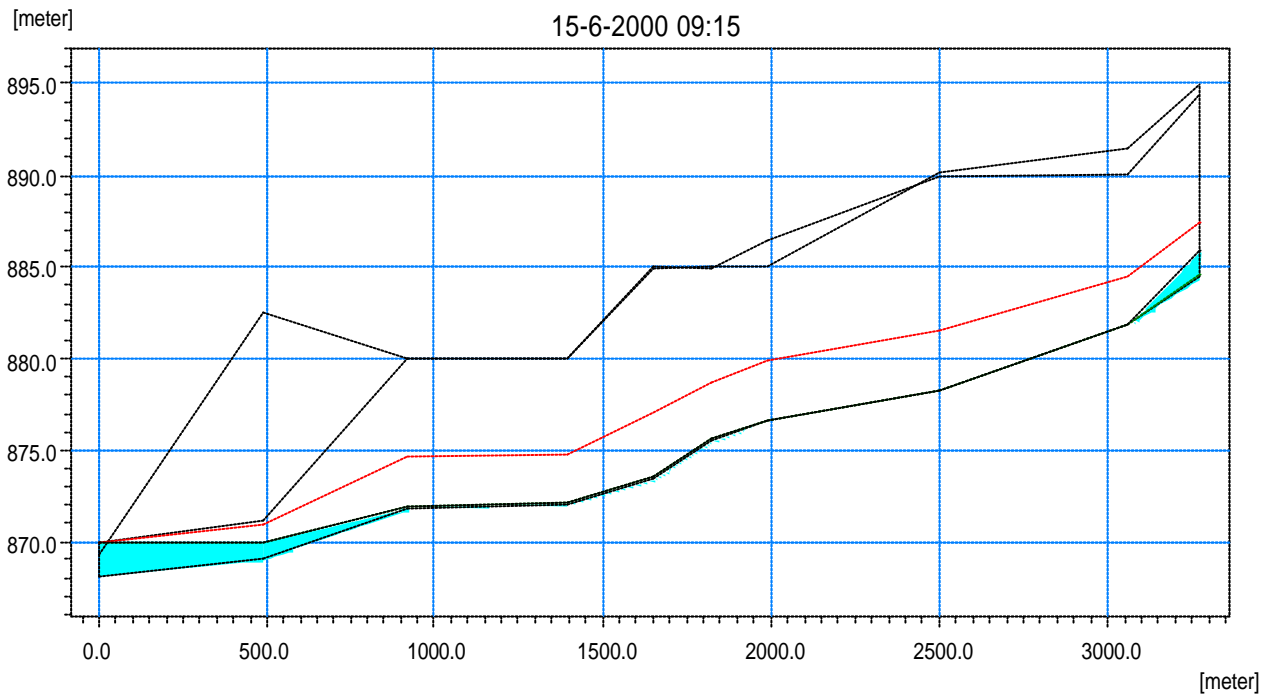
Simulação Hidrodinâmica do Rio Avariú – Níveis Máximos na Macrodrenagem  
Cenário Atual - Tr 10 anos





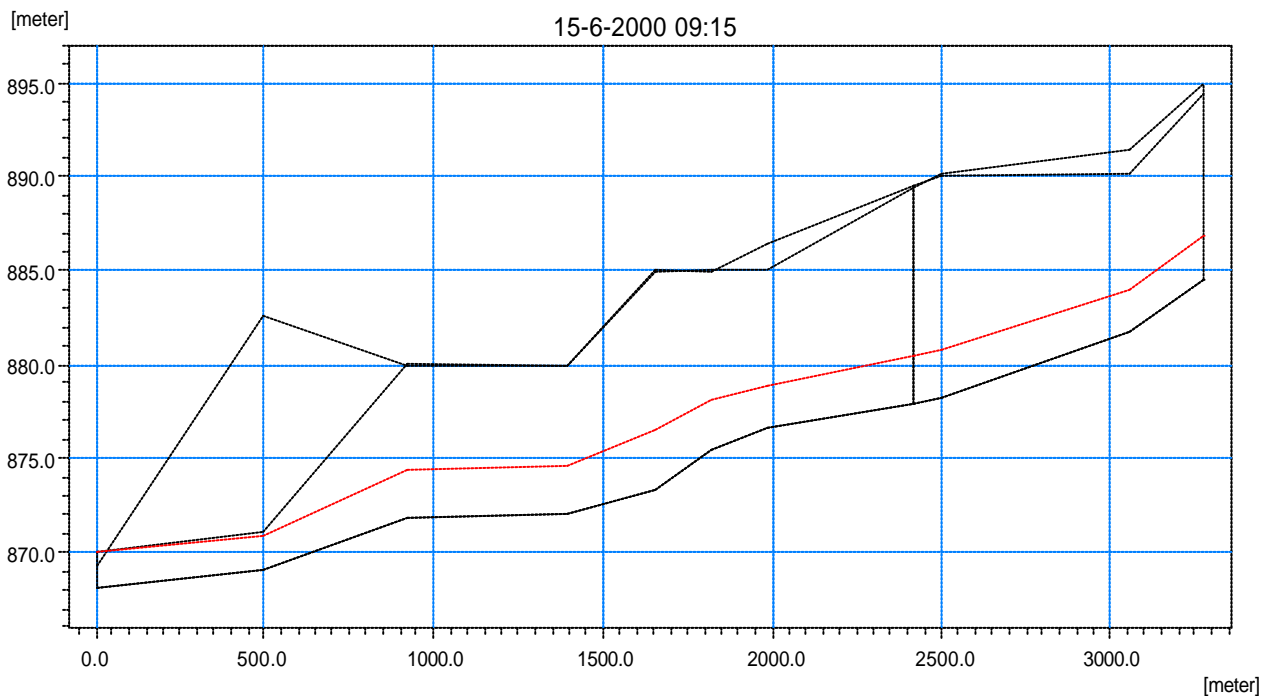
**Figura 6.3**

Simulação Hidrodinâmica do Rio Avariú – Níveis Máximos na Macrodrenagem  
 Cenário Tendencial - Tr 10 anos



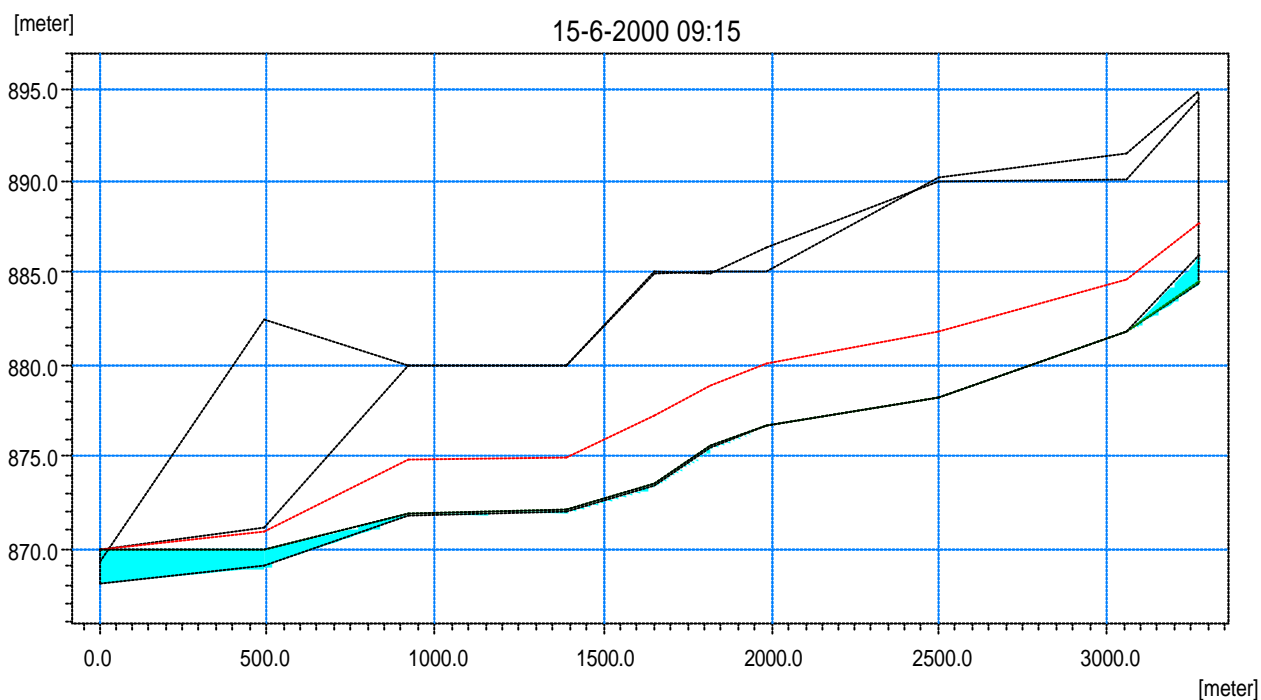
**Figura 6.4**

Simulação Hidrodinâmica do Rio Avariú – Níveis Máximos na Macrodrenagem  
 Cenário Dirigido - Tr 10 anos



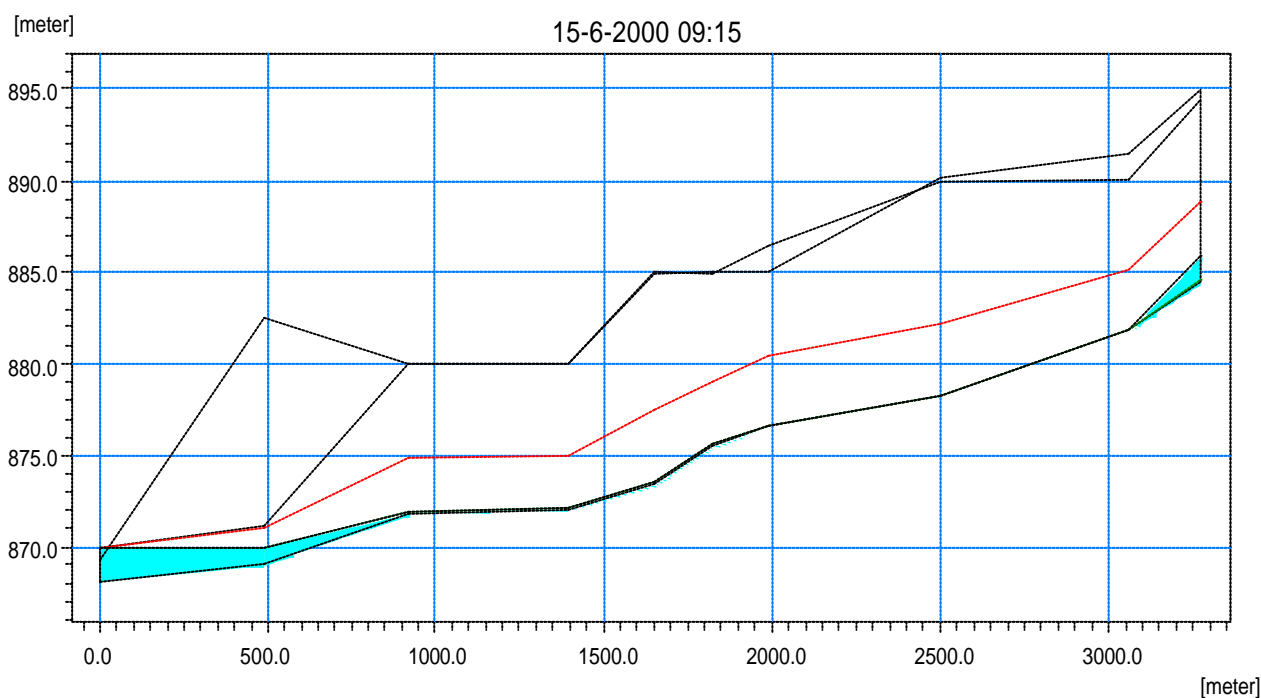
**Figura 6.5**

Simulação Hidrodinâmica do Rio Avariú – Níveis Máximos na Macrodrenagem  
 Cenário Atual - Tr 25 anos



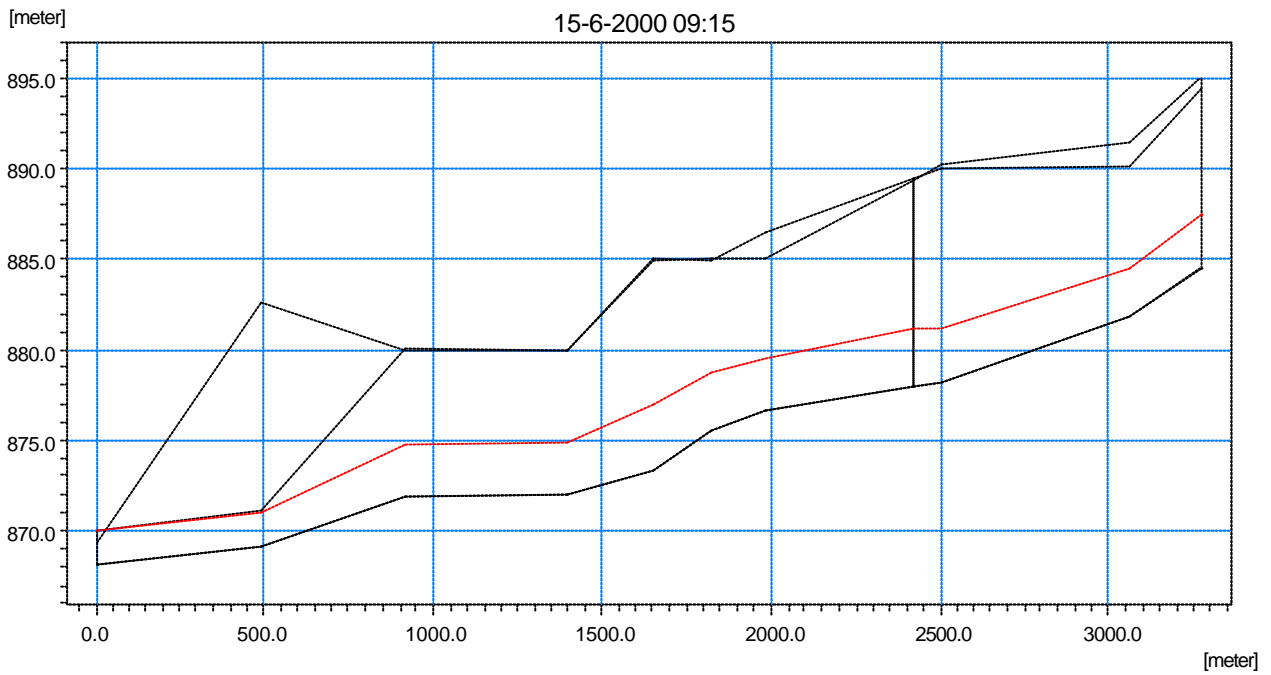
**Figura 6.6**

Simulação Hidrodinâmica do Rio Avariú – Níveis Máximos na Macrodrenagem  
 Cenário Tendencial - Tr 25 anos



**Figura 6.7**

Simulação Hidrodinâmica do Rio Avariú – Níveis Máximos na Macro drenagem  
 Cenário Dirigido - Tr 25 anos



## 7 MEDIDAS DE CONTROLE ESTRUTURAIS PROPOSTAS

### 7.1 MEDIDAS DE CONTROLE PROPOSTAS

A partir das simulações efetuadas para a determinação das áreas de risco de inundação, foi proposta a implantação das medidas estruturais de controle de inundações relacionadas na tabela 7.1, as quais compõem o Cenário Dirigido:

**Tabela 7.1 Medidas Estruturais Propostas**

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>
MC AV01-01	Implantação de lagoa de acumulação tipo lateral
MC AV01-02	Troca da travessia na estaca 3+275
MC AV01-03	Melhoria do canal - extensão 252 m

Fonte: CH2M HILL

O custo estimado para a implantação da totalidade das medidas propostas, a preços de jan/2000, alcança o valor de 3,2 milhões de reais.

#### 7.1.1 Anteprojeto da Lagoa de Acumulação AV01-01

As principais características desta MC são as seguintes:

- Localização: ao longo da margem esquerda do rio Avariú, entre o rio e a Rua Pedro Trevisan, imediatamente a montante da travessia do rio sob a rua Francisco Dal Negro
- Propriedade da área: particular
- Tipo: lagoa lateral aberta
- Volume total de armazenamento: 54.000 m<sup>3</sup>
- Áreas ocupadas:
  - . Área da lagoa: 36.000 m<sup>2</sup>
  - . Área total com paisagismo e urbanização: 46.000 m<sup>2</sup>
- Elementos das estruturas hidráulicas:
  - . Unidade de entrada: vertedor com altura de 2m acima do fundo do rio; comprimento útil de 12 m e comprimento total igual a 15,7 m.
  - . Unidade de descarga: dois orifícios de 0,50m x 0,50m, providos de válvulas tipo flap.
- Elementos de urbanização e paisagismo

Quanto à urbanização e paisagismo, esta lagoa de acumulação é da tipologia de local de médio potencial para intervenção paisagística (Tipologia 2), destinada ao tratamento da cobertura vegetal com alocação de equipamento de médio porte.

Os equipamentos básicos previstos para implantação nesta lagoa são os seguintes:

- Área de estar
- Playground
- Ciclovia
- Pista de Cooper
- Churrasqueiras
- Área de alimentação
- Módulo policial
- Instalações sanitárias

A planta geral de localização da MC AV01-01 mostrando as áreas utilizadas para a lagoa e para urbanização e paisagismo, com indicação esquemática dos principais componentes das estruturas hidráulicas consta do desenho C003 apresentado em anexo.

A tabela 7.2 a seguir mostra os custos dos principais componentes do empreendimento, a preços de jan/2000.

**Tabela 7.2 Estimativas de Custo da MC AV01-01**

<b>Elemento</b>	<b>Custo (R\$ x 1000)</b>
Desapropriações	920
Obras Civis	1.632
Urbanização e Paisagismo	504
<b>Total</b>	<b>3.056</b>

Fonte: CH2M HILL

As principais características dos elementos hidráulicos e de urbanização e paisagismo dos anteprojetos das lagoas de acumulação, assim como as estimativas de custo, constam do Volume 4 - Tomo 4.31 deste Relatório Final.

### **7.1.2 Troca da Travessia na Estaca 3+275 – MC AV1-02**

A travessia do rio Avariú sob a Rua Des. James Portugal é feita através de um bueiro tubular com diâmetro de 1,80m, o qual causa restrições ao fluxo do rio já para as chuvas de TR=10 anos.

No Cenário Dirigido é proposta a substituição deste bueiro tubular por uma galeria de concreto armado com seção transversal útil de 2m x 2m.

O custo da substituição do bueiro tubular pela galeria de concreto armado está estimado em R\$146.000,00.

### **7.1.3 Melhoria do Canal entre as estacas 3+18 até 3+270 – MC AV1-03**

O trecho do canal do rio Avariú entre as ruas J. Dombrowski e Des. James Portugal, face às características de suas paredes e fundo, apresenta restrições ao fluxo que causam transbordamentos do rio em trechos com áreas marginais urbanizadas existentes a montante da rua Des. James Portugal.

O Cenário dirigido propõe a melhoria do canal nesse trecho, visando a melhoria das condições do escoamento, constituída de:

- Limpeza geral das paredes e do fundo do canal
- Desassoreamento do fundo
- Regularização dos taludes laterais e do fundo
- Proteção dos taludes com grama

O custo estimado para a execução desta medida é de R\$ 31.000,00.



