



## 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 4.19  
MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO ARROIO ESPIGÃO

---

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 4.19

**MODELAGEM DAS LINHAS DE INUNDAÇÃO DA BACIA DO ARROIO ESPIGÃO**

**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 CAMBUÍ
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 4.19 – ARROIO ESPIGÃO**

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA</b>	<b>03</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO	03
2.2	SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM	03
2.3	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	04
2.4	USO DO SOLO	05
<b>3</b>	<b>MODELAGEM HIDROLÓGICA</b>	<b>06</b>
<b>4</b>	<b>CENÁRIOS CONSIDERADOS</b>	<b>07</b>
<b>5</b>	<b>DADOS UTILIZADOS</b>	<b>08</b>
5.1	BASE CARTOGRÁFICA	08
5.2	PERFIL LONGITUDINAL	08
5.3	SEÇÕES TRANSVERSAIS	09
5.4	CONDIÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES	10
<b>6</b>	<b>RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS</b>	<b>11</b>
6.1	CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL	11

## **ANEXOS**

ANEXO 1 - RESSALVAS	
ANEXO 2 - TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO	
ANEXO 3 - HIDROGRAMAS	
ANEXO 4 - SEÇÕES TRANSVERSAIS	
ANEXO 5 - CÁLCULO DAS CURVAS-CHAVE	
ANEXO 6 - CURVAS-CHAVE	
ANEXO 7 – COTA DE NÍVEIS DE ÁGUA	
ANEXO 8 - DESENHOS	

## RELAÇÃO DE DESENHOS

Nº	Título	Escala
IL-01	Bacia do Arroio Espigão Planta Geral com Localização da Bacia na Área de Estudo	Gráfica
I001	Bacia do Arroio Espigão Planta Geral e Pontos Críticos de Inundação Segundo Pesquisa	1:50000
C001	Bacia do Arroio Espigão Diagrama Unifilar	S/ escala
T066	Bacia do Arroio Espigão Sub-Bacias Hidrográficas	1:50000
C002	Bacia do Arroio Espigão Áreas de Risco de Inundação – Articulação das Folhas	Gráfica
CA1/2 a CA2/2	Bacia do Arroio Espigão Manchas de Inundação – Cenário Atual - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000
CTD1/2 a CTD2/2	Bacia do Arroio Espigão Manchas de Inundação – Cenários Tendencial e Dirigido - TR = 10 anos e TR = 25 anos	1:10.000

# 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 Arroio Espigão, resultado dos trabalhos de simulação de modelo matemático, conforme previsto no Terceiro Termo Aditivo do contrato acima mencionado.

As áreas de risco de inundação na bacia do Arroio Espigão foram geradas a partir de modelo hidráulico-hidrológico, 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. A opção pelo modelo a ser utilizado - hidráulico-hidrológico ou hidrodinâmico – foi realizada a partir das características físicas de cada bacia e disponibilidade de dados, conforme justificado no Volume 3 – Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias – Relatório Geral.

Como ferramenta de análise, utilizou-se o software CABEC da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, o qual é voltado à determinação de hidrogramas de enchentes de redes complexas de rios e canais. Foi também empregado o programa Spring, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, na projeção das previsões sobre áreas inundáveis a partir da envoltória de cotas máximas de nível de água.

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 Hidrológica – são apresentados os principais critérios utilizados na modelagem matemática para a determinação de hidrogramas de enchentes e 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 do rio analisado.

No Capítulo 6 – Resultados das Simulações Hidrológicas – encontram-se os produtos resultantes das simulações, consistindo em tabela com as cotas e vazões em função das estacas, hidrogramas e 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 em relação às áreas urbanizadas.

## 2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA BACIA

---

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Arroio Espigão é afluente pela margem direita do rio Iguaçu. A sua bacia hidrográfica abrange uma extensão territorial de cerca de 6 km<sup>2</sup>.

Esta bacia localiza-se inteiramente dentro do município de Curitiba e sua localização na área de abrangência do Plano Diretor de Drenagem é apresentada na planta geral da bacia no desenho IL-01.

A bacia do Arroio Espigão é de uso predominantemente rural, contendo uma pequena urbanização na parte mais alta de sua bacia de cabeceira.

A população urbana atual (1999) da bacia é de 905 habitantes. As projeções efetuadas mostram, para o ano 2020, final do período de planejamento, uma população urbana estimada de 1.340 habitantes, o que mostra que a bacia continuará com sua característica de uso rural preponderante.

Os principais elementos da área de estudo pertinentes à bacia do Arroio Espigão e considerados para as simulações hidrológicas são mostrados no Diagrama Unifilar do Sistema de Macrodrenagem, apresentado no desenho C001.

### 2.2 SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM

#### 2.2.1 Cadastro do Sistema

A caracterização da situação atual de cerca de 6 km de trechos de rios da bacia do Arroio Espigão 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; e
- Rugosidades definidas pelo coeficiente de Manning.

#### 2.2.2 Singularidades

Caracterizam-se por singularidade as obstruções existentes ao longo do caminhamento 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 Arroio Espigão estão locadas nos desenhos CA1/2 a CA2/2 e CTD1/2 a 2/2, e a tabela 2.1 mostra as características daquelas consideradas nas simulações:

**Tabela 2.1 Singularidades - Arroio Espigão**

Nº	Tipo	Dimensões	Recobrimento
1	Bueiro tubular	1 $\phi$ 80 cm	80 cm
2	Bueiro tubular	1 $\phi$ 120 cm	80 cm
3	Bueiro tubular	1 $\phi$ 50 cm	160 cm
4*	-	-	-
5	Bueiro tubular	2 $\phi$ 110 cm + 1 $\phi$ 130 cm	50 cm
6	Bueiro tubular	2 $\phi$ 80 cm + 1 $\phi$ 110 cm	50 cm
7	Bueiro tubular	1 $\phi$ 100 cm + 1 $\phi$ 80 cm	50 cm

\* Inacessível (terreno particular)

### 2.2.3 Obras e Projetos

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

### 2.2.4 Áreas Inundáveis

Foram identificadas áreas inundáveis na bacia do Arroio Espigão nas pesquisas realizadas junto à prefeitura do município de Curitiba, porém estas não estão localizadas em área urbana. Existe uma área relatada que encontra-se em zona rural e pode ser visualizada no desenho I001.

A pesquisa e seus resultados estão detalhadamente apresentados no Volume 3 – Tomo 3.1, do Relatório Final.

## 2.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A bacia do Rio do Espigão, por ser de ocupação predominantemente rural, não conta com sistema público de esgotamento sanitário.

As projeções demográficas feitas concluíram que essa bacia continuará a apresentar esta mesma característica até o fim do período de planejamento (ano 2020). Assim o Plano de Despoluição não prevê a implantação, nela, de obras de sistemas públicos de esgotamento sanitário.

## **2.4 USO DO SOLO**

A urbanização da bacia do Arroio Espigão, conforme a segmentação feita para a bacia, descreve uma bacia com baixa ocupação de características rurais. A bacia apresenta uma média populacional para o ano de 1999 de 1,4 hab/ha.

A área da bacia com maior densidade refere-se à sub-bacia de cabeceira, A1, com densidade populacional 3,4 hab/ha. As densidades, em geral, vão decrescendo da cabeceira até a foz, no rio Iguaçu.

O prognóstico para o ano 2020, fim do período de planejamento, apresenta um crescimento na bacia de 48%, mas devido à pequena ocupação este crescimento não chega a alterar as características rurais da bacia.

Os estudos de evolução da mancha urbana, elaborados para toda a área do plano de drenagem, são mostrados no Volume 3 – Tomo 3.2 do Relatório Final.

### 3 MODELAGEM HIDROLÓGICA

---

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

Visando subsidiar a modelagem matemática no modelo de simulação hidrológico CABC, 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.

O simulador hidrológico CABC reúne, num único software, modelos de desagregação de precipitações, infiltração, escoamento superficial e geração de hidrogramas sintéticos para bacias hidrológicas complexas. No CABC, o técnico interessado em determinar hidrogramas de enchentes faz a delimitação das sub-bacias, seleciona a chuva de projeto, simula o processo de infiltração e obtém o hidrograma resultante praticamente sem trabalho manual de entrada de dados, inclusive planimetria, que também pode ser feita automaticamente.

As informações físicas para cada bacia podem ser obtidas diretamente da cartografia digital. O modelo oferece como opção para o modelo de infiltração os métodos de Horton, Green-Ampt, Índice f e Soil Conservation Service. Para o cálculo dos hidrogramas, emprega os modelos Santa Bárbara, Clark e Hidrograma Triangular do SCS.

Os hidrogramas de cheias gerados para a bacia do Arroio Espigão foram calculados segundo o método do Hidrograma Triangular do SCS, gerados pela transformação da precipitação de projeto em cada sub-bacia e a propagação dos mesmos através dos canais e reservatórios, até a seção de interesse.

A bacia do Arroio Espigão foi dividida em 11 sub-bacias com o objetivo de se realizar uma ampla análise nos principais pontos de interesse e para elas foram definidos todos os parâmetros necessários para a modelagem. No contexto da bacia hidrográfica do Arroio Espigão, o sistema hídrico modelado compreenderá o curso principal do rio, o que perfaz cerca de 6 km, cuja abrangência espacial pode ser visualizada no desenho T066.

O curso d'água do Arroio Espigão 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:

- Seções de Controle e pontos de confluência; e
- Localização das estruturas hidráulicas.

O Volume 3 – Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias – Relatório Geral, apresenta em detalhes a metodologia na modelagem hidrológica.

## 4 CENÁRIOS CONSIDERADOS

---

O estudo do sistema de macrodrenagem da bacia do Arroio Espigão 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 Arroio Espigão 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 2. 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

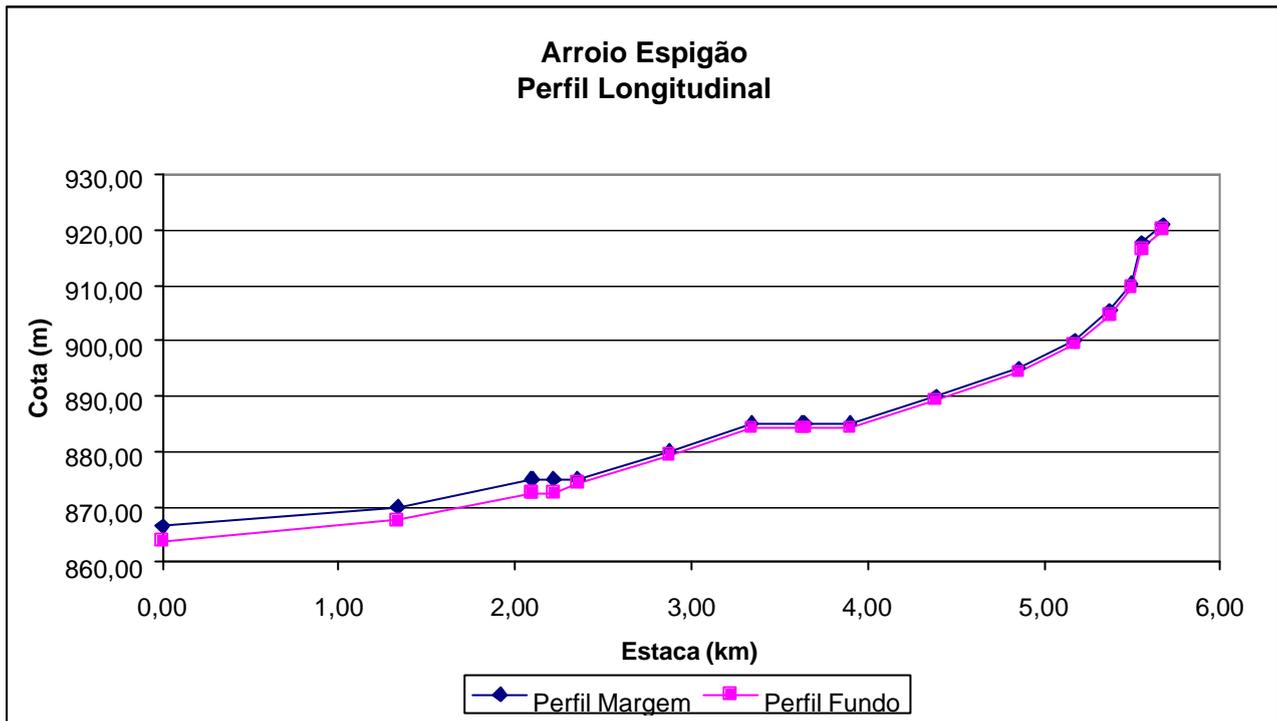
Para o desenvolvimento dos trabalhos de delimitação de áreas de risco de inundação nos trechos de macrodrenagem da bacia do Alto Iguaçu, através de modelagem matemática, foi utilizada a base cartográfica, na escala 1:10.000, preparada pela SUDERHSA como elemento de seu Sistema de Informações para Gestão de Recursos Hídricos – SIGRH.

Foi feita a análise e a preparação dessa base de modo a possibilitar a utilização da mesma para a projeção de áreas inundáveis por ocasião do extravasamento da calha menor dos canais. 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 extraindo-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 Arroio Espigão.



### 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 Arroio Espigão, foram definidas 8 seções transversais e 9 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 para uma análise expedita da capacidade de escoamento dos trechos entre as seções de controle e, ainda, permitiram a geração das relações cota-descarga das seções transversais, possibilitando assim calcular a altura de água que corresponde a uma dada descarga. As seções transversais são apresentadas no Anexo 4 e o cálculo das curvas-chave na Tabela 5.1 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.

As travessias de ruas e obstruções localizadas não são consideradas quando da simulação hidrológica. Após a simulação, e de posse dos dados de vazão, estas estruturas são verificadas quanto à sua capacidade ou não de veicular a vazão afluente a este ponto.

## 5.4 CONDIÇÕES PARA AS SIMULAÇÕES

Para geração dos hidrogramas de cheia foi utilizado o software CABEC, conforme mencionado no Item 3.

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 3. Para a geração das linhas de inundação através das alturas de água nas diversas seções selecionadas, foram utilizadas as vazões dos hidrogramas elaborados para os períodos de retorno de 10 e 25 anos. Os hidrogramas gerados são apresentados no Anexo 3.

O trecho de macrodrenagem do Arroio Espigão considerado nas simulações tem início na sua foz no rio Iguaçu, prolongando-se por uma extensão de 5.170 m, até a estaca 5+170.

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.

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 867,46, extraída do projeto "Parque e Controle de Cheias do Alto Iguaçu – Consórcio ENERCONSULT/ELC/TEI – Agosto/1996".

## 6 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS

As cotas de nível d'água geradas nas simulações são apresentadas neste relatório para seções localizadas dentro de trechos considerados representativos, para os quais foram definidas curvas-chave. Para se obter cotas de nível d'água em pontos intermediários, deve-se usar a curva-chave correspondente ao trecho onde se encontra o ponto desejado e, a partir da vazão calculada para o trecho, obter a cota do nível de água. No caso de trechos de seção transversal, declividade e rugosidade uniformes, as cotas podem ser obtidas por interpolação simples a partir das cotas das seções adjacentes.

### 6.1 CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL

#### 6.1.1 Tabelas Vazões de Pico e Nível Máximo

Os cenários sem medidas de controle retratam tanto as condições atuais do sistema de macrodrenagem das bacias como as futuras, em decorrência do processo de urbanização previsto para o ano 2.020. Com a finalidade de se verificar as condições de funcionamento da calha principal do Arroio Espigão para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos, a seguir apresenta-se a Tabela 6.1, com os valores dos picos de vazões naturais por seção de controle obtidas com o modelo CABO, conforme os critérios anteriormente descritos.

A tabela 6.2 apresenta os níveis máximos nas seções transversais consideradas, e a tabela 6.3 apresenta as cotas de extravasamento da calha menor nestas seções e as respectivas lâminas de inundação.

**Tabela 6.1 Vazões de Pico - Arroio Espigão**

Rio	Sub-bacia	Seção de Controle	Estacas	Vazões de Pico (m <sup>3</sup> /s)			
				Cenário Atual		Cenário Tendencial	
				TR=10 anos	TR=25 anos	TR=10 anos	TR=25 anos
Espigão	A1	2	5+180	3,58	5,55	3,59	5,55
Espigão	A2	3	4+200	12,43	20,14	12,45	20,14
Espigão	A3	4	3+900	15,56	25,15	15,57	25,15
Espigão	A4	5	3+600	15,41	25,11	15,42	25,11
Espigão	A5	6	3+300	14,83	24,16	14,85	24,16
Espigão	A6	7	2+850	14,46	22,97	14,47	22,97
Espigão	A7	8	2+450	14,00	22,41	14,01	22,41
Espigão	A8	9	2+200	14,03	22,38	14,02	22,38
Espigão	A9	10	1+200	13,56	21,57	13,55	21,57
Espigão	A10	11	0+900	13,66	21,71	13,65	21,71
Espigão	A11	12	0+0,00	16,48	25,70	16,57	25,79

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.2 Vazão de Pico e Nível Máximo - Arroio Espigão

Rio	Estaca	Vazões de Pico (m <sup>3</sup> /s)				Nível Máximo (m)			
		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
Espigão	4+858	12,43	20,14	12,45	20,14	895,3	895,4	895,3	895,4
Espigão	3+901	15,56	25,15	15,57	25,15	885,4	885,6	885,4	885,6
Espigão	3+634	14,83	24,16	14,85	24,16	886,2	886,5	886,2	886,5
Espigão	3+342	14,46	22,97	14,47	22,97	885,2	885,3	885,2	885,3
Espigão	2+875	14,00	22,41	14,01	22,41	880,2	880,3	880,2	880,3
Espigão	2+354	14,03	22,38	14,02	22,38	875,3	875,4	875,3	875,4
Espigão	1+335	13,56	21,57	13,55	21,57	869,8	869,9	869,8	869,9
Espigão	0+000	16,48	25,70	16,57	25,79	867,46	867,46	867,46	867,46

Fonte: CH2M HILL

Tabela 6.3 Cotas de Extravasamento da Calha do Arroio Espigão e Lâminas de Inundação

Rio	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
Espigão	4+858	895,00	0,3	0,4	0,3	0,4
Espigão	3+901	885,00	0,4	0,6	0,4	0,6
Espigão	3+634	885,00	1,2	1,5	1,2	1,5
Espigão	3+342	885,00	0,2	0,3	0,2	0,3
Espigão	2+875	880,00	0,2	0,3	0,2	0,3
Espigão	2+354	875,00	0,3	0,4	0,3	0,4
Espigão	1+335	870,00	-	-	-	-
Espigão	0+000	866,30	1,16	1,16	1,16	1,16

Fonte: CH2M HILL

### 6.1.2 Hidrogramas

No Anexo 3 são apresentados os hidrogramas nos nós considerados do Arroio Espigão, 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 nos trechos de macrodrenagem definidos.

### 6.1.3 Áreas de Risco de Inundação

O desenho das áreas de risco 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 corresponde a uma dada descarga, geradas a partir das relações cota-descarga das seções transversais. 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.

Dada a baixa densidade de cotas existente na bacia do Arroio Espigão, as manchas foram desenhadas sem continuidade. O trabalho de junção dos diversos segmentos foi executado à mão, através de interpolação das cotas de nível d'água existentes.

