

Nº	DATA	POR	DESCRIÇÃO
R0A	19/07/2013	D.M.D.	Emissão Inicial
R0B	14/10/2013	D.M.D.	Vazões de Cheia Revisadas

		
DESENHO		DATA:
PROJETO		DATA:
D.M.D		19/07/2013
VER. PROJ.		DATA:
V.C.R.P.		
RESPONSÁVEL TÉCNICO		Nº CREA
VIRGINIA CLEIRE R. PIMENTEL		0600532305
		UF
		SP
 <b>Secretaria Estadual de Logística e Transportes</b> <b>Departamento Hidroviário</b>		
VISTO	ÁREA	DATA
VERIFICADO	ÁREA	DATA
APROVADO	ÁREA	DATA
<b>APROVEITAMENTO MÚLTIPLO</b> <b>SANTA MARIA DA SERRA</b>		
<b>PROJETO BÁSICO</b>		
<b>ESTUDOS DE REMANSO</b> <b>NO RESERVATÓRIO</b>		
ESCALA	DATA DE EMISSÃO	
Nº PROJETISTA:		REVISÃO
7096-01-GL-810-RT-00498		R0B
Nº D.H.:		REVISÃO
01501-B-SMS-01-HI-RT-020		R0B



---

ÍNDICE

	Pag.
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. DADOS UTILIZADOS .....	2
3. AFERIÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO .....	4
3.1. Montagem da Base de Dados.....	4
3.2. Rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí) .....	5
3.3. Rio Piracicaba (Foz Corumbataí – Salto de Piracicaba) .....	14
3.4. Rio Corumbataí .....	17
3.5. Córrego Araquá.....	19
4. CÁLCULO DE REMANSO .....	22
4.1. Piracicaba .....	23
4.2. Rio Corumbataí .....	31
4.3. Córrego Araquá.....	36
5. RESUMO DOS RESULTADOS .....	41
5.1. Rio Piracicaba .....	41
5.2. Rio Corumbataí .....	41
5.3. Córrego Araquá.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

**ANEXOS: Desenhos**

01501-B-SMS-00-HI-DE-001

01501-B-SMS-00-HI-DE-008

## 1. INTRODUÇÃO

O Aproveitamento Múltiplo Santa Maria da Serra esta sendo projetado no Estado de São Paulo, na Região de Piracicaba, em território dos municípios de Santa Maria da Serra e de Anhembi. Tem como objetivo principal estender a navegação na Hidrovia Tietê-Paraná em cerca de 50 km. Para atingir tal objetivo, propõe-se a implantação de um barramento no rio Piracicaba no trecho ainda sob a influência do reservatório do aproveitamento UHE Barra Bonita, localizado no rio Tietê, prolongando assim a navegação até o distrito de Ártemis, nas proximidades da cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo.

O objetivo deste relatório é avaliar a influência do remanso nos rios Piracicaba, Corumbataí e Araquá devido à implantação da barragem de Santa Maria da Serra. O estudo de remanso consistiu na aferição de um modelo matemático com valores conhecidos de vazão e níveis de água naturais e a sua extrapolação para condições diversas de vazão e níveis de água, incluindo o efeito do reservatório. Além disso, os resultados deste estudo permitiram a obtenção dos níveis d'água no Terminal Multimodal que será implementado no distrito de Artemis para algumas condições específicas de vazão.

Estes estudos hidráulicos foram efetuados através de simulações no modelo matemático HEC-RAS 4.1, US. Army Corps of Engineers (2010), Ref [1], que foi alimentado com seções topobatimétricas levantadas entre março e maio de 2013 ao longo do trecho do rio Piracicaba desde o eixo do A.M. Santa Maria da Serra até o Salto de Piracicaba, localizado a 80 km do eixo mencionado. O modelo foi ajustado utilizando linhas d'água medidas ao longo do rio Piracicaba, para vazões conhecidas em Artemis, e níveis d'água observados nos rios Corumbataí e Araquá obtidos durante os levantamentos topobatimétricos destes afluentes.

Em termos de organização apresentam-se inicialmente os dados gerais coletados, os dados utilizados nos estudos hidráulicos e a montagem e aferição do modelo matemático. Em seguida é feita a avaliação da influência do A.M. Santa Maria da Serra nos rios Piracicaba, Corumbataí e Araquá, além de fornecidos os subsídios para avaliar os impactos na navegação pela futura hidrovia no Terminal Multimodal de Artemis.

## 2. DADOS UTILIZADOS

Os dados básicos são os seguintes:

- Levantamento de três linhas d'água do rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí), realizado nos dias 27 de dezembro de 2012, 6 de fevereiro de 2013 e 13 de março de 2013 (documento nº 01501-B-SMS-00-HI-RT-010);
- Localização das Seções Topobatimétricas (desenho nº 01501-B-SMS-00-HI-DE-001);
- Levantamento de 36 Seções Topobatimétricas no rio Piracicaba (M-00 a M-35), desde o Eixo de Sta Maria da Serra até a foz do rio Corumbataí – executadas em março de 2013 (documento nº 01501-B-SMS-00-HI-RT-010);
- Levantamento de 8 Seções Topobatimétricas no rio Piracicaba (P-1 a P-8), desde a foz do rio Corumbataí até o Salto de Piracicaba – executadas em abril de 2013 (documento nº 01501-B-SMS-00-HI-RT-011);
- Levantamento de 5 Seções Topobatimétricas no rio Corumbataí (CR-1 a CR-5), desde sua foz no rio Piracicaba até cerca de 6 km a montante do Corumbataí – executadas em abril de 2013 (documento nº 01501-B-SMS-00-HI-RT-011);
- Levantamento de 5 Seções Topobatimétricas no rio Araquá (ASP-1 a ASP-5), desde sua foz no rio Piracicaba até cerca de 8 km a montante do Araquá – executadas em maio de 2013 (documento nº 01501-B-SMS-00-HI-RT-011);
- Medições de descarga líquida e leituras de régua coletadas nos postos de Artemis (rio Piracicaba) e Recreio (rio Corumbataí), durante o período de dezembro de 2012 a maio de 2013 (documentos nºs 01501-B-SMS-00-HI-RT-005, 009 e 012).

Os dados complementares são os seguintes:

- Levantamento Aerofotogramétrico – executado em novembro de 2012 (desenhos nºs 01501-B-SMS-00-TO-DE-019 a 120);
- Níveis de operação do reservatório da UHE Barra Bonita nos períodos de 15 a 18 de abril de 2013, 22 a 25 de abril de 2013 e 2 a 3 de maio de 2013.

A Tabela 2.1 mostra as vazões típicas do rio Piracicaba no eixo de Santa Maria da Serra. As vazões Q90% e Q5% representam respectivamente a vazão mínima e máxima característica para navegação e foram calculadas de acordo com os critérios descritos no documento nº 01501-B-SMS-01-HI-RT-019.

