

# INSTRUMENTO DE APOIO A GESTÃO DE ZONAS INUNDÁVEIS EM BACIA COM ESCASSEZ DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS

*Adilson Pinheiro*

PPGEA - CCT - FURB

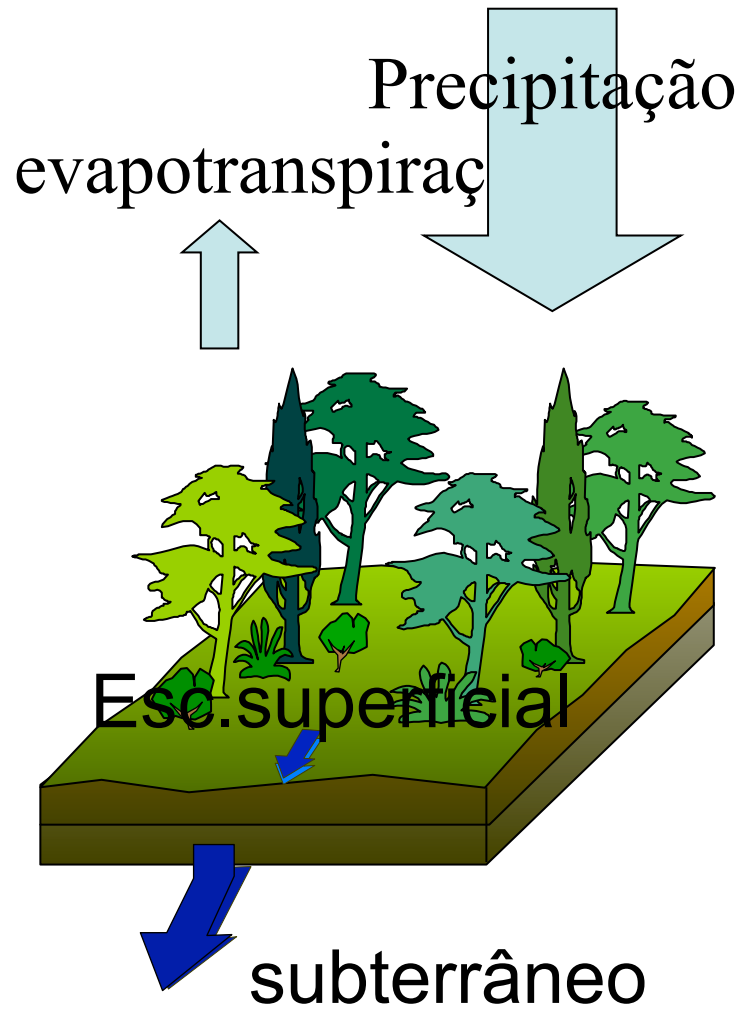


[www.furb.br](http://www.furb.br)

# INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS



# Impactos da urbanização





# PRINCÍPIOS MODERNOS DO CONTROLE DA DRENAGEM

**IMPACTO ZERO:** Novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão de pico das condições naturais (ou prévias): novos loteamentos