## **ANEXO 1 – TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO**

---



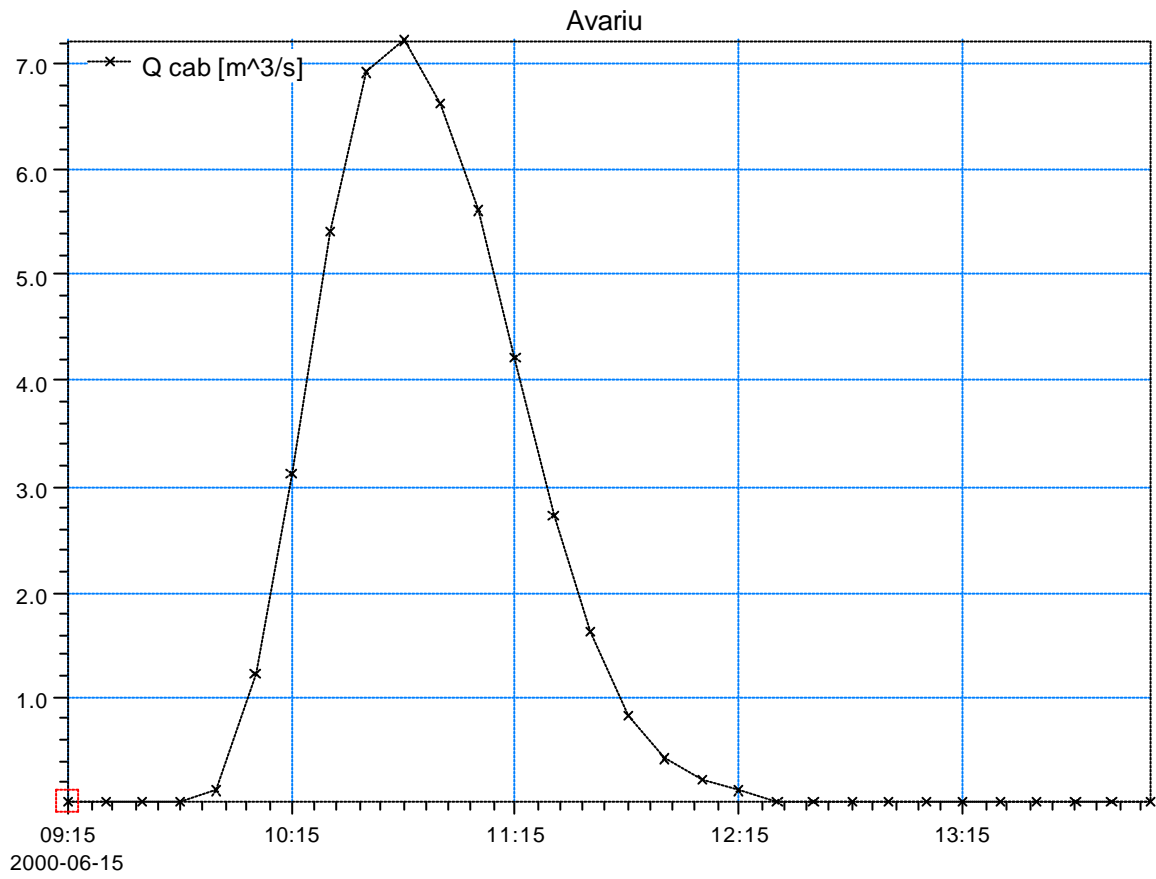
**TABELA 4.1**  
**BACIA DO AVARIÚ - CÁLCULO DOS TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO**

Sub-Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Trecho	Velocidade Média (m/s)	L (m)	H (m)	Tempos de Concentração (h)				1999			2020			CN Atual	CN Tendencial
						Kirpich	Cinemático	Germano	Adotado	Densidade (hab/ha)	Área Imperm.		Densidade (hab/ha)	Área Imperm.			
											%	(Km <sup>2</sup> )		%	(Km <sup>2</sup> )		
A1	0,87	Avariú Cabec.	sem dados	1.194	21	0,36	-	0,82	<b>0,82</b>	11,7	0,00	0,00	56,8	24,36	0,21	80,3	87,3
A2	1,33	Avariú Cont. Conc. 1	sem dados	1.302	31	0,34	-	0,79	<b>0,79</b>	38,5	16,95	0,23	71,0	43,37	0,58	82,4	87,4
A3	0,58	Avariú Cont. Conc. 2	sem dados	1.258	32	0,33	-	0,96	<b>0,96</b>	10,2	13,92	0,08	52,5	32,49	0,19	80,0	86,4
A4	0,26	Avariú Dist. 1	sem dados	200	21	0,05	-	0,24	<b>0,24</b>	43,8	0,00	0,00	90,1	21,93	0,06	83,9	91,3
A5	2,37	Avariú Dist. 2	sem dados	736	30	0,18	-	0,41	<b>0,41</b>	28,2	8,07	0,19	70,6	32,26	0,76	82,1	88,6
A6	0,79	Avariú Cont. Conc. 3	sem dados	1.419	27	0,40	-	0,98	<b>0,98</b>	23,0	5,12	0,04	51,8	21,53	0,17	83,4	88,1
A7	0,99	Avariú Dist. 3	sem dados	577	10	0,21	-	0,42	<b>0,42</b>	11,5	0,00	0,00	49,6	20,24	0,20	81,0	86,2

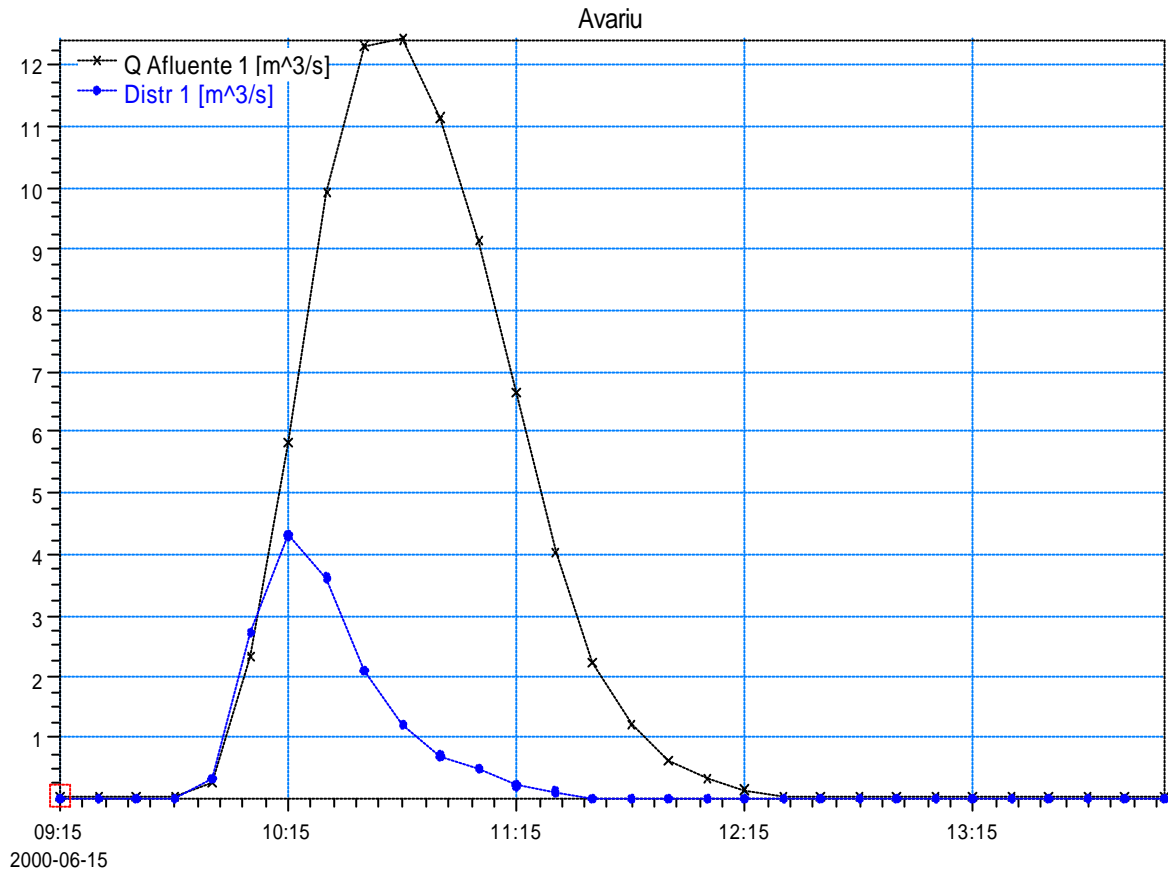
## **ANEXO 2 – HIDROGRAMAS DE ENTRADA**

---

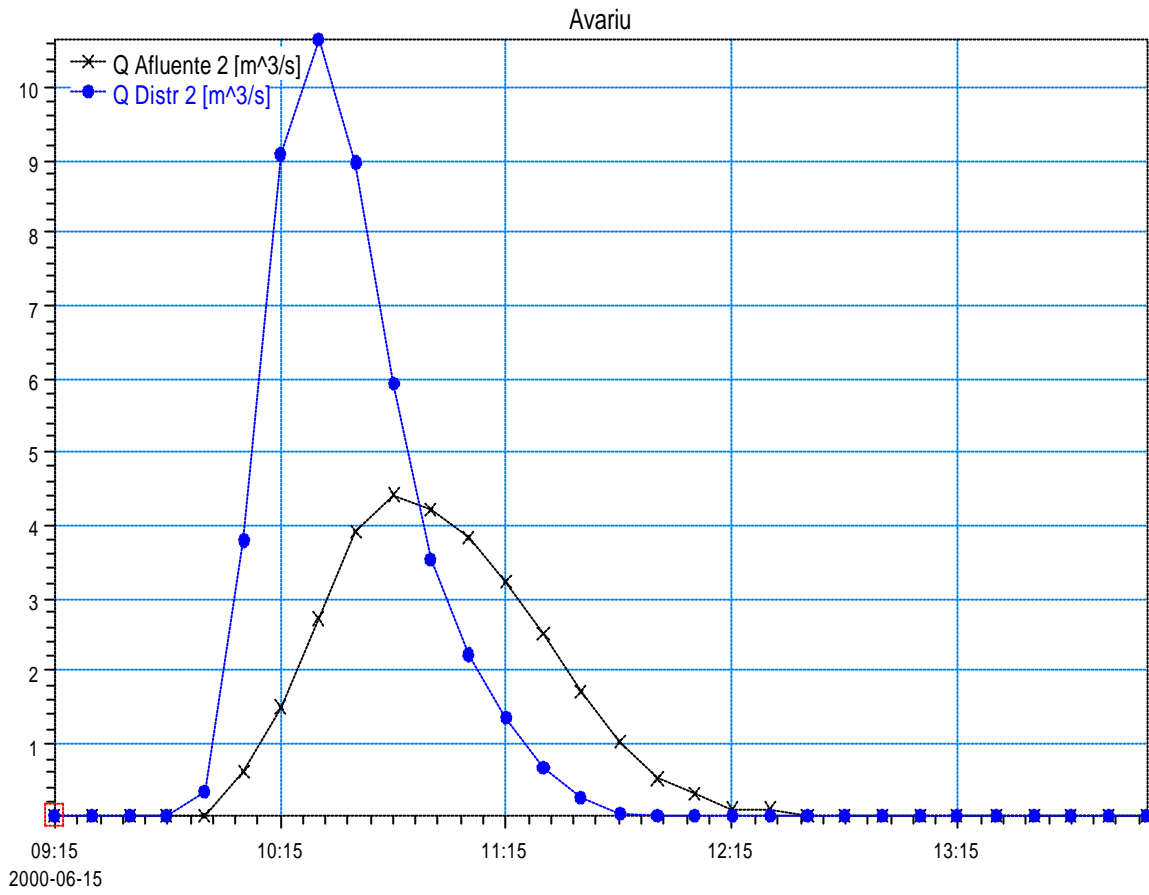
Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 1



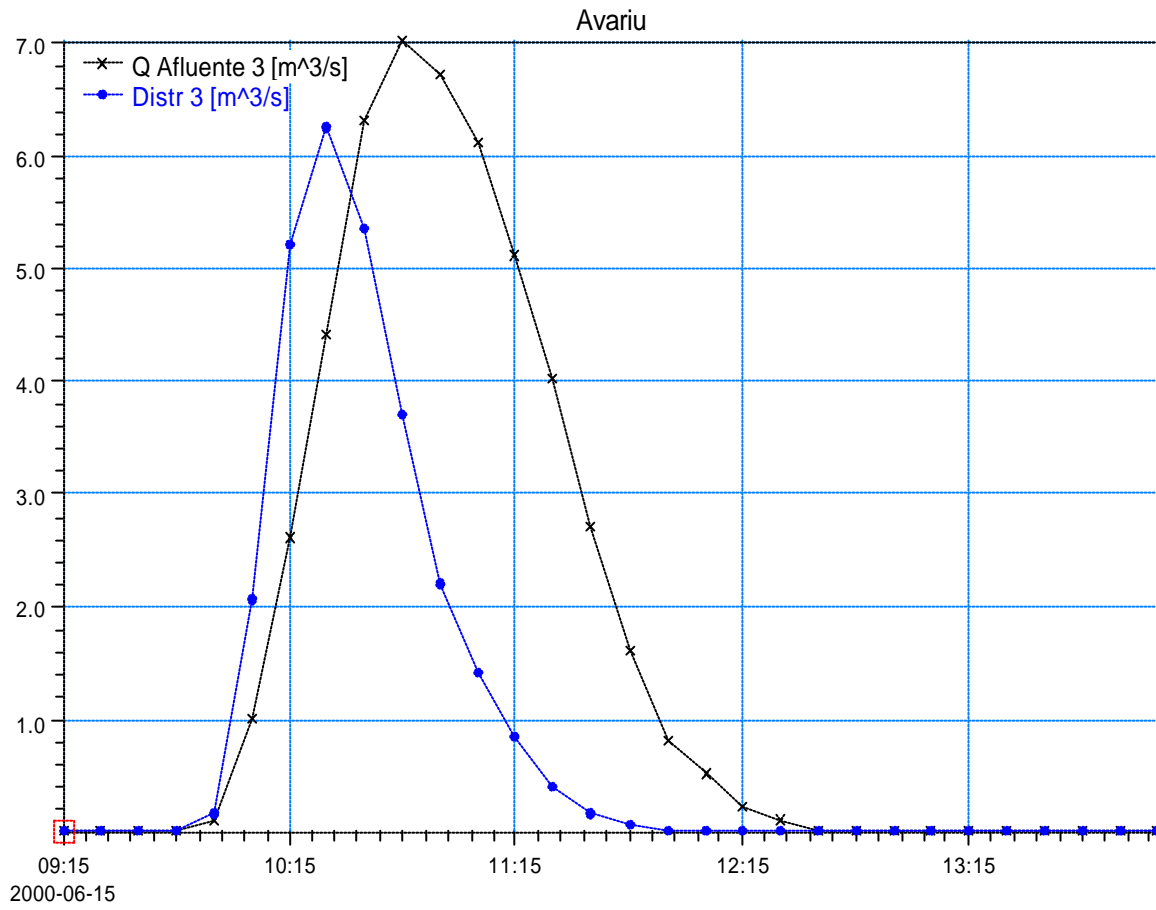
Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 2    — x — x — x —  
Hidrogramas: 3    — \* — \* — \* —



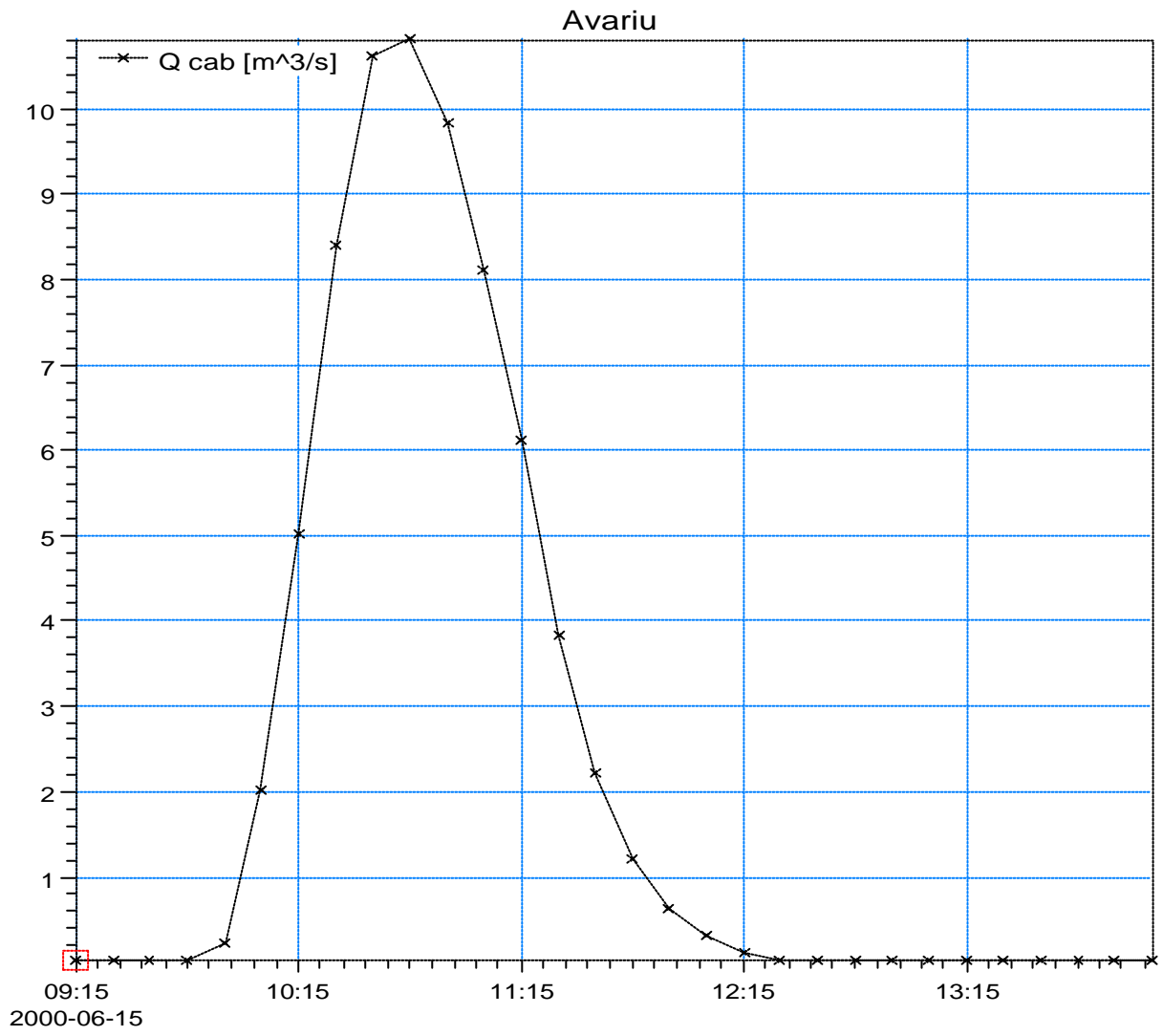
Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 4 —x—x—x—  
Hidrogramas: 5 a 7 —\*—\*—\*—



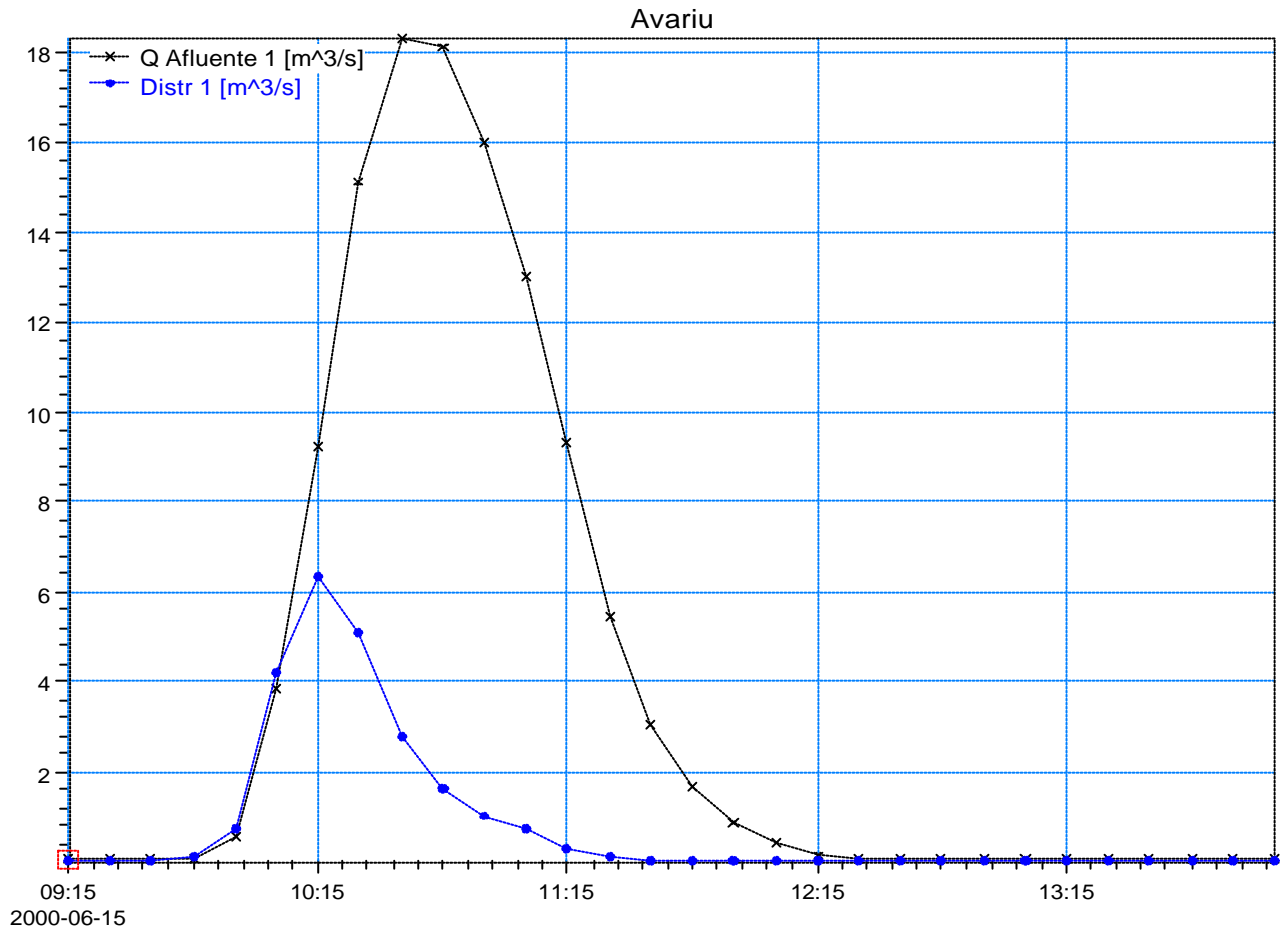
Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 8      — x x x —  
Hidrogramas: 9 e 10 — \* \* \* —



Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 1

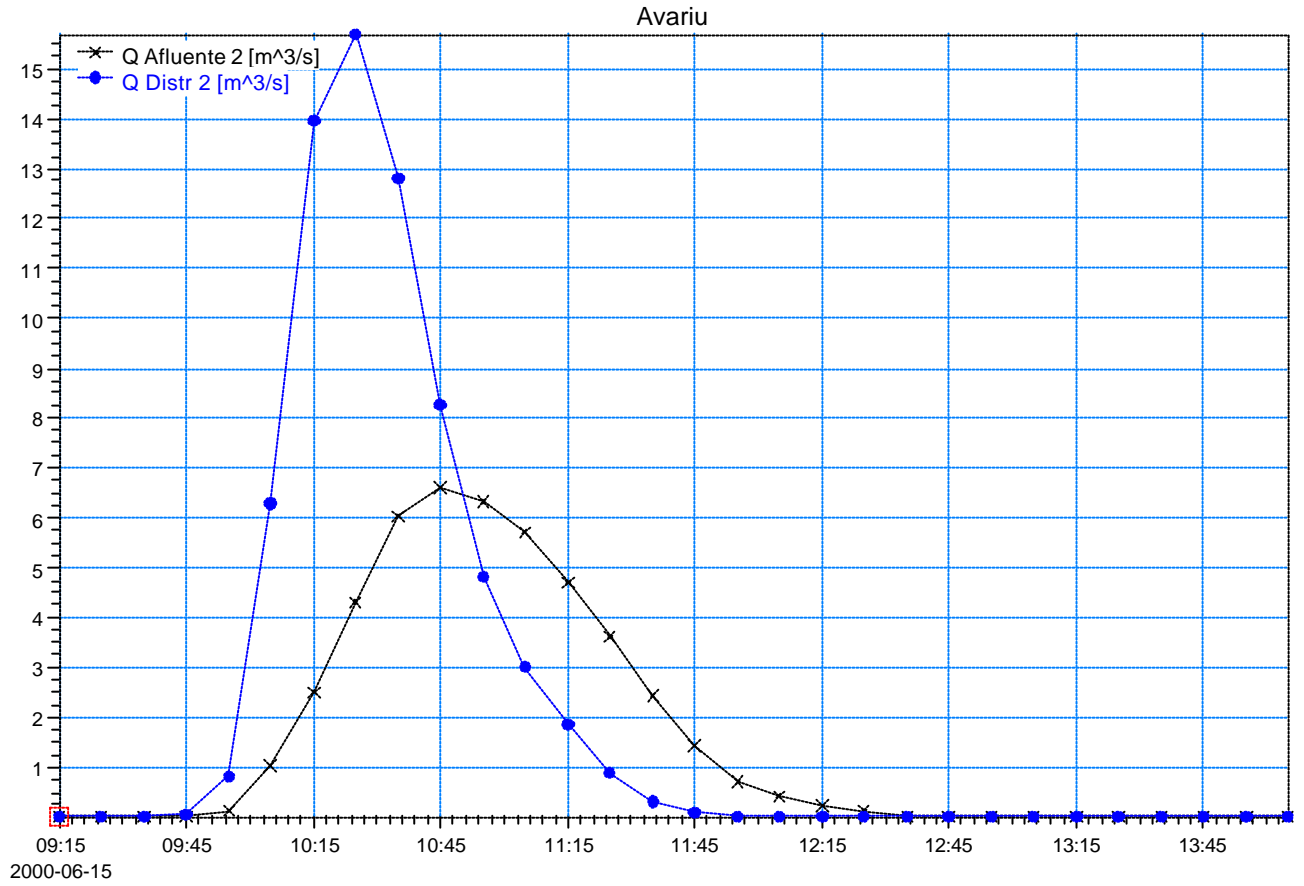


Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 2    -x-x-x-  
Hidrogramas: 3    -\*-\*-\*-