**Tabela 2.1. - Vazões no AHE Santa Maria da Serra**

Denominação	TR (anos)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
Q90% (Permanência de 90%)	-	26
Média de Longo Termo (MLT)	-	159
Q5% (Permanência de 5%)	-	857
Cheia de 5 anos	5	922
Cheia Decenal	10	1.086
Cheia Centenária	100	1.600
Cheia Milenar	1.000	2.104
Cheia Decamilenar	10.000	2.608

A Tabela 2.2 indica os níveis de operação do reservatório da UHE Barra Bonita durante os períodos de levantamentos topobatimétricos dos trechos do rio Piracicaba entre a foz do Corumbataí até o Salto de Piracicaba (15 a 18-ABR-13), Corumbataí (22 a 25-ABR-13) e Araquá (2 a 3-MAI-13). Estes níveis d'água foram transferidos diretamente para o Eixo de Santa Maria da Serra e utilizados no processo de aferição dos trechos acima mencionados, visto que não se dispõe de linhas d'água instantâneas que tenham abrangido estas seções.

**Tabela 2.2. – Média dos níveis de operação do reservatório da UHE Barra Bonita**

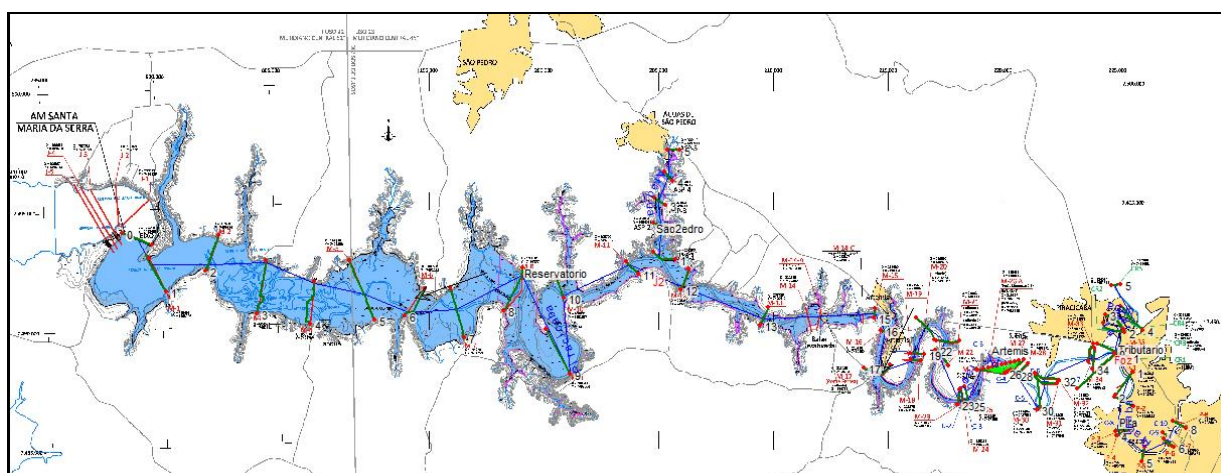
Período	NA (m)
15 a 18-ABR-2013	451,50
22 a 25-ABR-2013	451,54
2 a 3-MAI-2013	451,70

### 3. AFERIÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

#### 3.1. Montagem da Base de Dados

A base de dados foi montada no modelo matemático utilizando as 54 seções topobatimétricas levantadas no campo: 44 seções ao longo do rio Piracicaba (desde o Eixo de Santa Maria da Serra até o Salto de Piracicaba), 5 seções no rio Corumbataí (desde sua Foz até 6 km a montante deste rio) e 5 seções no rio Araquá (desde sua Foz até o canal de drenagem da cidade de Águas de São Pedro, localizado 8 km a montante).

A Figura 3.1 mostra a topologia implementada no modelo HEC-RAS.



**Figura 3.1.** – Localização esquemática das Seções Topobatimétricas do rio Piracicaba utilizadas no Modelo Matemático.

Durante o processo de aferição do rio Corumbataí, notou-se um desnível grande nos níveis d'água observados no trecho de jusante deste afluente, próximo a foz no rio Piracicaba, entre as seções CR-1 e CR-3. Imagens do Google Earth confirmaram a presença de corredeiras no trecho em questão.

Análogo ao Corumbataí, o córrego Araquá também apresenta uma declividade média de fundo bastante elevada, particularmente entre as seções ASP-3 a ASP-5. Imagens do Google Earth evidenciaram a presença de um grande número de corredeiras no trecho desde a foz no Piracicaba (seção ASP-1) até a seção ASP-5, onde se localiza o canal de drenagem da cidade de Águas de São Pedro.

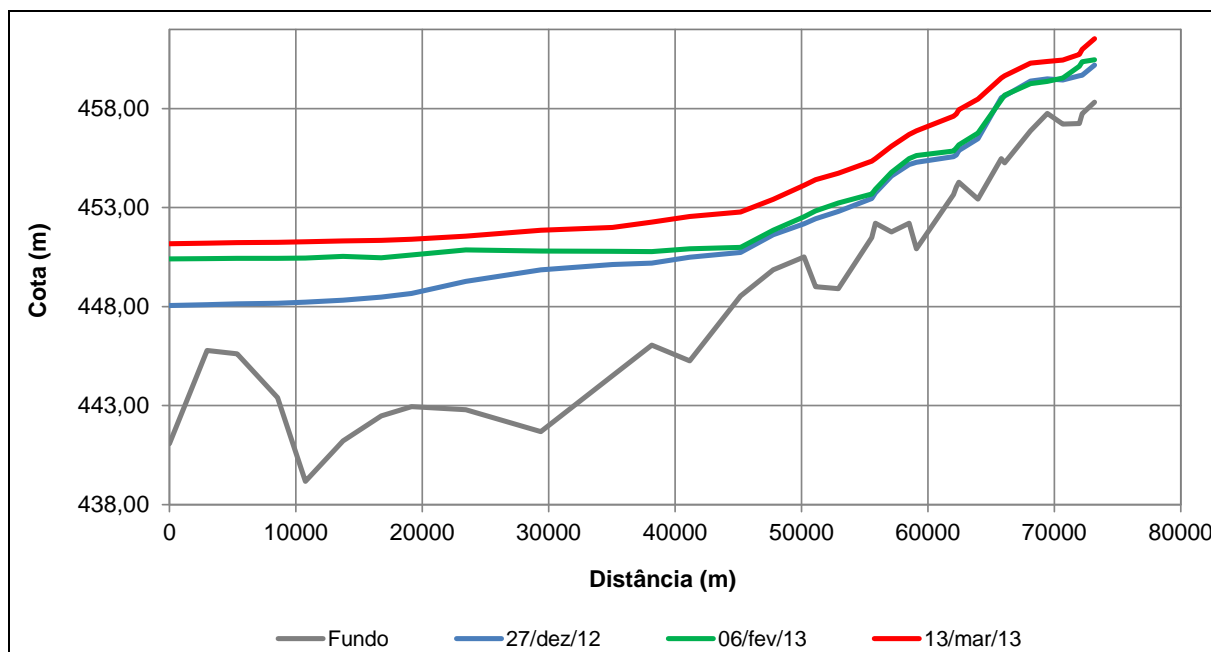
Com o intuito de melhor representar estes trechos nos cálculos de remanso, foram escolhidas seções destes acidentes localizados. As seções de escoamento topográficas foram extraídas do levantamento aerofotogramétrico. A batimetria foi definida a partir das imagens do Google Earth, do levantamento aerofotogramétrico, e da condição de escoamento crítico para definição da profundidade média.