- **MANUTENÇÃO DAS FUNÇÕES HIDROLÓGICAS**

**INTEGRADO:** planejar o conjunto da bacia para controle do volume

**CONTROLE DE JUSANTE:** evitar a transferência dos impactos para jusante

**PREVENÇÃO:** valorizar as medidas não-estruturais (*educação tem papel fundamental*)

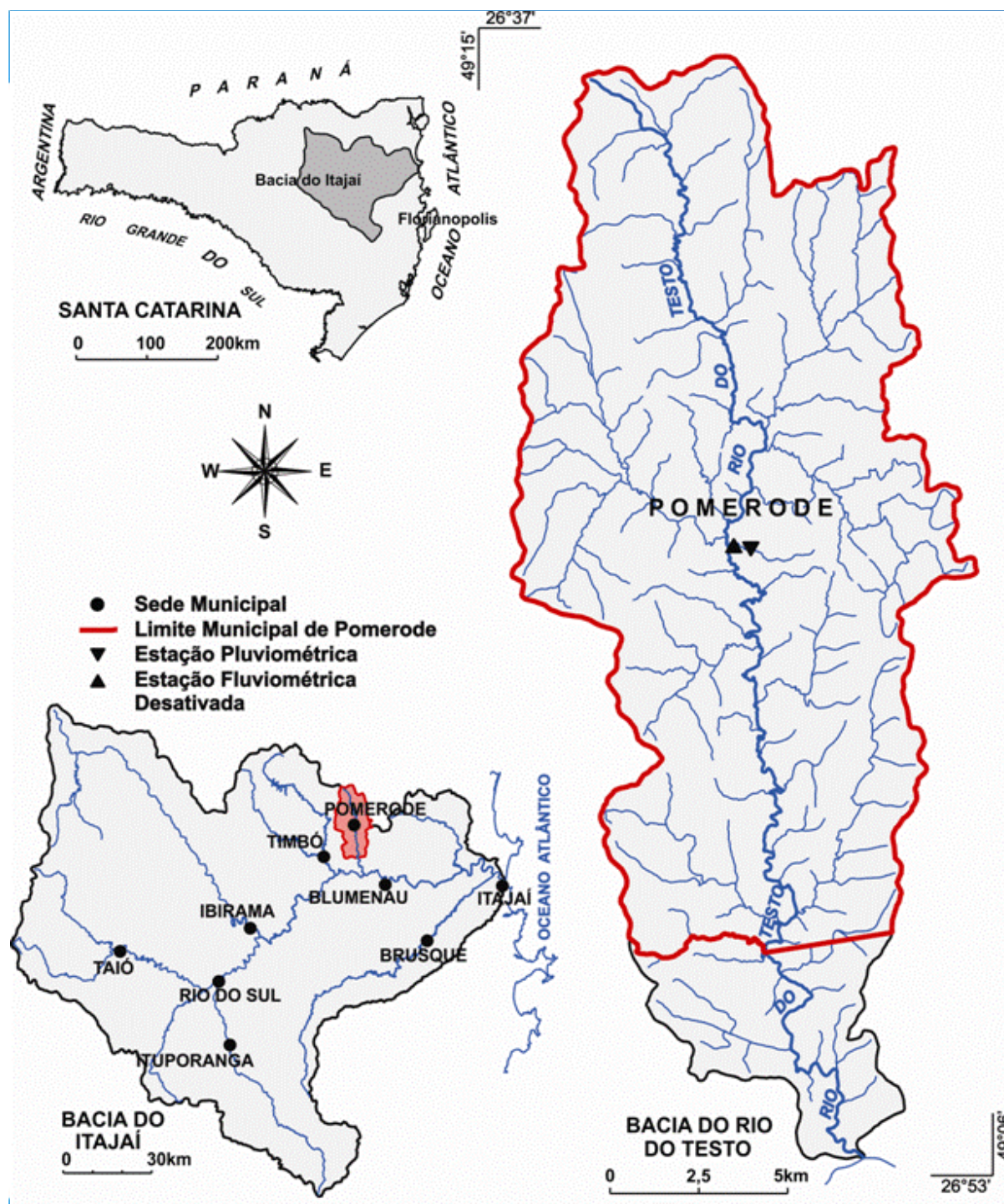
- **implementar medidas de regulamentação**
- Implementar instrumentos econômicos



Este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo para o traçado de superfícies de inundação ao longo do Rio do Testo para diferentes ocorrências de enchentes, em condições de escassez de dados hidrológicos observados



Área de drenagem  
214,20 km<sup>2</sup>.  
Extensão do rio principal  
38,56 km.



# Análise estatística da precipitação e da vazão



- Estação fluviométrica convencional (83720000)
  - latitude  $26^{\circ}43'59.99$  e longitude  $-49^{\circ}10'01.2E$ .
  - outubro de 1934 e julho de 1966
  - área de drenagem:  $129 \text{ km}^2$
- Estação pluviométrica (02649002)
  - latitude  $-26^{\circ}44'08.16$  e longitude  $-49^{\circ}10'13.08$ .
  - Início: junho de 1929
  - Consistidos até o ano de 2006
  - Sem consistência até outubro de 2011.