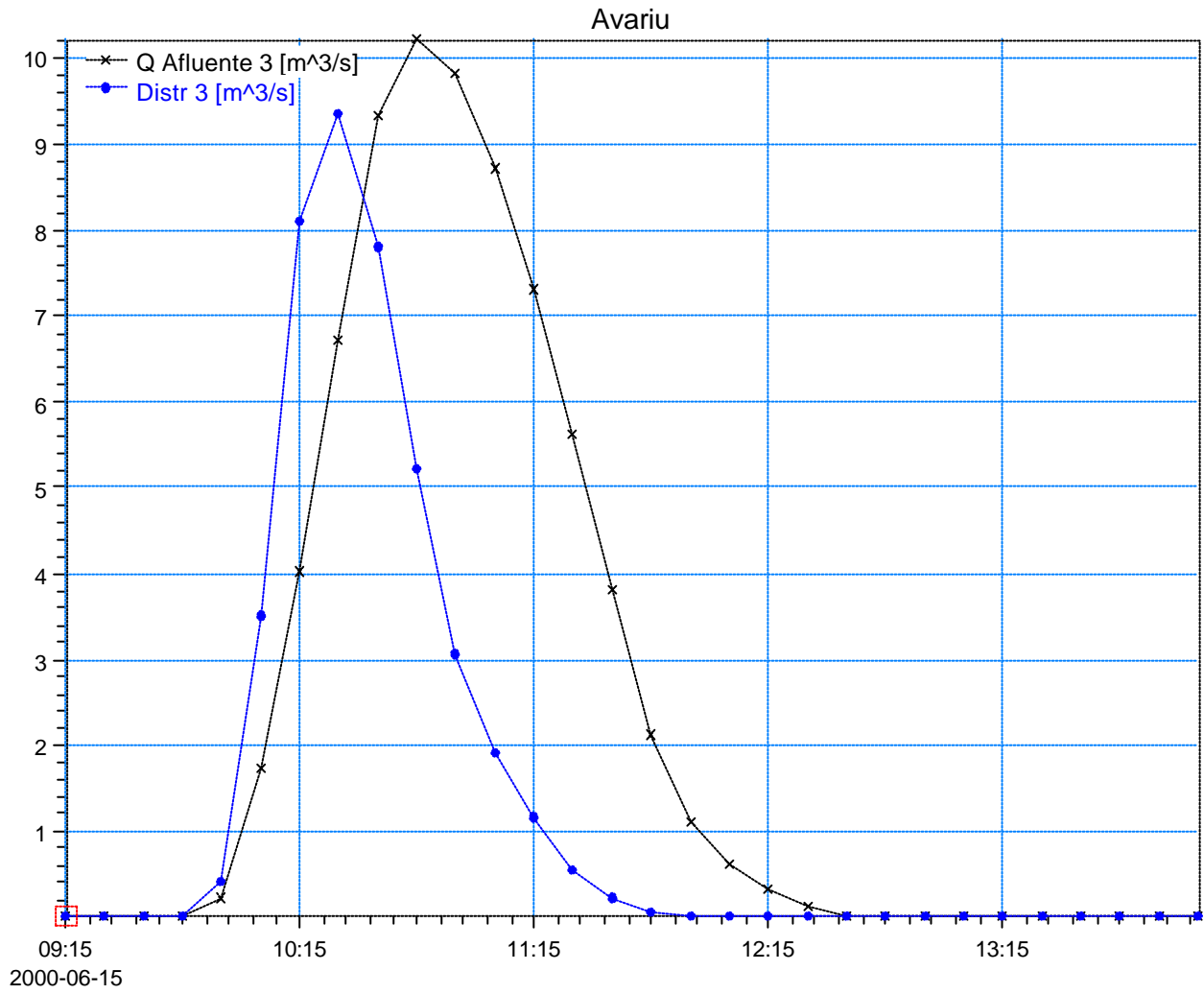




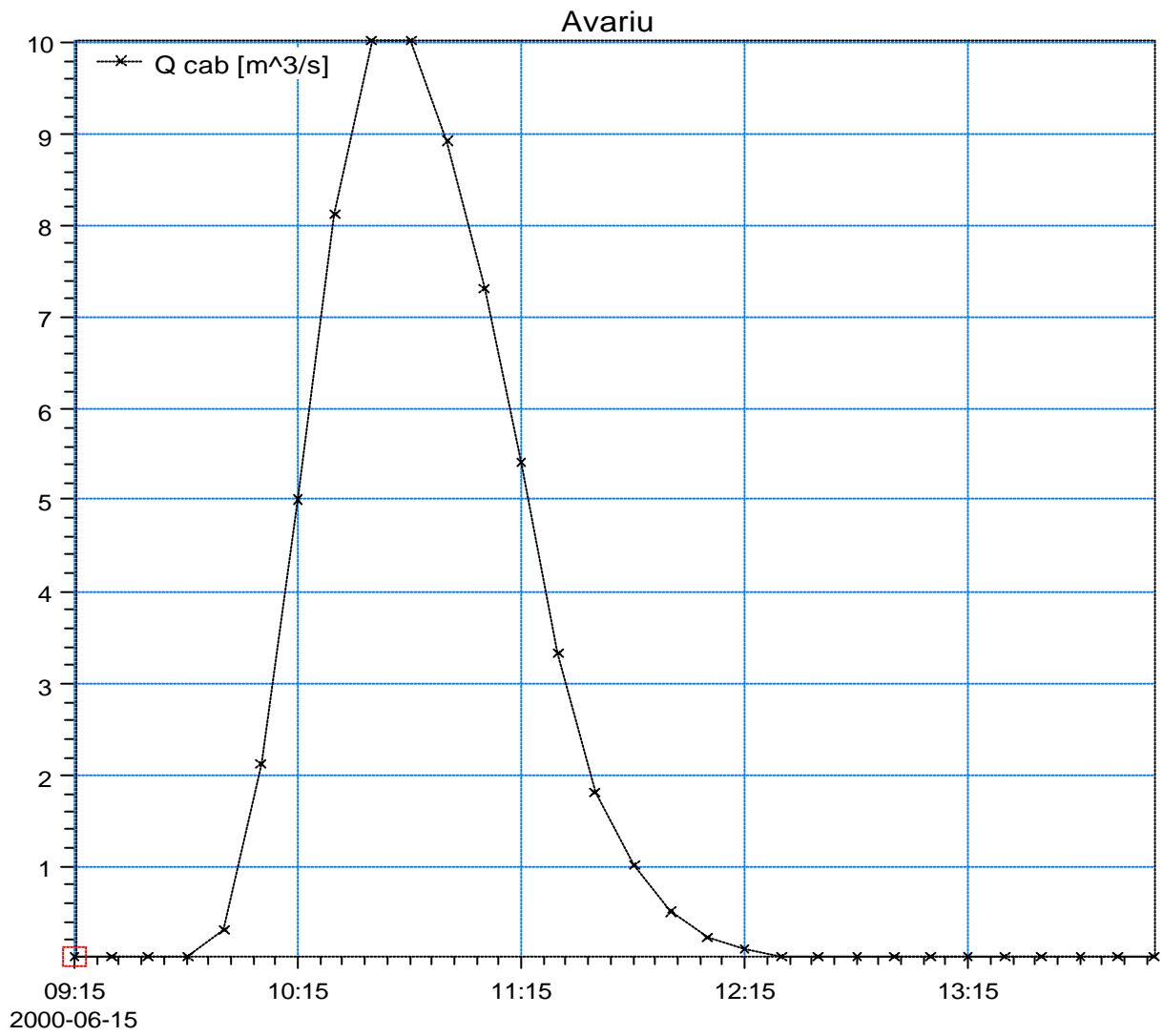
Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 4 —x—x—x—  
Hidrogramas: 5 a 7 —\*—\*—\*—



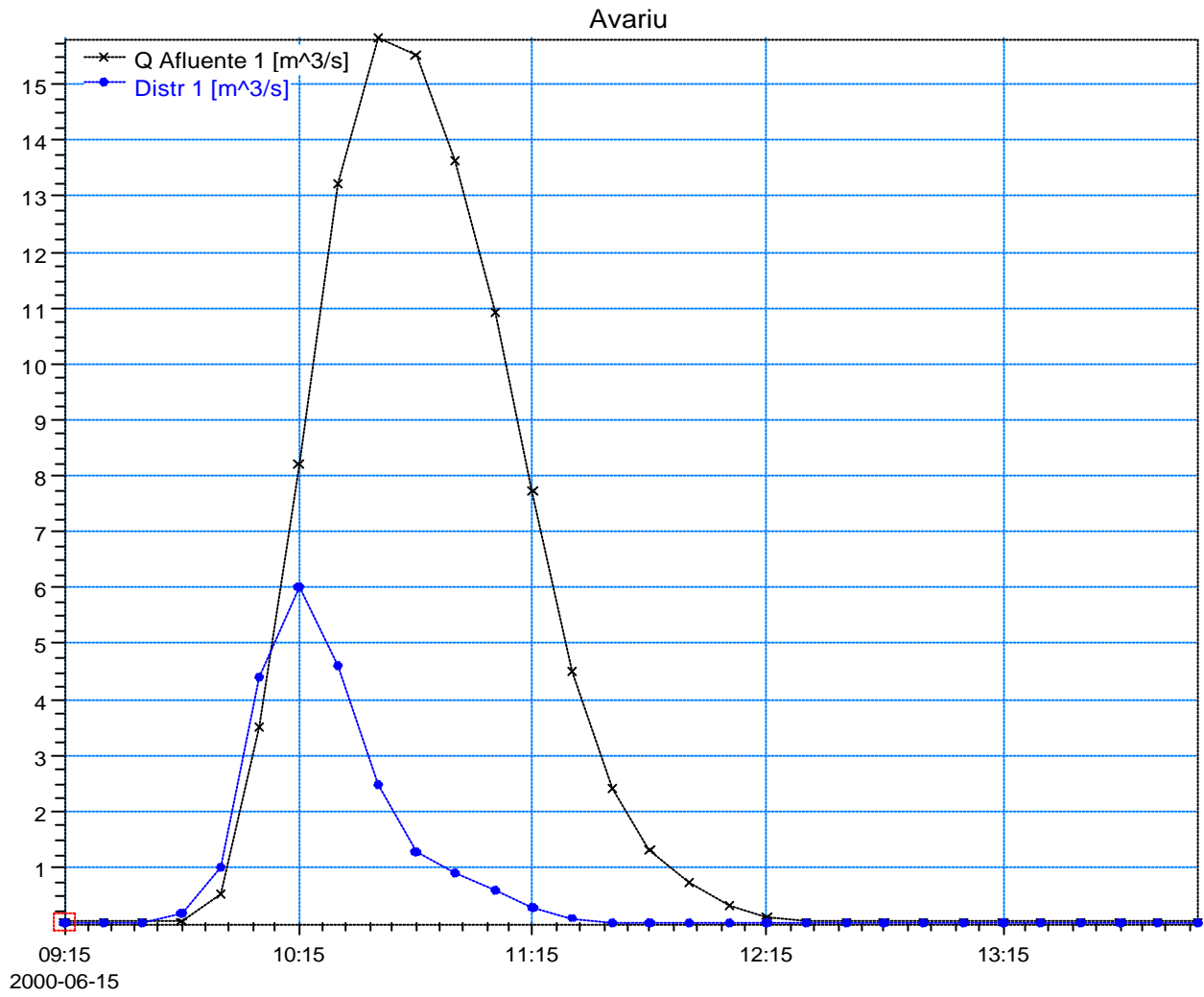
Rio Avariú  
Cenário Atual (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 8      — x x x —  
Hidrogramas: 9 e 10 — \* \* \* —



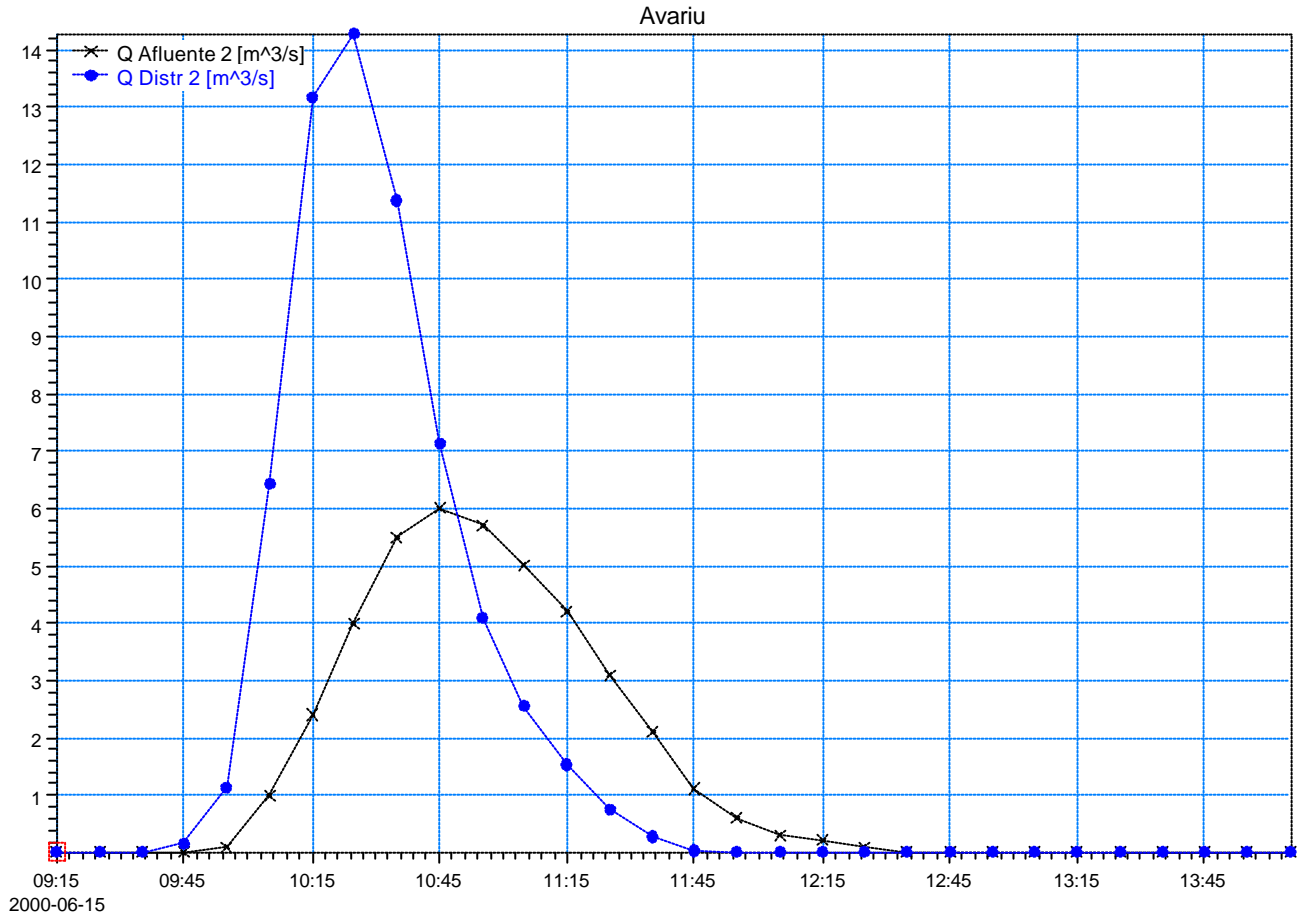
Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 1



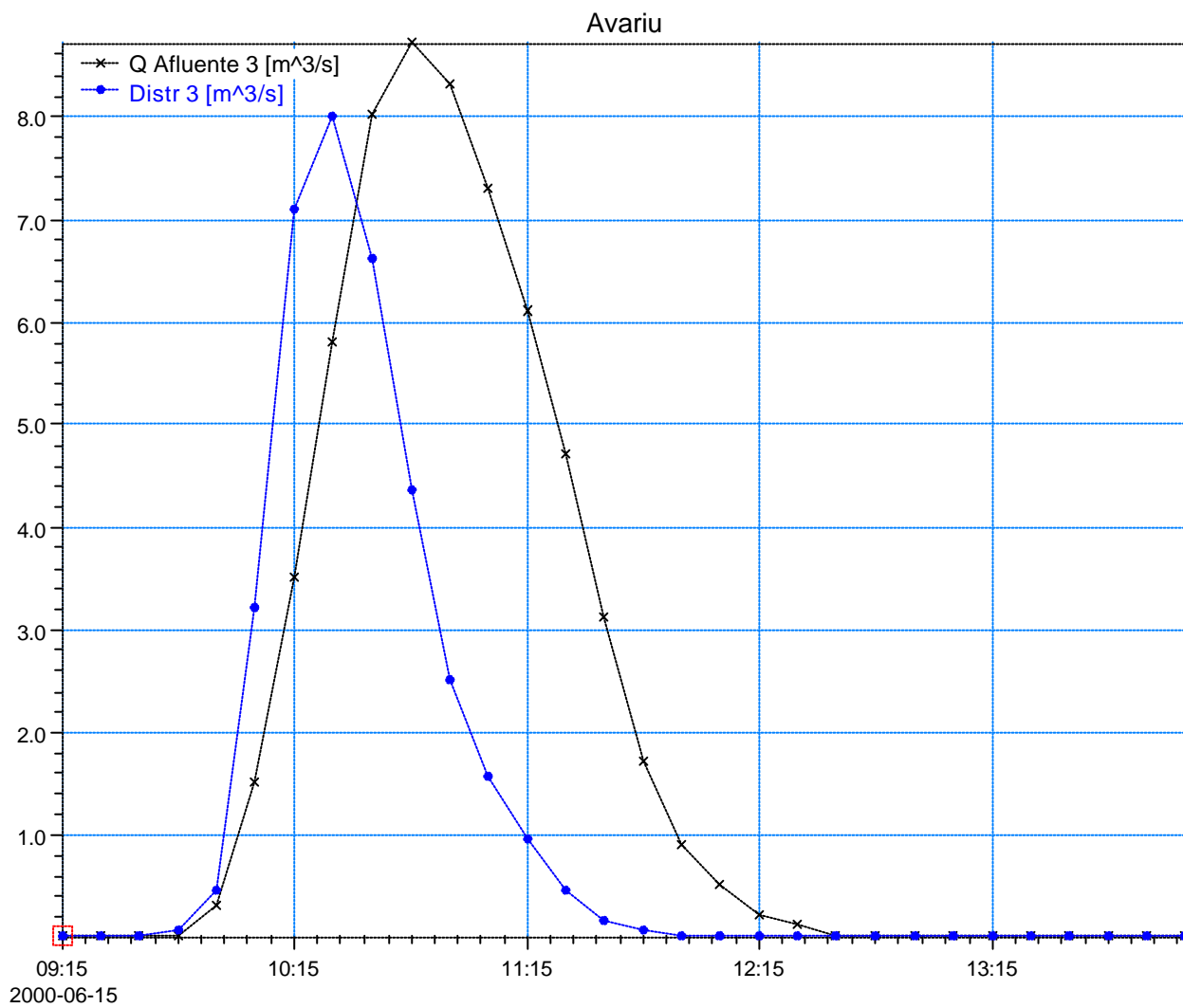
Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 2    -x-x-x-  
Hidrogramas: 3    -\*-\*-\*



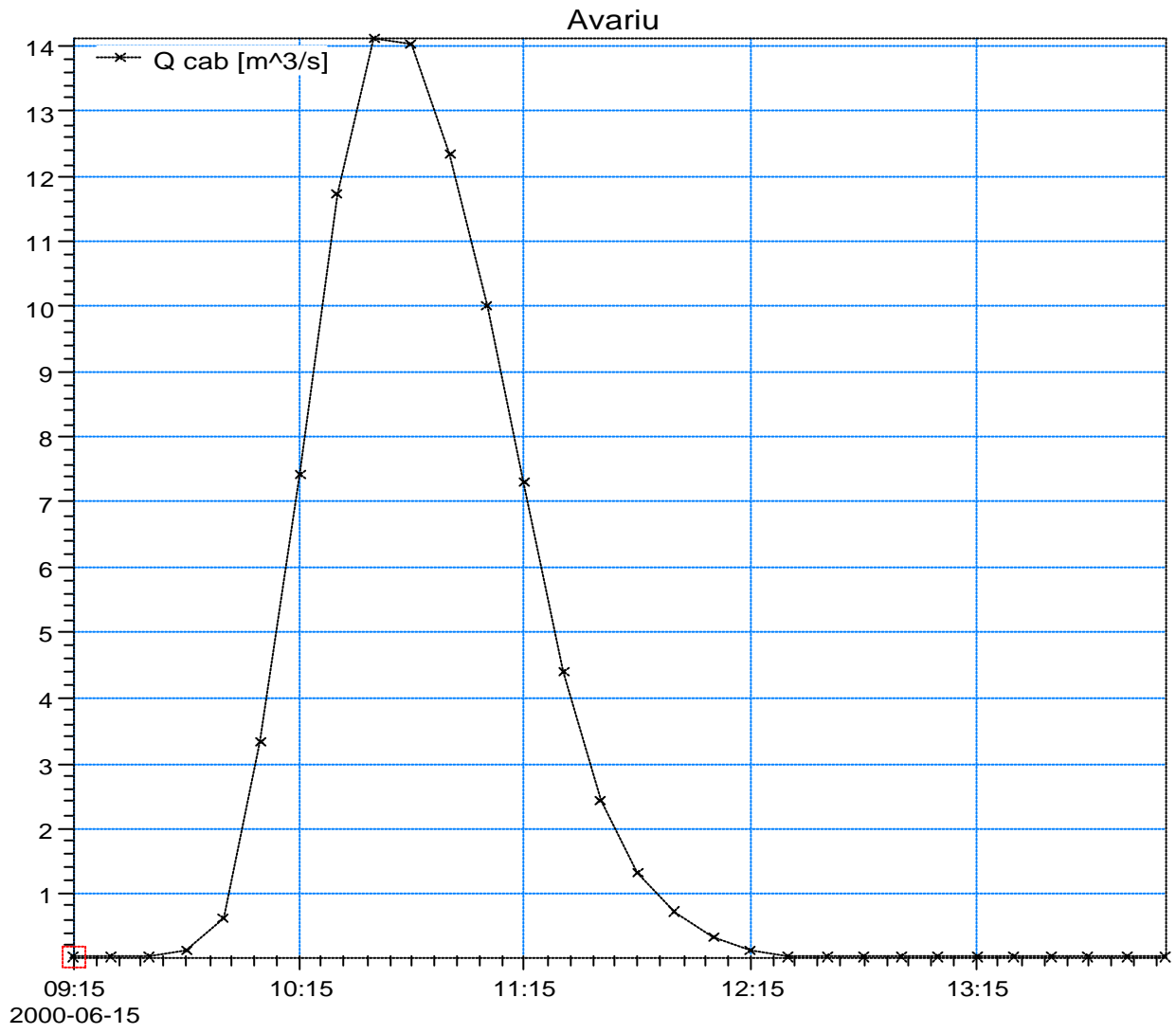
Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 4 —x—x—x—  
Hidrogramas: 5 a 7 —\*—\*—\*—