Desta maneira, nas seções CR-2.7 e ASP-3.7, a forma da seção batimétrica, sem referência a altimétrica, foi encaixada na seção topográfica (obtida do levantamento aerofotogramétrico) por ajuste visual da largura superficial.

### 3.2. Rio Piracicaba (Eixo Sta. Maria da Serra – Foz Corumbataí)

O estudo de remanso do rio Piracicaba, trecho entre o Eixo de Sta Maria da Serra e a foz do Corumbataí, iniciou-se pela aferição dos parâmetros do Modelo de cálculo de remanso (HEC-RAS 4.0) a partir dos dados de linha d'água observados. Durante o processo de calibragem foram consideradas as linhas d'água levantadas em 27 de dezembro de 2012, 6 de fevereiro e 13 de março de 2013.

A aferição da linha d'água 13-mar-2013 foi considerada representativa para as vazões de cheia, enquanto que a aferição das linhas d'água 27-dez-12 e 6-fev-2013 foram assumidas respectivamente como representativas das vazões de estiagem e transição no rio Piracicaba, de acordo com a Figura 3.2.



**Figura 3.2. – Perfil de linhas de água medidas no rio Piracicaba.**

Segundo medições de descarga líquida do posto de Artemis, em 27-dez-12 e 13-mar-2013, foi possível estimar por relação de área de drenagem, as vazões do rio Piracicaba no eixo de Santa Maria da Serra em 104,56 m<sup>3</sup>/s (27-dez-12) e 462,53 m<sup>3</sup>/s (13-mar-13). Dados do posto telemétrico em Artemis do dia 6-fev-2013 permitiram estimar pelo mesmo procedimento a vazão de 133,72 m<sup>3</sup>/s no eixo de Santa Maria da Serra. A Tabela 3.1 apresenta a contribuição das vazões em marcha em cada trecho.

**Tabela 3.1.** - Áreas de drenagem e contribuição das vazões em marcha por trecho.

Trecho	Seções	AD (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)		
			27/12/2012	06/02/2013	13/03/2013
Araquá	ASP-5	283	2,48	3,18	10,99
Corumbataí	CR-5	1699	14,89	19,05	65,88
Piracicaba	P-8	8997	78,89	100,89	348,97
	M-34	10696	93,78	119,93	414,85
	M-16	10880	95,40	122,00	422,00
	M-11	11197	98,18	125,55	434,30
	M-9	11367	99,67	127,46	440,89
	M-3	11619	101,88	130,29	450,66
	M-0	11925	104,56	133,72	462,53

As rugosidades de Manning ajustadas durante o processo de aferição estão indicadas nas Tabelas 3.2 a 3.4 para as condições de estiagem, transição e cheia, respectivamente. As Tabelas 3.5 a 3.7 e Figuras 3.3 a 3.5 apresentam as linhas d'água resultantes da aferição (sim) e as medidas no campo (obs) para as condições de vazão de estiagem, transição e cheia, respectivamente.

De acordo com Lencastre (1983), Ref [2], a rugosidade de Strickler para margens com mato disperso e vegetação cerrada em condições normais corresponde a coeficiente de Manning de 0,050.



**SECRETARIA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO**

**Tabela 3.2.** – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra - Foz Corumbataí)  
Rugosidade de Manning – Condição de Estiagem (27-dez-2012)

Seções	n <sub>ME</sub>	n <sub>CANAL</sub>	n <sub>MD</sub>
M35	0,050	0,030	0,050
M34	0,050	0,020	0,050
M33	0,050	0,020	0,050
M32	0,050	0,020	0,050
M31	0,050	0,020	0,050
M30	0,050	0,020	0,050
M28	0,050	0,035	0,050
M27	0,050	0,045	0,050
M26	0,050	0,030	0,050
M25	0,050	0,020	0,050
M24	0,050	0,020	0,050
M23	0,050	0,020	0,050
M22	0,050	0,020	0,050
M21	0,050	0,035	0,050
M20	0,050	0,030	0,050
M19	0,050	0,030	0,050
M18	0,050	0,030	0,050
M17	0,050	0,030	0,050
M16	0,050	0,025	0,050
M15	0,050	0,020	0,050
M14 C	0,050	0,020	0,050
M14 A	0,050	0,025	0,050
M13	0,050	0,025	0,050
M12	0,050	0,030	0,050
M11	0,050	0,035	0,050
M10	0,050	0,050	0,050
M09	0,060	0,060	0,060
M08	0,080	0,080	0,080
M07	0,050	0,050	0,050
M06	0,050	0,050	0,050
M05	0,050	0,050	0,050
M04	0,050	0,050	0,050
M03	0,050	0,050	0,050
M02	0,050	0,050	0,050
M01	0,050	0,050	0,050
EIXO	0,050	0,050	0,050

SECRETARIA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO

**Tabela 3.3.** – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí)  
Rugosidade de Manning – Condição de Transição (6-fev-2013).

Seções	n <sub>ME</sub>	n <sub>CANAL</sub>	n <sub>MD</sub>
M35	0,050	0,030	0,050
M34	0,050	0,020	0,050
M33	0,050	0,020	0,050
M32	0,050	0,020	0,050
M31	0,050	0,020	0,050
M30	0,050	0,020	0,050
M28	0,050	0,035	0,050
M27	0,050	0,060	0,050
M26	0,050	0,030	0,050
M25	0,050	0,020	0,050
M24	0,050	0,020	0,050
M23	0,050	0,020	0,050
M22	0,050	0,020	0,050
M21	0,050	0,035	0,050
M20	0,050	0,030	0,050
M19	0,050	0,030	0,050
M18	0,050	0,030	0,050
M17	0,050	0,030	0,050
M16	0,050	0,025	0,050
M15	0,050	0,020	0,050
M14 C	0,050	0,020	0,050
M14 A	0,050	0,025	0,050
M13	0,050	0,020	0,050
M12	0,050	0,025	0,050
M11	0,050	0,025	0,050
M10	0,050	0,025	0,050
M09	0,050	0,025	0,050
M08	0,050	0,080	0,050
M07	0,050	0,050	0,050
M06	0,050	0,050	0,050
M05	0,050	0,050	0,050
M04	0,050	0,050	0,050
M03	0,050	0,050	0,050
M02	0,050	0,050	0,050
M01	0,050	0,050	0,050
EIXO	0,050	0,050	0,050

SECRETARIA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO

**Tabela 3.4.** – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí)  
Rugosidade de Manning – Condição de Cheia (13-mar-2013).