As áreas com risco de inundações na bacia do Arroio Espigão para os cenários atual e tendencial e períodos de retorno de 10 e 25 anos são apresentadas, respectivamente, nos desenhos CA1/2 a CA2/2 e CTD1/2 a CTD2/2.

As áreas de risco da bacia do Arroio Espigão mostram-se praticamente idênticas no cenário tendencial e no atual devido às condições de impermeabilização desta bacia se alterarem muito pouco de um cenário para o outro. Apenas na área de sua foz no Rio Iguaçu existem diferenças entre os dois cenários. Observa-se que ocorrem inundações ao longo de praticamente todo o Arroio Espigão e são provocadas principalmente pela insuficiência de condutividade hidráulica do leito menor do rio.

### 6.1.4 Análise dos Resultados das Simulações

As áreas de risco de inundações resultantes das simulações efetuadas se desenvolvem ao longo das margens do Arroio Espigão, praticamente em toda sua extensão. São, portanto, as áreas ribeirinhas inundáveis que são ocupadas naturalmente pelo rio nas épocas das chuvas correspondentes aos tempos de recorrência estudados.

Estas áreas possuem características predominantemente rurais e as previsões efetuadas, que têm como horizonte o ano 2020, indicam que esta característica permanecerá praticamente inalterada. Observa-se, também, que as áreas ribeirinhas inundáveis não são utilizadas para habitação ou para quaisquer outros usos antrópicos. Assim, as inundações previstas pela modelagem realizada não causarão maiores transtornos ou prejuízos.

Conforme se observa, as máximas descargas previstas para TR = 10 anos, ao longo do curso do Arroio Espigão seriam de 12,5 a 16,5 m<sup>3</sup>/s. A capacidade do Arroio Espigão é estimada, no trecho inicial em torno de 3,0 m<sup>3</sup>/s e no trecho final em 25,5 m<sup>3</sup>/s.

A situação acima descrita e os resultados das simulações indicam, portanto, não ser necessário implantar, no período de planejamento destes estudos, medidas estruturais de controle de enchentes na bacia do Arroio Espigão. Desta forma, o cenário Dirigido será idêntico ao Tendencial.

Da mesma forma, recomenda-se 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.

Quando da análise da capacidade das singularidades, verificou-se que estas possuem seções insuficientes para a veiculação das vazões de pico de cheias atuais e futuras e se constituem em restrições ao escoamento, podendo acarretar inundações na via pública. Entretanto, considera-se necessário conceber soluções particulares de drenagem somente com a mudança do greide das vias, seja mediante a implantação de pontilhões, seja mediante condutos paralelos.

A tabela 6.4 apresenta as capacidades das singularidades e as vazões de pico estimadas nestas seções.

**Tabela 6.4 Capacidade das Singularidades e Vazões Afluentes - Arroio Espigão**

Nº	Tipo	Dimensões	Capacidade Atual (m <sup>3</sup> /s)	Vazões de Pico (m <sup>3</sup> /s)
1	Bueiro tubular	1 $\phi$ 0,80 m	1,50	12,45
2	Bueiro tubular	1 $\phi$ 1,20 m	3,80	14,85
3	Bueiro tubular	1 $\phi$ 0,50 m	0,80	14,47
4*	-	-	-	-
5	Bueiro tubular	2 $\phi$ 1,10 m + 1 $\phi$ 1,30 m	9,40	14,00
6	Bueiro tubular	2 $\phi$ 0,80 cm + 1 $\phi$ 1,10 m	5,70	13,55
7	Bueiro tubular	1 $\phi$ 1,00 m + 1 $\phi$ 0,80 m	3,70	15,00

\* Inacessível (terreno particular)

Uma vez que estas vias são secundárias e a bacia não possui urbanização significativa, recomenda-se que, quando da ocorrência de obras viárias nesta bacia, sejam feitas as adequações necessárias ao greide para a construção das obras de drenagem necessárias.



**ANEXO 1 – RESSALVAS**

---

## ANEXO 1 - RESSALVAS

Neste item são abordadas as ressalvas ao trabalho de espacialização das áreas de risco de inundação na área do município de Curitiba. Nessa área a base cartográfica do SIGRH, utilizada no estudo das linhas de inundação, apresenta baixa densidade de informações altimétricas, gerando resultados inconsistentes.

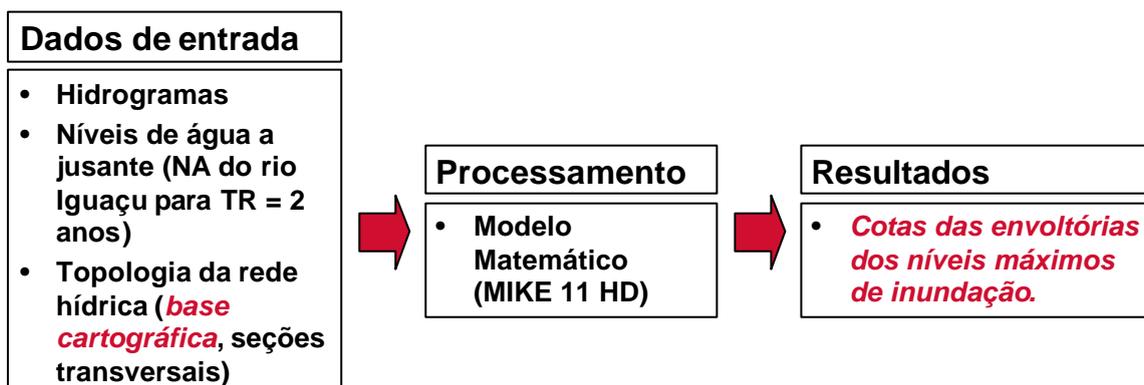
A modelagem das linhas de inundação é feita basicamente em duas etapas. A primeira, representada no diagrama da Figura A1, consiste na obtenção das cotas de inundação com a utilização de modelo matemático. A descrição topológica do sistema, obtida da base cartográfica, é um dos dados de entrada utilizados nessa etapa.

A segunda etapa, ilustrada no diagrama da Figura A2, consiste na geração das plantas de áreas inundáveis, com a utilização de um modelo de espacialização. Nesta etapa, dentre outros, são utilizados como dados de entrada os resultados da etapa anterior e a grade altimétrica que representa a topografia do terreno.

**Figura A1**

Primeira etapa da modelagem matemática das linhas de inundação.

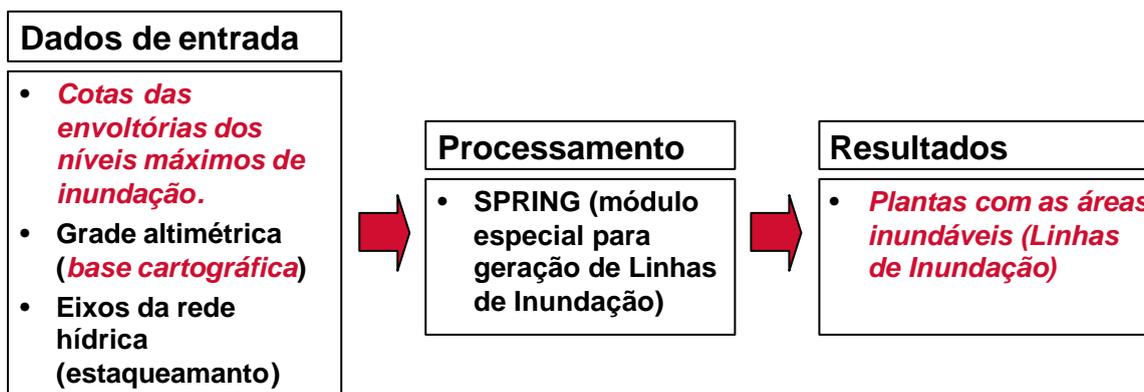
*O modelo processa os dados de entrada gerando os resultados que serão utilizados na etapa posterior.*



**Figura A2**

Segunda etapa da modelagem matemática das linhas de inundação.

*O modelo processa os dados de entrada gerando as plantas com as áreas de risco de inundação.*



O trabalho de modelagem consiste, portanto, basicamente na transformação dos *dados de entrada*, fornecidos aos modelos, em *resultados*. Quanto mais precisos e confiáveis esses dados, tanto mais precisos e confiáveis são os resultados.

A altimetria de Curitiba tem como origem plantas antigas do IPPUC e é representada no SIGRH somente pelas curvas de nível mestras, isto é: apenas por uma curva de nível a cada 5 m e sem cotas de pontos notáveis (como cruzamentos de vias públicas, talwegues ou pontos altos).

O modelo hidrodinâmico utilizado para o estudo da macrodrenagem tem a capacidade de simular níveis de água, com precisão maior que decímetro. Dadas essas características da base cartográfica, variações de nível menores que 5 m não são representadas de forma coerente em planta.

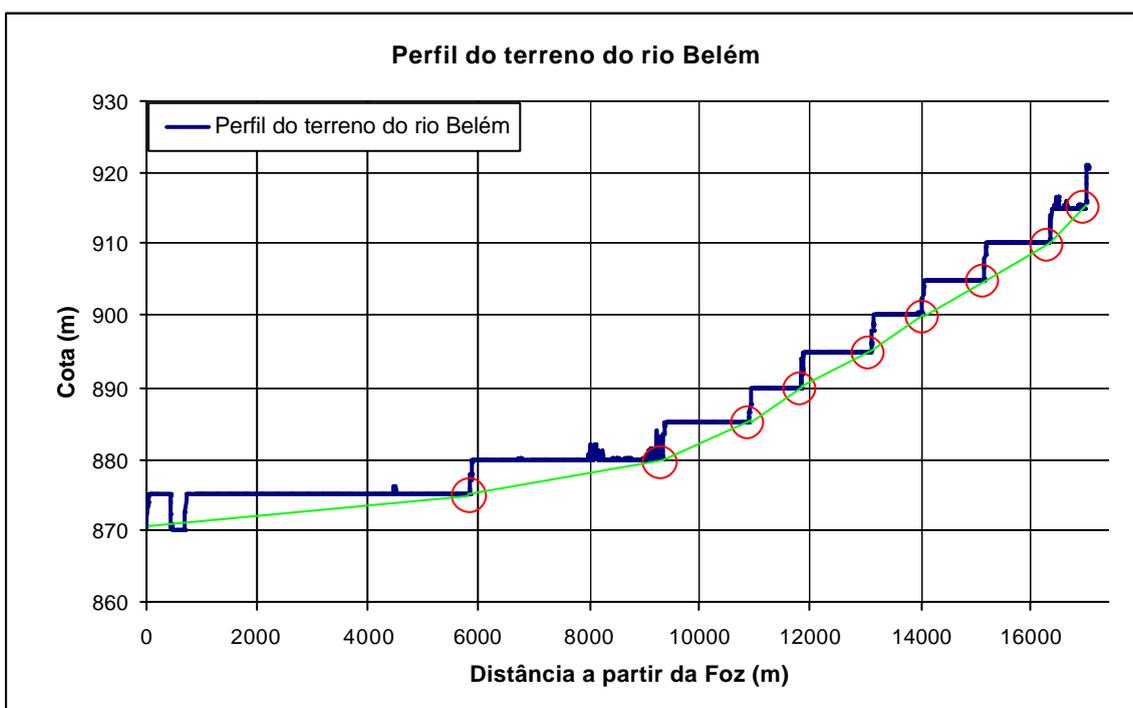
Também devido a essas características, a grade altimétrica regular do Modelo Digital do Terreno, gerada através do software Spring, não representa a topografia com exatidão. As seções transversais e perfis da macrodrenagem, obtidos a partir dessa grade, apresentam patamares horizontais, entre as curvas de nível.

A Figura A3 mostra, a título de exemplo, o perfil do terreno ao longo do eixo do rio Belém obtido por interpolação sobre a grade regular. Na figura notam-se os patamares formados ao longo do caminhamento do rio. Os pontos onde o traçado do rio cruza com as curvas de nível correspondem aos círculos vermelhos.

### Figura A3

Perfil do terreno ao longo do eixo do rio Belém

*O perfil representado no MDT, gerado a partir da base do SIGRH, apresenta patamares horizontais que, na escala das cartas apresentadas no Plano Diretor de Drenagem, gera distorções nas linhas de inundação.*



Devido aos patamares horizontais gerados pelo modelo para representar o rio, os resultados das simulações hidrodinâmicas ficam prejudicados, uma vez que a representação apurada do perfil é fundamental para se obter resultados confiáveis.

No exemplo acima, trechos horizontais como, por exemplo, entre as distâncias 0 e 6.000 m acabam sendo interpretados, pelo modelo de espacialização das manchas de inundação, como uma espécie de lago. No modelo hidrodinâmico, devido ao patamar com declividade nula, os níveis de água calculados são maiores do que os que seriam obtidos para um perfil gradual, dificultando também a análise das áreas de risco. Nesse caso foi necessário utilizar-se de alguns artifícios para que esse tipo de problema não inviabilizasse completamente o trabalho.

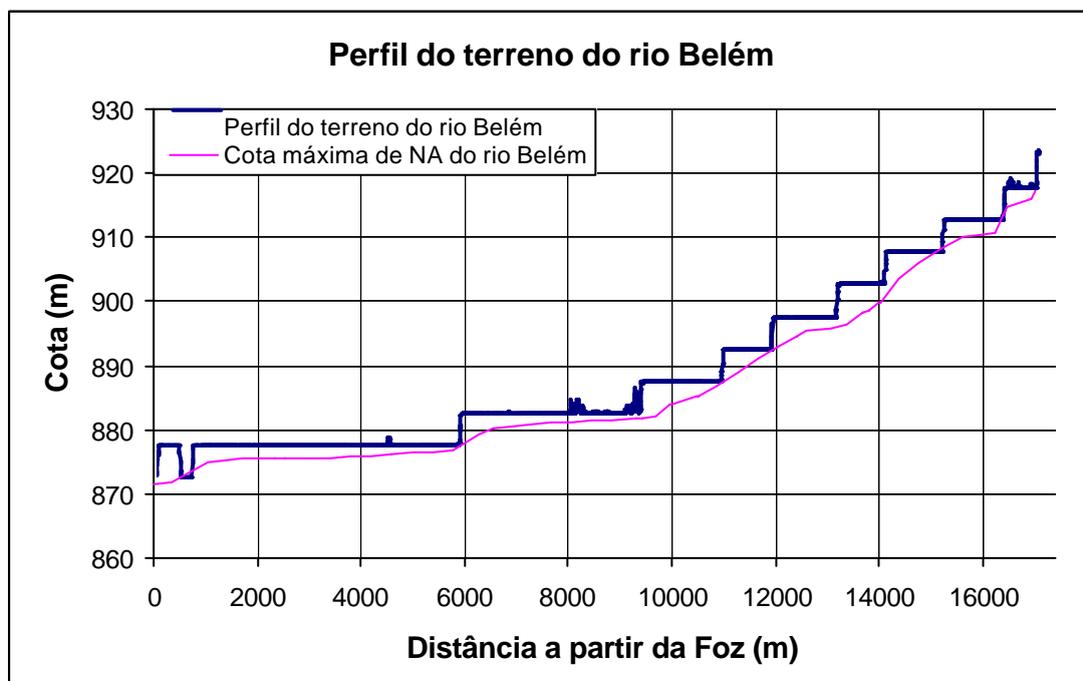
A espacialização das inundações apresenta também outros problemas devido às limitações da base cartográfica. A Figura A4 mostra como as cotas de nível de água são interpoladas sobre o MDT (Modelo Digital do Terreno).

As manchas que representam as áreas de risco são desenhadas pelo modelo nos locais onde o nível de água está acima do terreno. Como o terreno é representado por uma sucessão de degraus, estas áreas, quando transcritas para as plantas, acabam sendo truncadas, como se existisse uma série de obstáculos ao longo de seu caminhamento.

#### Figura A4

Perfil do terreno e da envoltória dos níveis máximos de inundação ao longo do eixo do rio Belém

As manchas de inundação são desenhadas sempre que a cota do nível de inundação é maior que a cota do terreno. Neste caso, devido aos patamares gerados no MDT, as manchas são interrompidas bruscamente a cada patamar.



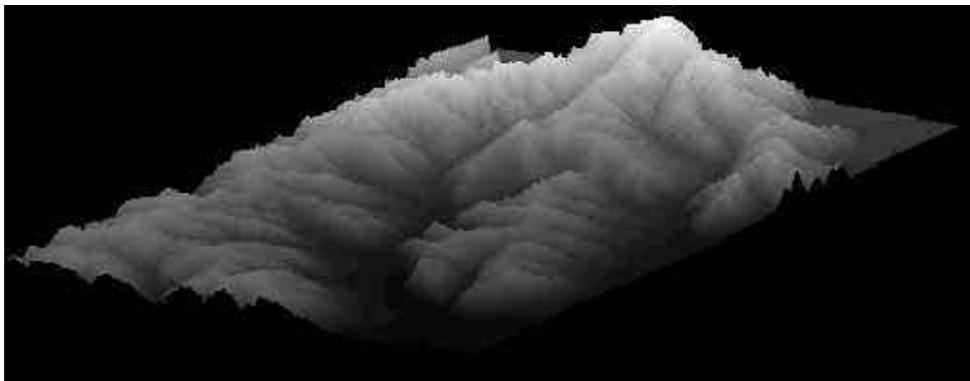
As duas figuras seguintes ilustram a conformação altimétrica representada pela grade regular gerada pelo software SPRING, numa visualização em 3 dimensões, com imagens em níveis de cinza. As partes mais escuras das figuras representam cotas mais baixas e as partes mais claras representam cotas mais altas da bacia.

A primeira figura é uma vista geral da bacia e a segunda mostra, em uma escala maior, um detalhe próximo à foz, onde é possível perceber os patamares representados pelos diferentes tons de cinza.

#### **Figura A5**

Representação da conformação topográfica da bacia do rio Belém

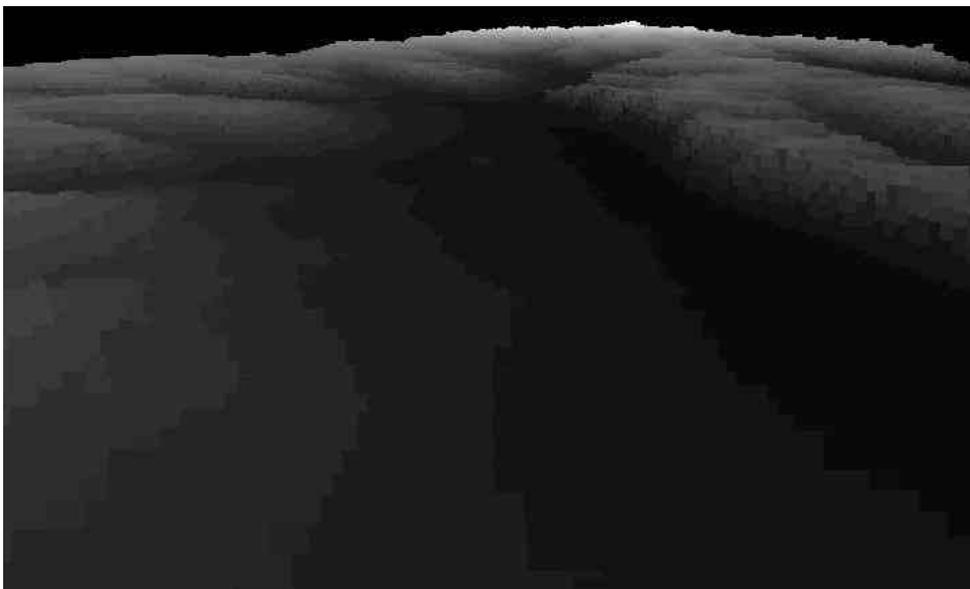
*Os tons claros representam as cotas mais altas e os escuros, as mais baixas.*



#### **Figura A6**

Representação da conformação topográfica de parte da bacia do rio Belém

*Nesta figura, que mostra um detalhe ampliado da Figura A5, é possível perceber as variações bruscas da altimetria que, nos perfis do terreno, são representadas como patamares horizontais.*



Deve-se destacar que esses problemas na geração das linhas de inundação são praticamente desprezáveis nas áreas onde a base cartográfica do SIGRH foi montada a partir de outras cartas, que não as do IPPUC.