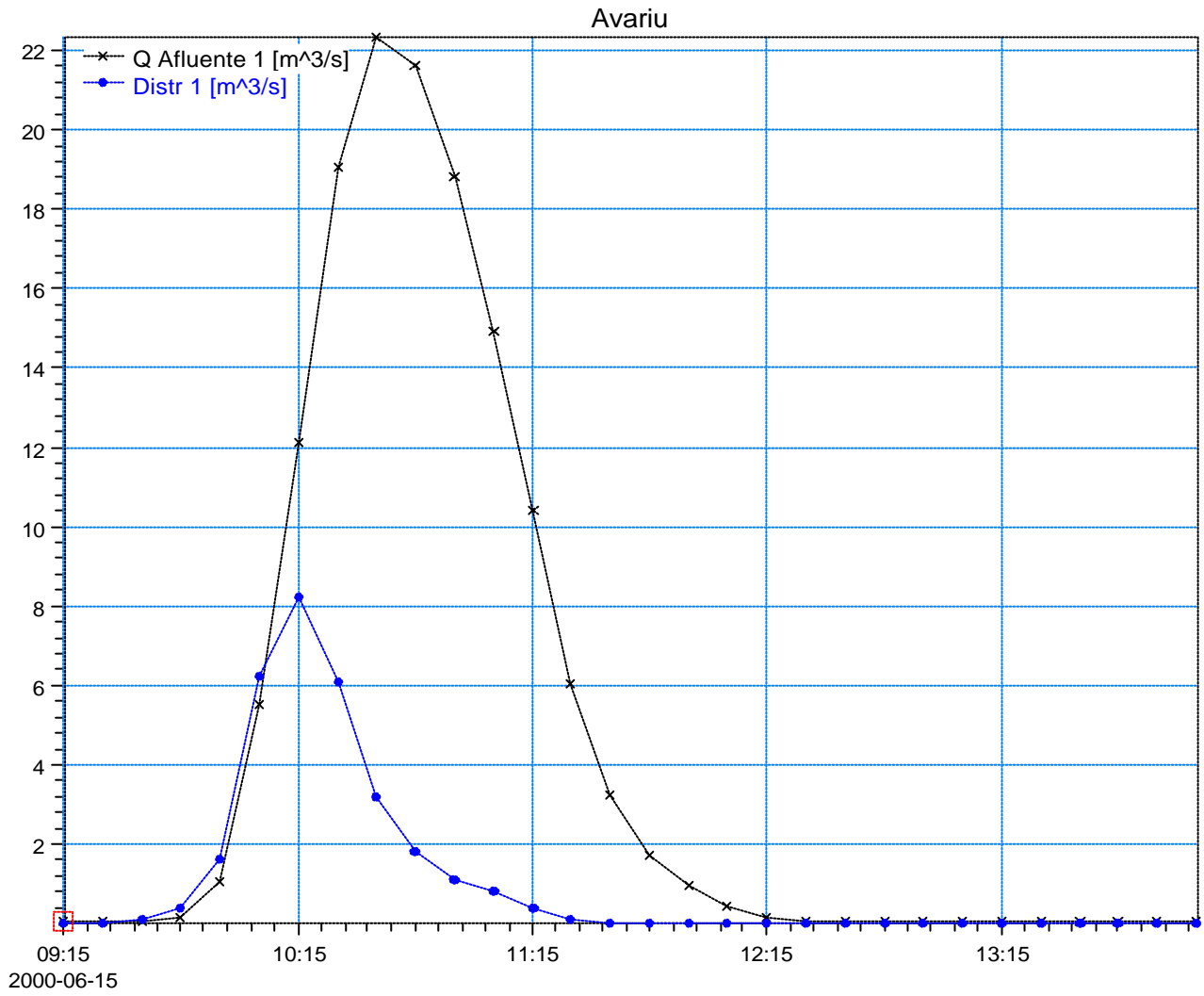
Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 10 anos)  
Hidrograma: 8    — x x x —  
Hidrogramas: 9 e 10 — \* \* \* —



Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 1

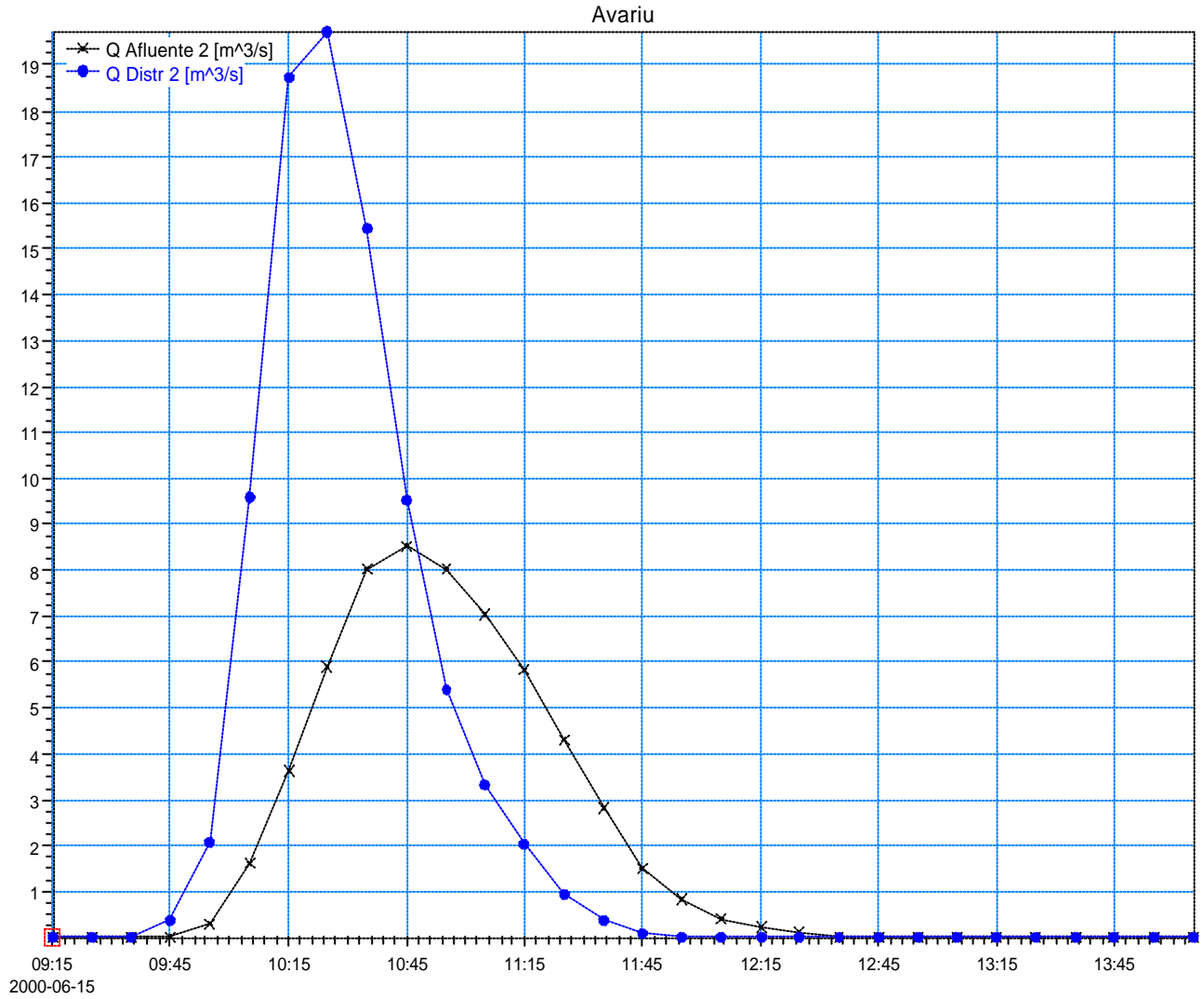


Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 2    -x-x-x-  
Hidrogramas: 3    -\*-\*-\*-

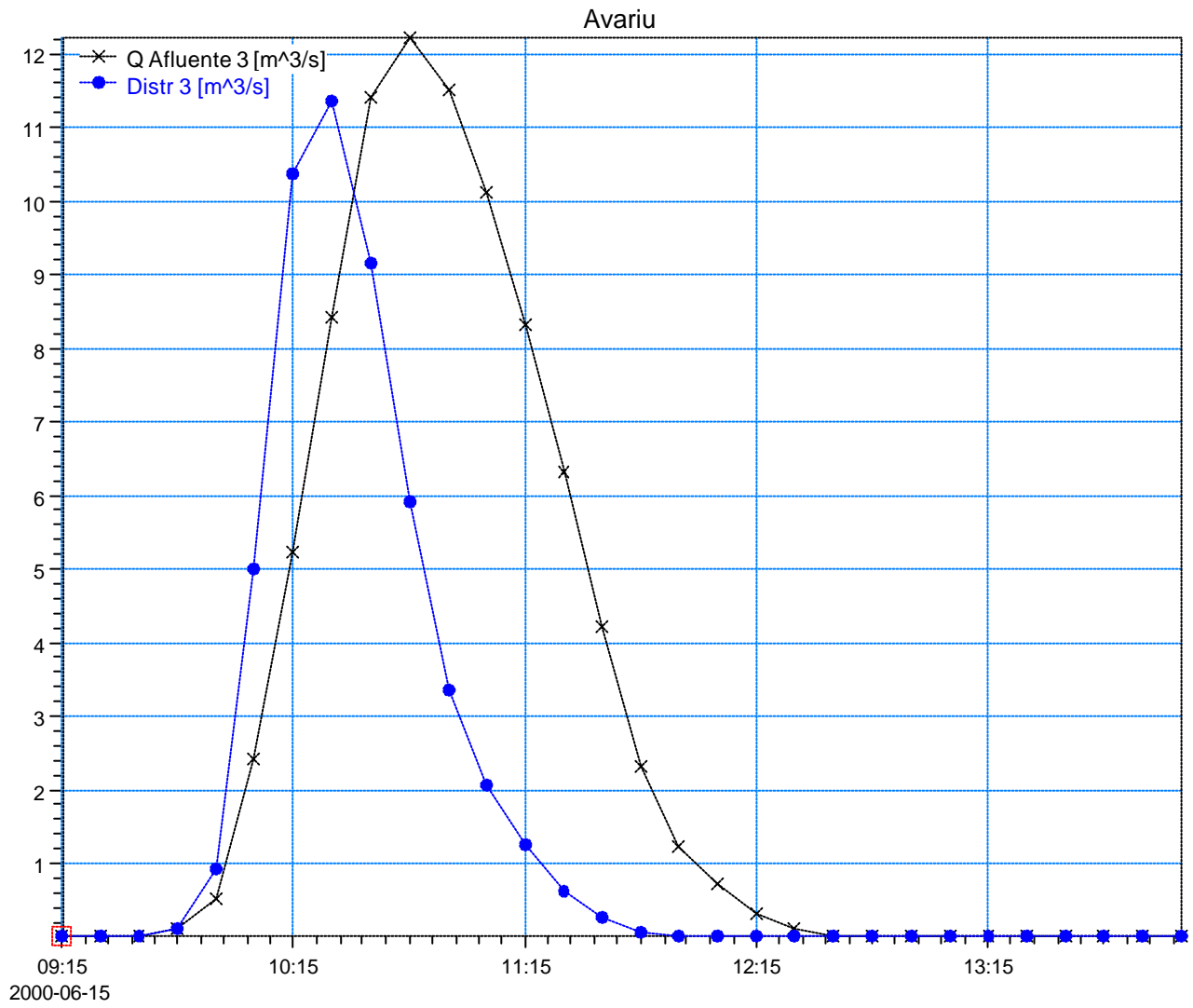




Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 4 —x—x—x—  
Hidrogramas: 5 a 7 —\*—\*—\*—



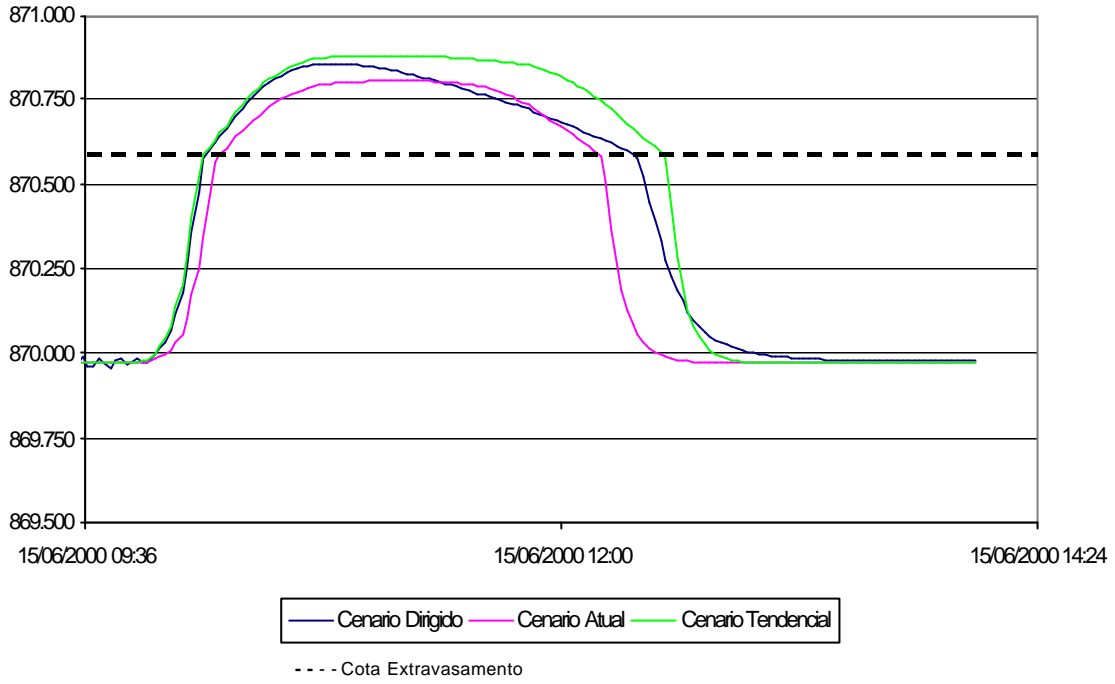
Rio Avariú  
Cenário Tendencial (TR = 25 anos)  
Hidrograma: 8 — x x x  
Hidrogramas: 9 e 10 — \* \* \*



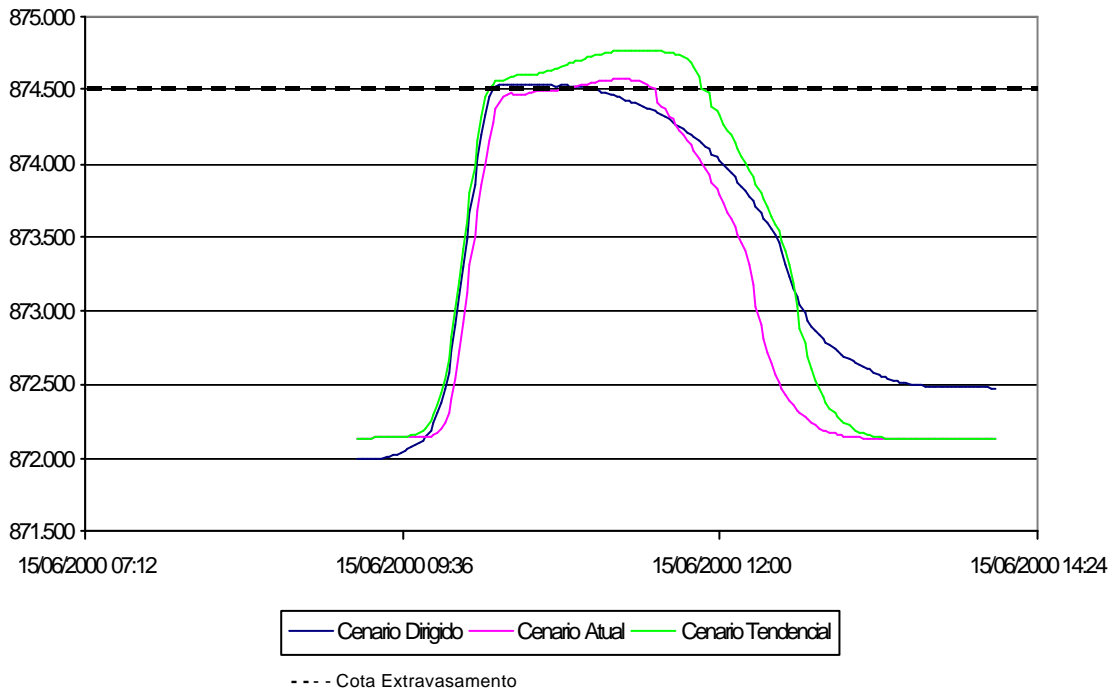
**ANEXO 3 – COTAGRAMAS**

---

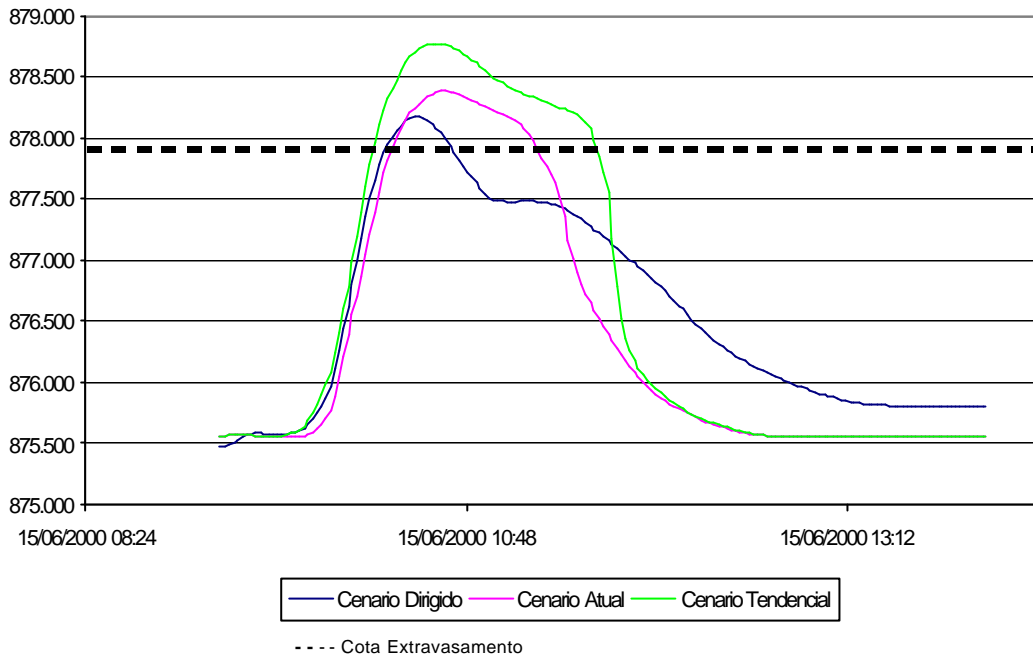
**Cotagrama Seção 0 + 491**  
**Rio Avariú - TR=10 anos.**



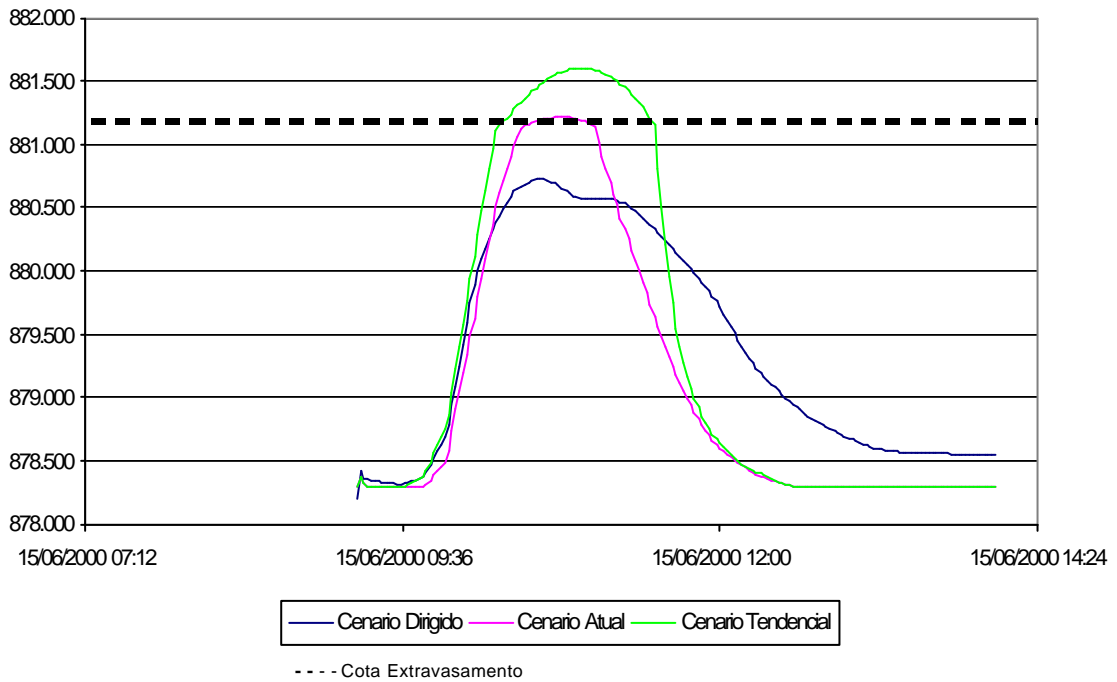
**Cotagrama Seção 1 + 391**  
**Rio Avariú - TR=10 anos**