Seções	n <sub>ME</sub>	n <sub>CANAL</sub>	n <sub>MD</sub>
M35	0,050	0,015	0,050
M34	0,050	0,015	0,050
M33	0,050	0,015	0,050
M32	0,050	0,015	0,050
M31	0,050	0,015	0,050
M30	0,050	0,015	0,050
M28	0,050	0,020	0,050
M27	0,050	0,025	0,050
M26	0,050	0,030	0,050
M25	0,050	0,030	0,050
M24	0,050	0,020	0,050
M23	0,050	0,020	0,050
M22	0,050	0,020	0,050
M21	0,050	0,025	0,050
M20	0,050	0,025	0,050
M19	0,050	0,025	0,050
M18	0,050	0,030	0,050
M17	0,050	0,030	0,050
M16	0,050	0,025	0,050
M15	0,050	0,020	0,050
M14 C	0,050	0,020	0,050
M14 A	0,050	0,020	0,050
M13	0,050	0,020	0,050
M12	0,050	0,020	0,050
M11	0,050	0,025	0,050
M10	0,050	0,030	0,050
M09	0,050	0,020	0,050
M08	0,050	0,025	0,050
M07	0,050	0,025	0,050
M06	0,050	0,050	0,050
M05	0,050	0,050	0,050
M04	0,050	0,050	0,050
M03	0,050	0,050	0,050
M02	0,050	0,050	0,050
M01	0,050	0,050	0,050
EIXO	0,050	0,050	0,050

**SECRETARIA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO**

**Tabela 3.5. – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí)**  
Linhas d'água observadas e simuladas – Condição de Estiagem (27-dez-2012).

Seções	Dist Ac. (m)	Fundo (m)	N.A. obs (m)	N.A. sim (m)	Δ NA (m)
M35	73181	458,33	460,20	460,35	-0,16
M34	72199	457,74	459,68	459,89	-0,21
M33	71984	457,24	459,66	459,83	-0,17
M32	70666	457,22	459,44	459,65	-0,21
M31	69442	457,76	459,50	459,48	0,02
M30	68125	456,88	459,38	459,20	0,18
M28	66081	455,26	458,64	458,51	0,13
M27	65815	455,47	458,55	458,34	0,21
M26	63956	453,43	456,48	456,55	-0,07
M25	62455	454,28	455,89	455,85	0,04
M24	62239	454,04	455,66	455,71	-0,05
M23	62026	453,66	455,57	455,64	-0,07
M22	59092	450,92	455,28	455,18	0,10
M21	58516	452,21	455,18	455,07	0,11
M20	57114	451,77	454,59	454,45	0,14
M19	55839	452,21	453,74	453,54	0,20
M18	55557	451,48	453,46	453,23	0,23
M17	52915	448,91	452,80	452,65	0,15
M16	51104	449,00	452,43	452,50	-0,07
M15	50198	450,51	452,18	452,42	-0,24
M14 C	49653	450,64	-	452,28	-
M14 A	47749	449,86	451,63	451,46	0,17
M13	45182	448,53	450,74	450,71	0,03
M12	41163	445,26	450,50	450,28	0,22
M11	38158	446,06	450,20	450,06	0,14
M10	35050	444,51	450,13	449,87	0,26
M09	29376	441,69	449,85	449,62	0,23
M08	23441	442,79	449,27	449,04	0,23
M07	19161	442,94	448,67	448,52	0,15
M06	16745	442,48	448,48	448,44	0,04
M05	13723	441,22	448,33	448,37	-0,04
M04	10756	439,17	448,23	448,25	-0,02
M03	8543	443,40	448,17	448,19	-0,02
M02	5363	445,62	448,14	448,10	0,04
M01	2977	445,78	448,09	448,07	0,02
EIXO	0	441,07	448,06	448,06	0,00
Vazão (m³/s)	105				

**SECRETARIA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO**

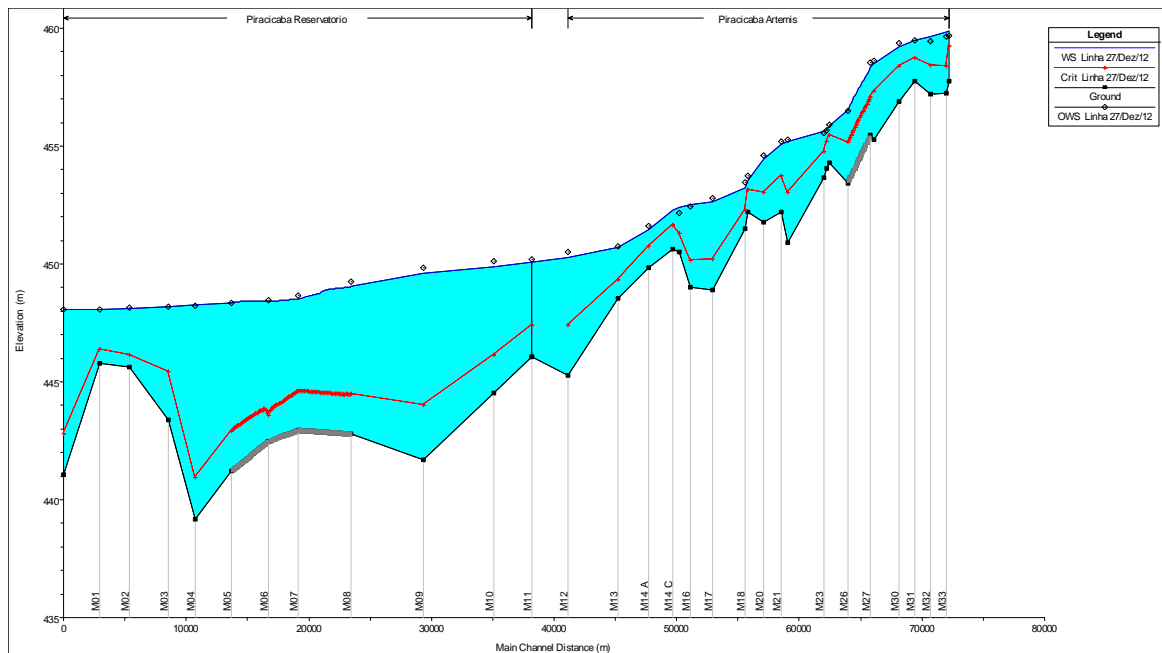
**Tabela 3.6.** – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí)  
Linhas d'água observadas e simuladas – Condição de transição (6-fev-2013).