Nas áreas cobertas pelas cartas escala 1:2.000 do programa ParanaCidade, a base apresenta curvas de nível a cada metro e cotas dos pontos notáveis.

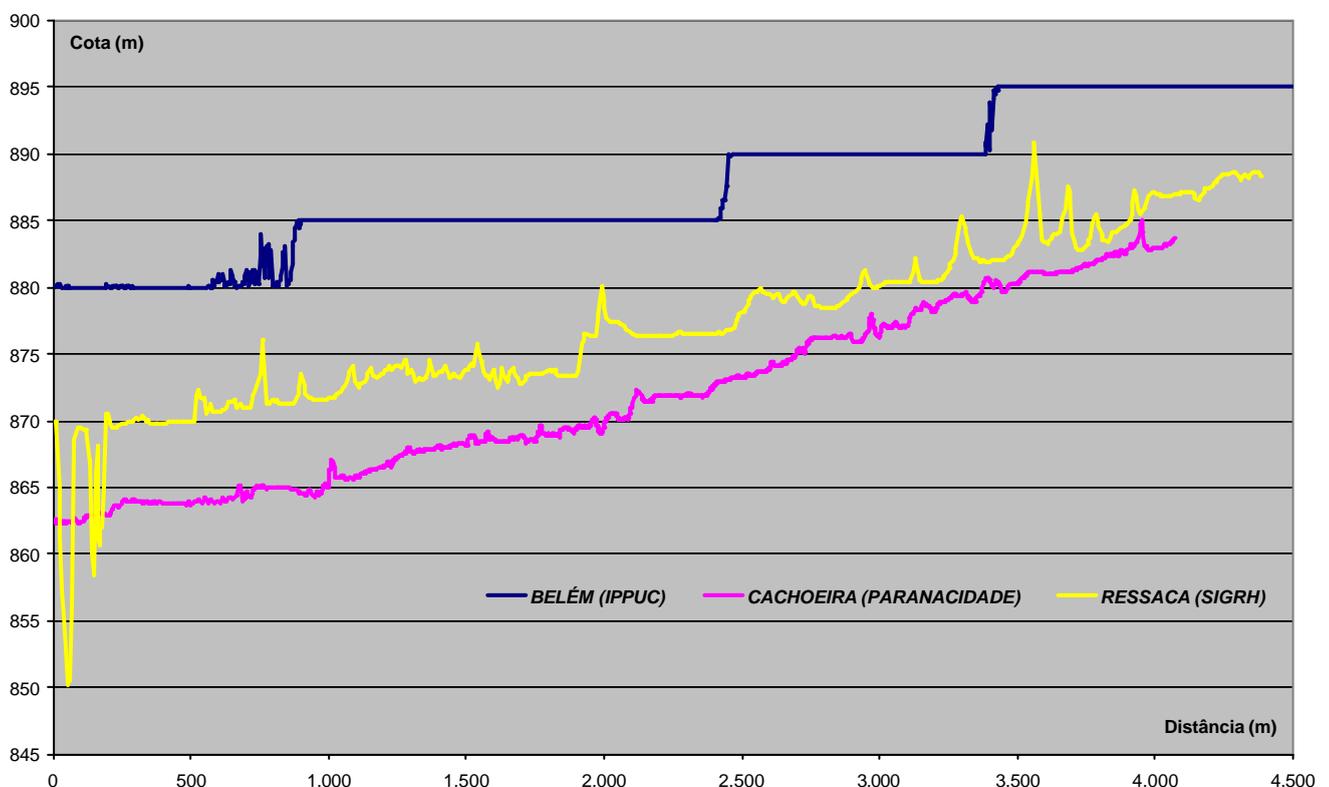
Nas áreas cobertas pela restituição elaborada recentemente pela SUDERHSA a cartografia apresenta cotas de pontos notáveis e cotas ao longo dos eixos dos rios, embora seja na escala 1:10.000 com curvas de nível a cada 5 m.

A figura A7 mostra uma comparação dos perfis longitudinais obtidos a partir das três bases cartográficas que compõem o SIGRH: trecho do rio Belém na área onde as cartas do SIGRH foram elaboradas a partir das cartas do IPPUC; trecho do rio da Cachoeira, onde as cartas do SIGRH foram elaboradas a partir das cartas escala 1:2.000 do programa ParanaCidade; trecho do rio da Ressaca onde as cartas do SIGRH foram elaboradas a partir da restituição aerofotogramétrica, escala 1:10.000 elaborada recentemente pela SUDERHSA.

#### Figura A7

Trechos dos perfis dos rios Belém, da Cachoeira e da Ressaca obtidos do MDT gerado a partir da base cartográfica do SIGRH.

A figura mostra os níveis de detalhes obtidos em locais da Bacia do Alto Iguaçu mapeados, na base do SIGRH, a partir de fontes diferentes.



No exemplo da figura acima notam-se as grandes variações de cotas obtidas entre duas curvas de nível para os casos do rio da Cachoeira e do rio da Ressaca. Os picos que aparecem nesses dois perfis, por exemplo, representam travessias do sistema viário. Já o perfil do rio Belém se mostra muito pobre em informações. Como a confiabilidade dos resultados é função da qualidade e precisão dos dados de entrada, é possível afirmar, pelas razões expostas, que as linhas de inundação geradas pela modelagem matemática, na área do município de Curitiba, não representam com a devida precisão as áreas de risco apresentadas no Plano Diretor de Drenagem.

Entretanto isso não invalida o trabalho realizado. Embora com precisão menor que para outras áreas, foi feito o pré-dimensionamento das medidas estruturais de controle, mesmo para as bacias cobertas por uma cartografia de precisão não apropriada, através de avaliações e recursos descritos nos relatórios. Além disso, os mesmos processos desenvolvidos no Plano Diretor de Drenagem, podem ser utilizados no futuro quando estiverem disponíveis bases cartográficas mais detalhadas.

## **ANEXO 2 – TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO**

---

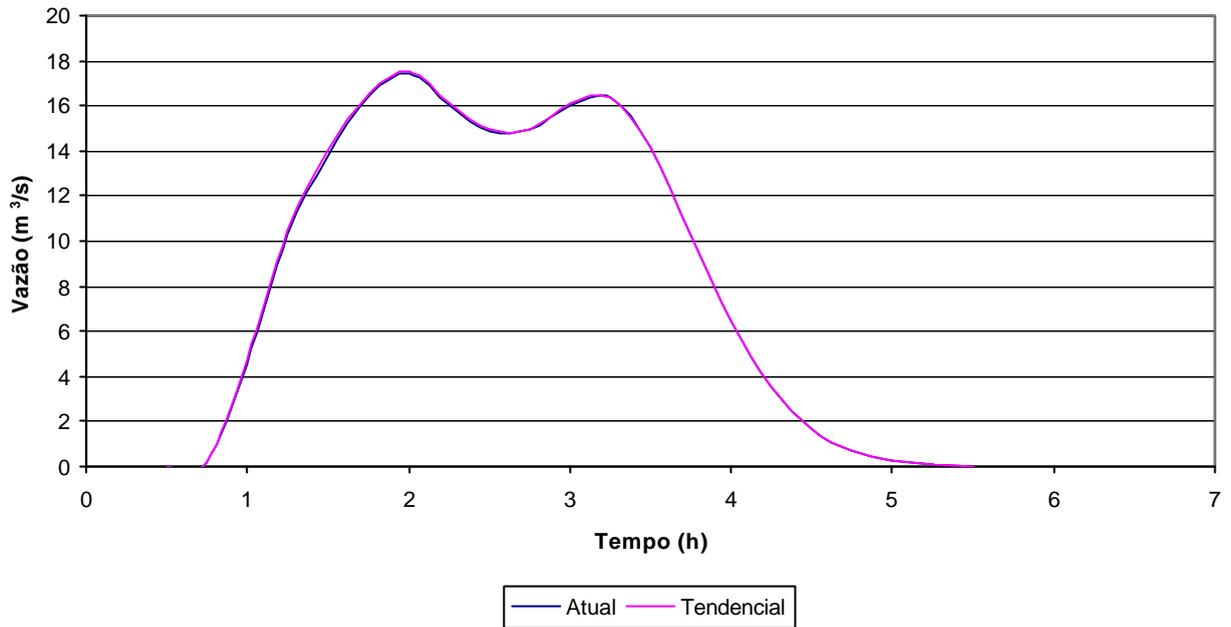
TABELA 4.1  
BACIA DO ARROIO ESPIGÃO - CÁLCULO DOS TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO

Sub-Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Trecho	Velocidade Média (m/s)	L talveg (m)	L canal (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	0,36	Espigão Cabec.	sem dados	517	517	22	0,13	-	-	<b>0,17</b>	3,400	0,0	0,0	3,400	0,0	0,0	75,9	76,4
A2	1,08	Espigão Cont. 1	sem dados	1.403	961	38	0,35	-	-	<b>0,35</b>	1,500	0,0	0,0	1,500	0,0	0,0	74,2	74,4
A3	0,37	Espigão Cont. 2	sem dados	810	312	26	0,21	-	-	<b>0,21</b>	0,600	0,0	0,0	0,600	0,0	0,0	72,8	72,8
A4	0,37	Espigão Cont. 3	sem dados	831	301	28	0,21	-	-	<b>0,21</b>	0,800	0,0	0,0	0,800	0,0	0,0	74,6	74,7
A5	0,51	Espigão Cont. 4	sem dados	812	277	22	0,23	-	-	<b>0,23</b>	2,100	0,0	0,0	2,100	0,0	0,0	78,1	78,3
A6	0,31	Espigão Cont. 5	sem dados	955	456	20	0,28	-	-	<b>0,28</b>	2,000	0,0	0,0	2,000	0,0	0,0	74,4	74,5
A7	0,33	Espigão Cont. 6	sem dados	780	407	21	0,22	-	-	<b>0,22</b>	1,500	0,0	0,0	1,600	0,0	0,0	75,6	76,0
A8	1,51	Espigão Cont. 7	sem dados	2.116	239	46	0,52	-	-	<b>0,52</b>	1,100	0,0	0,0	1,100	0,0	0,0	73,7	73,9
A9	0,68	Espigão Cont. 8	sem dados	1.059	1.059	4	0,60	-	-	<b>0,60</b>	1,400	0,0	0,0	1,400	0,0	0,0	73,8	73,9
A10	0,21	Espigão Cont. 9	sem dados	256	256	1	0,20	-	-	<b>0,20</b>	0,200	0,0	0,0	0,200	0,0	0,0	80,2	80,3
A11	0,36	Espigão Cont. 10	sem dados	907	907	1	0,85	-	-	<b>0,85</b>	0,000	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	93,4	93,8

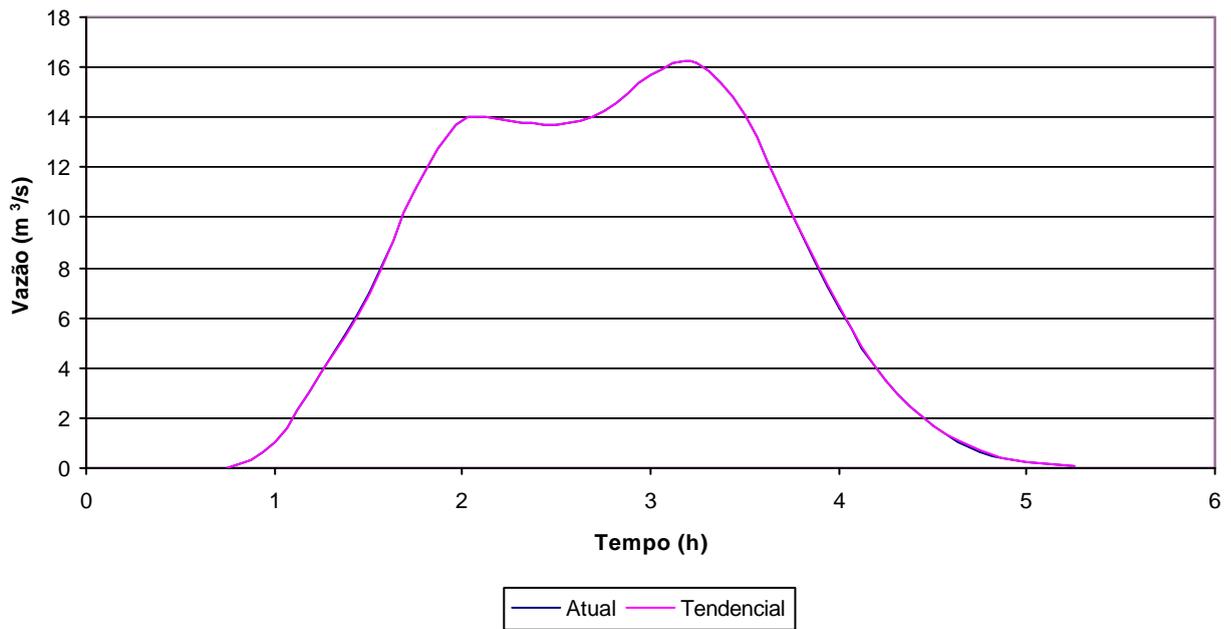
**ANEXO 3 – HIDROGRAMAS**

---

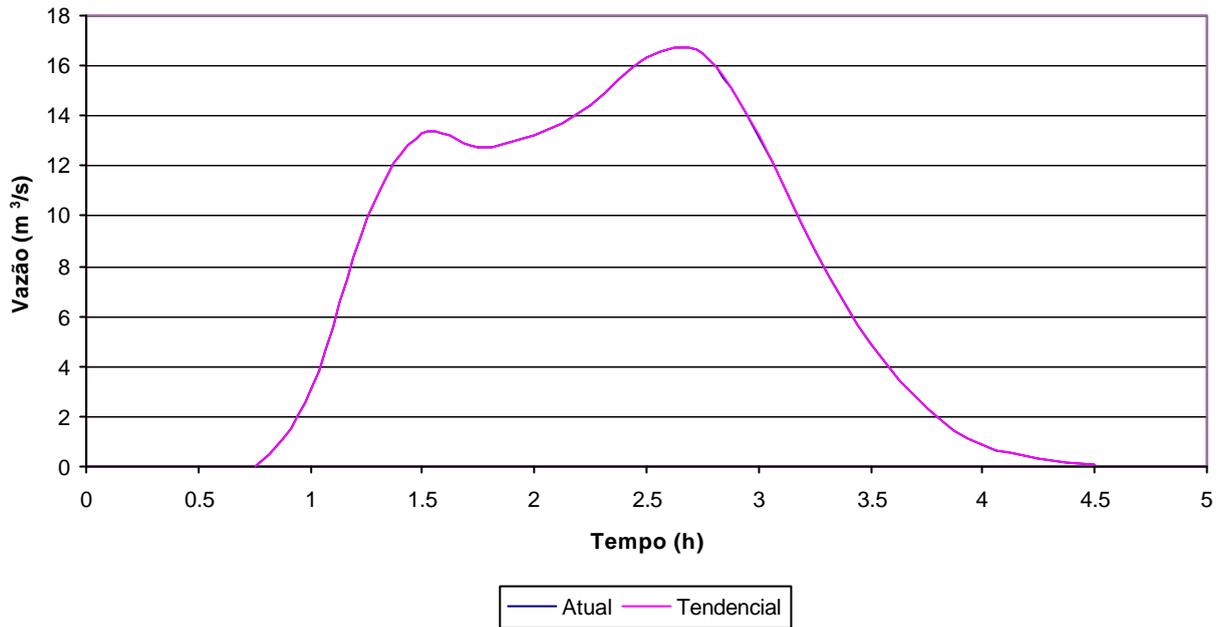
**Hidrograma Seção 0 + 000**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



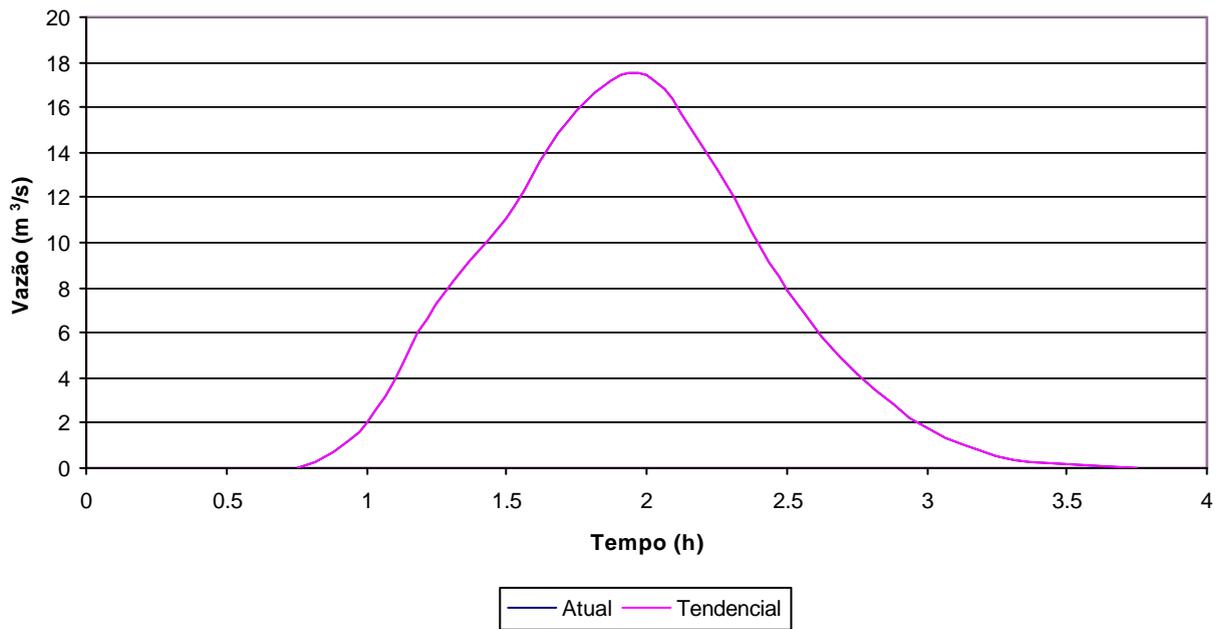
**Hidrograma Seção 1 + 335**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos**