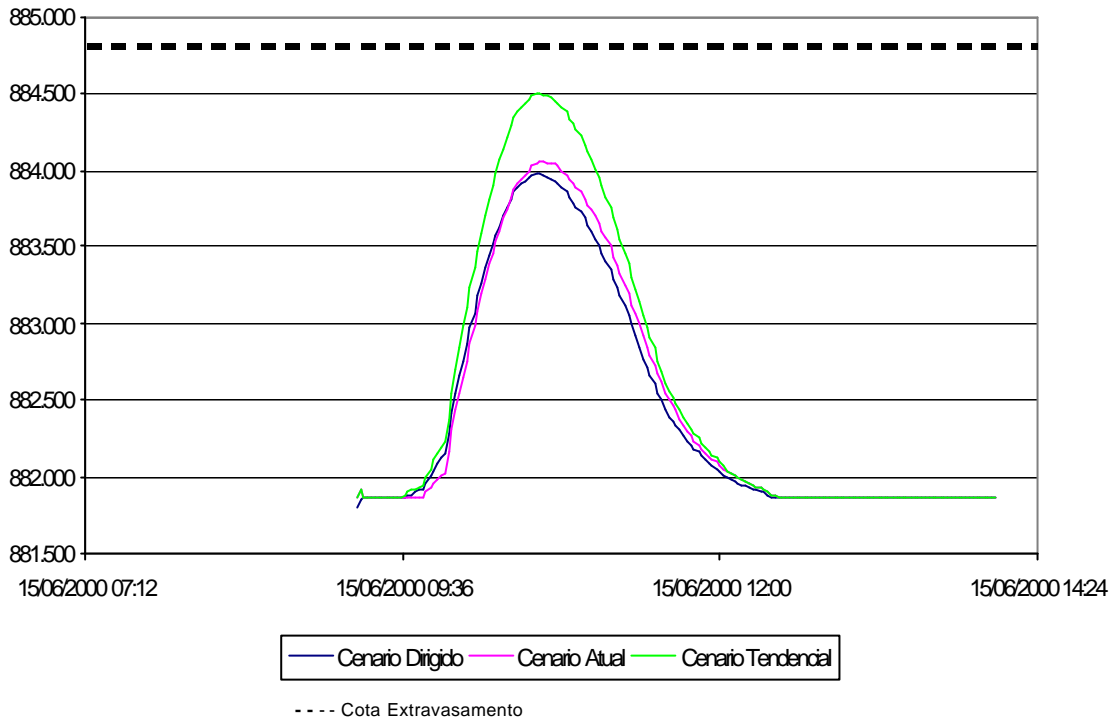
**Cotagrama Seção 1 + 820**  
**Rio Avariú - TR=10 anos.**



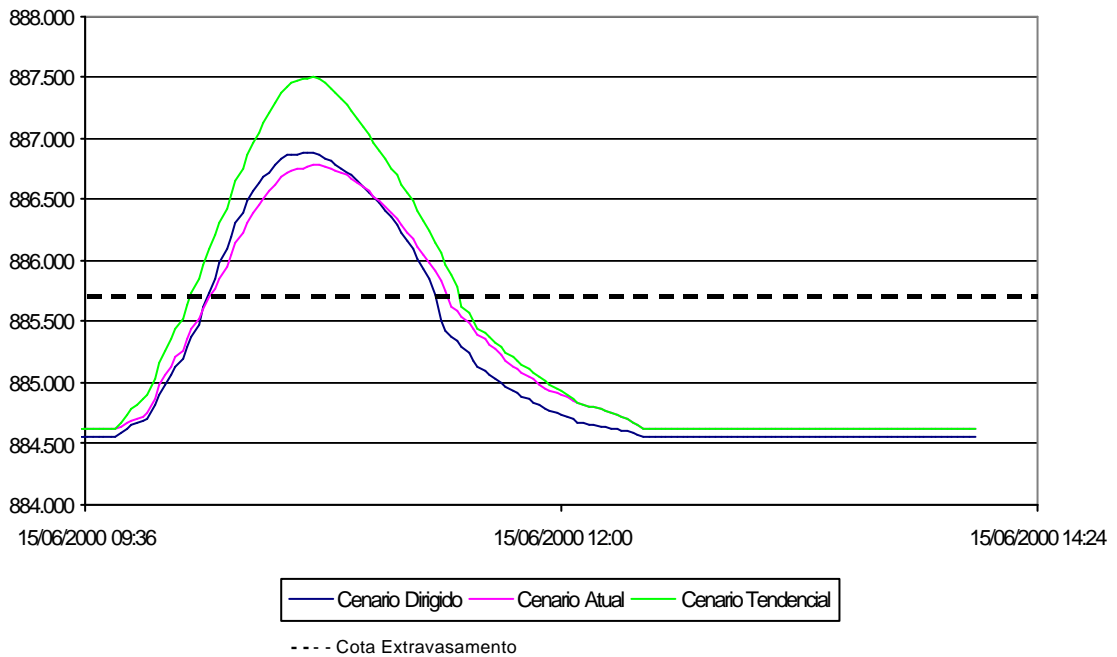
**Cotagrama Seção 2 + 499**  
**Rio Avariú - TR=10 anos.**



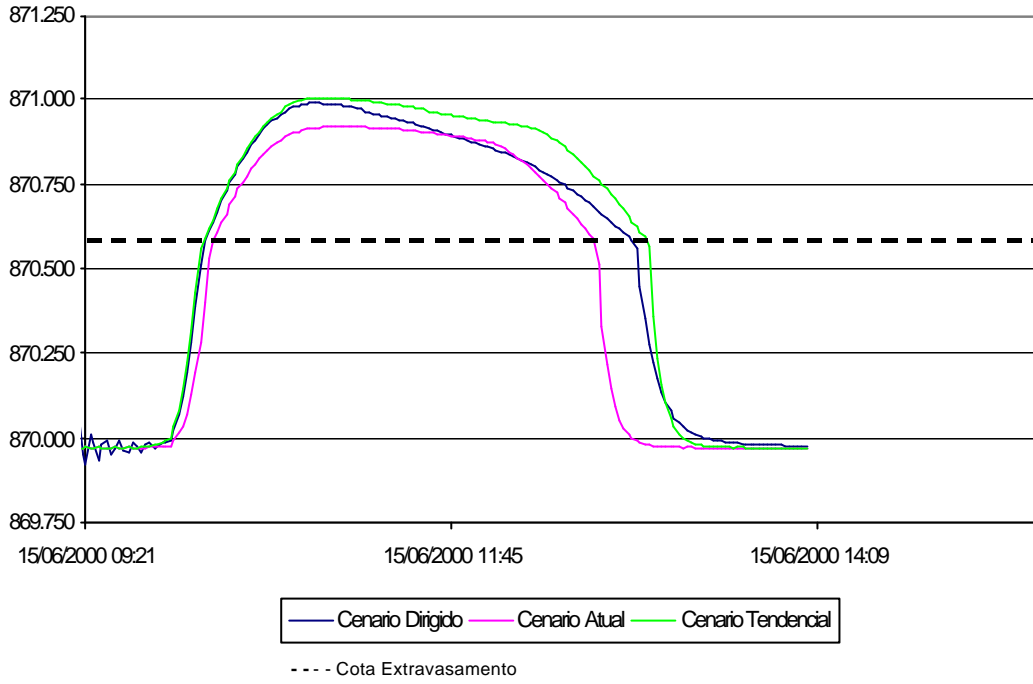
**Cotagrama Seção 3 + 060  
Rio Avariú - TR=10 anos.**



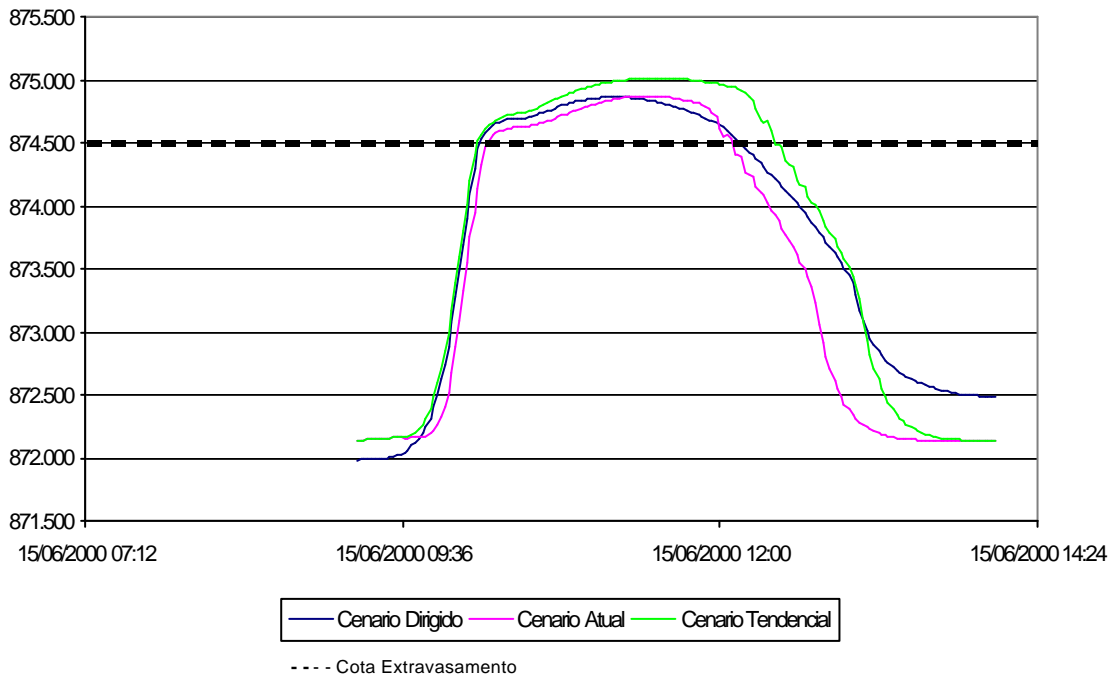
**Cotagrama Seção 3 + 275  
Rio Avariú - TR=10 anos.**



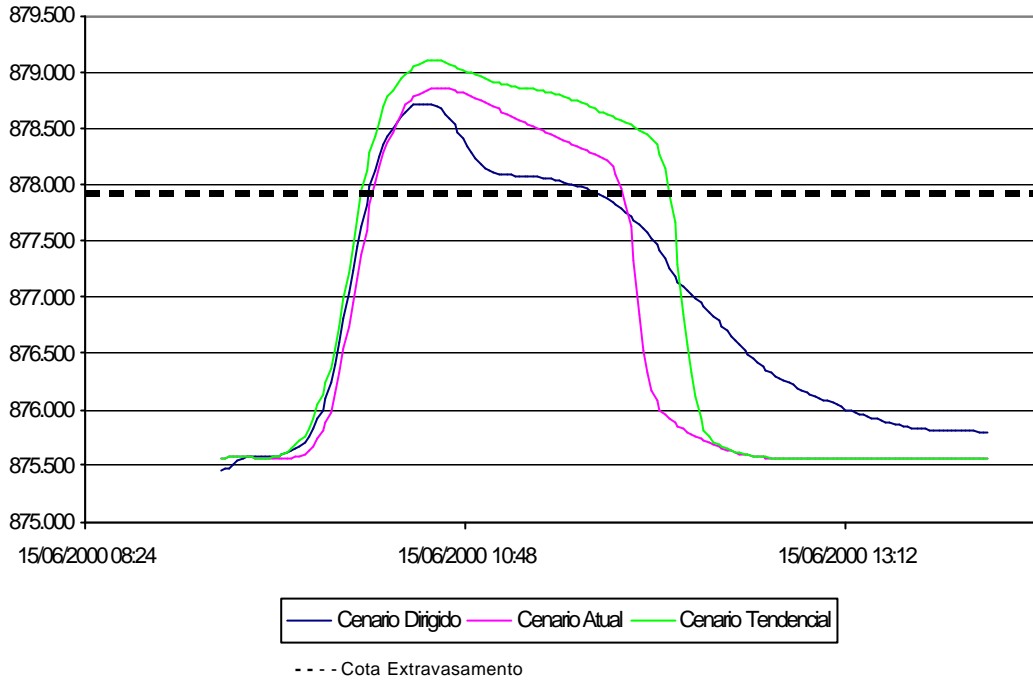
**Cotagrama Seção 0 + 491**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**



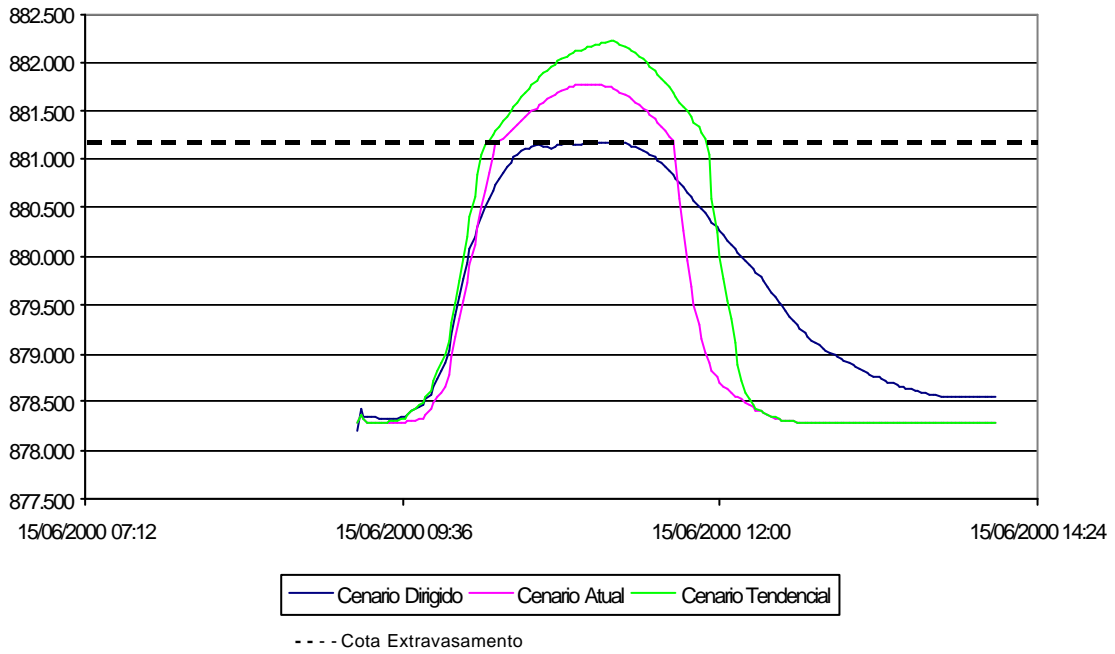
**Cotagrama Seção 1 + 391**  
**Rio Avariú - TR=25 anos**



**Cotograma Seção 1 + 820**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**

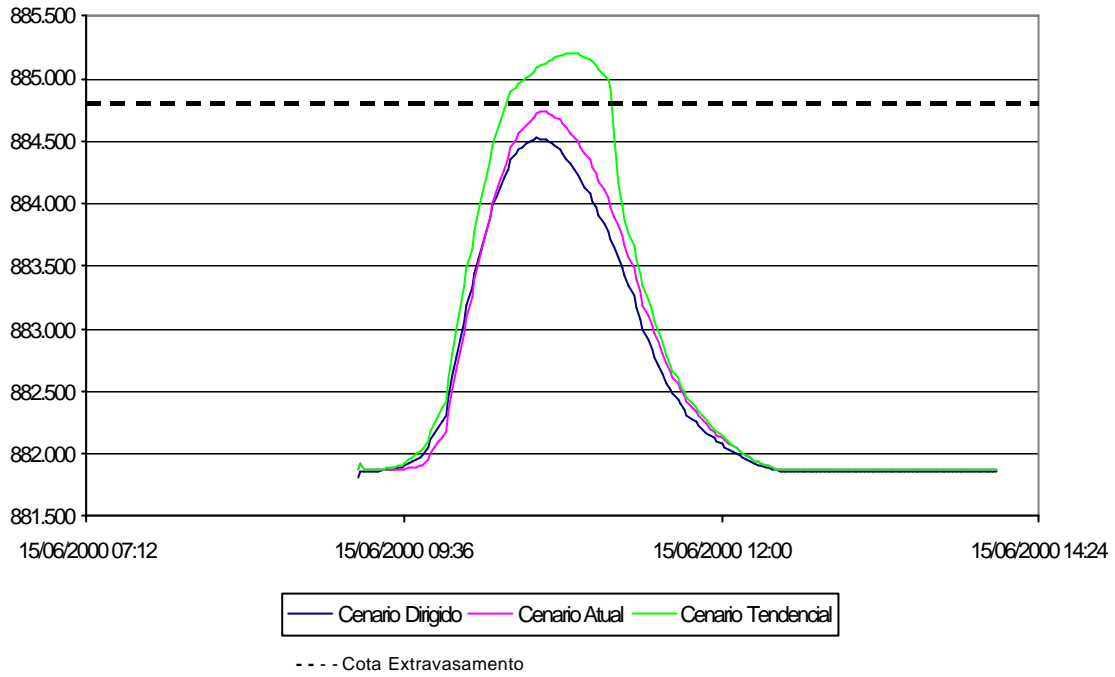


**Cotograma Seção 2 + 499**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**

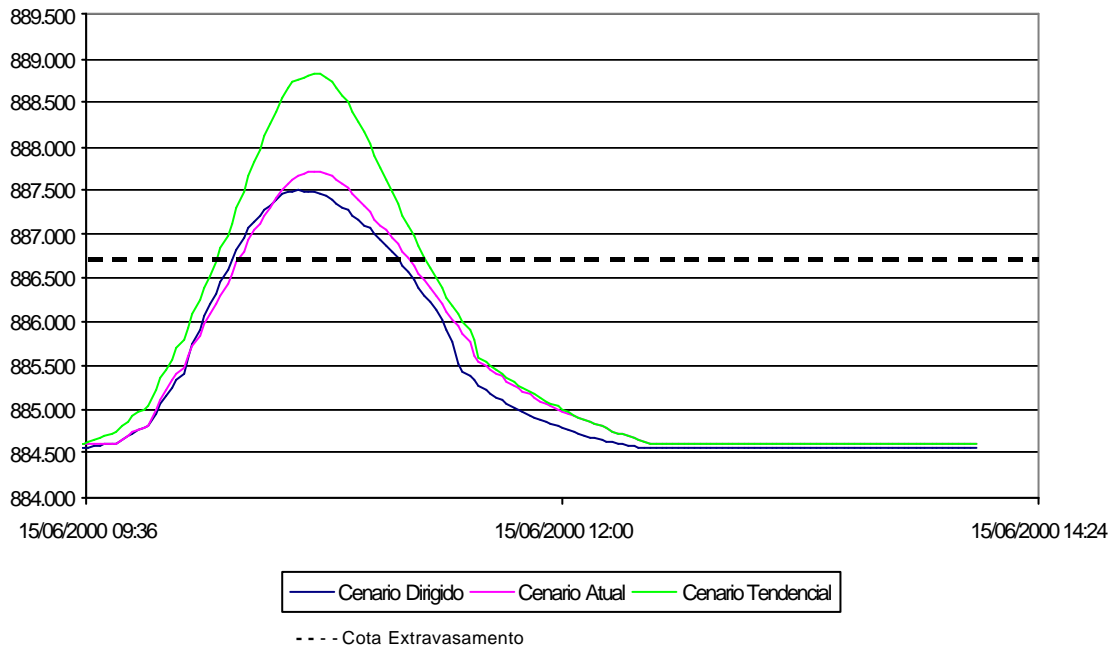




**Cotagrama Seção 3 + 060**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**



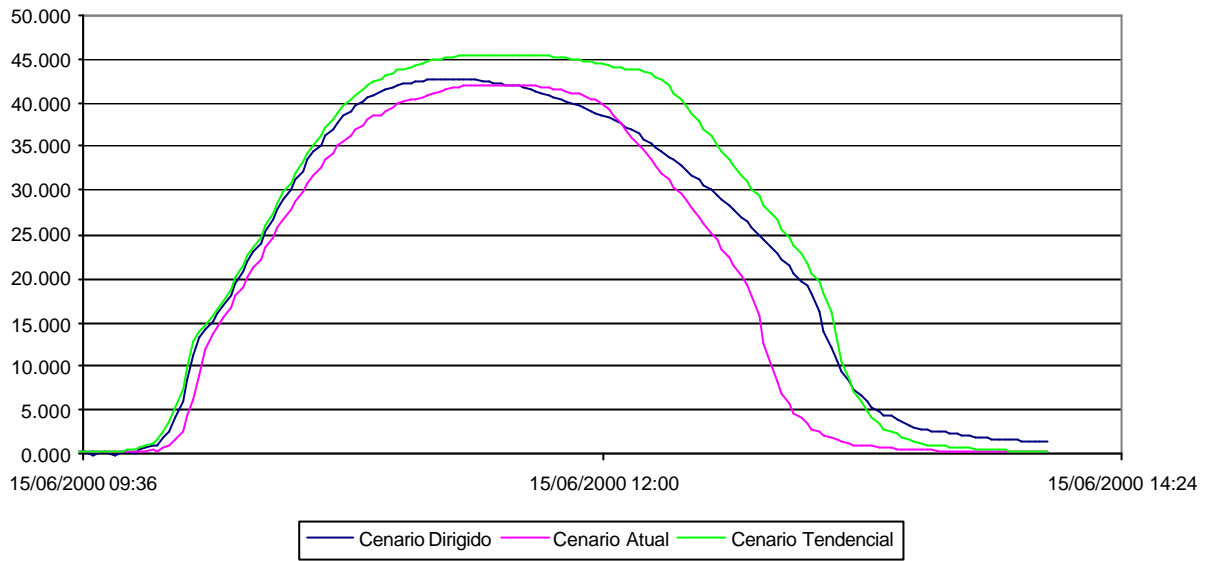
**Cotagrama Seção 3 + 275**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**