Seções	Dist Ac. (m)	Fundo (m)	N.A. obs (m)	N.A. sim (m)	Δ NA (m)
M35	73181	458,33	460,47	460,54	-0,08
M34	72199	457,74	460,37	460,10	0,27
M33	71984	457,24	460,15	460,05	0,10
M32	70666	457,22	459,54	459,86	-0,32
M31	69442	457,76	459,37	459,69	-0,32
M30	68125	456,88	459,25	459,43	-0,18
M28	66081	455,26	458,69	458,75	-0,06
M27	65815	455,47	458,44	458,58	-0,14
M26	63956	453,43	456,77	456,75	0,02
M25	62455	454,28	456,17	456,09	0,08
M24	62239	454,04	456,01	455,99	0,02
M23	62026	453,66	455,85	455,93	-0,08
M22	59092	450,92	455,63	455,48	0,15
M21	58516	452,21	455,47	455,35	0,12
M20	57114	451,77	454,77	454,70	0,07
M19	55839	452,21	453,92	453,75	0,17
M18	55557	451,48	453,68	453,48	0,20
M17	52915	448,91	453,23	452,90	0,33
M16	51104	449,00	452,84	452,72	0,12
M15	50198	450,51	452,53	452,62	-0,09
M14 C	49653	450,64	-	452,47	-
M14 A	47749	449,86	451,86	451,76	0,10
M13	45182	448,53	450,99	451,26	-0,27
M12	41163	445,26	450,92	451,08	-0,16
M11	38158	446,06	450,78	450,98	-0,20
M10	35050	444,51	450,80	450,92	-0,12
M09	29376	441,69	450,80	450,88	-0,08
M08	23441	442,79	450,86	450,76	0,10
M07	19161	442,94	450,61	450,46	0,15
M06	16745	442,48	450,46	450,43	0,03
M05	13723	441,22	450,53	450,42	0,11
M04	10756	439,17	450,46	450,41	0,05
M03	8543	443,40	450,44	450,41	0,03
M02	5363	445,62	450,43	450,41	0,02
M01	2977	445,78	450,42	450,41	0,01
EIXO	0	441,07	450,41	450,41	0,00
Vazão (m³/s)	134				

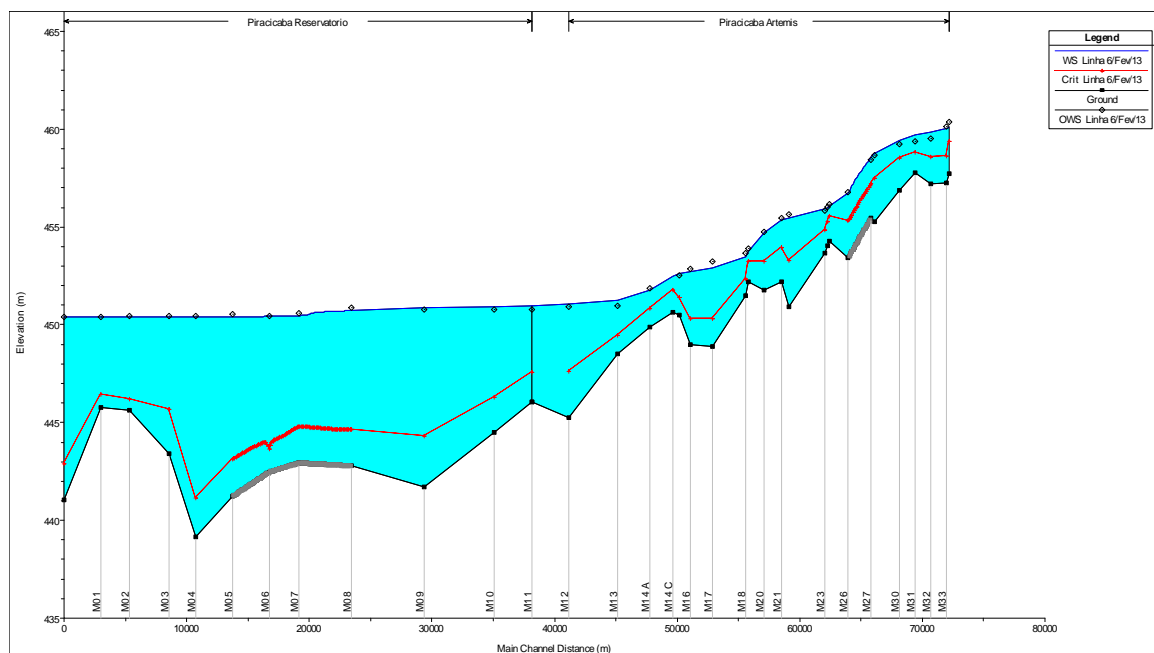
**SECRETARIA ESTADUAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO**

**Tabela 3.7. – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbataí)**  
Linhas d'água observadas e simuladas – Condição de Cheia (13-mar-2013).