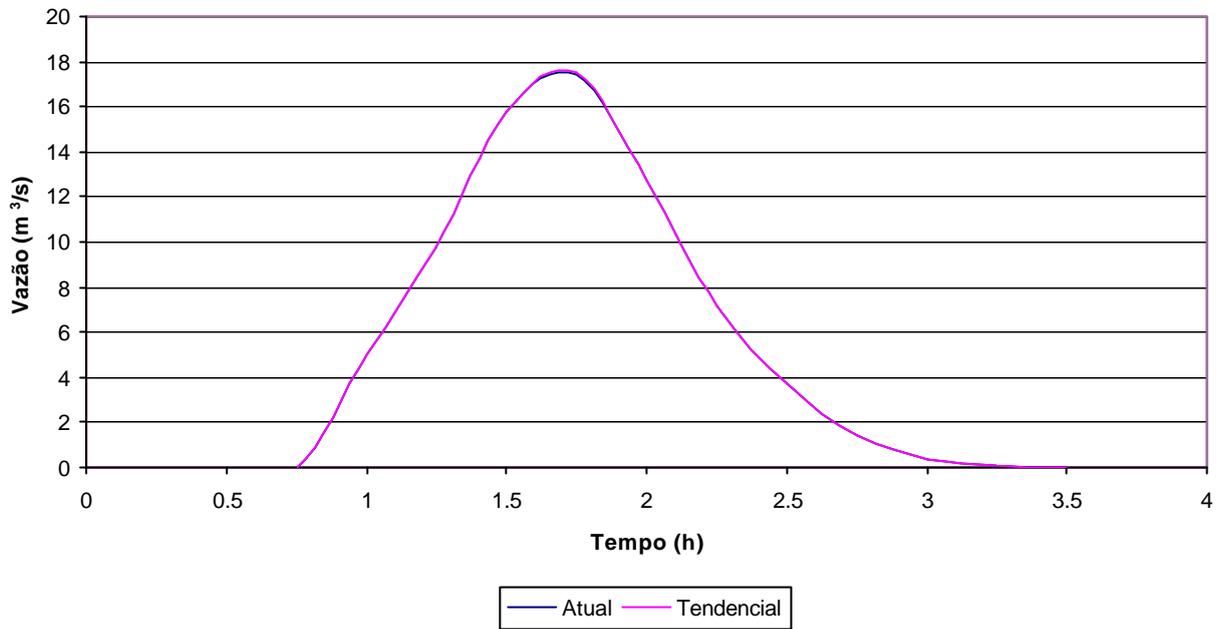
**Hidrograma Seção 2 + 354**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



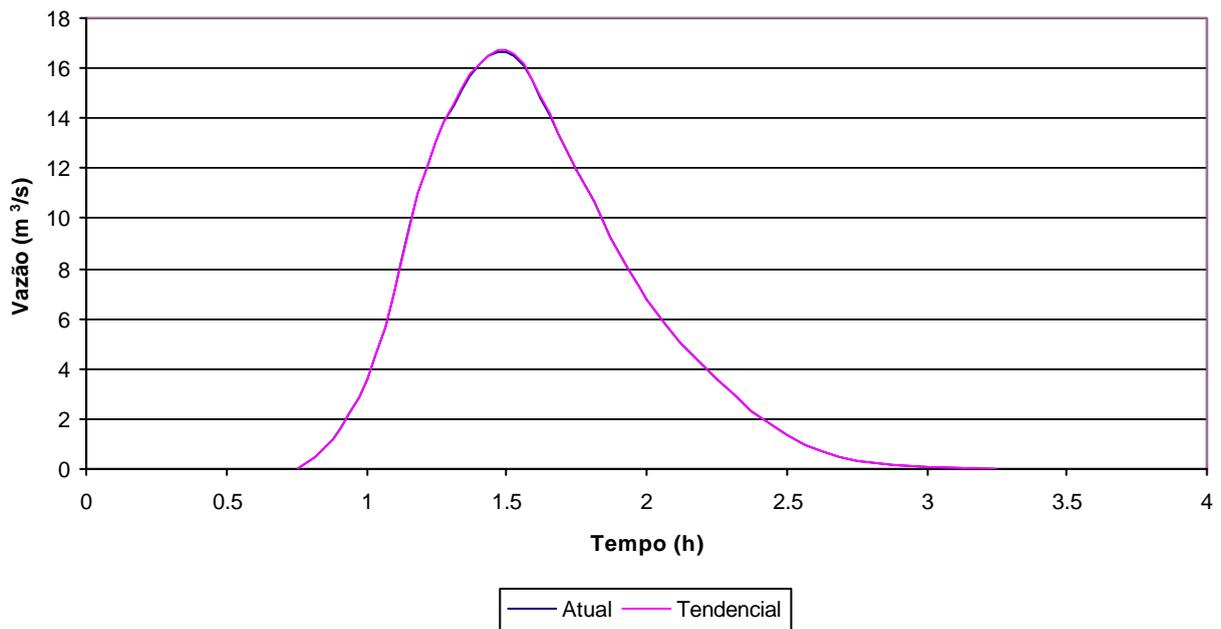
**Hidrograma Seção 2 + 875**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



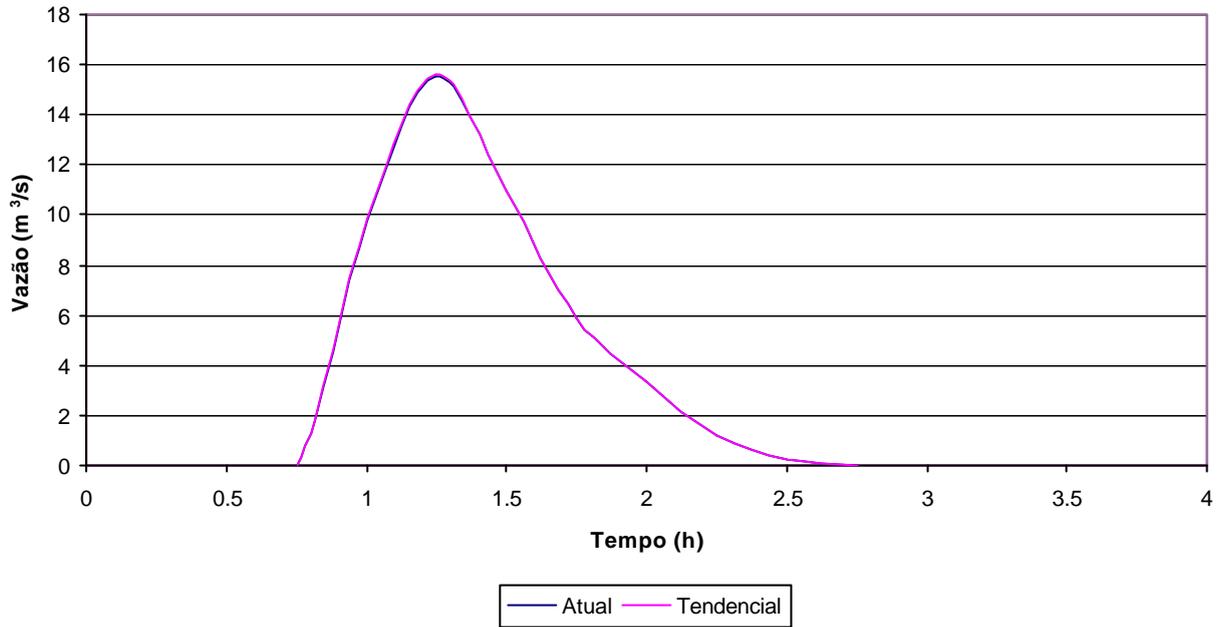
**Hidrograma Seção 3 + 342**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



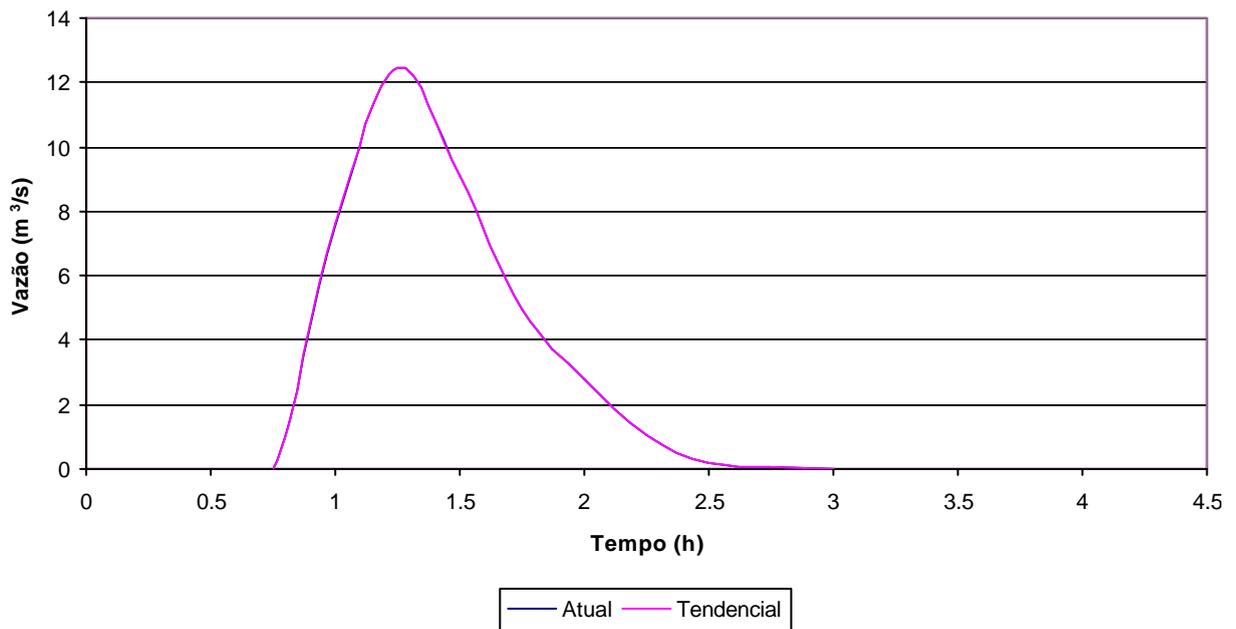
**Hidrograma Seção 3 + 634**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



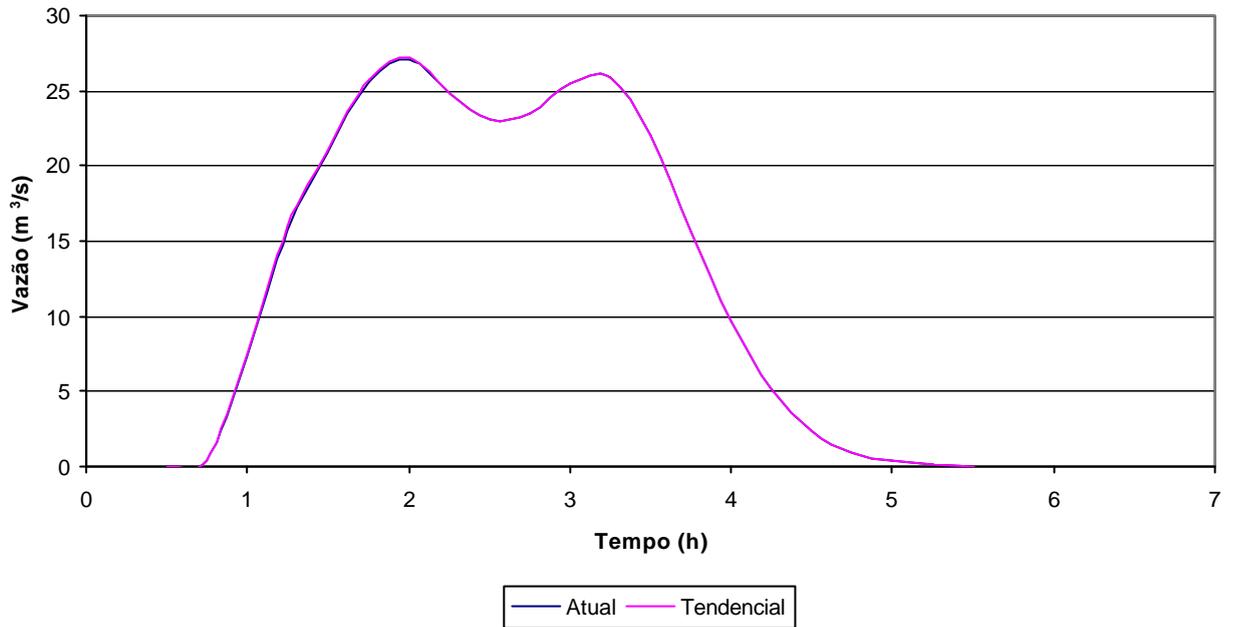
**Hidrograma Seção 3 + 901**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



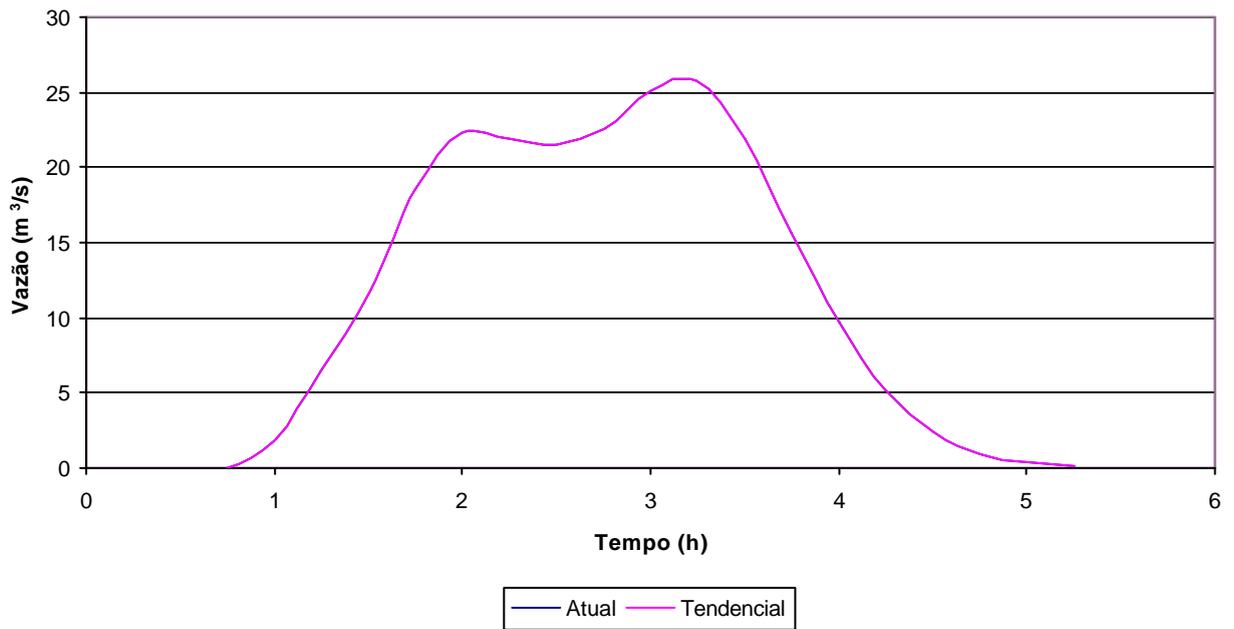
**Hidrograma Seção 4 + 858**  
**Arroio Espigão - TR=10 anos.**



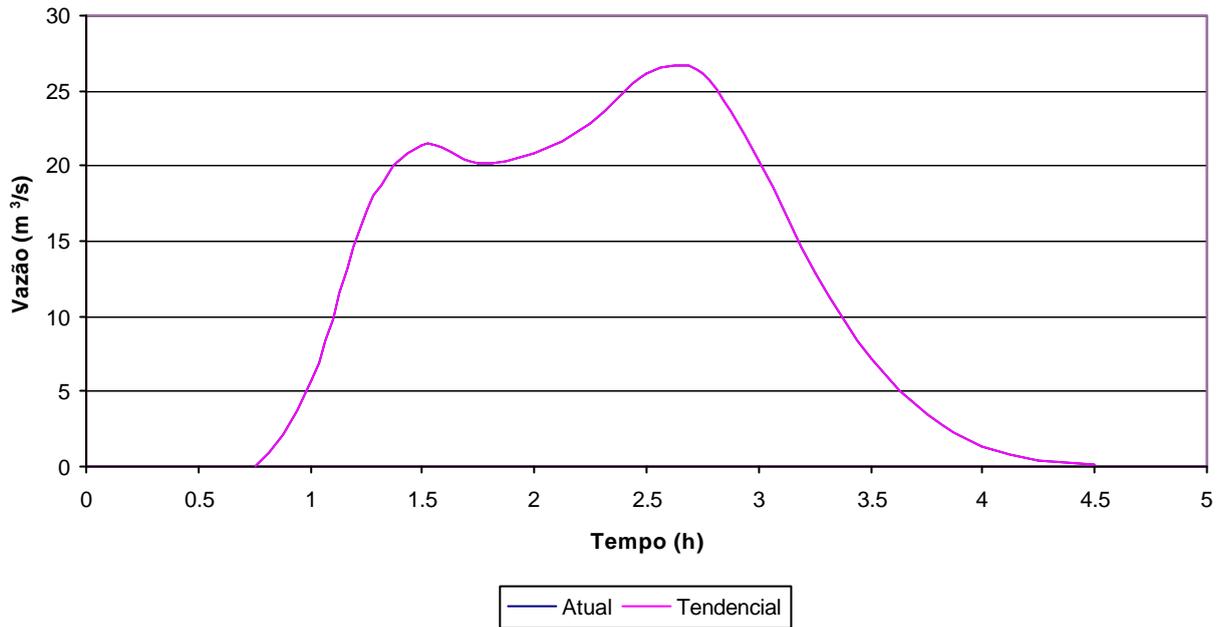
**Hidrograma Seção 0 + 000**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



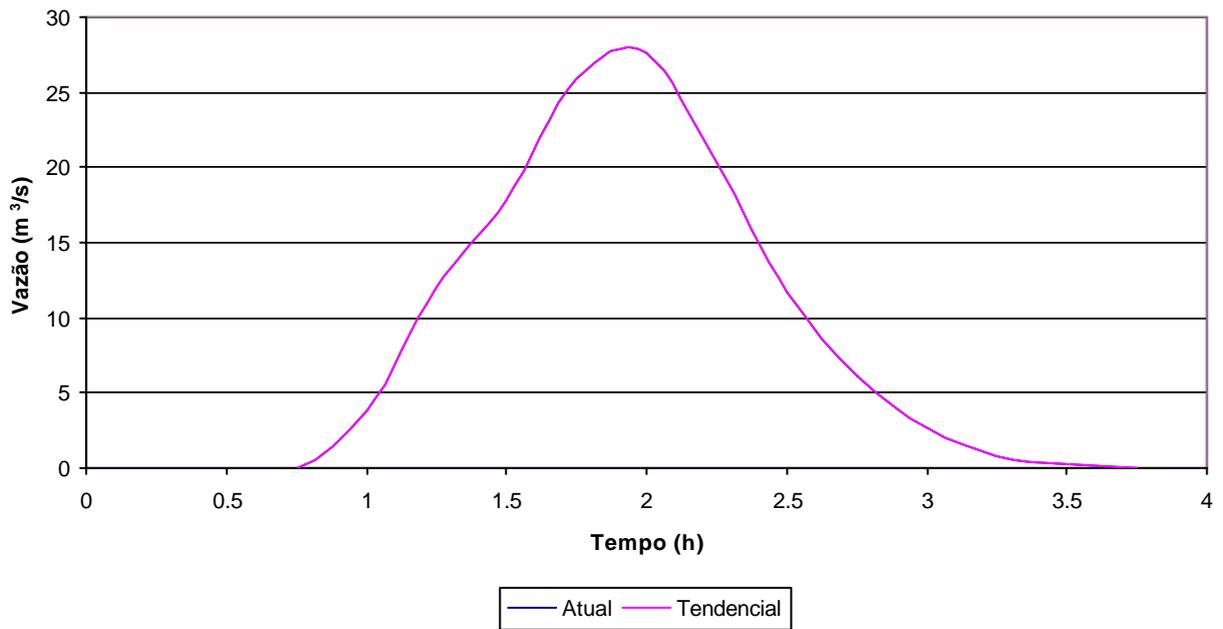
**Hidrograma Seção 1 + 335**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos**