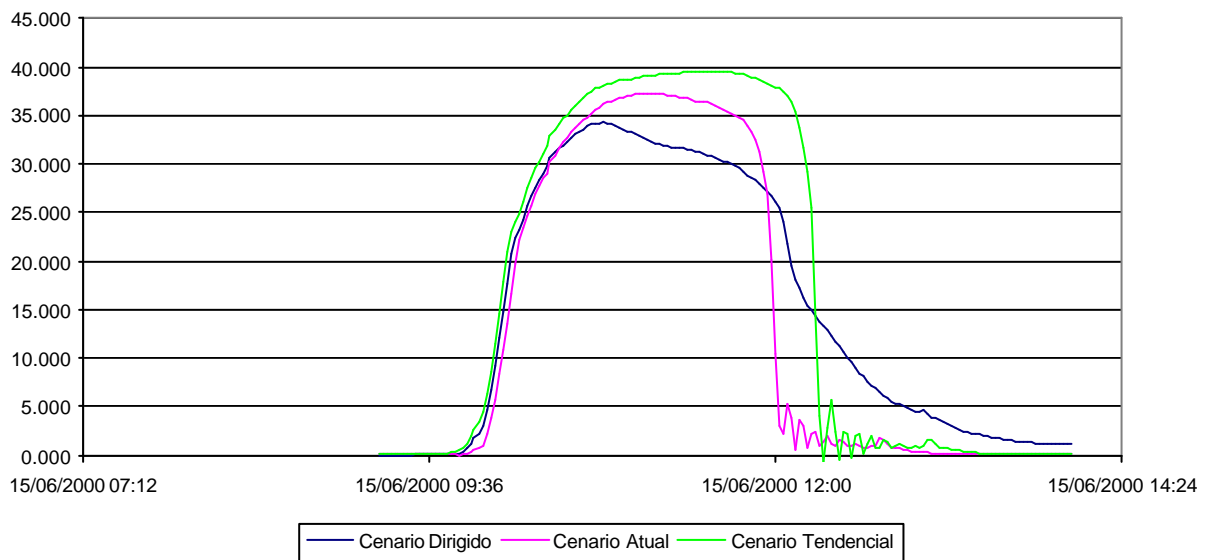
## **ANEXO 4 – HIDROGRAMAS DE SAÍDA**

---

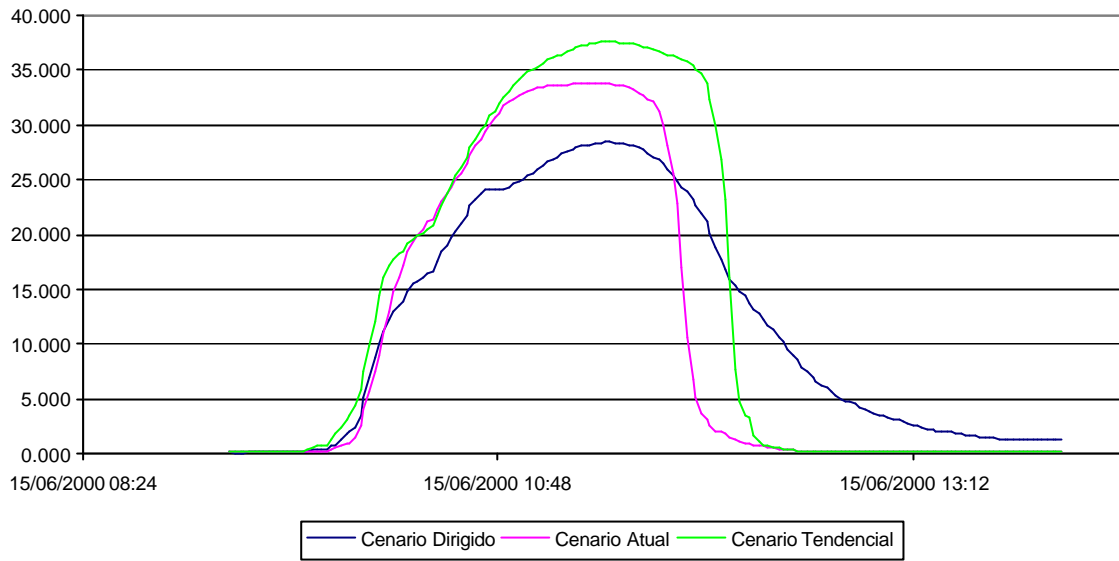
### Hidrograma Seção 0 + 491 Rio Avariú - TR=10 anos.



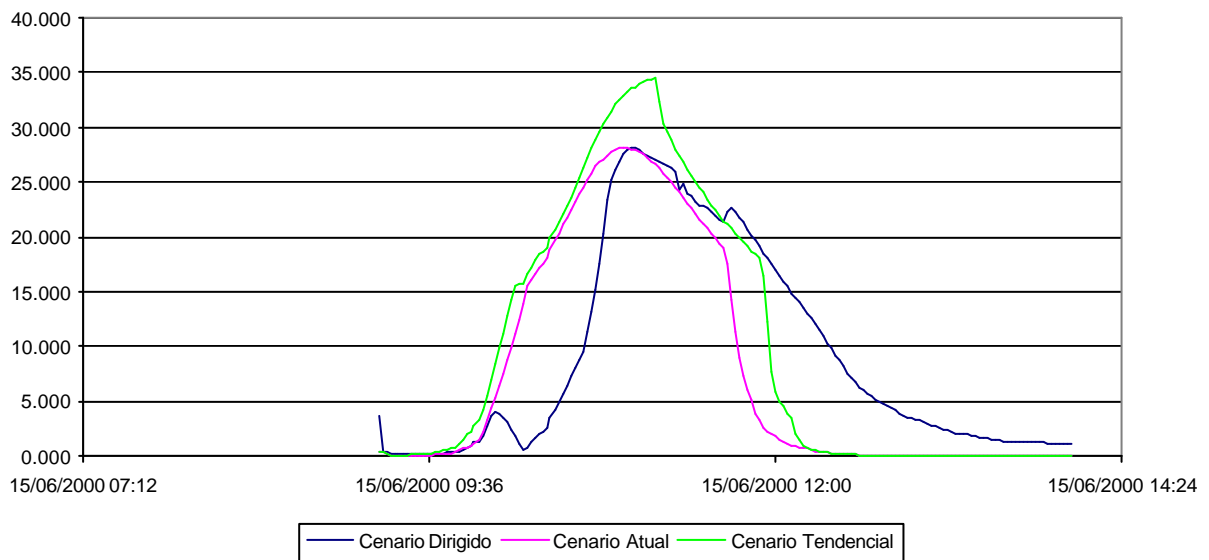
### Hidrograma Seção 1 + 391 Rio Avariú - TR=10 anos



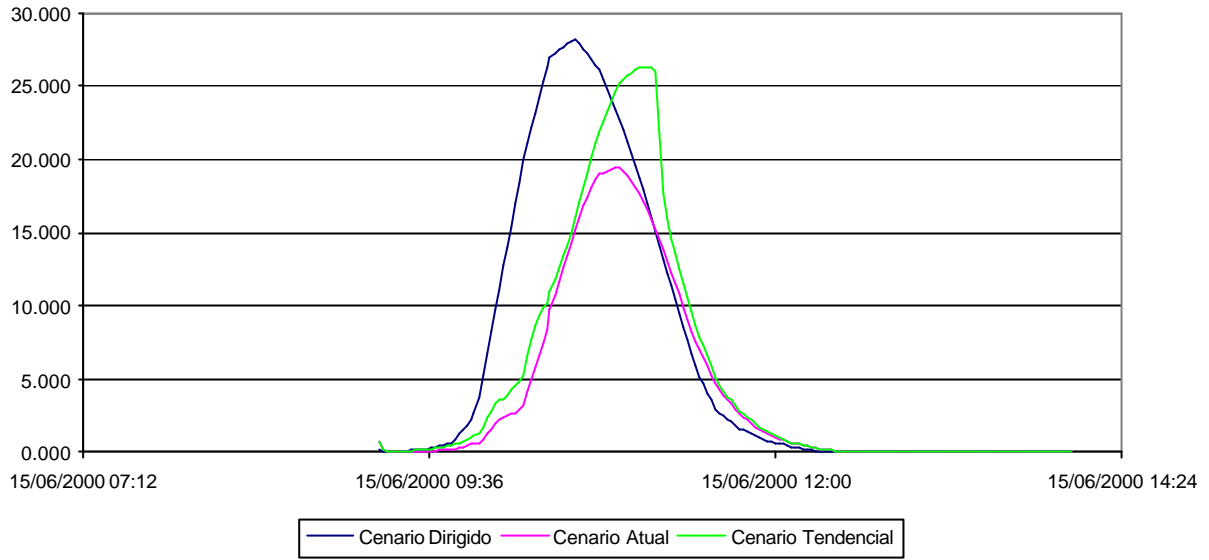
### Hidrograma Seção 1 + 820 Rio Avariú - TR=10 anos.



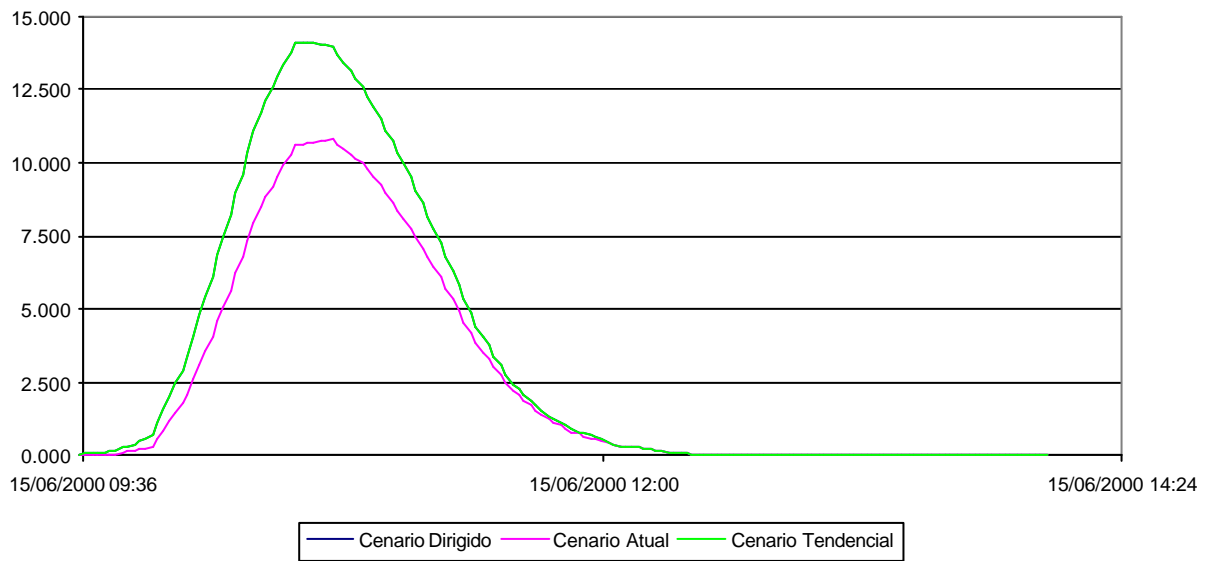
### Hidrograma Seção 2 + 499 Rio Avariú - TR=10 anos.



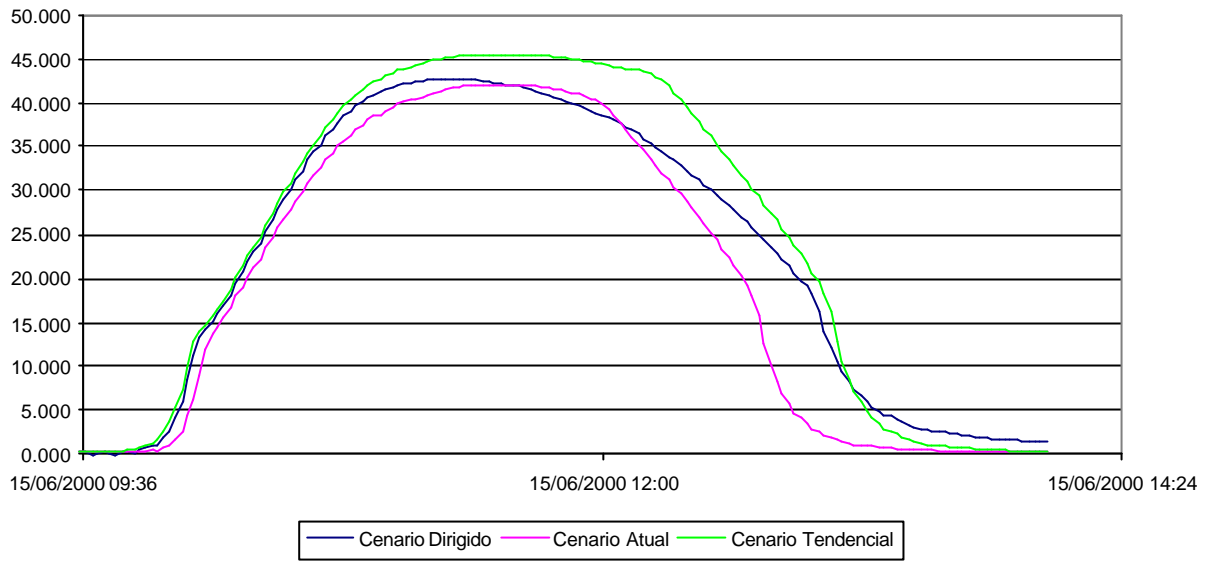
**Hidrograma Seção 3 + 060**  
**Rio Avariú - TR=10 anos.**



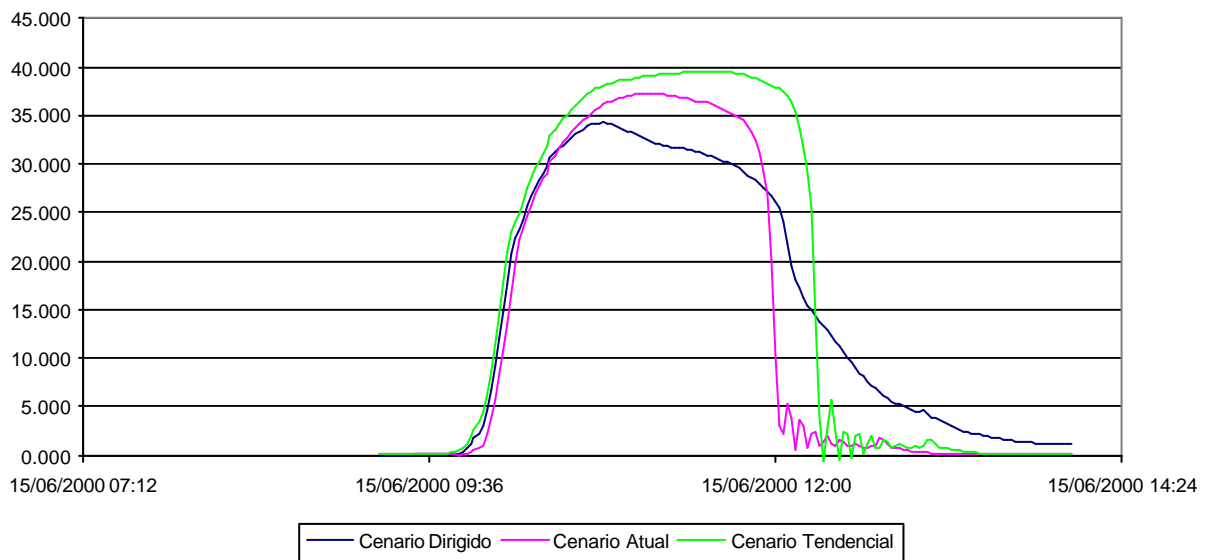
**Hidrograma Seção 3 + 275**  
**Rio Avariú - TR=10 anos.**



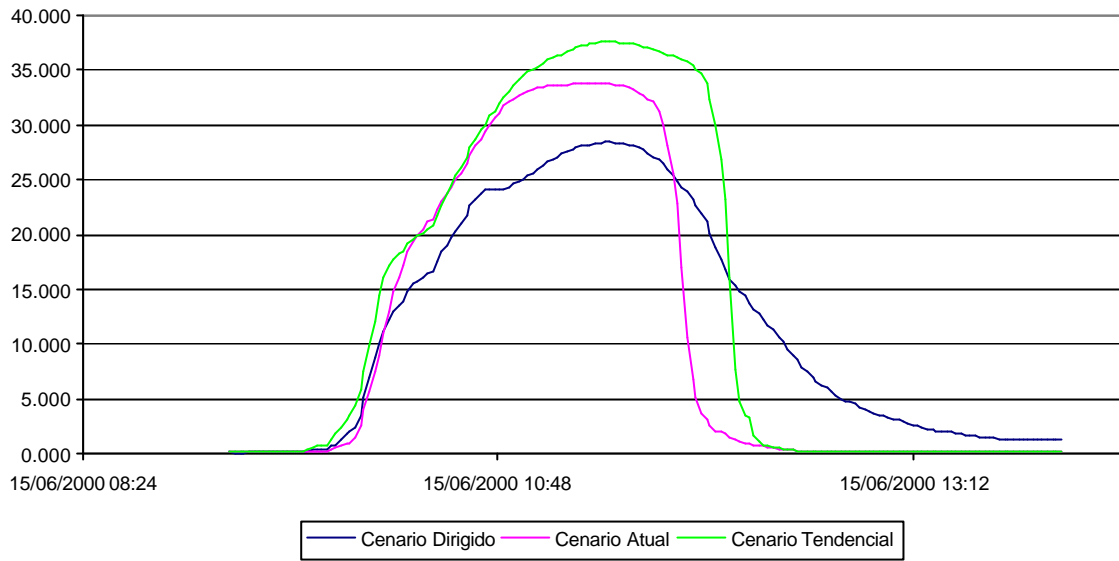
### Hidrograma Seção 0 + 491 Rio Avariú - TR=25 anos.



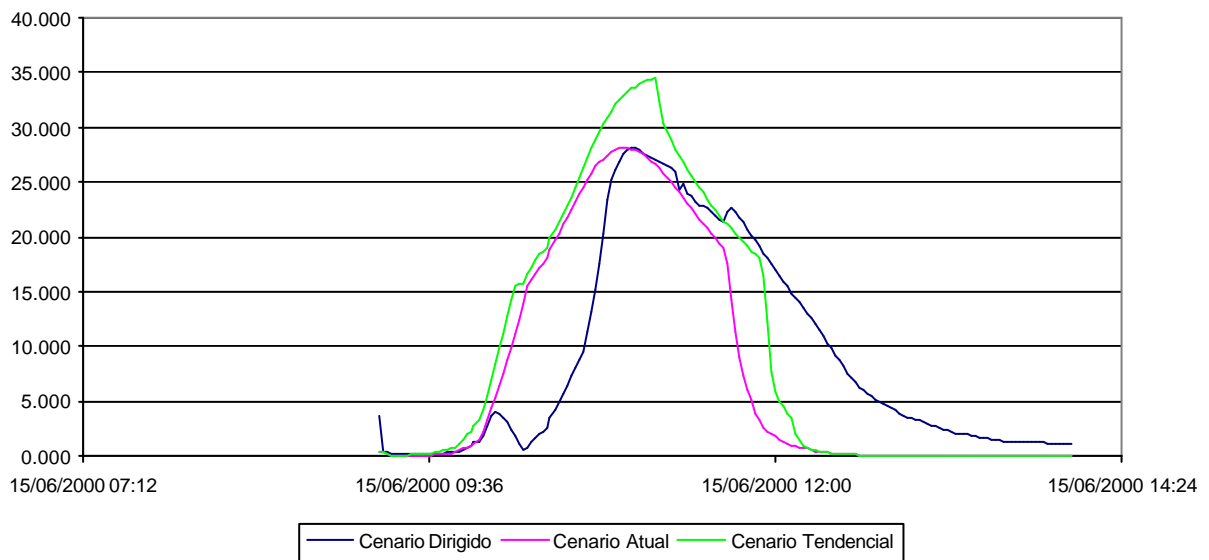
### Hidrograma Seção 1 + 391 Rio Avariú - TR=25 anos



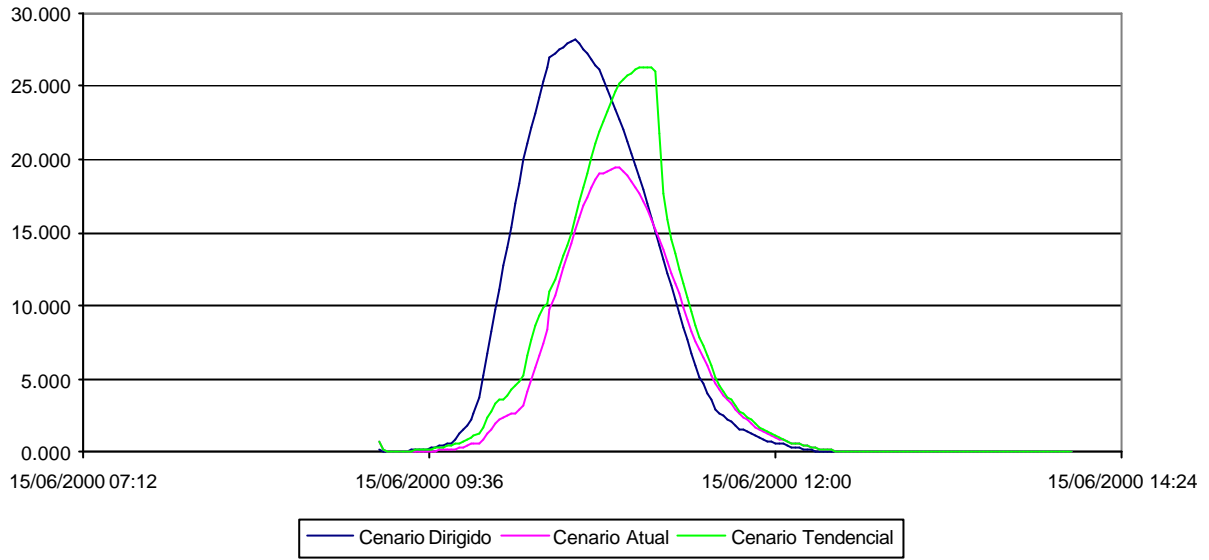
**Hidrograma Seção 1 + 820**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**