# Análise estatística da precipitação e da vazão



- Distribuição de frequência de Gumbel

$$P(Y \leq y) = e^{-e^{-\alpha(y - \mu)}}$$

$$T_R = \frac{1}{P(Y \geq y)}$$



# Análise estatística da precipitação e da vazão



Especificação	Precipitação (mm)	Cota (cm)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
Média	91,0	389	31,9
Desvio padrão	29,5	101	8,6
$\alpha$	0,043416	0,012654	0,149738
$\mu$	77,7	343	28,1
TR = 10 anos	129,5	521	43,1
TR = 25 anos	151,4	596	49,4
TR = 50 anos	167,6	652	54,1
TR = 100 anos	183,6	707	58,8

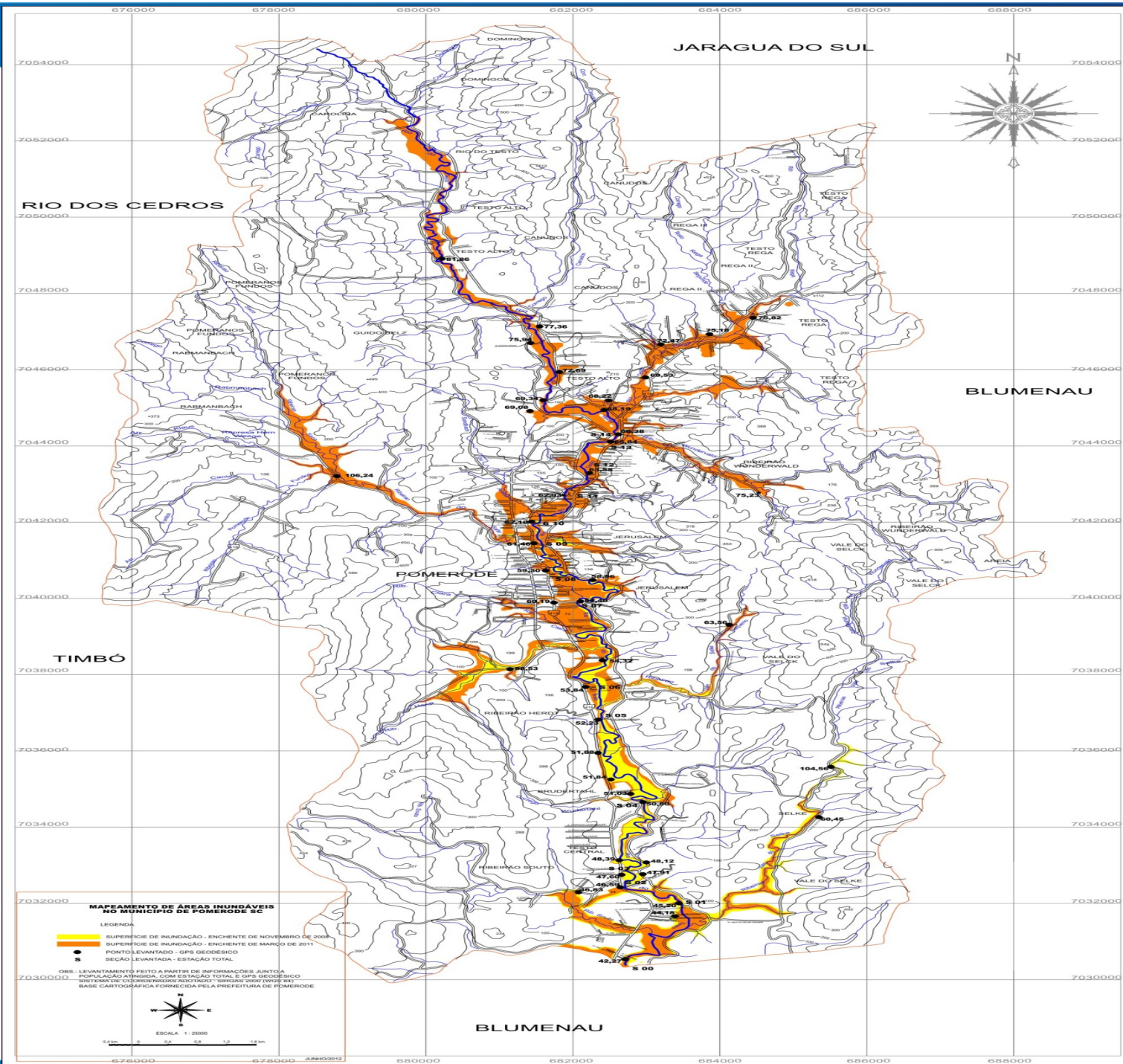
2008 126,8 mm TR = 8,9 anos

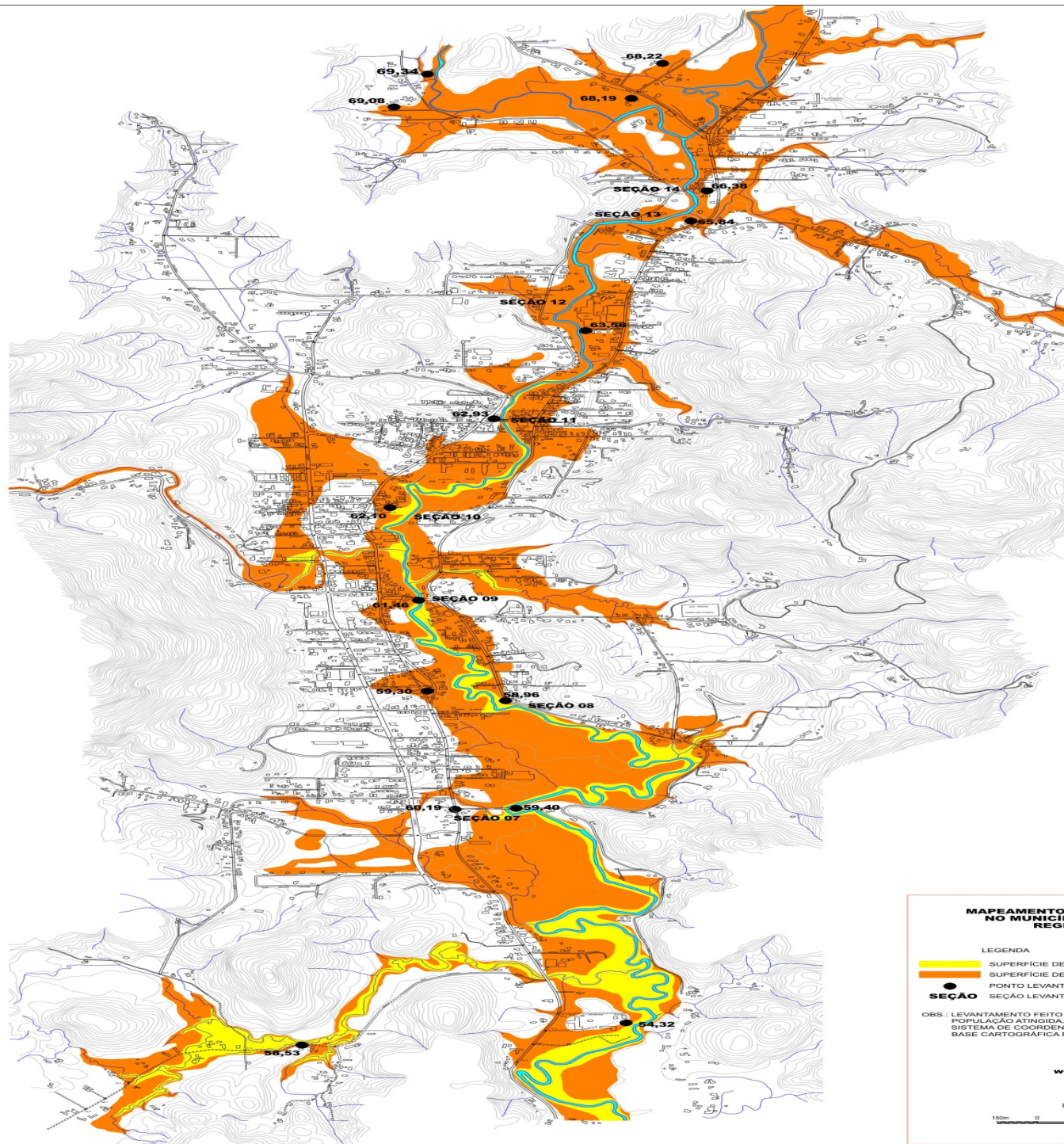
2011 145,7 mm TR = 19,7 anos

### 3. MAPEAMENTO DA ÁREA INUNDADA



- Entrevistas com moradores: enchentes 2008 e 2011.
- GPS Topográfico Ashtech Reliance L1, precisão nominal de  $\pm 1$  cm
- Cartas topográficas fornecidas pela Prefeitura Municipal de Pomerode.
- As partes inferior e superior da bacia apresentam curvas de nível de 20 em 20 m
- Na parte central, curvas de nível de 5 em 5 m





**MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS  
NO MUNICÍPIO DE POMÉROLÂNDIA - SC  
REGIÃO CENTRAL**

**LEGENDA**

- SUPERFÍCIE DE INUNDAÇÃO - ENCHENTE DE NOVEMBRO DE 2008
- SUPERFÍCIE DE INUNDAÇÃO - ENCHENTE DE MARÇO DE 2011
- PONTO LEVANTADO - GPS GEODÉSICO
- SEÇÃO LEVANTADA - ESTAÇÃO TOTAL

OBS.: LEVANTAMENTO FEITO A PARTIR DE INFORMAÇÕES JUNTO A POPULAÇÃO ATINGIDA, COM ESTAÇÃO TOTAL E GPS GEODÉSICO  
SISTEMA DE COORDENADAS ADOPTADO: SIRGAS 2000 (WGS 84)  
BASE CARTOGRÁFICA FORNECIDA PELA PREFEITURA DE POMÉROLÂNDIA



ESCALA 1 : 10000



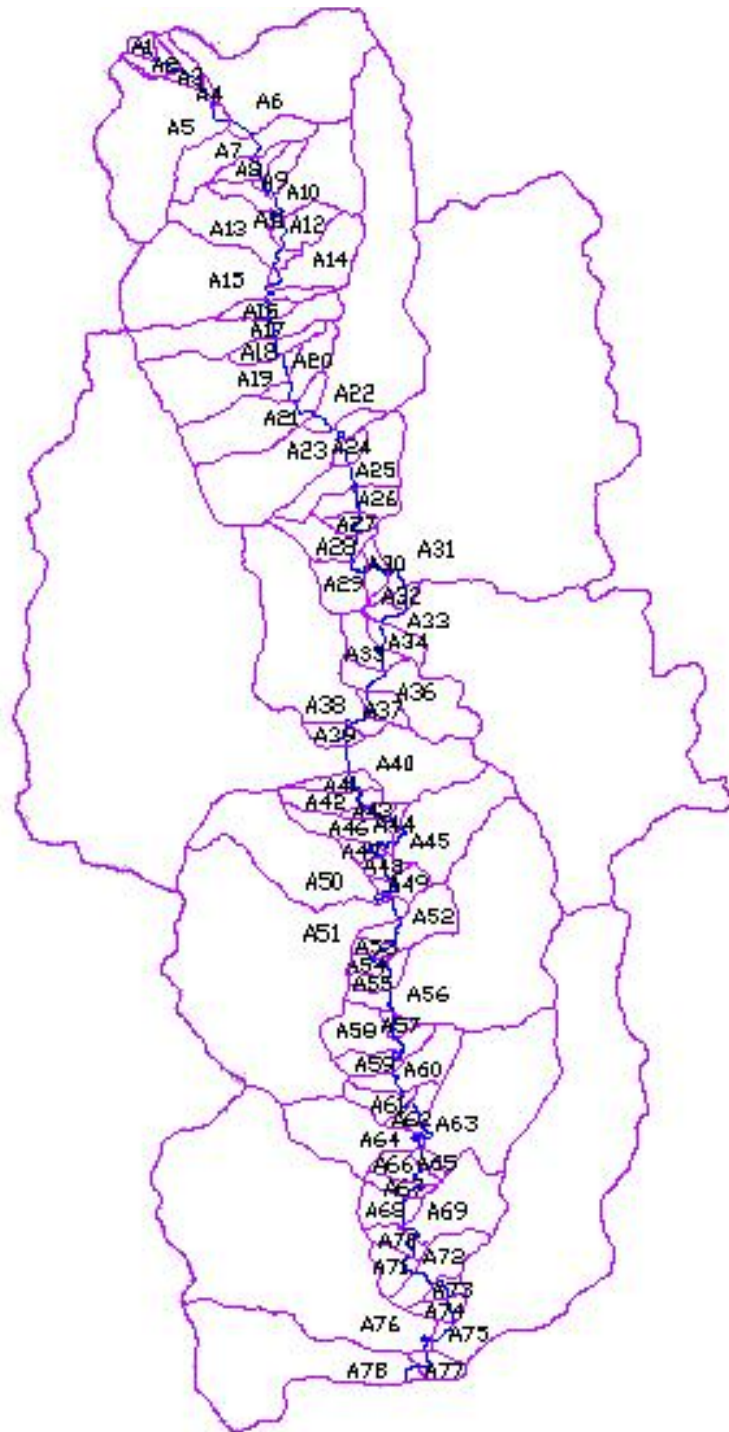
## 4. Hidrogramas de cheias

- Método do hidrograma unitário triangular
- Seções a cada 494 m (78 seções)

$$I = \frac{K \times T^m}{(t + b)^n} \quad P_{ef} = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

$$Q_t = \sum_{i=1}^t P_{ef_i} q_{t-i+1}$$

- CN = 52 (início da década de 1960)
- CN = 65 atual
- CN = 72 (TR 100 anos)



	<b>L (km)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Q<sub>TR 10</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q<sub>TR 20</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q<sub>TR 25</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q<sub>TR 100</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>