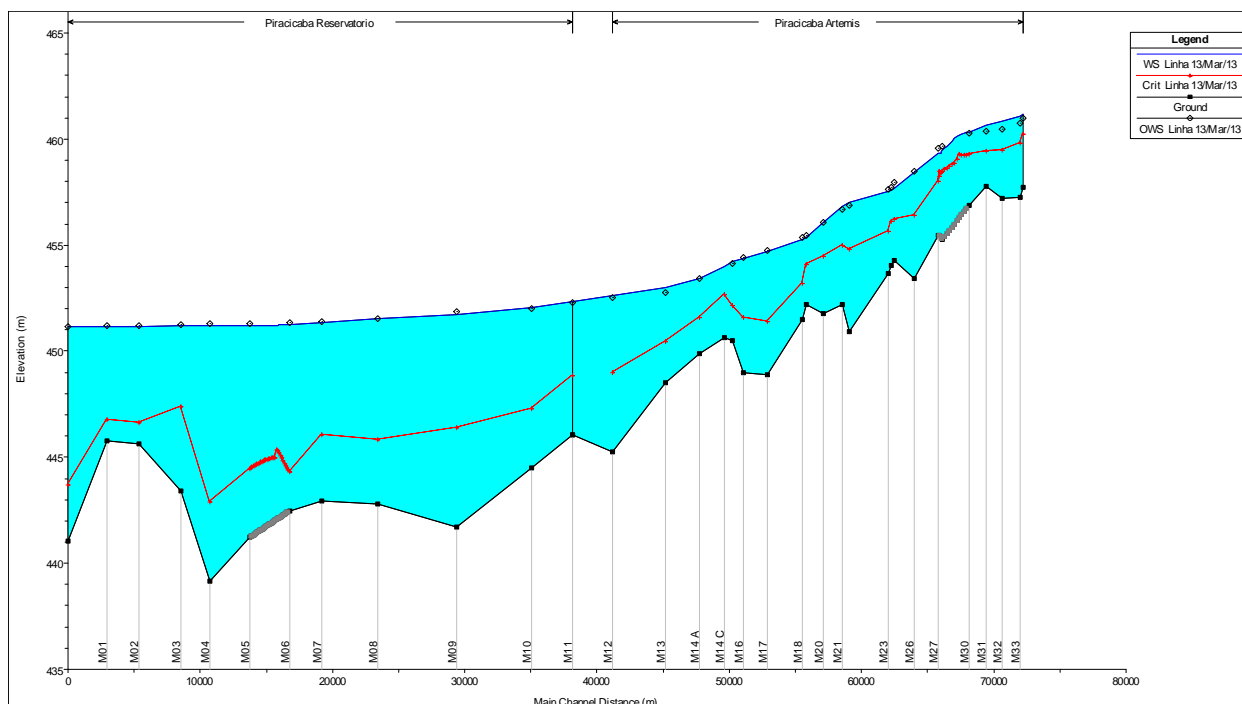
Seções	Dist Ac. (m)	Fundo (m)	N.A. obs (m)	N.A. sim (m)	Δ NA (m)
M35	73181	458,33	461,53	461,49	0,04
M34	72199	457,74	460,99	461,15	-0,16
M33	71984	457,24	460,74	461,10	-0,36
M32	70666	457,22	460,45	460,84	-0,39
M31	69442	457,76	460,39	460,67	-0,28
M30	68125	456,88	460,29	460,34	-0,05
M28	66081	455,26	459,66	459,46	0,20
M27	65815	455,47	459,55	459,33	0,22
M26	63956	453,43	458,48	458,43	0,05
M25	62455	454,28	457,95	457,67	0,28
M24	62239	454,04	457,72	457,60	0,12
M23	62026	453,66	457,62	457,55	0,07
M22	59092	450,92	456,88	457,01	-0,13
M21	58516	452,21	456,69	456,83	-0,14
M20	57114	451,77	456,09	456,09	0,00
M19	55839	452,21	455,47	455,39	0,08
M18	55557	451,48	455,34	455,28	0,06
M17	52915	448,91	454,73	454,69	0,04
M16	51104	449,00	454,41	454,37	0,04
M15	50198	450,51	454,13	454,22	-0,09
M14 C	49653	450,64	-	453,98	-
M14 A	47749	449,86	453,41	453,44	-0,03
M13	45182	448,53	452,77	453,02	-0,25
M12	41163	445,26	452,55	452,62	-0,07
M11	38158	446,06	452,27	452,32	-0,05
M10	35050	444,51	452,00	452,04	-0,04
M09	29376	441,69	451,85	451,73	0,12
M08	23441	442,79	451,56	451,52	0,04
M07	19161	442,94	451,41	451,33	0,07
M06	16745	442,48	451,35	451,25	0,10
M05	13723	441,22	451,31	451,20	0,11
M04	10756	439,17	451,28	451,19	0,09
M03	8543	443,40	451,25	451,19	0,06
M02	5363	445,62	451,23	451,18	0,05
M01	2977	445,78	451,20	451,17	0,03
EIXO	0	441,07	451,17	451,17	0,00
Vazão (m³/s)	462				



**Figura 3.3. – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbatai)**  
Linhas d'água observada e simulada – Condição de Estiagem (27-dez-2012).



**Figura 3.4. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Foz Corumbatai)**  
Linhas d'água observada e simulada – Condição de Transição (6-fev-2013).



**Figura 3.5. – rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Corumbataí)**  
Linhas d'água observada e simulada – Condição de Cheia (13-mar-2013).

### 3.3. Rio Piracicaba (Foz Corumbataí – Salto de Piracicaba)

O estudo de remanso do trecho do Piracicaba entre a foz do Corumbataí e o Salto de Piracicaba, iniciou-se pela aferição dos coeficientes de rugosidade de Manning a partir dos níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas P1 a P-8 no período entre 22 a 25 de abril de 2013.

Segundo dados do posto telemétrico em Artemis no período entre 22 a 25 de abril de 2013, foi possível estimar por relação de área de drenagem, as vazões do rio Piracicaba no eixo de Santa Maria da Serra em 102,48 m<sup>3</sup>/s (77,32 m<sup>3</sup>/s a montante da foz do Corumbataí), de acordo com a Tabela 3.8. O nível de partida assumido no modelo matemático no eixo de Santa Maria da Serra foi o obtido com a operação da UHE Barra Bonita de 451,54 m (Tabela 2.2).



**Tabela 3.8.** – rio Piracicaba (Foz Corumbataí – Salto de Piracicaba)  
Áreas de drenagem e contribuição das vazões em marcha por trecho (ABR-2013).

Trecho	Seções	AD (km <sup>2</sup> )	22 a 25/4 Q (m <sup>3</sup> /s)
Araquá	ASP-5	283	2,44
Corumbataí	CR-5	1699	14,60
Piracicaba	P-8	8997	77,32
	M-34	10696	91,92
	M-16	10880	93,50
	M-11	11197	96,22
	M-9	11367	97,69
	M-3	11619	99,85
	M-0	11925	102,48

As rugosidades de Manning ajustadas durante o processo de aferição estão indicadas na Tabela 3.9. A Tabela 3.10 e Figura 3.6 apresentam as linhas d'água resultantes da aferição (sim) e as medidas no campo (Obs.).

**Tabela 3.9.** – rio Piracicaba (Foz Corumbataí – Salto de Piracicaba)  
Rugosidade de Manning (ABR-2013).

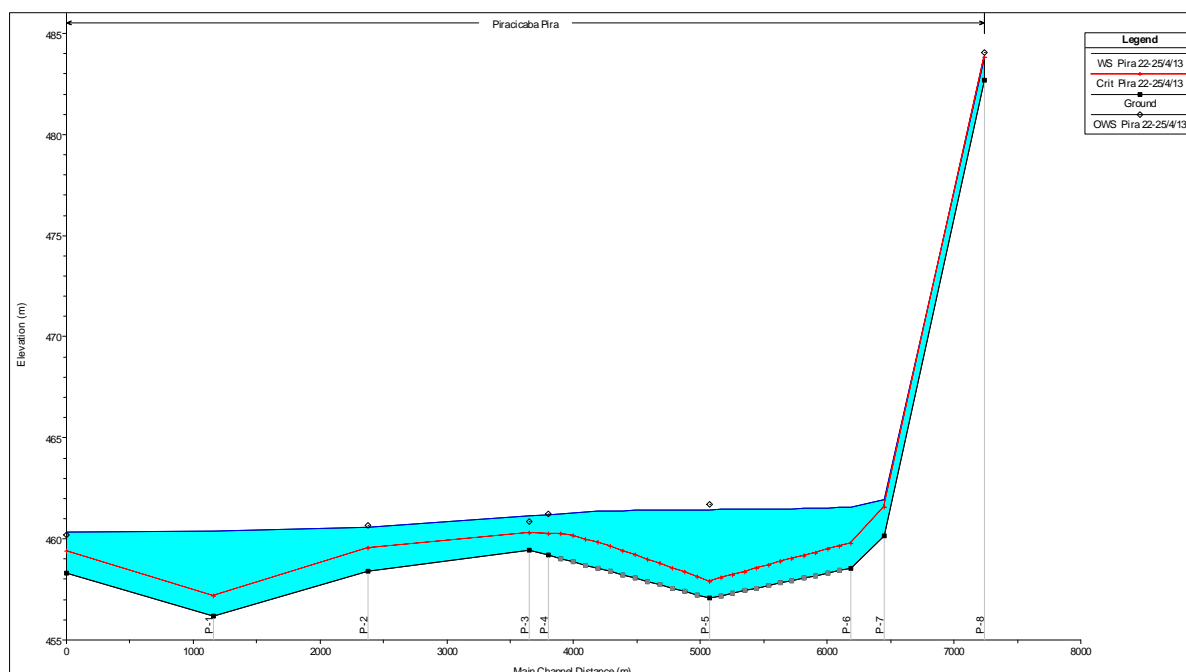
Seções	n <sub>ME</sub>	n <sub>CANAL</sub>	n <sub>MD</sub>
P-8	0,050	0,030	0,050
P-7	0,050	0,030	0,050
P-6	0,060	0,060	0,060
P-5	0,050	0,040	0,050
P-4	0,050	0,030	0,050
P-3	0,050	0,030	0,050
P-2	0,050	0,030	0,050
P-1	0,050	0,030	0,050