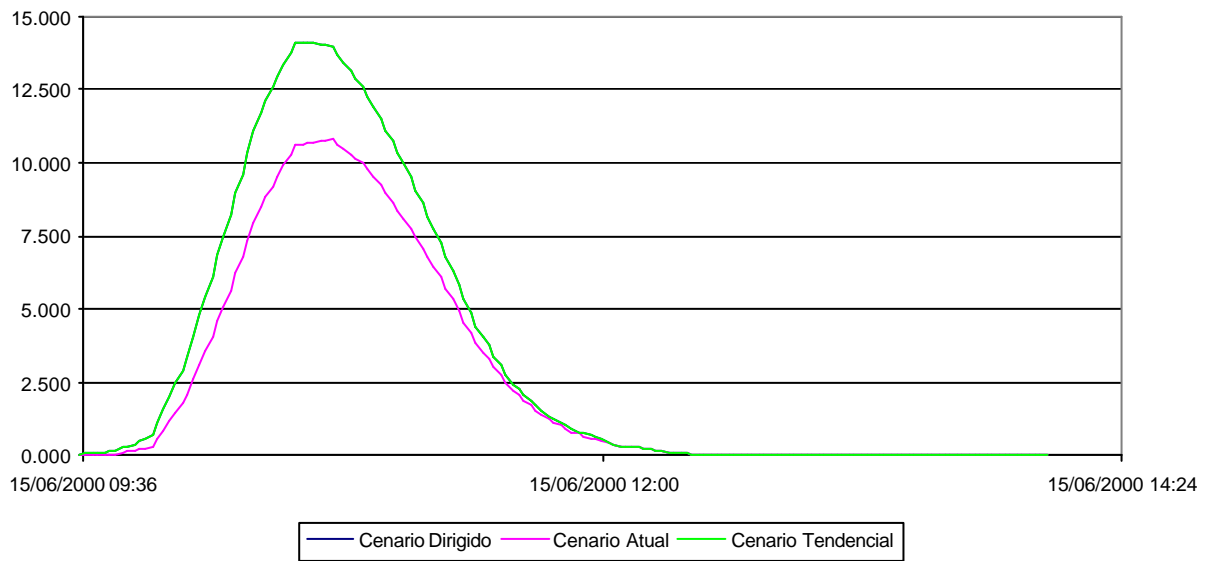
**Hidrograma Seção 2 + 499**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**



**Hidrograma Seção 3 + 060**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**



**Hidrograma Seção 3 + 275**  
**Rio Avariú - TR=25 anos.**

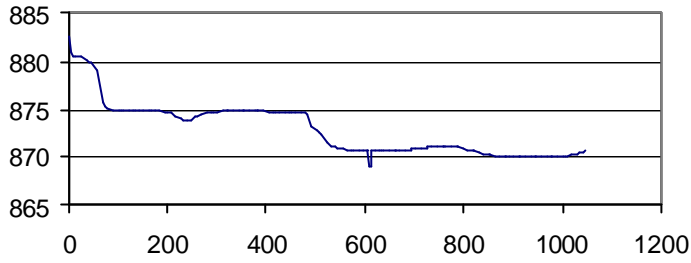




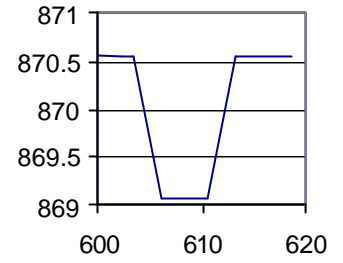
## **ANEXO 5 – SEÇÕES TRANSVERSAIS**

---

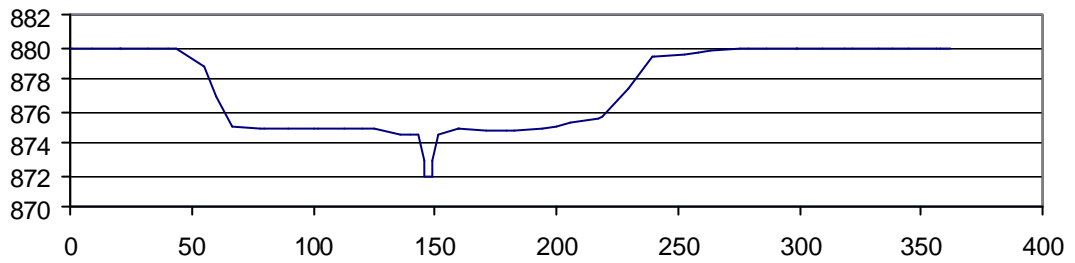
**Rio Avariú – Seção 2 – Estaca 0 + 491**



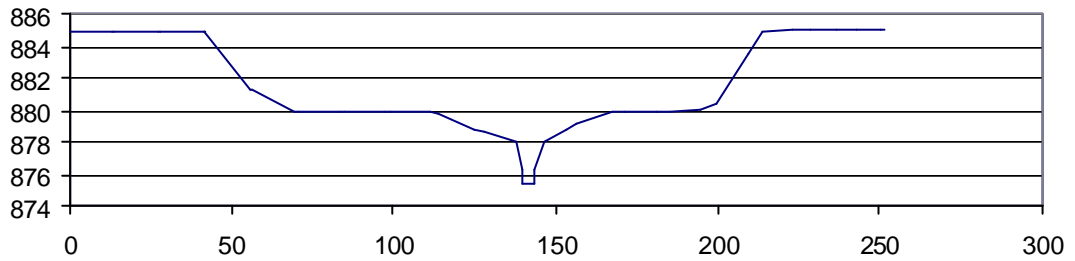
**Detalhe do leito menor**



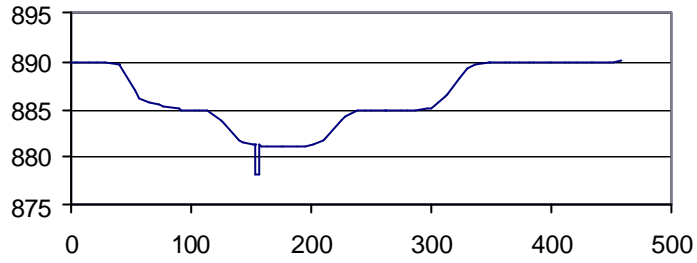
**Rio Avariú – Seção 4 - Estaca 1 + 391**



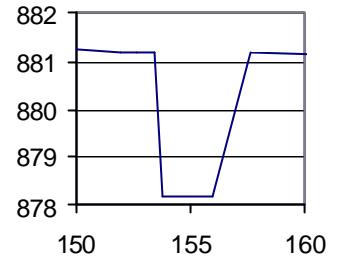
**Rio Avariú – Seção 6 - Estaca 1 + 820**



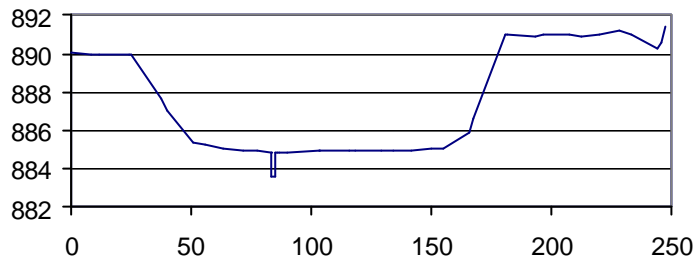
**Rio Avariú – Seção 8 - Estaca 2 + 499**



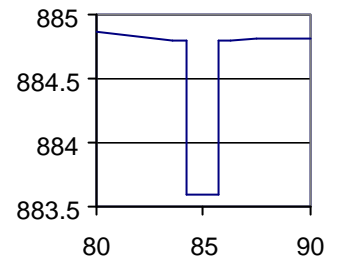
**Detalhe do leito menor**



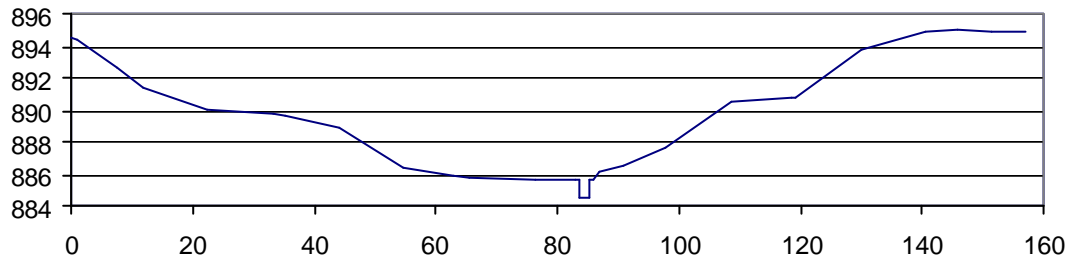
**Rio Avariú – Seção 9 - Estaca 3 + 060**



**Detalhe do leito menor**



**Rio Avariú – Seção 10 - Estaca 3 + 275**



## **ANEXO 6 –COTAS DE NÍVEIS DE ÁGUA**

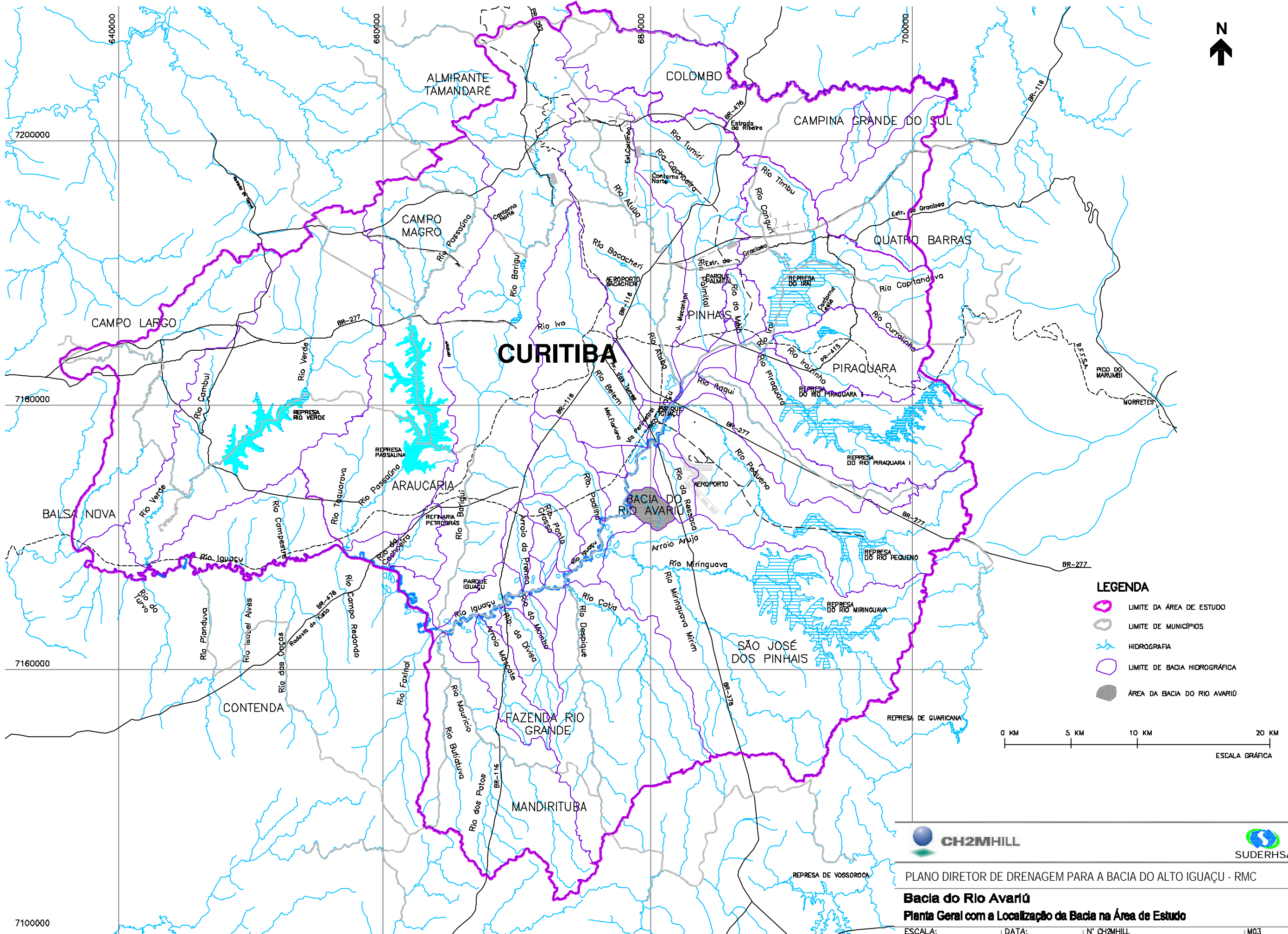
---

**TABELA DE COTAS DE NÍVEIS MÁXIMOS DE ÁGUA SIMULADOS  
BACIA DO RIO AVARIÚ - CENÁRIO DIRIGIDO**

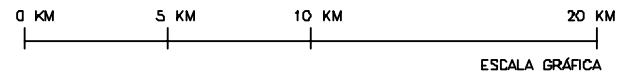
<b>RIO</b>	<b>DISTÂNCIA (m)</b>	<b>D 10</b>	<b>D 25</b>
AVARIU	0	870,0	870,0
AVARIU	491	870,9	871,0
AVARIU	500	870,9	871,1
AVARIU	921	874,4	874,8
AVARIU	1000	874,4	874,8
AVARIU	1392	874,5	874,9
AVARIU	1500	875,3	875,8
AVARIU	1653	876,5	877,0
AVARIU	1821	878,2	878,7
AVARIU	1984	878,8	879,6
AVARIU	2000	878,9	879,6
AVARIU	2500	880,7	881,2
AVARIU	2500	880,7	881,2
AVARIU	3000	883,6	884,2
AVARIU	3060	884,0	884,5
AVARIU	3276	886,9	887,5

**ANEXO 7 – DESENHOS**

---



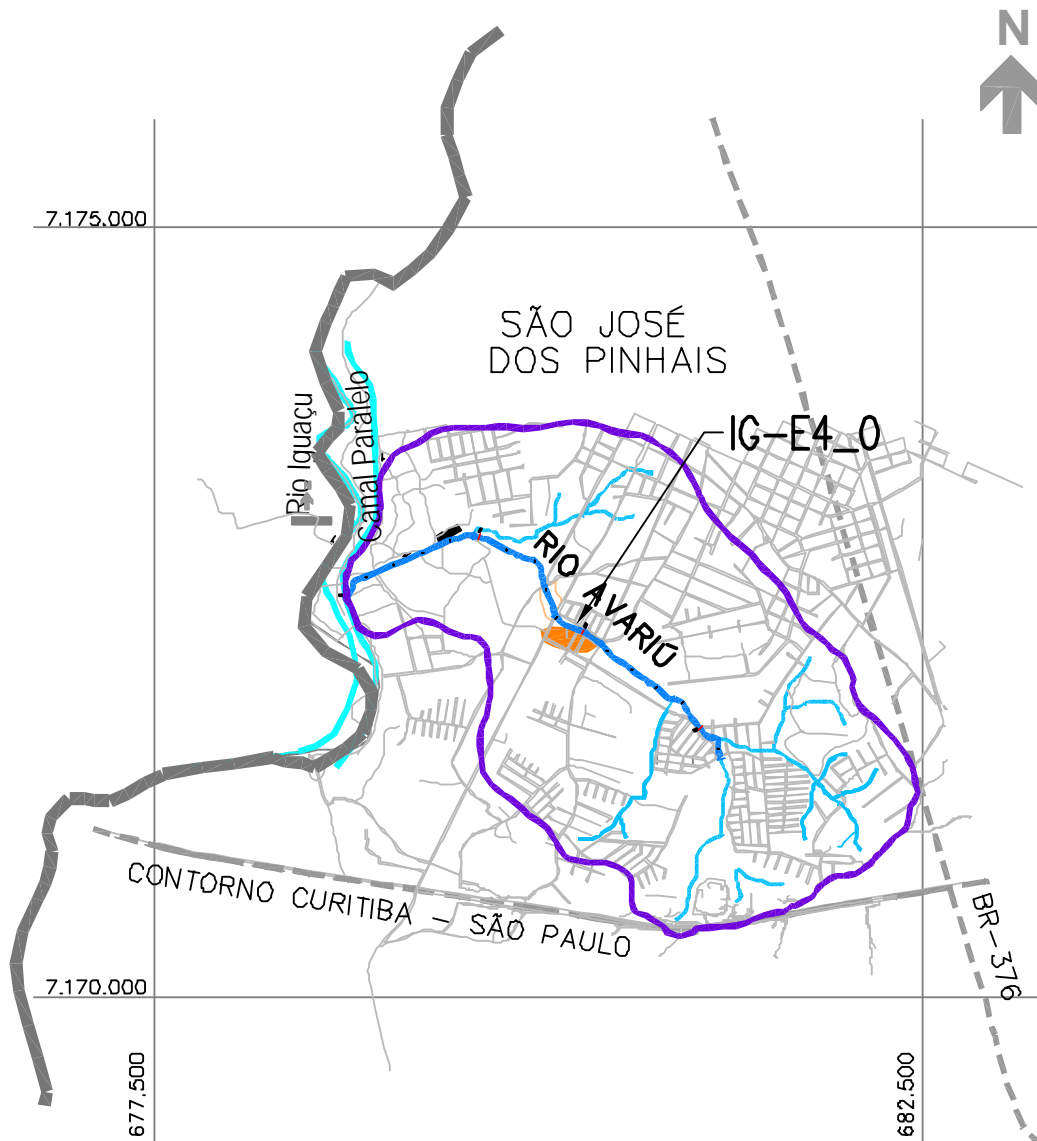
- LEGENDA**
-  LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO
  -  LIMITE DE MUNICÍPIOS
  -  HIDROGRAFIA
  -  LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
  -  ÁREA DA BACIA DO RIO AVARÚ








PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

**Bacia do Rio Avarú**  
**Planta Geral com a Localização da Bacia na Área de Estudo**

ESCALA: GRÁFICA	DATA: Dez 2001	Nº CH2MHILL SUD0103DW-GE014-P2	M03 IL-01
--------------------	-------------------	-----------------------------------	--------------



-  LIMITE DA BACIA
-  PONTOS CRÍTICOS DE INUNDAÇÃO
-  SISTEMA VIÁRIO PRINCIPAL
-  LIMITES DE MUNICÍPIO
-  **IG-E1\_1** CÓDIGO DO PONTO CRÍTICO  
Ver atributos nas tabelas apresentadas  
no relatório M03-07 ou no arquivo Spring



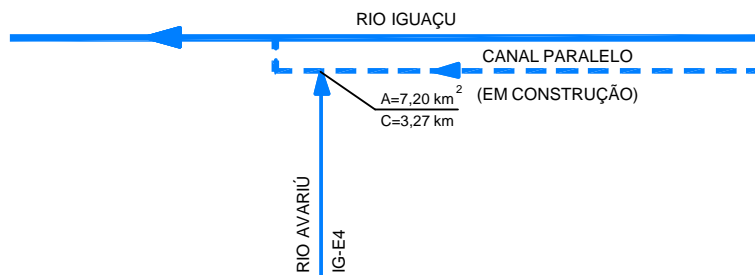
PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

### Bacia do Rio Avariú

Planta Geral e Pontos Críticos de Inundação Segundo Pesquisa

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Dez 2001	Nº CH2MHILL SUD0103SV-WR015-P1	M03 1001
-----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------





———— RIOS ESTUDADOS NO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM  
PERTENCENTES À BACIA DO ALTO IGUAÇU

- - - - - CANAL PARALELO

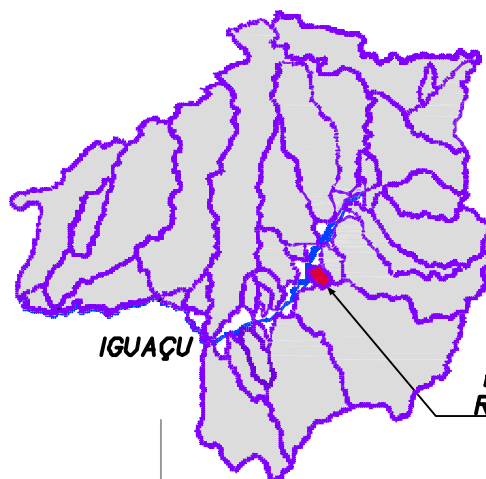


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

**Bacia do Rio Avariú**

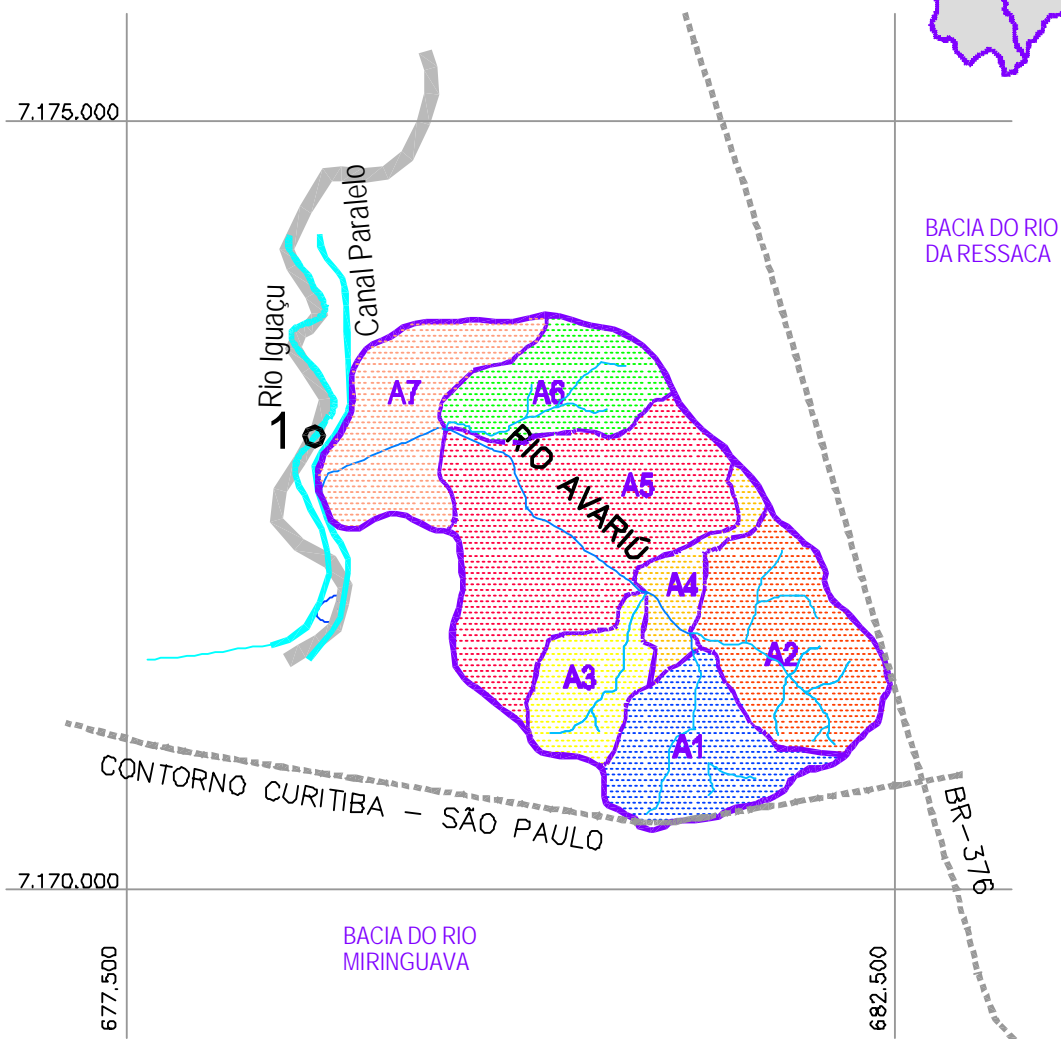
DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