58						
59						
60	30,2	168,4	143,7	160,8	197,8	401,9
61						
62	30,7	168,8	142,8	159,9	196,4	398,4
63						
64	31,1	173,5	145,5	163,0	200,0	405,0
65						
66	31,6	175,5	146,0	163,6	200,5	405,4
67						
68	32,1	175,7	144,9	162,5	199,0	401,6
69						
70	32,6	176,2	144,2	161,7	197,7	398,6
71						
72	33,1	176,5	143,3	160,7	196,4	395,3
73						
74	33,6	177,1	142,7	160,1	195,4	392,8
75						
76	34,1	178,9	143,0	160,5	195,7	392,9
77						
78	34,6	179,3	142,2	159,7	194,5	390,0
79						
80	35,1	179,8	141,5	159,0	193,5	387,4
81						
82	35,6	180,8	141,3	158,8	193,0	386,0
83						
84	36,1	181,0	140,4	157,9	191,8	383,0
85						
86	36,6	181,4	140,0	157,5	191,1	381,4
87						
88	37,1	195,4	150,0	168,8	204,7	408,2
89						
90	37,6	208,7	159,4	179,3	217,3	432,9
91						
92	38,1	209,1	158,8	178,7	216,5	430,9
93						
94	38,6	214,2	161,8	182,2	220,5	438,5



## 5. Modelo de propagação da onda de cheia no rio do Testo

- Modelo HEC-RAS (River Analysis System) Versão 4.0 de 2008, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers, USA.