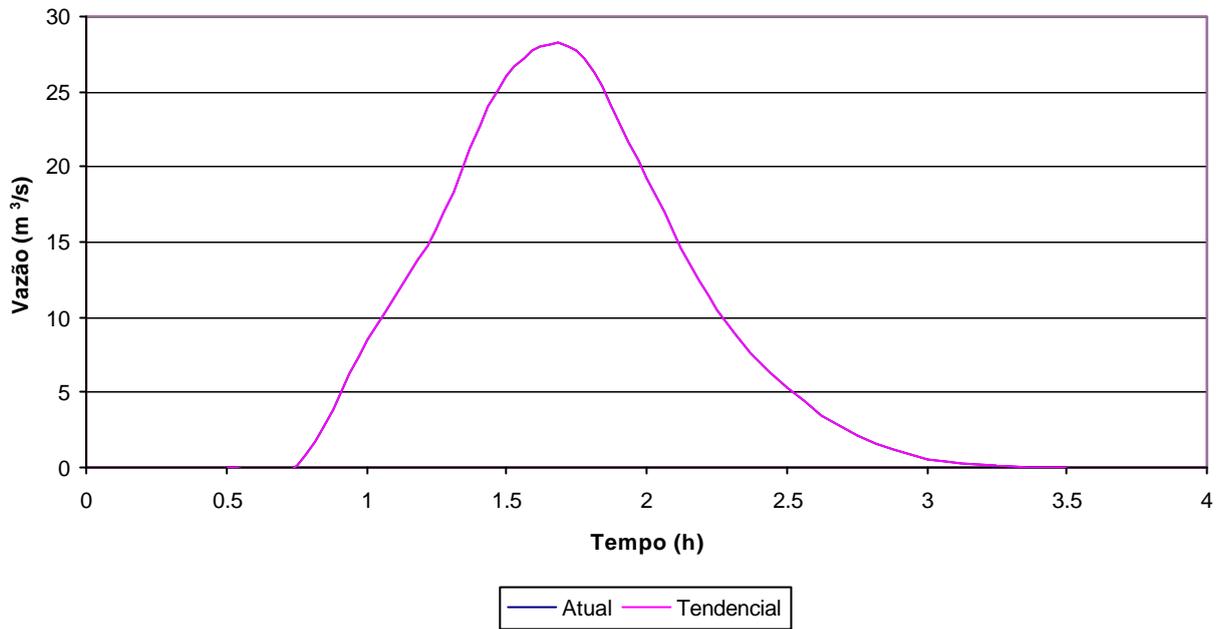
**Hidrograma Seção 2 + 354**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



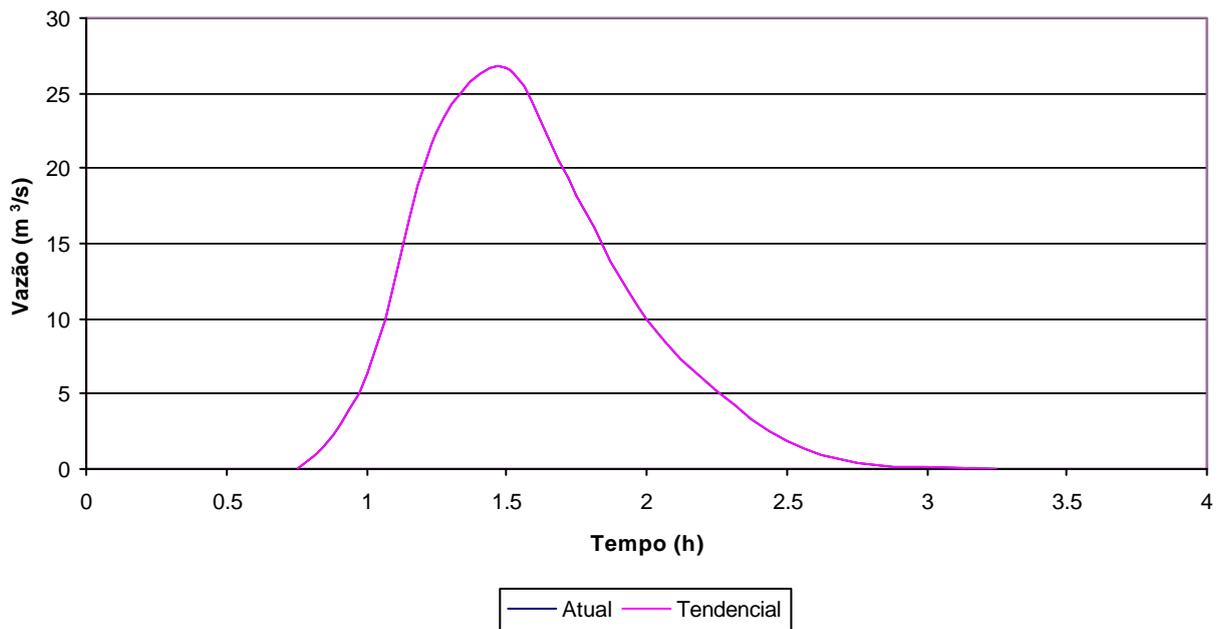
**Hidrograma Seção 2 + 875**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



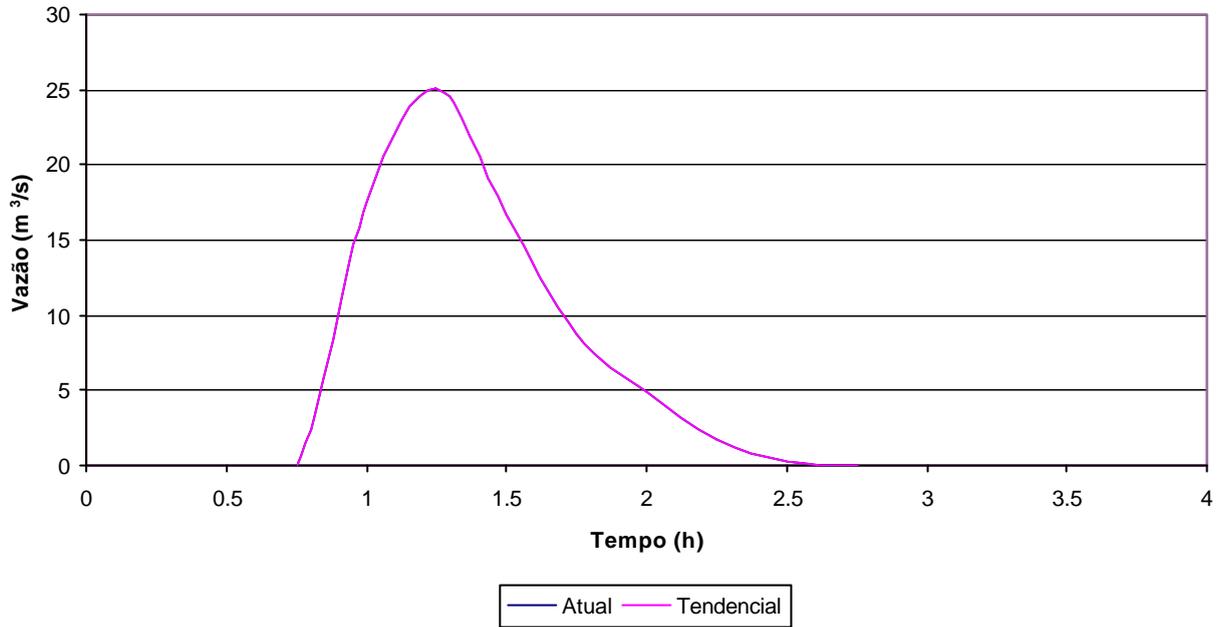
**Hidrograma Seção 3 + 342**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



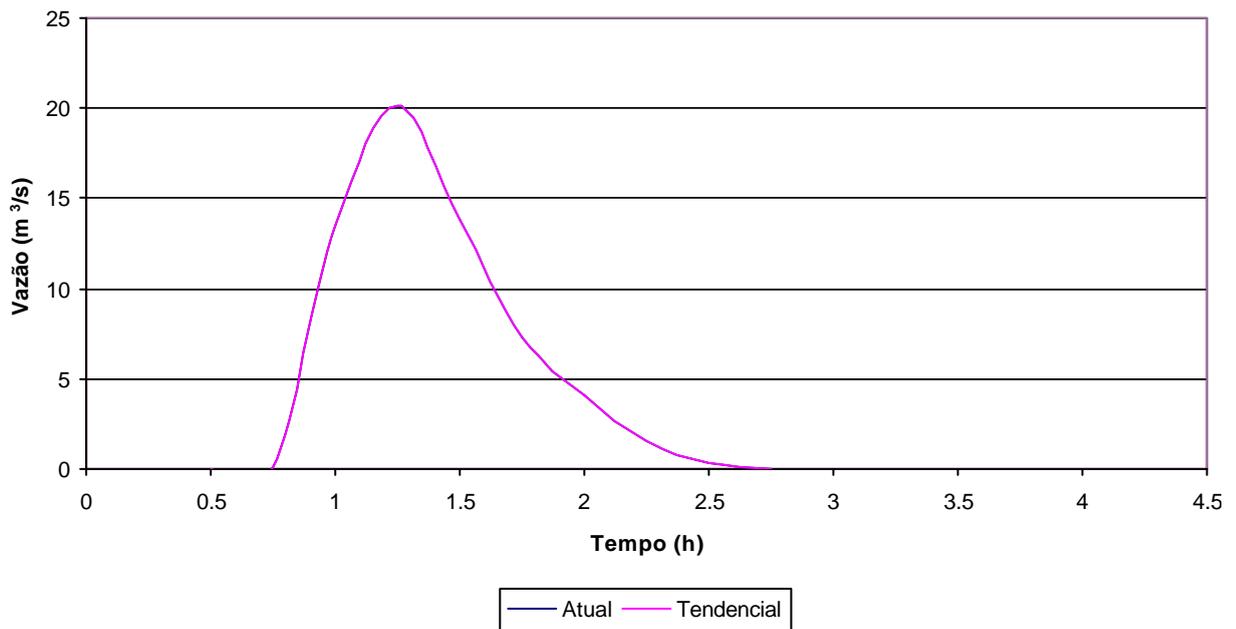
**Hidrograma Seção 3 + 634**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



**Hidrograma Seção 3 + 901**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



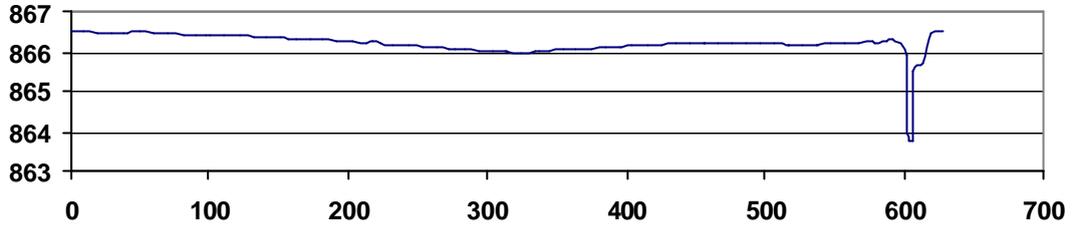
**Hidrograma Seção 4 + 858**  
**Arroio Espigão - TR=25 anos.**



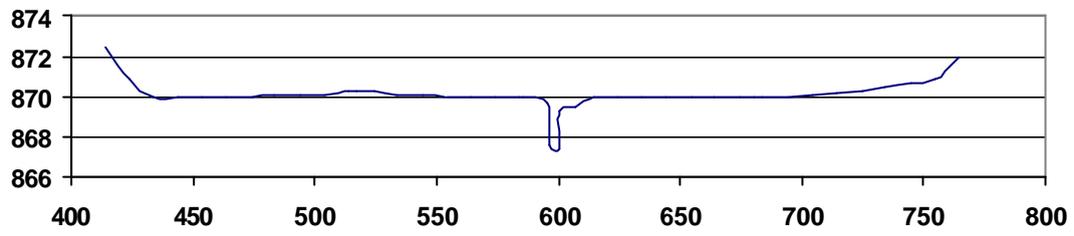
## **ANEXO 4 – SEÇÕES TRANSVERSAIS**

---

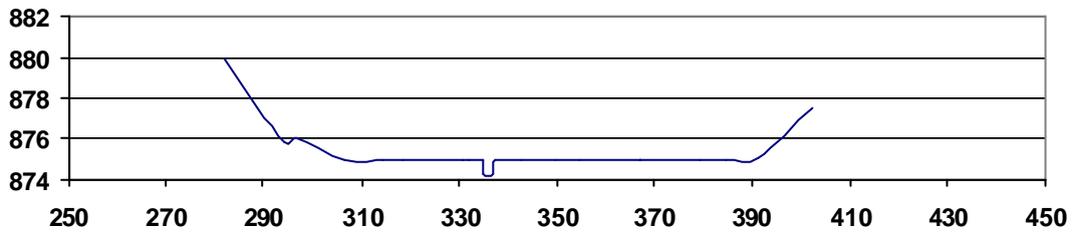
**Arroio Espigão – Seção – Estaca 0 + 000**



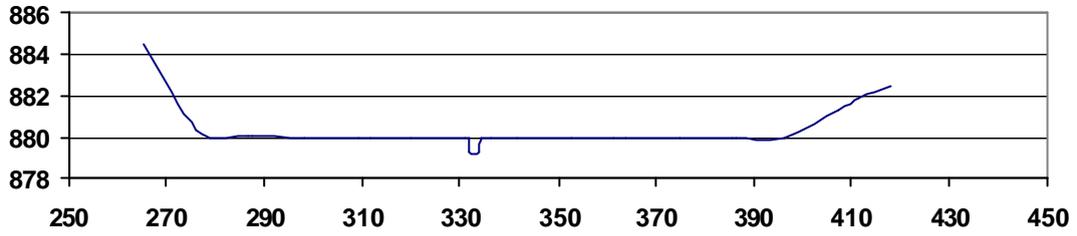
**Arroio Espigão – Seção 2 – Estaca 1 + 334**



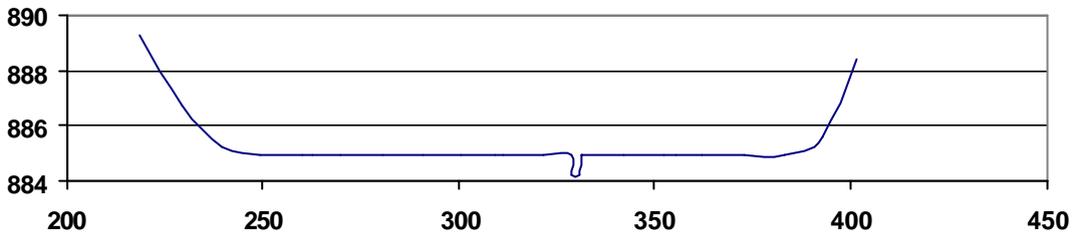
**Arroio Espigão – Seção 3 - Estaca 2 + 353**



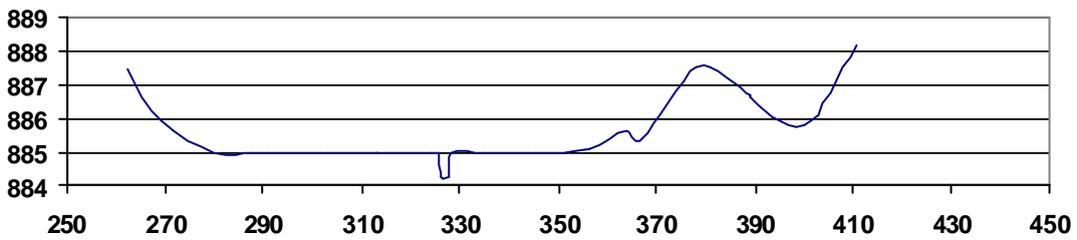
**Arroio Espigão – Seção 4 – Estaca 2 + 874**



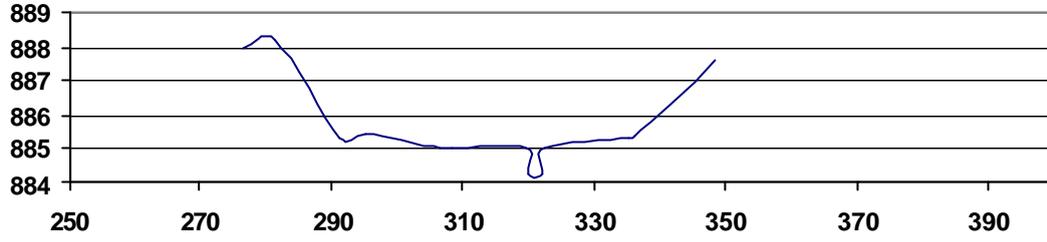
**Arroio Espigão – Seção 5 – Estaca 3 + 341**



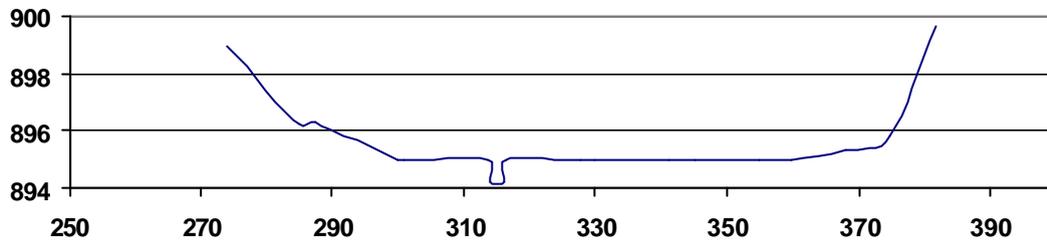
**Arroio Espigão – Seção 6 - Estaca 3 + 633**