Obs: rugosidade estimada para níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas P-1 a P-8 no período de 22 a 25 de Abril de 2013.

**Tabela 3.10. – rio Piracicaba (Foz Corumbataí – Salto de Piracicaba)**  
Níveis d'água observados e Linha d'água simulada – (ABR-2013).

Seções	Dist Ac. (m)	Fundo (m)	*N.A. obs (m)	N.A. sim (m)	$\Delta$ NA (m)
P-8	80421	482,67	484,07	483,84	0,23
P-7	79630	460,17	-	461,93	-
P-6	79370	458,56	-	461,58	-
P-5	78250	457,07	461,69	461,45	0,24
P-4	76982	459,20	461,24	461,20	0,04
P-3	76832	459,46	460,88	461,12	-0,24
P-2	75559	458,41	460,66	460,60	0,06
P-1	74340	456,16	-	460,40	-
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	77				

Obs: \* níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas P-1 a P-8 no período de 22 a 25 de Abril de 2013.



**Figura 3.6. – rio Piracicaba (Foz Corumbataí – Salto de Piracicaba)**  
Níveis d'água observados e Linha d'água simulada – (ABR-2013).

### 3.4. Rio Corumbataí

O estudo de remanso do trecho de jusante do rio Corumbataí iniciou-se pela aferição dos coeficientes de rugosidade de Manning a partir dos níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas CR-1 a CR-5 no período entre 15 a 18 de abril de 2013.

Segundo dados do posto telemétrico em Artemis, no período entre 15 a 18 de abril de 2013, foi possível estimar por relação de área de drenagem, a vazão do rio Piracicaba no eixo de Santa Maria da Serra em 110,92 m<sup>3</sup>/s (15,8 m<sup>3</sup>/s no rio Corumbataí), de acordo com a Tabela 3.11. O nível de partida assumido no modelo matemático no eixo de Santa Maria da Serra foi de 451,5 m (Tabela 2.2).

**Tabela 3.11. – rio Corumbataí**  
Áreas de drenagem e contribuição das vazões em marcha por trecho (ABR-2013).

Trecho	Seções	AD (km <sup>2</sup> )	15 a 18/4 Q (m <sup>3</sup> /s)
Araquá	ASP-5	283	2,64
Corumbataí	CR-5	1699	15,80
Piracicaba	P-8	8997	83,69
	M-34	10696	99,49
	M-16	10880	101,20
	M-11	11197	104,15
	M-9	11367	105,73
	M-3	11619	108,07
	M-0	11925	110,92

As rugosidades de Manning ajustadas durante o processo de aferição estão indicadas na Tabela 3.12. A Tabela 3.13 e Figura 3.7 apresentam as linhas d'água resultantes da aferição (sim) e as medidas no campo (Obs.).

**Tabela 3.12. – rio Corumbataí**  
Rugosidade de Manning (ABR-2013).

Seções	n <sub>ME</sub>	n <sub>CANAL</sub>	n <sub>MD</sub>
CR-5	0,05	0,03	0,05
CR-4	0,05	0,03	0,05
CR-3	0,05	0,03	0,05
**CR-2.7	0,05	0,03	0,05
CR-2	0,05	0,03	0,05
CR-1	0,05	0,03	0,05

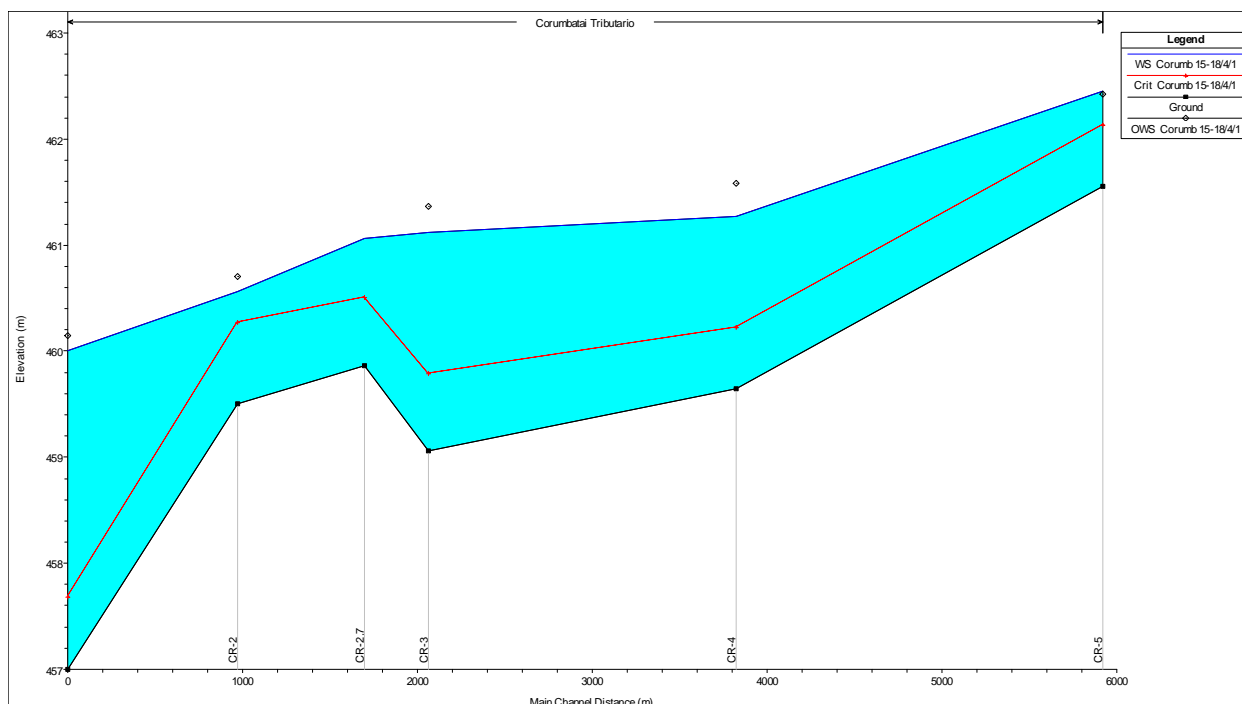
Obs: \* rugosidade estimada para níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas CR-1 a CR-5 no período de 15 a 18 de abril de 2013.