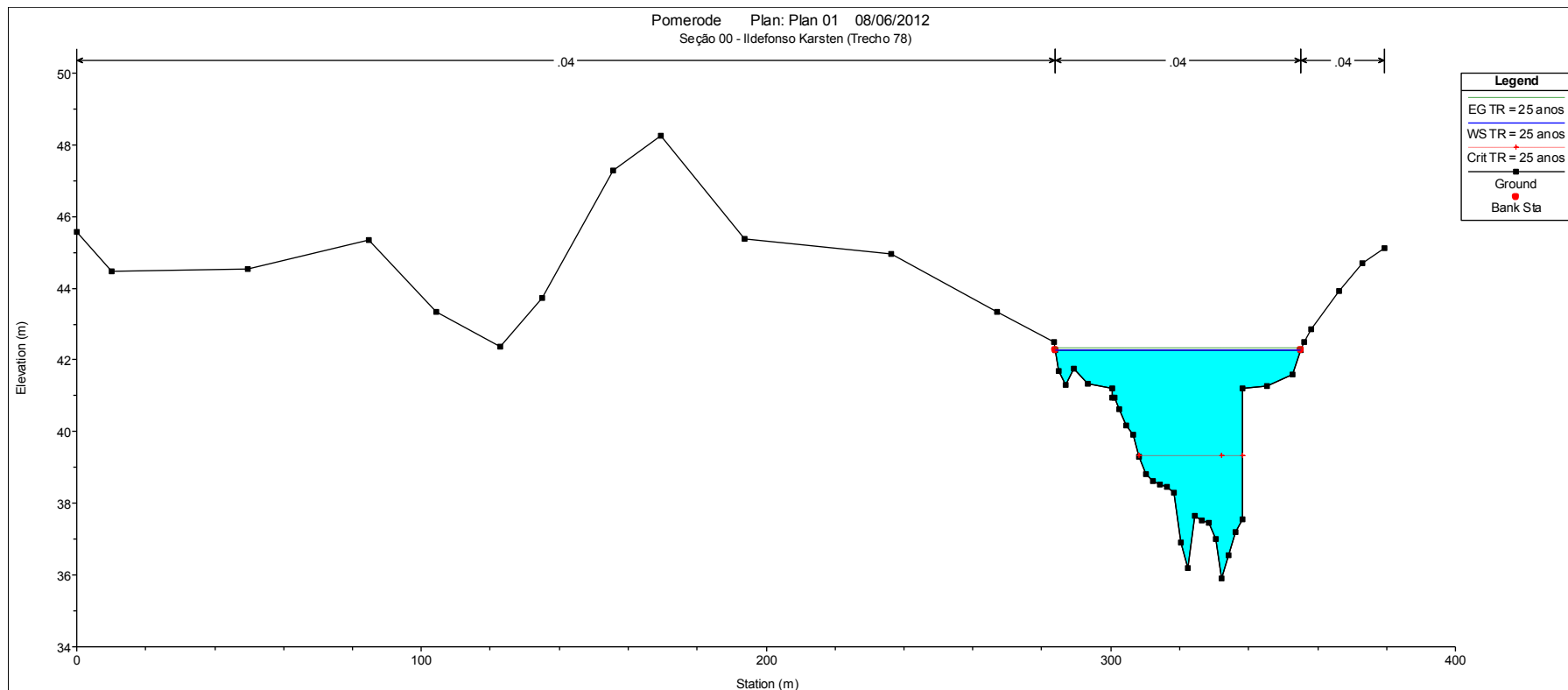
$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + he$$

- Estação Total TOPCON GTS-212.
- ADCP SonTek S5 (topobatimetria)