**Arroio Espigão – Seção 6 - Estaca 3 + 900**



**Arroio Espigão – Seção 6 - Estaca 4 + 857**



## **ANEXO 5 – CÁLCULO DAS CURVAS CHAVE**

---

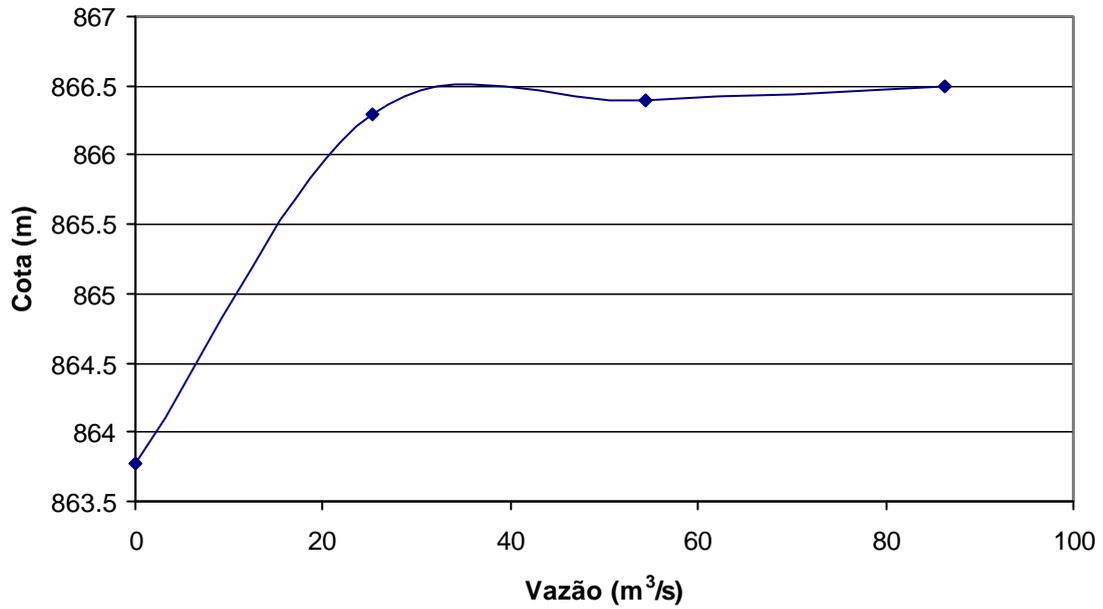
**TABELA 5.1**  
**ARROIO ESPIGÃO - CÁLCULO DAS CURVAS-CHAVE**

Sub-Bacia	Estaca	Trecho	Cota (m)	Area Molhada (m <sup>2</sup> )	Perímetro Molhado (m)	RH (m)	n	i <sub>médio</sub> (m/m)	v (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
A11	0	Espigão Cont. 10	863,78	0	0	0	-	-	0	0
			866,30	17,7961	27,8415	0,63919	0,035	0,0045	1,42	25,31
			866,40	122,0800	499,4985	0,24441	0,059	0,0045	0,45	54,36
			866,49	170,7641	576,0776	0,29643	0,059	0,0045	0,51	86,26
A9	1+335	Espigão Cont. 8	867,48	0	0	0	-	-	0	0
			870,00	18,7349	31,1926	0,60062	0,035	0,0045	1,36	25,56
			870,50	158,1855	313,9446	0,50386	0,058	0,0045	0,73	115,85
			871,00	320,1894	336,4051	0,9518	0,058	0,0045	1,12	357,49
A8	2+354	Espigão Cont. 7	874,30	0	0	0	-	-	0	0
			875,00	1,5750	3,4866	0,45173	0,035	0,0101	1,69	2,66
			875,65	59,6734	95,1353	0,62725	0,059	0,0101	1,24	74,14
			876,30	124,7934	105,6975	1,18067	0,059	0,0101	1,89	236,08
A7	2+875	Espigão Cont. 6	879,3	0	0	0	-	-	0	0
			880	1,5750	3,4866	0,45173	0,035	0,0101	1,69	2,66
			880,50	59,8932	125,7109	0,47644	0,059	0,0101	1,03	61,76
			881	123,6594	131,5516	0,94001	0,059	0,0101	1,62	200,52
A6	3+342	Espigão Cont. 5	884,3	0	0	0	-	-	0	0
			885,00	1,5750	3,4866	0,45173	0,035	0,0101	1,69	2,66
			885,3	43,9064	149,4577	0,29377	0,060	0,0101	0,75	32,75
			885,6	89,4889	156,4594	0,57196	0,060	0,0101	1,16	104,05
A5	3+634	Espigão Cont. 4	884,3	0	0	0	-	-	0	0
			885,00	1,5750	3,4866	0,45173	0,035	0,0001	0,17	0,26
			886,23	114,7128	105,0943	1,09152	0,059	0,0001	0,18	20,49
			887,45	248,7510	117,2309	2,12189	0,059	0,0001	0,28	69,14
A3	3+901	Espigão Cont. 2	884,3	0	0	0	-	-	0	0
			885	1,5750	3,4866	0,45173	0,035	0,0118	1,83	2,88
			885,50	18,2627	47,5786	0,38384	0,059	0,0118	0,98	17,90
			886,00	42,6368	52,1218	0,81802	0,059	0,0118	1,62	69,06
A2	4+858	Espigão Cont. 1	894,3	0	0	0	-	-	0	0
			895	1,5750	3,4866	0,45173	0,035	0,0118	1,83	2,88
			895,5	35,5116	76,0057	0,46722	0,059	0,0118	1,11	39,31
			896	75,8062	85,9087	0,8824	0,059	0,0118	1,69	127,99

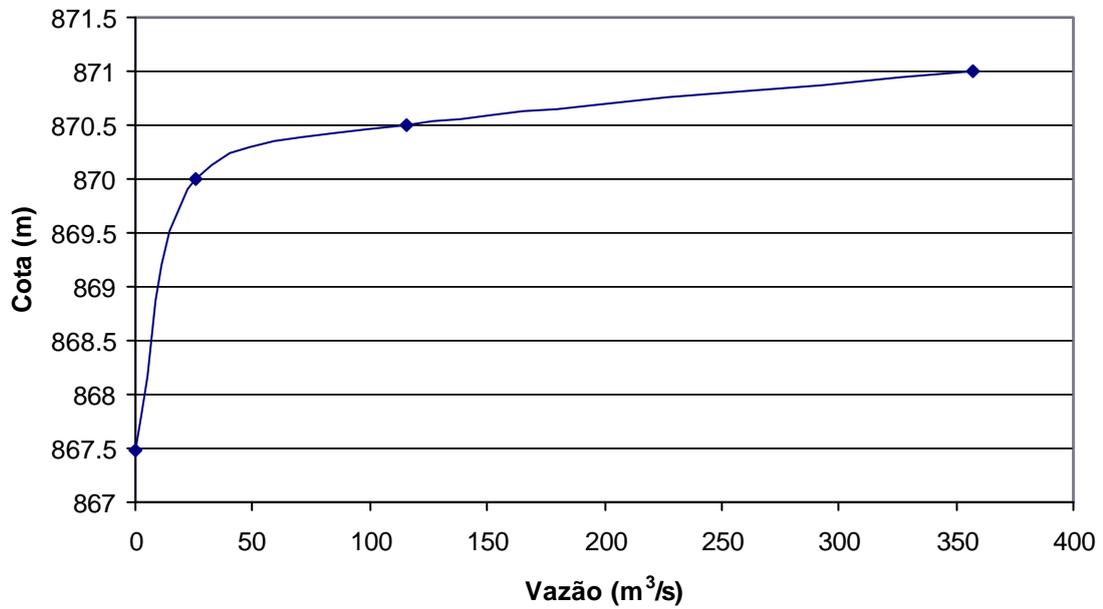
**ANEXO 6 – CURVAS CHAVE**

---

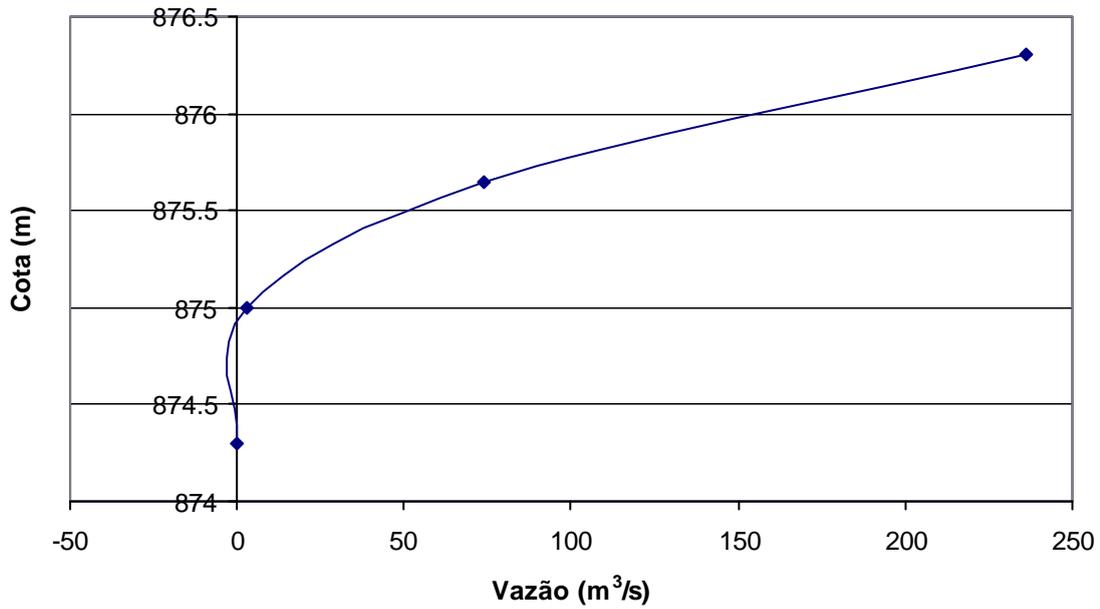
**Curva-Chave de A11**  
**Arroio Espigão – Estaca 0 + 000.**



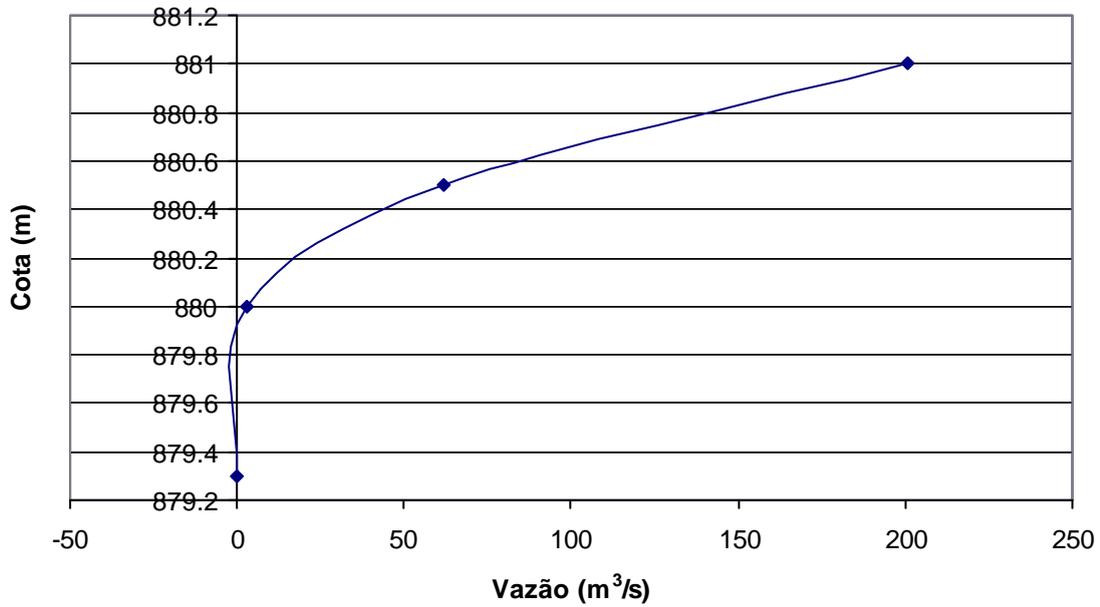
**Curva-Chave de A9**  
**Arroio Espigão – Estaca 1 + 335.**



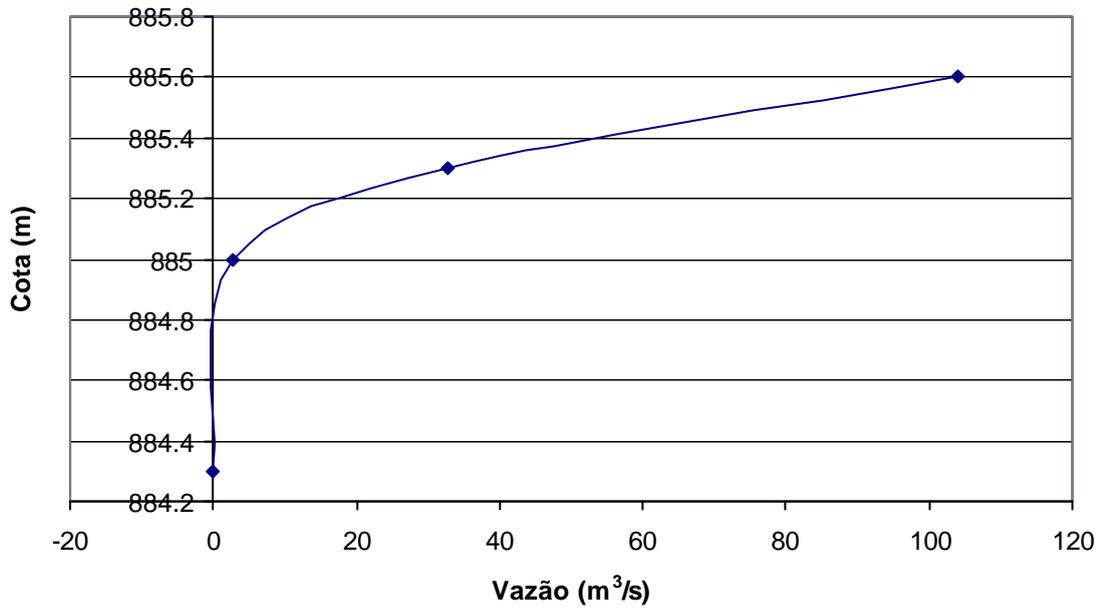
**Curva-Chave de A8**  
**Arroio Espigão – Estaca 2 + 354.**



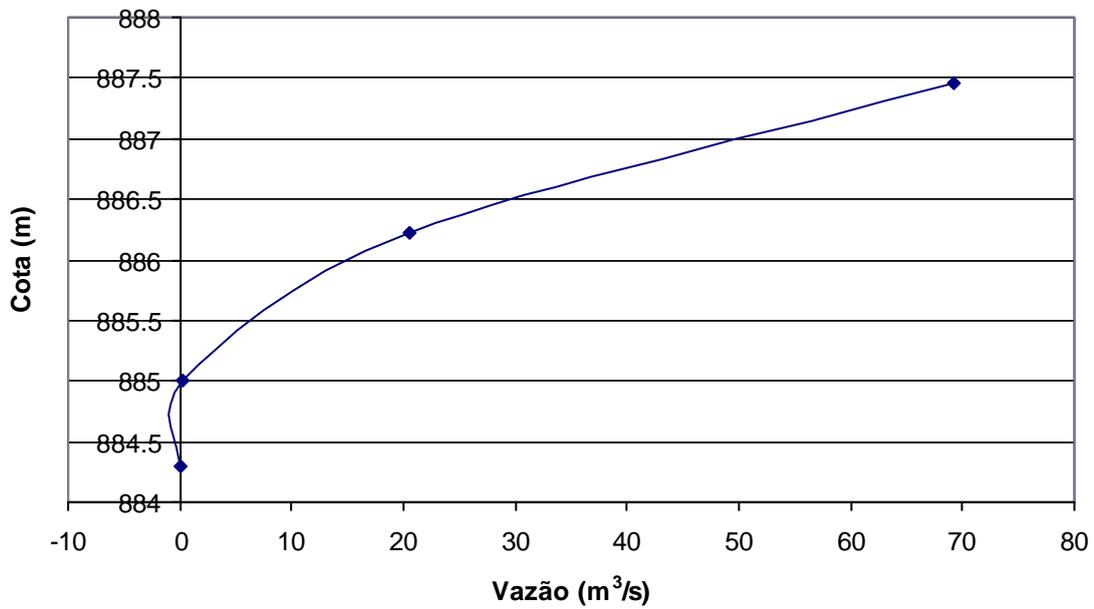
**Curva-Chave de A7**  
**Arroio Espigão – Estaca 2 + 875.**



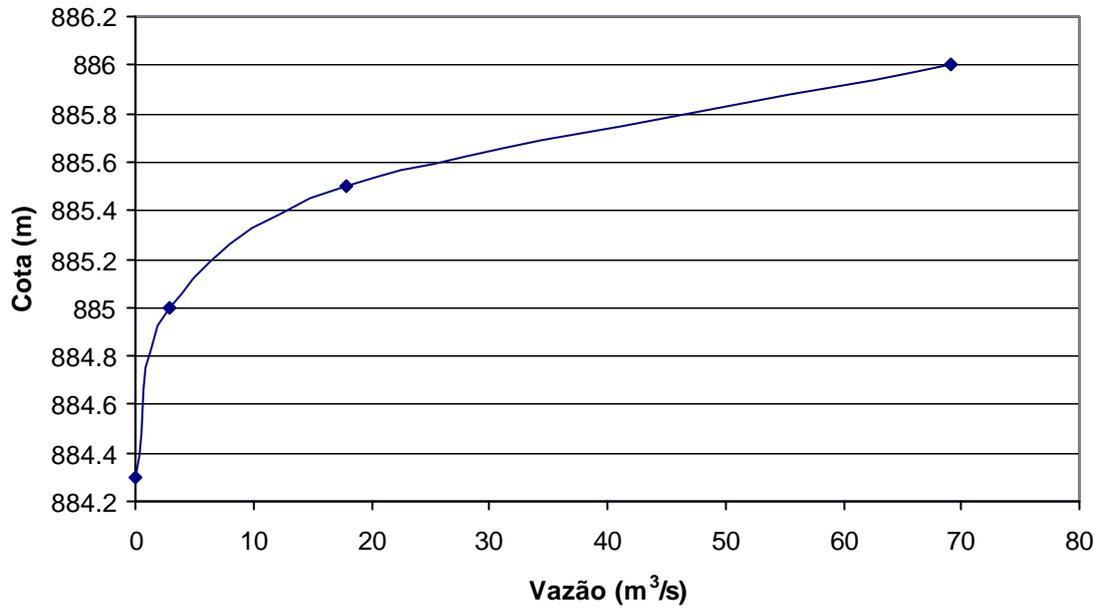
**Curva-Chave de A6**  
**Arroio Espigão – Estaca 3 + 342.**



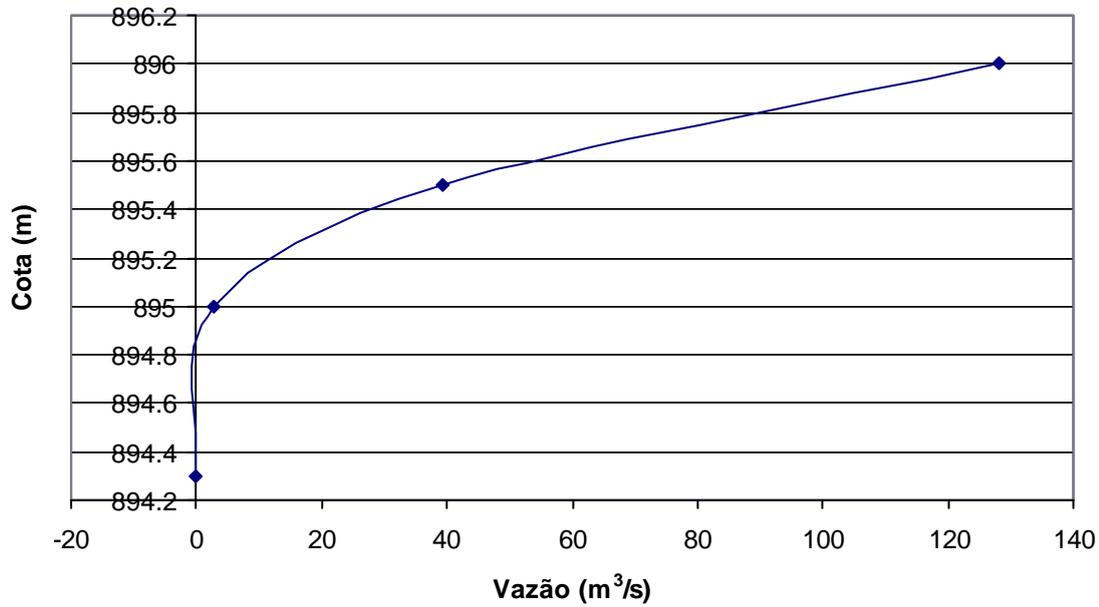
**Curva-Chave de A5**  
**Arroio Espigão – Estaca 3 + 634.**