ESCALA: S/ ESCALA	DATA: Julho 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR169-P2	M03 CO01
----------------------	---------------------	-----------------------------------	-------------



IGUAÇU

BACIA DO RIO AVARIÚ



SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS - BACIA DO RIO AVARIÚ

- A1 AVARIÚ CABECEIRA
- A2 AVARIÚ AFLUENTE 1
- A3 AVARIÚ AFLUENTE 2
- A4 AVARIÚ DISTRIBUÍDA 1
- A5 AVARIÚ DISTRIBUÍDA 2
- A6 AVARIÚ AFLUENTE 3
- A7 AVARIÚ DISTRIBUÍDA 3

- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE SUB-BACIA HIDROGRÁFICA
- SISTEMA VIÁRIO PRINCIPAL



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

### Bacia do Rio Avariú SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

ESCALA:  
1 : 50.000

DATA:  
Dez 2001

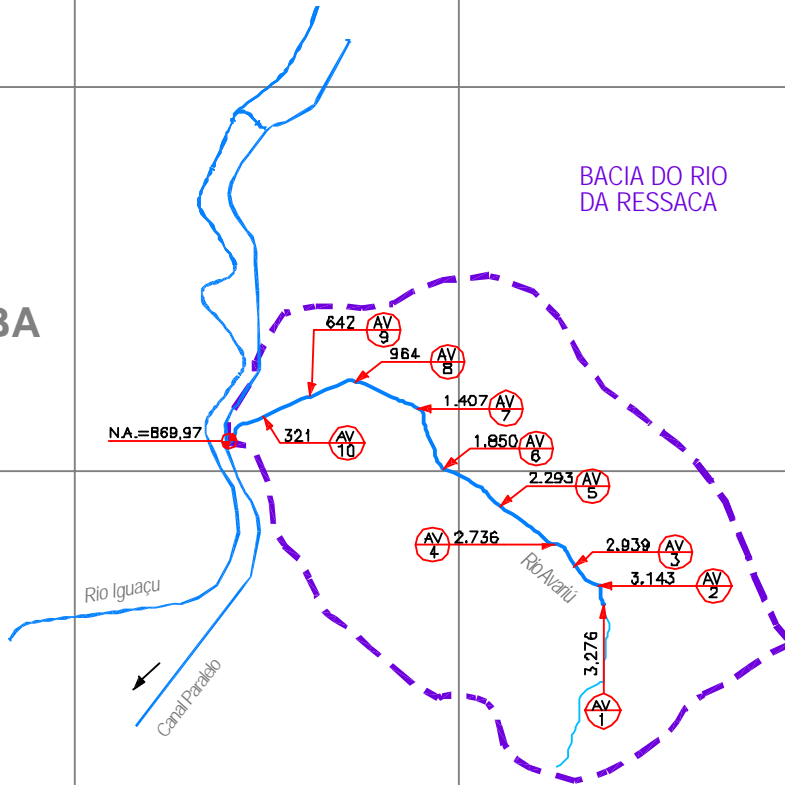
Nº CH2MHILL  
SUD0103DW-WR049-P1

M03  
TO49



CURITIBA

BACIA DO RIO DA RESSACA



BACIA DO RIO MIRINGUAVA

FAZENDA RIO GRANDE

PONTOS DE ENTRADA DE VAZÃO

N°	OPERAÇÃO HIDROLÓGICA	SUB-BACIA
AV 01	Avariú Cabeceira	A1
AV 02	Avariú Afluente 1	A2
AV 03	Avariú Distribuída 1	A4
AV 04	Avariú Afluente 2	A3
AV 05	Avariú Distribuída 2.1	A5
AV 06	Avariú Distribuída 2.2	A5
AV 07	Avariú Distribuída 2.3	A5
AV 08	Avariú Afluente 3.1	A6
AV 09	Avariú Distribuída 3.2	A7
AV 10	Avariú Distribuída 3.3	A7

NÍVEL DE ÁGUA NO IGUAÇU

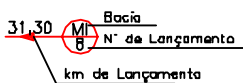
N.A. = 869.97

ESCALA GRÁFICA



LEGENDA

- Limite de Bacia
- Trechas de Macrodrenagem
- Trechas de Microdrenagem



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

Bacia do Rio Avariú

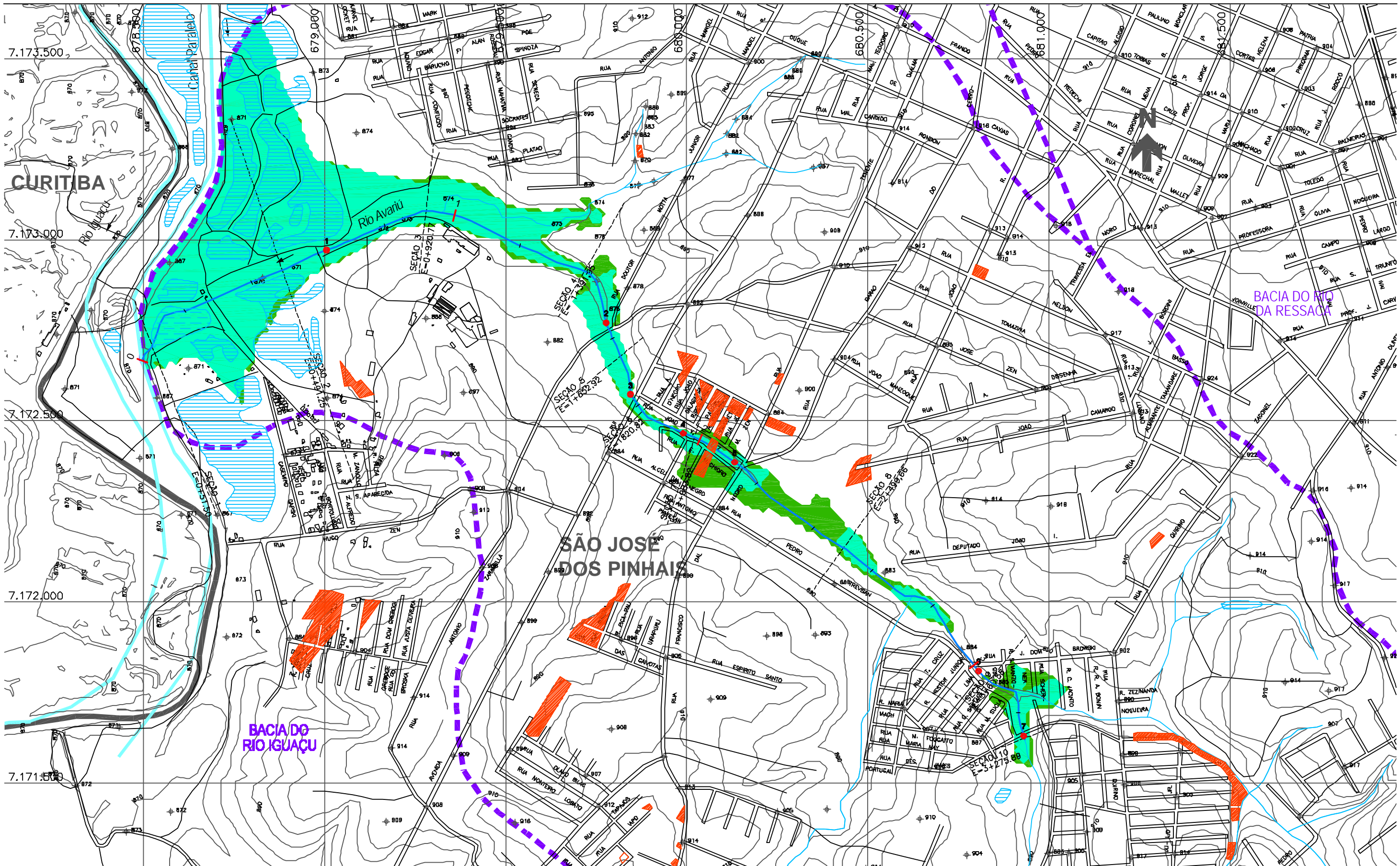
Condições de Contorno para o Modelo Hidrodinâmico

ESCALA:  
GRÁFICA

DATA:  
Dez 2001

N° CH2MHILL  
SUD0103DW-WR170-P1

M03  
CO02



NOTAS:



- 1 - AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO AQUI APRESENTADAS FORAM GERADAS A PARTIR DE MODELAGEM MATEMÁTICA, SOBRE BASE CARTOGRÁFICA DO SIGRH FORNECIDA PELA SUDERHSA
- 2 - ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS A ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU
- 3 - A PRECISÃO DO MODELO DE DESENHO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	-	-
-	1/1	-
-	-	-

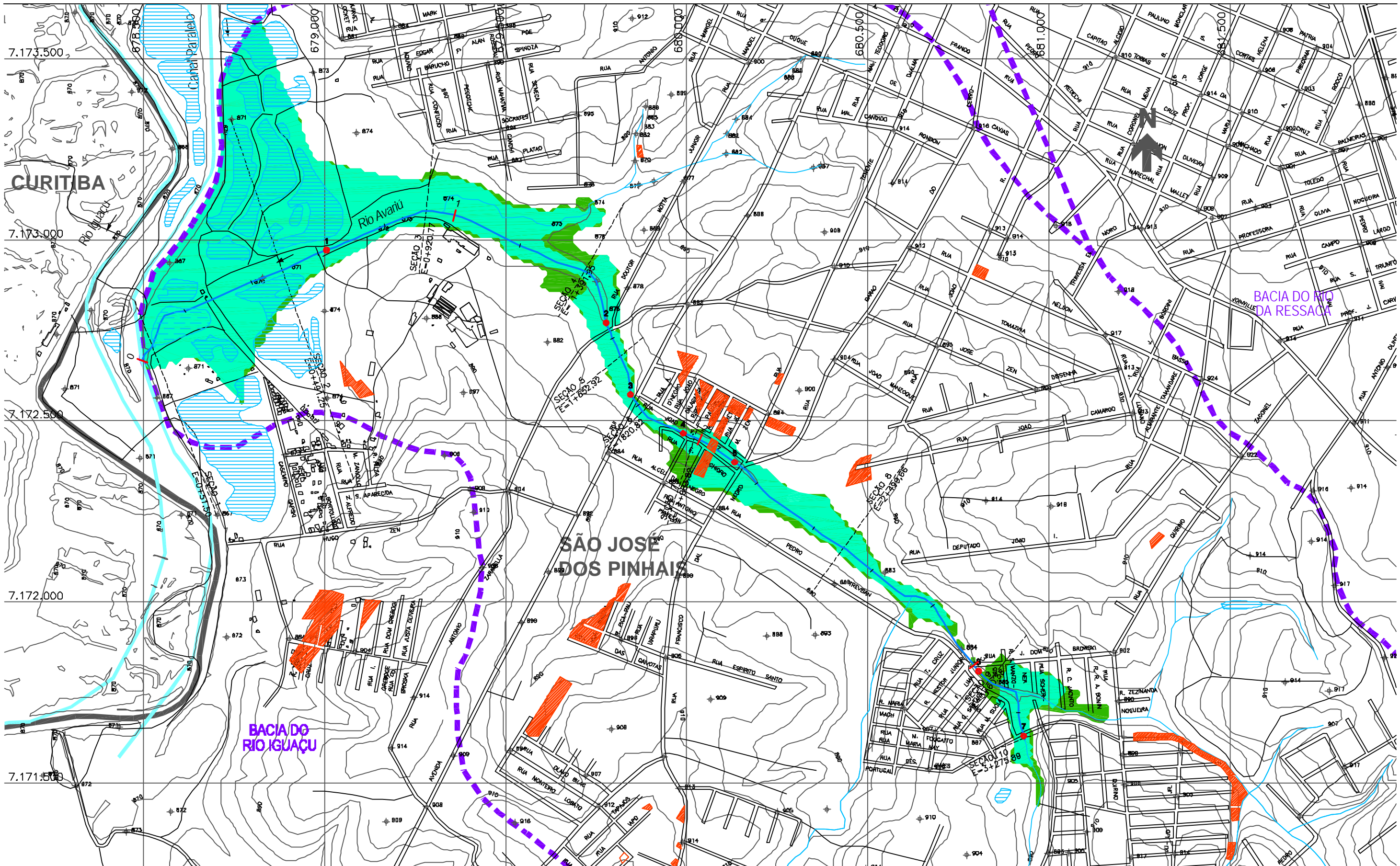
- CONVENÇÃO
- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
  - ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
  - ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES
  - ÁREAS URBANIZADAS
  - ÁREAS DE LAGOAS
  - ESTACA
  - SISTEMA DE MACRODRENAGEM
  - SISTEMA DE MICRODRENAGEM
  - SEÇÕES TRANSVERSAIS
  - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
  - LIMITE DE MUNICÍPIO
  - SINGULARIDADE

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC**

**Bacia do Rio Avarú**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL**

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Julho 2002	N° CH2MHILL SUDO103DW-WR171-P2
		M03 CA 1/1



- NOTAS:
- 1 - AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO AQUI APRESENTADAS FORAM GERADAS A PARTIR DE MODELAGEM MATEMÁTICA, SOBRE BASE CARTOGRÁFICA DO SIGRH FORNECIDA PELA SUDERHSA
  - 2 - ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS A ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU
  - 3 - A PRECISÃO DO MODELO DE DESENHO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	-	-
-	1/1	-
-	-	-

CONVENÇÃO

- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
- ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES
- ÁREAS URBANIZADAS
- ÁREAS DE LAGOAS
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE

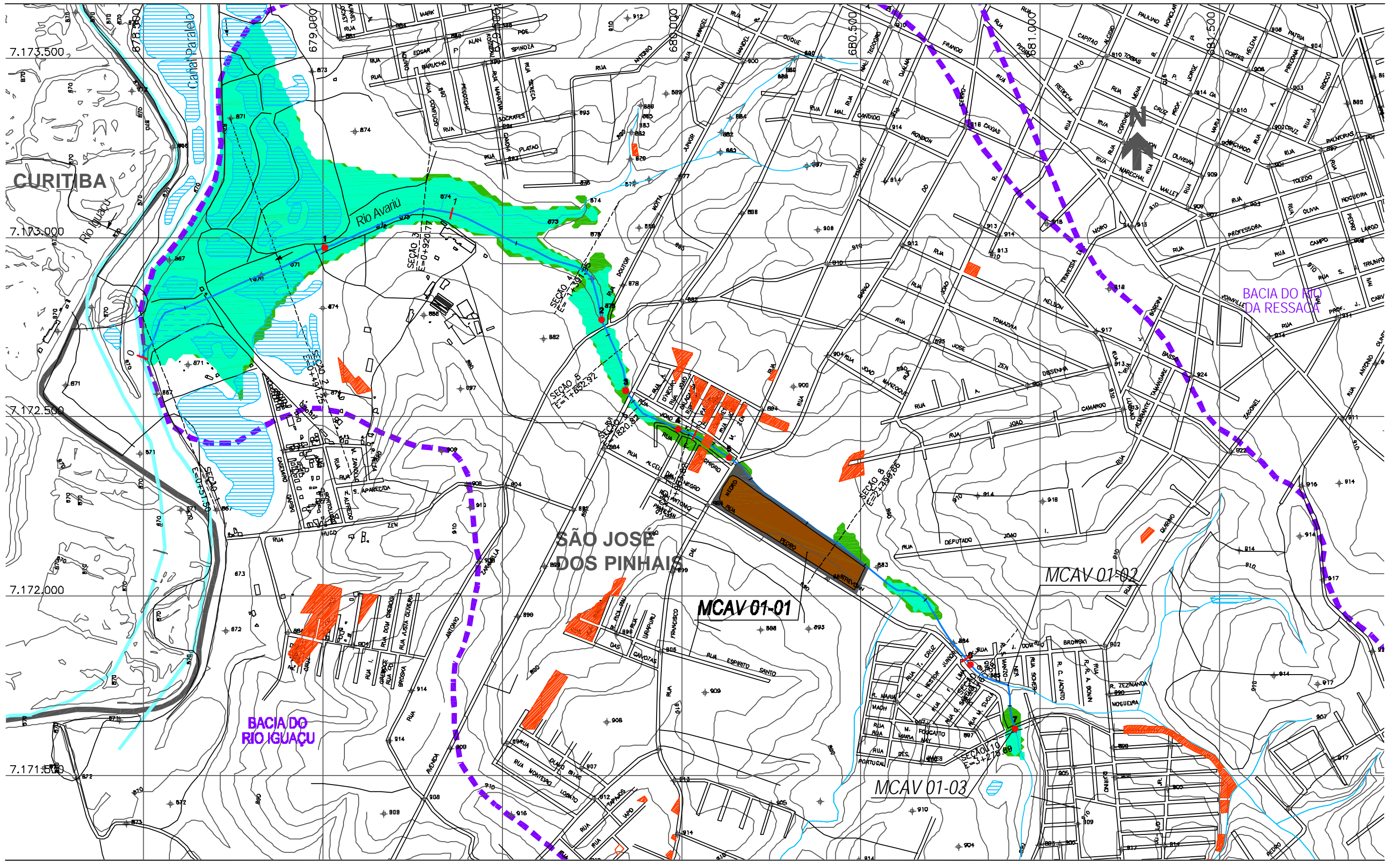


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

**Bacia do Rio Avarú**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO TENDENCIAL**

ESCALA: 1 : 10.000    DATA: Julho 2002    N° CH2MHILL SUDO103DW-WR171-P2    M03 CT 1/1

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69



NOTAS:

- AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO AQUI APRESENTADAS FORAM GERADAS A PARTIR DE MODELAGEM MATEMÁTICA, SOBRE BASE CARTOGRÁFICA DO SIGRH FORNECIDA PELA SUDERHSA
- ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS A ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU
- A PRECISÃO DO MODELO DE DESENHO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

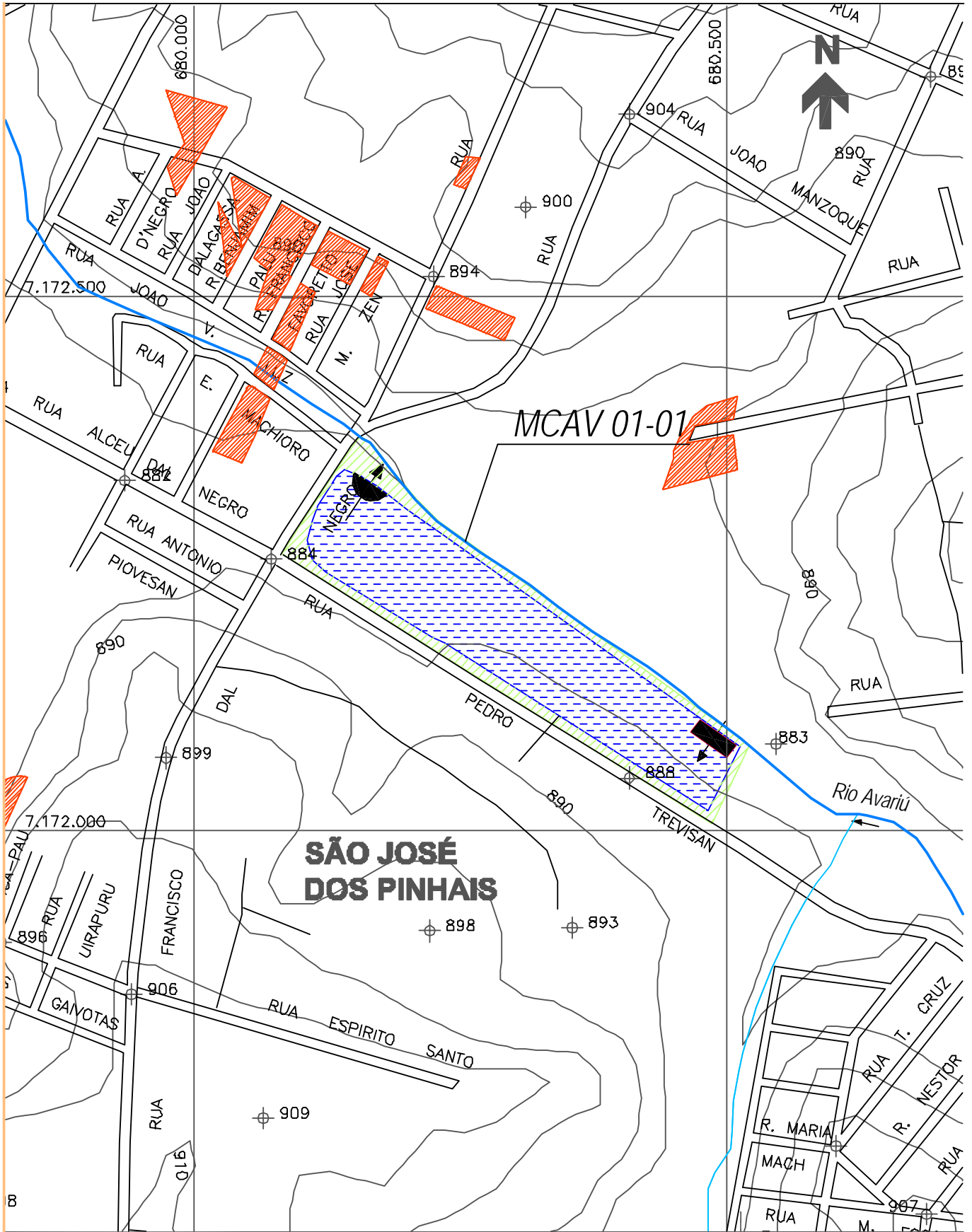
-	-	-
-	1/1	-
-	-	-

- CONVENÇÃO
- ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 10 ANOS
  - ÁREA DE RISCO DE INUNDAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO DE TR = 25 ANOS
  - ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES
  - ÁREAS URBANIZADAS
  - ÁREAS DE LAGOAS
  - + ESTACA
  - SISTEMA DE MACRODRENAGEM
  - SISTEMA DE MICRODRENAGEM
  - SEÇÕES TRANSVERSAIS
  - LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
  - LIMITE DE MUNICÍPIO
  - SINGULARIDADE

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC**

**Bacia do Rio Avarú**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO DIRIGIDO**

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Julho 2002	N° CH2MHILL SUD0103DW-WR171-P2
		M03 CD 1/1



- CONVENÇÃO
- Limite da Lagoa de Acumulação
  - Unidade de Entrada
  - Unidade de Saída
  - Área Urbanizada
  - Área da Lagoa



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

**Medidas de Controle de Enchentes - Baía do Rio Avariú**  
**MCAV 01-01 - Lagoa de Acumulação Lateral**

ESCALA: 1 : 5.000	DATA: Dez 2001	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR184-P1	FL. C003
----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------