# Modelo de propagação da onda de cheia no rio do Testo

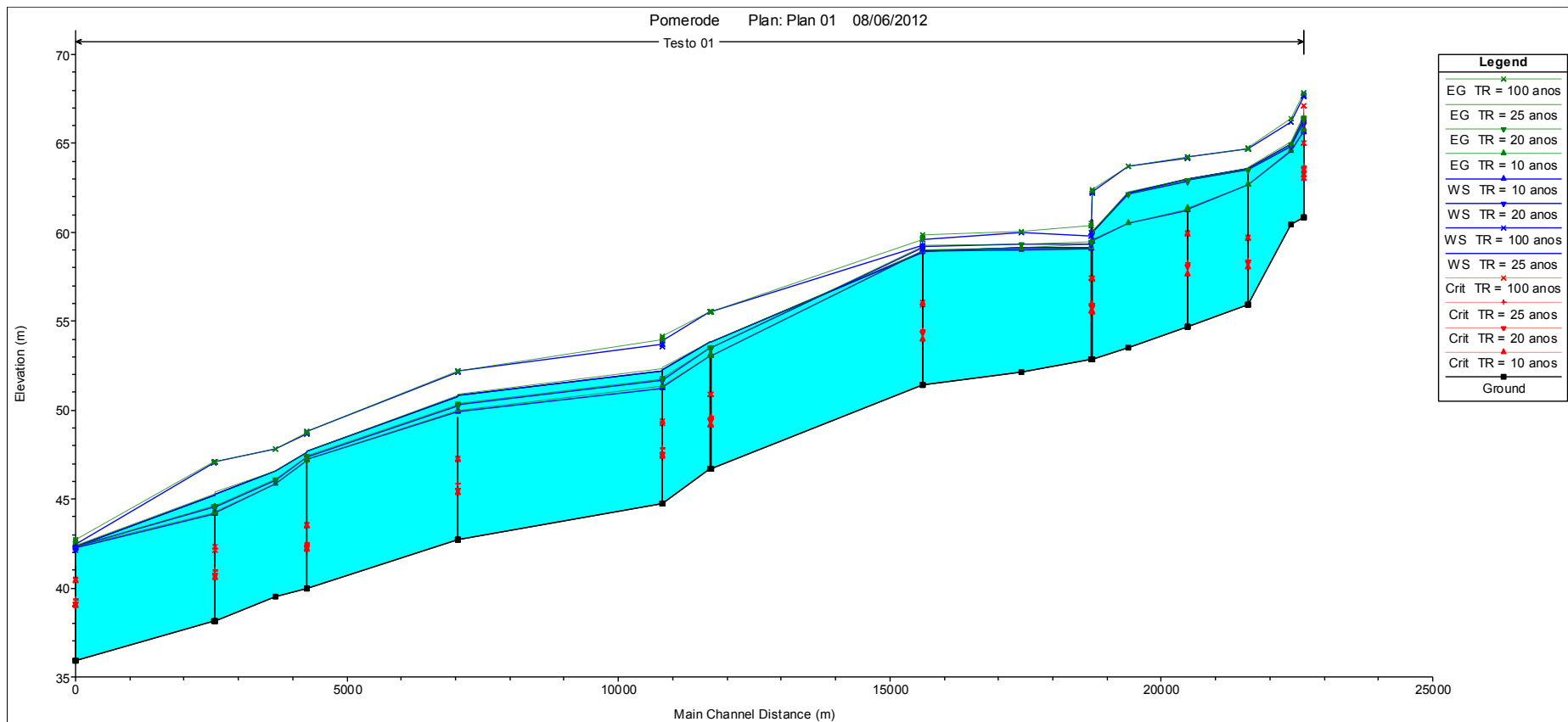


- Estação Total TOPCON GTS-212
- ADCP SonTek S5 (topobatimetria)





# Modelo de propagação da onda de cheia no rio do Testo



# Modelo de propagação da onda de cheia no rio do Testo



Seção	Cota (m)				Velocidade (m/s)			
	TR = 10	TR = 20	TR = 25	TR = 100	TR = 10	TR = 20	TR = 25	TR = 100
<b>22624</b>	65.70	66.30	<b>66.54</b>	67.70	1.50	1.74	1.81	2.15
<b>22614</b>	65.65	66.20	<b>66.41</b>	67.66	0.48	0.41	0.42	0.50
<b>21604</b>	62.69	63.52	<b>63.62</b>	64.73	0.48	0.41	0.42	0.50
<b>20485</b>	61.31	62.91	<b>63.01</b>	64.21	1.27	0.37	0.38	0.45
<b>20473</b>	61.22	62.90	<b>63.00</b>	64.20	1.13	1.37	1.49	1.74
<b>18729</b>	59.51	59.97	<b>59.97</b>	62.27	1.22	1.54	1.73	3.36
<b>18715</b>	59.08	59.32	<b>59.17</b>	59.78	0.90	1.12	1.28	2.42
<b>15608</b>	58.95	59.19	<b>58.94</b>	59.58	0.90	1.13	1.29	2.55
<b>11698</b>	53.07	53.51	<b>53.86</b>	55.52	0.52	0.48	0.41	0.42
<b>10819</b>	51.27	51.70	<b>52.27</b>	53.92	1.27	1.30	1.43	2.21
<b>7041</b>	49.94	50.29	<b>50.83</b>	52.18	1.18	1.18	1.15	1.05
<b>4269</b>	47.20	47.39	<b>47.68</b>	48.80	0.55	0.59	0.67	0.94
<b>4257</b>	47.18	47.34	<b>47.61</b>	48.68	1.10	1.14	1.19	1.05
<b>2567</b>	44.21	44.58	<b>45.30</b>	47.10	1.11	1.15	1.21	1.07



## 6. Considerações finais

O uso do modelo será fundamental no processo de licenciamento de intervenções no canal de escoamento fluvial principal e secundário.

Para isto, basta efetuar o levantamento da seção transversal original, calibrando o coeficiente de rugosidade de Manning para a vazão com período de retorno estabelecido e, em seguida simulando o efeito da intervenção pretendida.

Como intervenções podem ser consideradas a execução de aterros nas margens e nas superfícies adjacentes, construção de estradas e pontes, entre outras.

# Muito Obrigado

Dr. Eng. Civil Adilson Pinheiro  
Rua São Paulo, 3250 - Blumenau – SC  
Fone: 47 3221 6078; 99617684  
[pinheiro@furb.br](mailto:pinheiro@furb.br)



[www.furb.br](http://www.furb.br)