**Curva-Chave de A3**  
**Arroio Espigão – Estaca 3 + 901.**



**Curva-Chave de A2**  
**Arroio Espigão – Estaca 4 + 858.**



## **ANEXO 7 – NÍVEIS DE COTA DE ÁGUA**

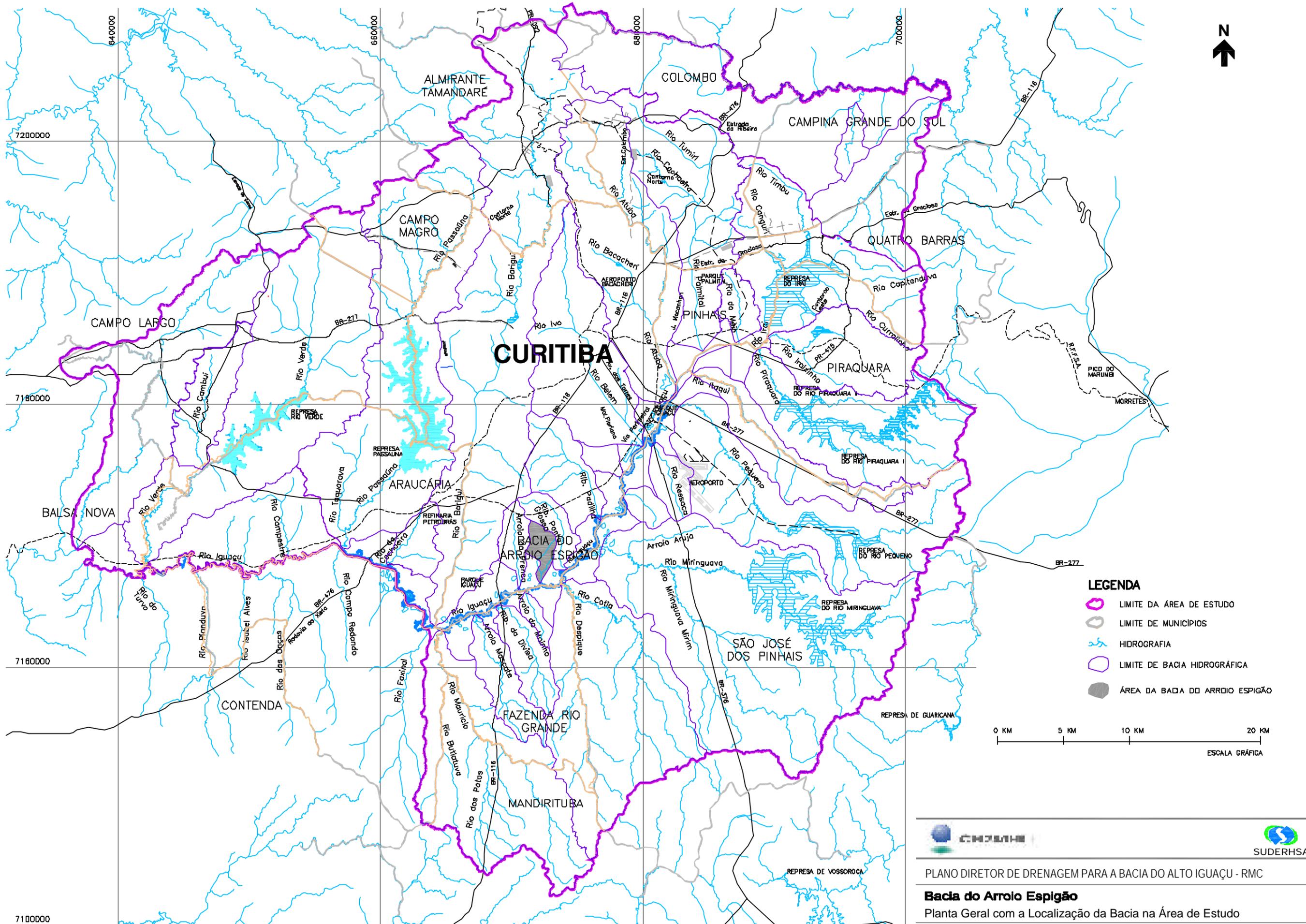
---

**TABELA DE COTAS DE NÍVEIS MÁXIMOS DE ÁGUA SIMULADOS  
BACIA DO ARROIO ESPIGÃO - CENÁRIOS ATUAL E TENDENCIAL**

<b>RIO</b>	<b>DISTÂNCIA (m)</b>	<b>A 10</b>	<b>A 25</b>	<b>T 10</b>	<b>T 25</b>
ESPIGAO	0	867,5	867,5	867,5	867,5
ESPIGAO	500	868,3	868,4	868,3	868,4
ESPIGAO	1000	869,2	869,3	869,2	869,3
ESPIGAO	1335	869,8	869,9	869,8	869,9
ESPIGAO	1500	870,7	870,8	870,7	870,8
ESPIGAO	2000	873,4	873,5	873,4	873,5
ESPIGAO	2345	875,3	875,4	875,3	875,4
ESPIGAO	2500	876,7	876,8	876,7	876,8
ESPIGAO	2875	880,2	880,3	880,2	880,3
ESPIGAO	3000	881,6	881,7	881,6	881,7
ESPIGAO	3342	885,2	885,3	885,2	885,3
ESPIGAO	3500	885,7	885,9	885,7	885,9
ESPIGAO	3634	886,2	886,5	886,2	886,5
ESPIGAO	3901	885,4	885,6	885,4	885,6
ESPIGAO	4000	886,5	886,6	886,5	886,6
ESPIGAO	4500	891,6	891,7	891,6	891,7
ESPIGAO	4858	895,3	895,4	895,3	895,4

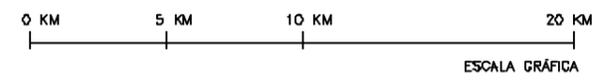
**ANEXO 8 – DESENHOS**

---



**LEGENDA**

-  LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO
-  LIMITE DE MUNICÍPIOS
-  HIDROGRAFIA
-  LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
-  ÁREA DA BADA DO ARROIO ESPIGÃO



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

**Bacia do Arroio Espigão**  
Planta Geral com a Localização da Bacia na Área de Estudo

ESCALA: GRÁFICA	DATA: MAR 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-GJ015-P2	M03 ILO1
--------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



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

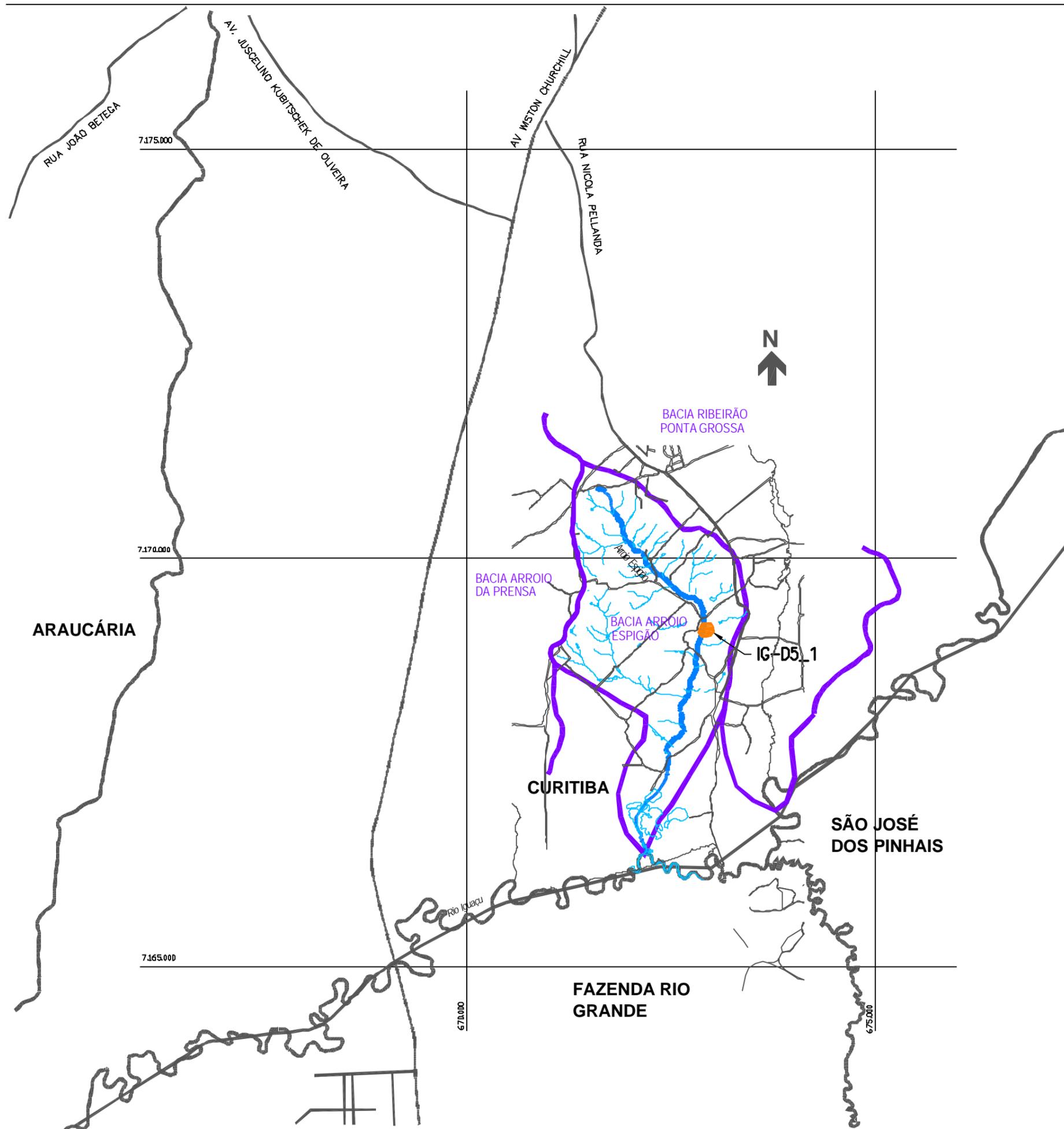


PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU - RMC

### Bacia do Arrolo Espigão

DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

ESCALA: S/ ESCALA	DATA: Mar 2002	N° CH2MHILL SUD0103DW-WR252-P2	M03 CO01
----------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------



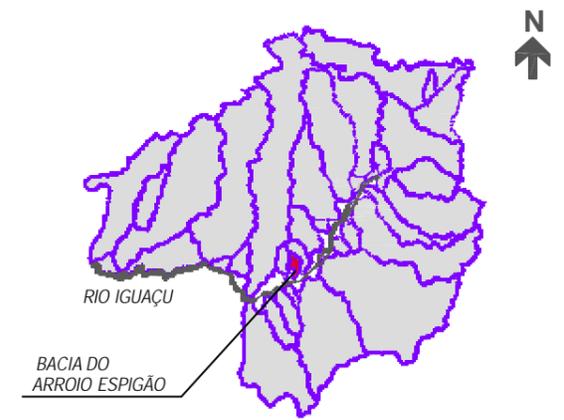
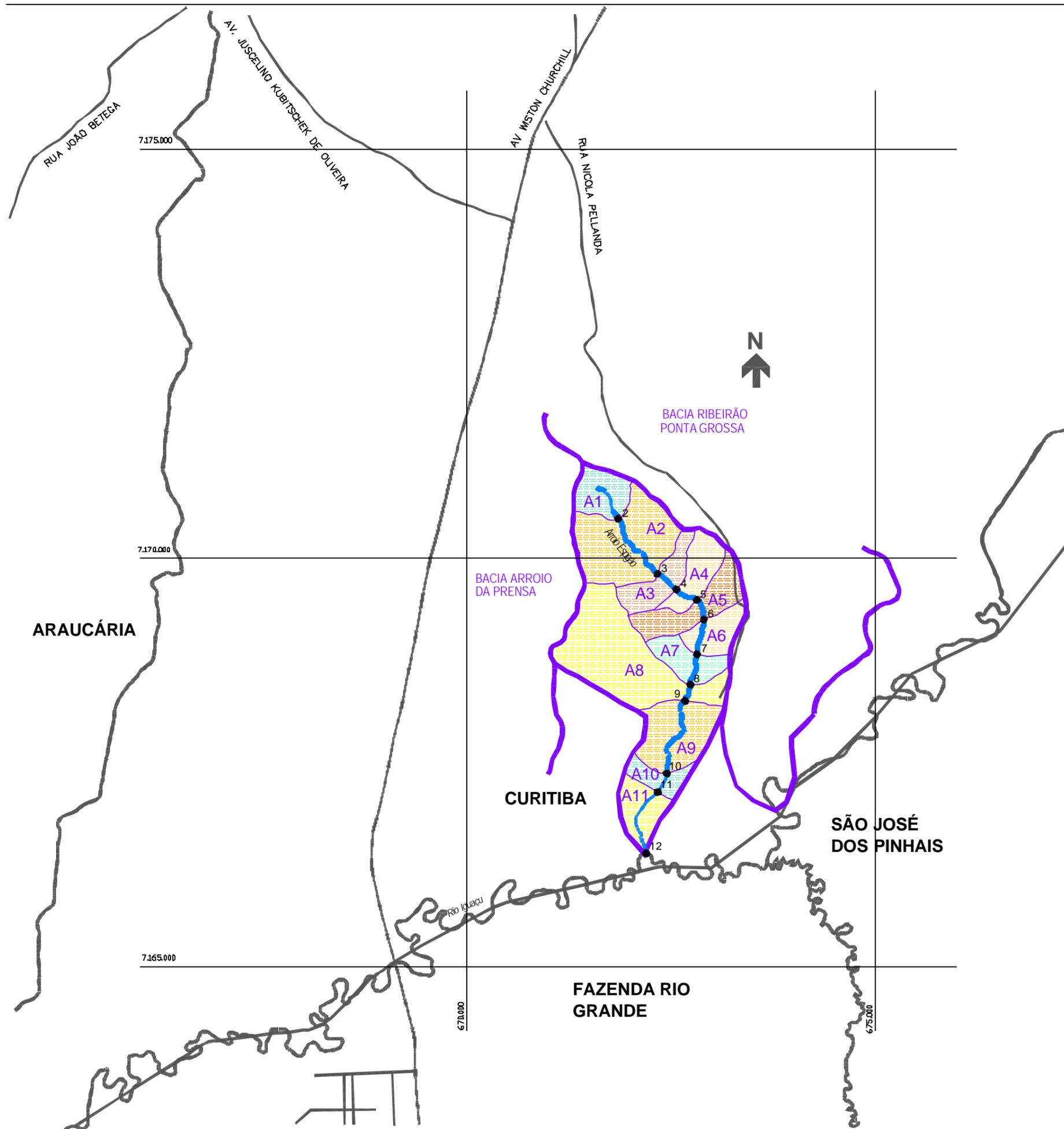
-  LIMITE DA BACIA
-  PONTOS CRÍTICOS DE INUNDAÇÃO
-  SISTEMA VIÁRIO PRINCIPAL
-  LIMITES DE MUNICÍPIO
-  IG-E1\_1 CÓDIGO DO PONTO CRÍTICO  
Ver atributos nos labels apresentadas  
no relatório M03-07 ou no arquivo Spring



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

**Bacia do Arroio Espigão**  
Planta Geral e Pontos Críticos de Inundação Segundo Pesquisa

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Julho 2002	Nº CH2MHILL SUD0103SV-WR032-P2	M03 1001
-----------------------	---------------------	-----------------------------------	-------------



- SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS - BACIA DO ARROIO DA PRENSA
- A1 ESPIGÃO CABECEIRA
  - A2 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 1
  - A3 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 2
  - A4 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 3
  - A5 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 4
  - A6 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 5
  - A7 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 6
  - A8 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 7
  - A9 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 8
  - A10 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 9
  - A11 ESPIGÃO DISTRIBUÍDA 10

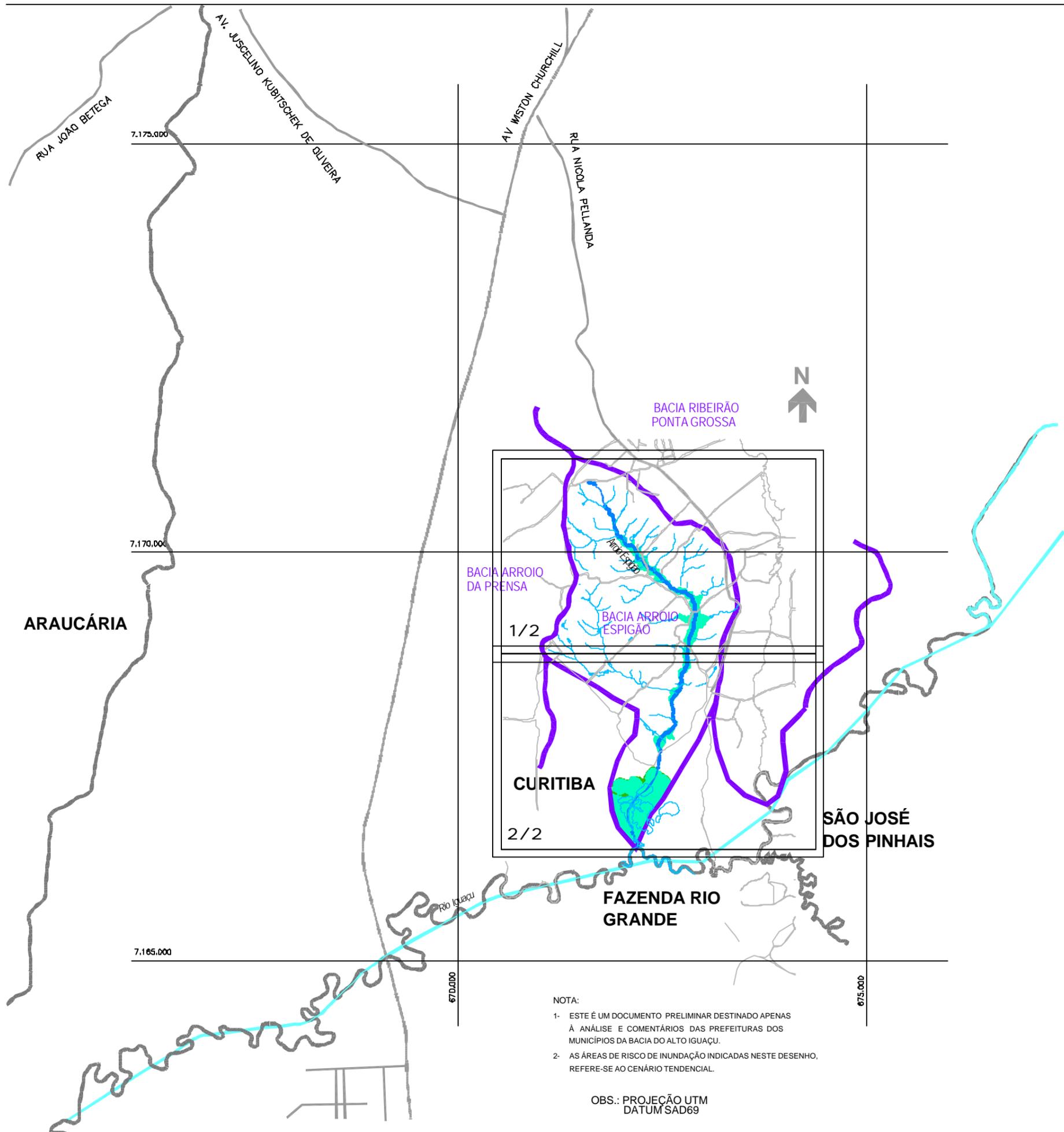
- SEÇÃO DE CONTROLE
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE SUB-BACIA HIDROGRÁFICA
- SISTEMA VIÁRIO PRINCIPAL
- LIMITE DE MUNICÍPIO



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

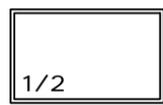
**Bacia do Arroio Espigão**  
SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

ESCALA: 1 : 50.000	DATA: Julho 2002	Nº CH2MHILL SUD0103MP-WR066-P2	M03 T066
-----------------------	---------------------	-----------------------------------	-------------



**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
-  LIMITE DE MUNICÍPIO
-  LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
-  SISTEMA DE MACRODRENAGEM
-  SISTEMA DE MICRODRENAGEM



ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS 1:10.000



NOTA:  
 1- ESTE É UM DOCUMENTO PRELIMINAR DESTINADO APENAS À ANÁLISE E COMENTÁRIOS DAS PREFEITURAS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU.  
 2- AS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO INDICADAS NESTE DESENHO, REFERE-SE AO CENÁRIO TENDENCIAL.

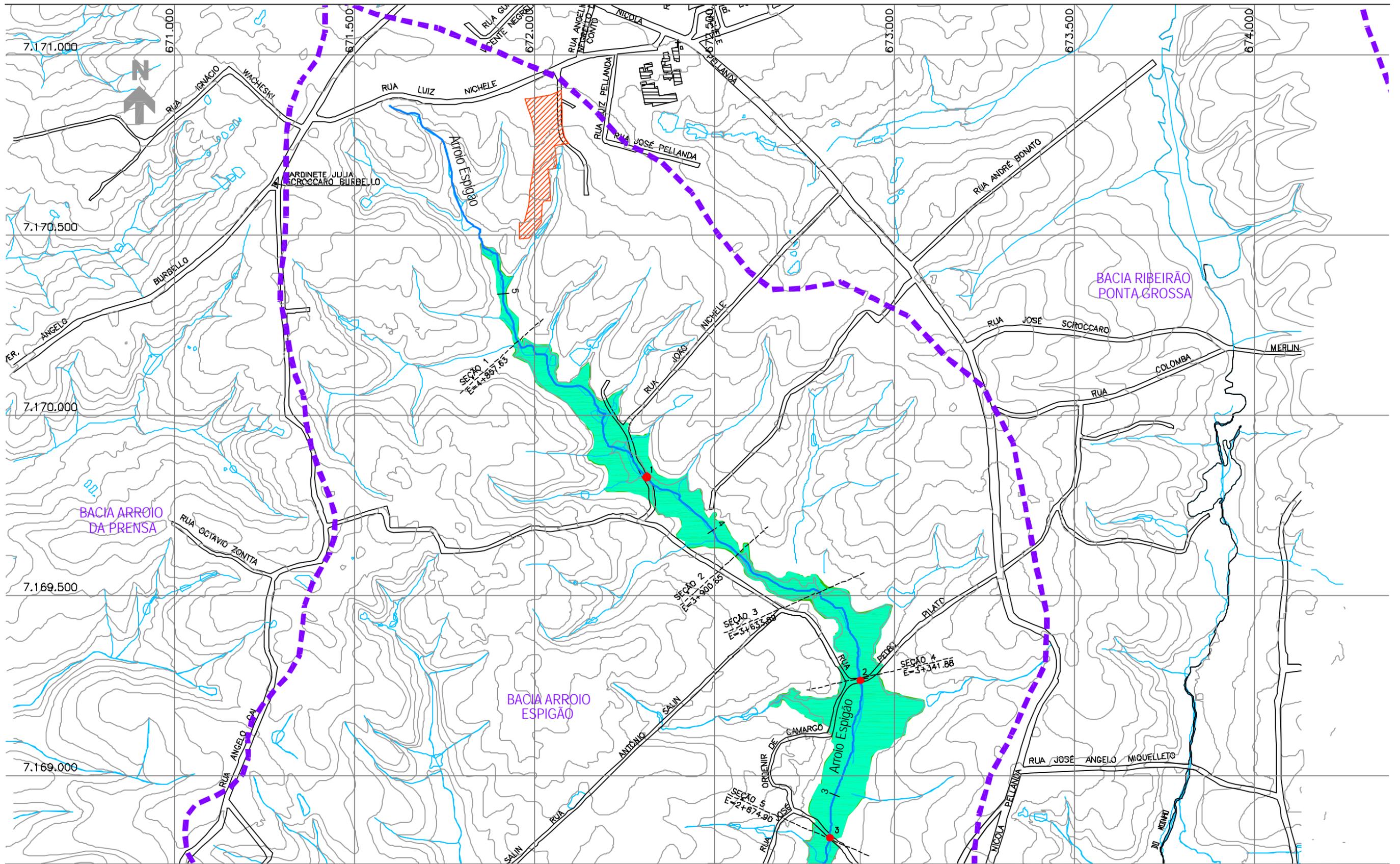
OBS.: PROJEÇÃO UTM  
 DATUM SAD69



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

**Bacia do Arroio Espigão**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - PLANTA GERAL - ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS**

ESCALA: GRÁFICA	DATA: Julho 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR254-P2	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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69

**ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS**

-	-	-
-	1/2	-
-	2/2	-

**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

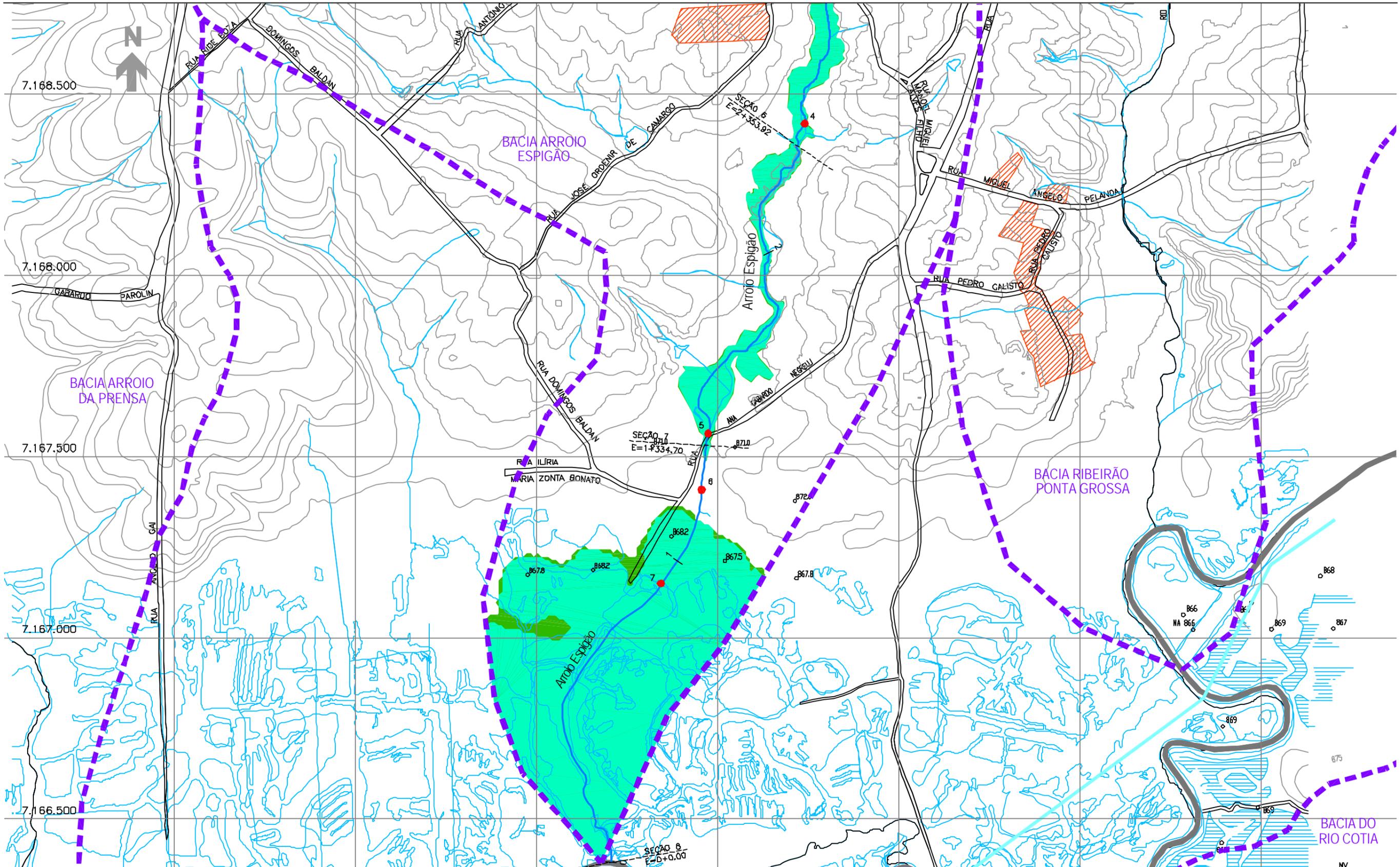
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

**Bacia do Arroio Espigão**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL**

ESCALA: 1 : 10.000      DATA: Julho 2002      N° CH2MHILL SUD0103DW-WR255-P2      M03 CA 1/2



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	1/2	-
-	2/2	-
-	-	-

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

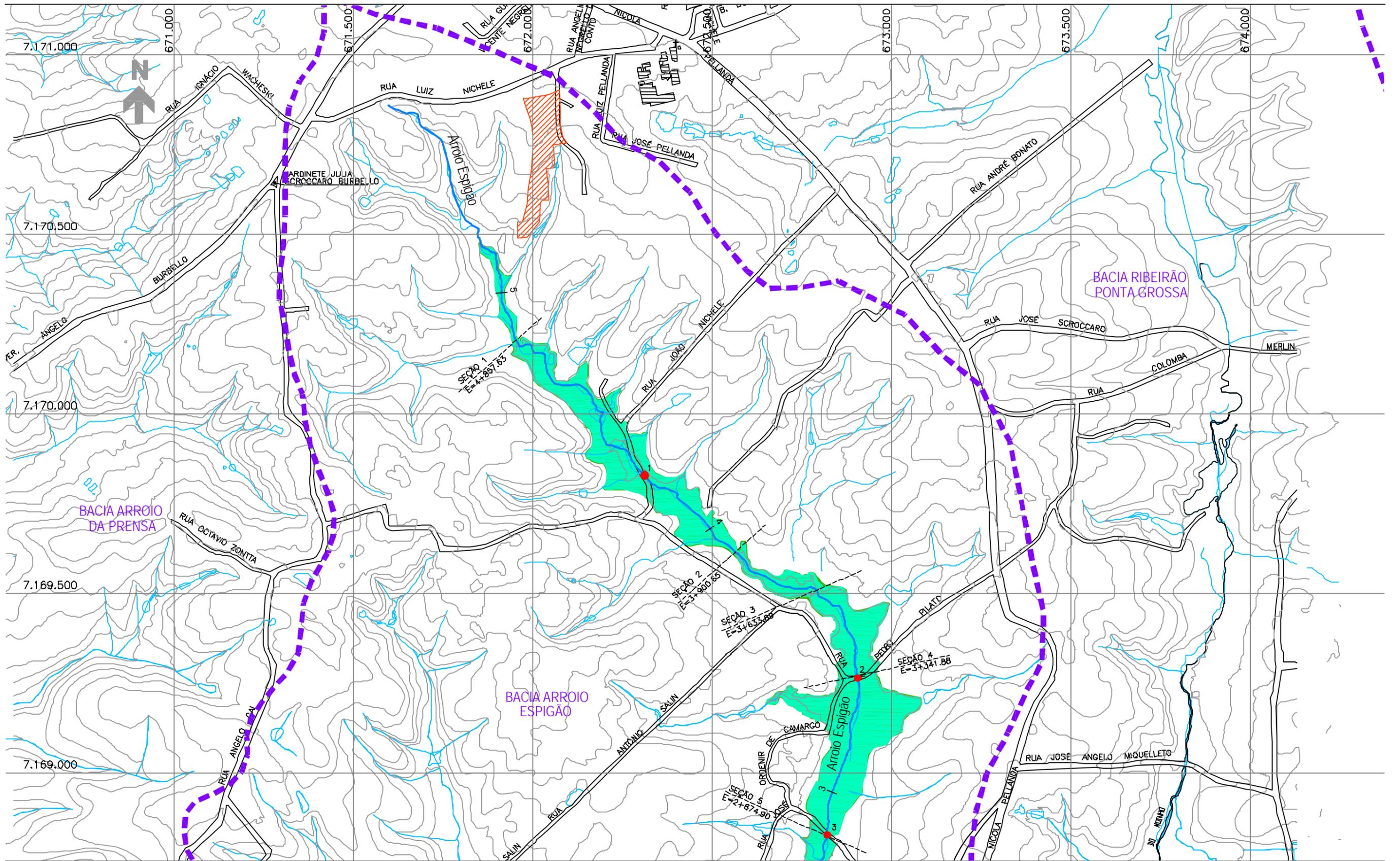
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

**Bacia do Arroio Espigão**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIO ATUAL**

ESCALA: 1 : 10.000    DATA: Julho 2002    N° CH2MHILL SUD0103DW-WR255-P2    M03 CA 2/2



**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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69

**ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS**

-	-	-
-	1/2	-
-	2/2	-

**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

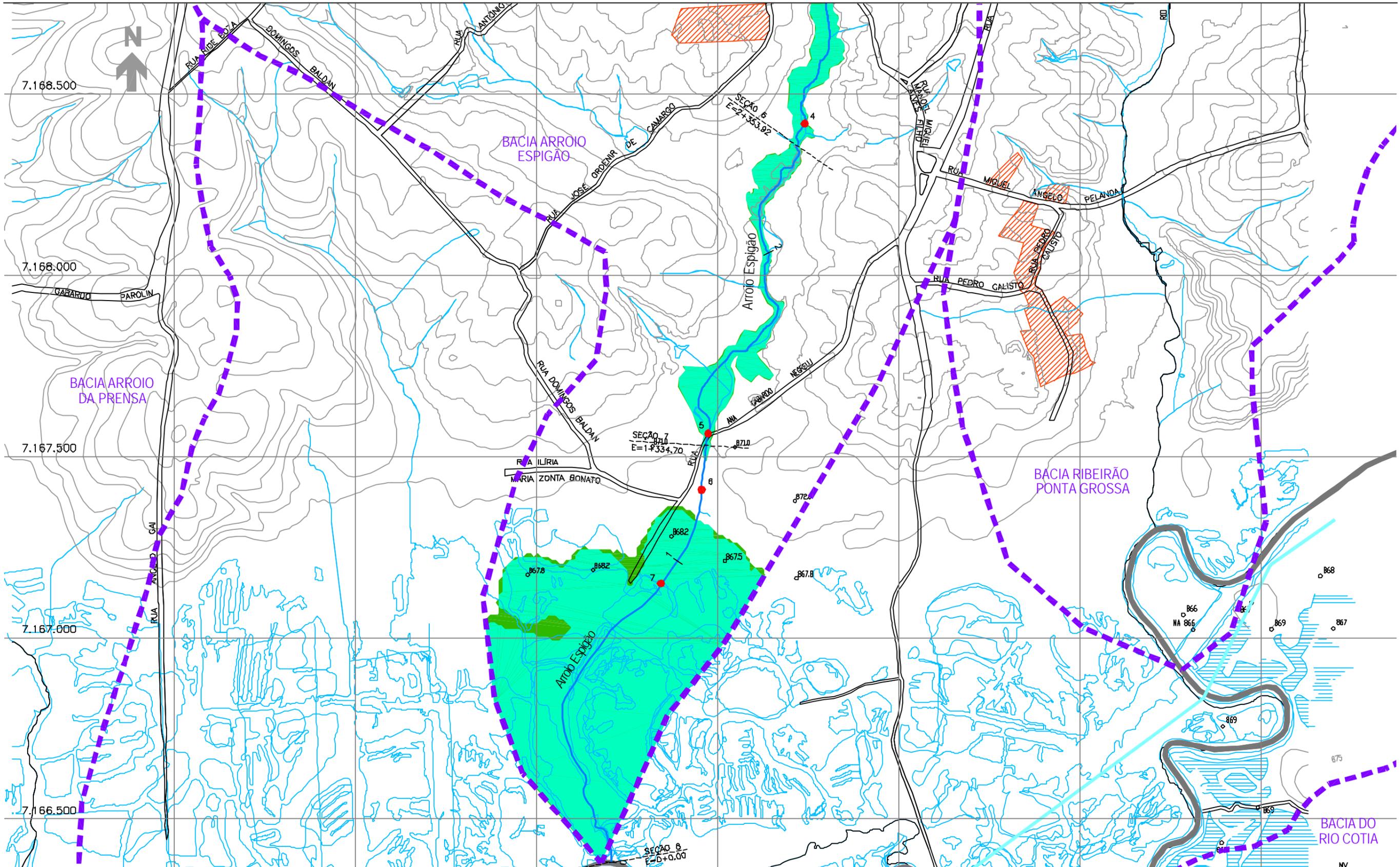
- ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE



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

**Bacia do Arroio Espigão**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIOS TENDENCIAL E DIRIGIDO**

ESCALA: 1 : 10.000      DATA: Julho 2002      N° CH2MHILL SUD0103DW-WR255-P2      M03 CTD 1/2



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 A PRECISÃO DE PRODUÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

OBS.: PROJEÇÃO UTM  
DATUM SAD69

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

-	1/2	-
-	2/2	-
-	-	-

- 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

- 1 + ESTACA
- SISTEMA DE MACRODRENAGEM
- SISTEMA DE MICRODRENAGEM
- - - SEÇÕES TRANSVERSAIS
- LIMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA
- LIMITE DE MUNICÍPIO
- SINGULARIDADE

**CH2MHILL**

SUDERHSA

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

**Bacia do Rio Arroio Espigão**  
**ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO - CENÁRIOS TENDENCIAL E DIRIGIDO**

ESCALA: 1 : 10.000	DATA: Julho 2002	Nº CH2MHILL SUD0103DW-WR255-P2	M03 CTD 2/2
-----------------------	---------------------	-----------------------------------	----------------