\*\* seção inserida no modelo matemático representando uma corredeira.

**Tabela 3.13. – rio Corumbataí**  
Níveis d'água observados e Linha d'água simulada – (ABR-2013).

Seções	Dist Ac. (m)	Fundo (m)	*N.A. obs (m)	N.A. sim (m)	Δ NA (m)
CR-5	5918	461,55	462,42	462,46	-0,04
CR-4	3824	459,65	461,58	461,27	0,31
CR-3	2063	459,06	461,37	461,12	0,25
CR-2	969	459,50	460,70	460,56	0,14
CR-1	0	457,00	460,15	460,00	0,15
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	16				

Obs: \* níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas CR-1 a CR-5 no período de 15 a 18 de Abril de 2013.



**Figura 3.7. – rio Corumbataí**  
Níveis d'água observados e Linha d'água simulada – (ABR-2013).

### 3.5. Córrego Araquá

O estudo de remanso do trecho de jusante do córrego Araquá iniciou-se pela aferição dos coeficientes de rugosidade de Manning a partir dos níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas ASP-1 a ASP-5 no período entre 2 e 3 de maio de 2013.

Segundo dados do posto telemétrico em Artemis, no período entre 2 e 3 de maio de 2013, foi possível estimar por relação de área de drenagem, a vazão do rio Piracicaba no eixo de Santa Maria da Serra em  $85,55 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2,03 \text{ m}^3/\text{s}$  no Araquá), de acordo com a Tabela 3.14. O nível de partida assumido no modelo matemático no eixo de Santa Maria da Serra foi de 451,7 m (Tabela 2.2).

**Tabela 3.14. – Córrego Araquá – Áreas de drenagem e contribuição das vazões em marcha por trecho (MAI-2013).**

Trecho	Seções	AD (km <sup>2</sup> )	2 a 3/5 Q (m <sup>3</sup> /s)
Araquá	ASP-5	283	2,03
Corumbataí	CR-5	1699	12,19
Piracicaba	P-8	8997	64,54
	M-34	10696	76,73
	M-16	10880	78,05
	M-11	11197	80,32
	M-9	11367	81,54
	M-3	11619	83,35
	M-0	11925	85,55

As rugosidades de Manning ajustadas durante o processo de aferição estão indicadas na Tabela 3.15. A Tabela 3.16 e Figura 3.8 apresentam as linhas d'água resultantes da aferição (sim) e as medidas no campo (Obs.).

**Tabela 3.15. – rio Araquá**  
Rugosidade de Manning – Condição de Estiagem (MAI-2013).

Seções	n ME	n CANAL	n MD
ASP-5	0,06	0,06	0,06
ASP-4	0,06	0,06	0,06
**ASP-3.7	0,05	0,05	0,05
ASP-3	0,05	0,05	0,05
ASP-2	0,05	0,05	0,05
ASP-1	0,05	0,05	0,05

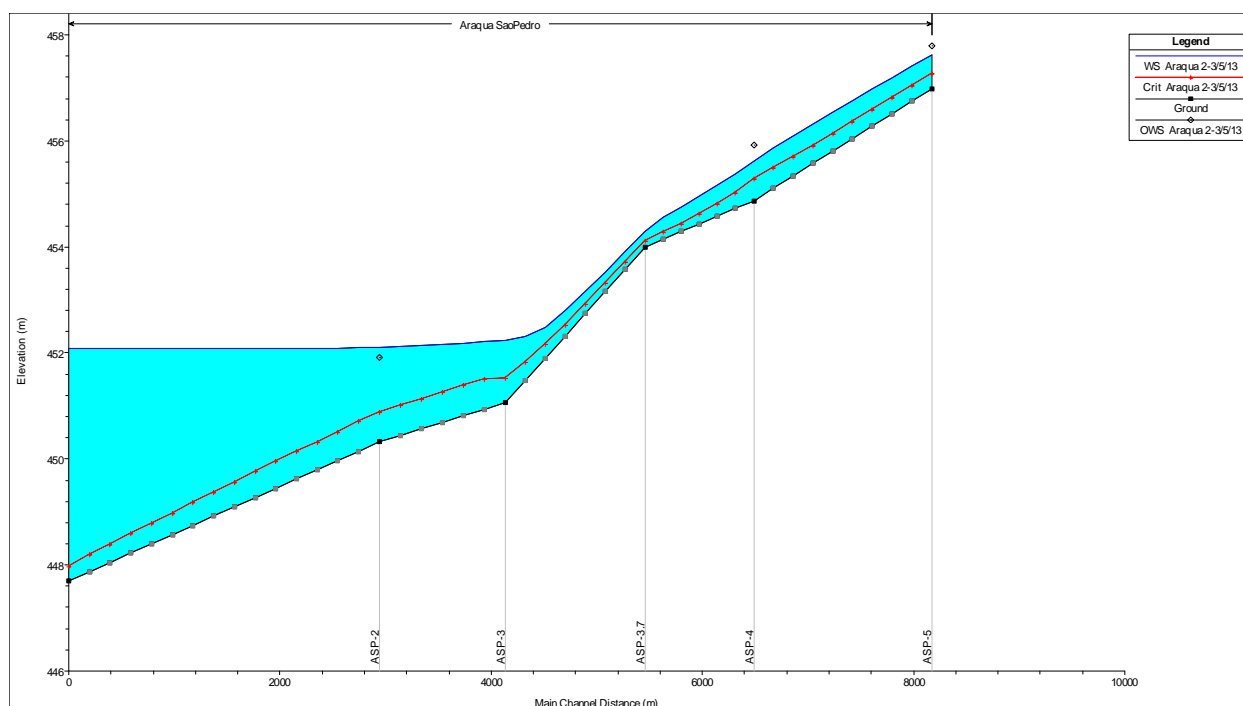
Obs: \* rugosidade estimada para níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas ASP-1 a ASP-5 no período de 2 e 3 de Maio de 2013.

\*\* seção inserida no modelo matemático representando uma corredeira.

**Tabela 3.16. – rio Araquá**  
Níveis d'água observados e Linha d'água simulada – (MAI-2013).

Seções	Dist Ac. (m)	Fundo (m)	*N.A. obs (m)	N.A. sim (m)	Δ NA (m)
ASP-5	8172	456,98	457,80	457,63	0,17
ASP-4	6487	454,87	455,92	455,62	0,30
ASP-3	4137	451,06	-	452,24	-
ASP-2	2941	450,32	451,91	452,11	-0,20
ASP-1	0	447,70	-	452,08	-
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	2				

Obs.: \* níveis d'água observados durante os levantamentos das seções topobatimétricas no período de 2 e 3 de maio de 2013.



**Figura 3.8. – rio Araquá**  
Níveis d'água observados e Linha d'água simulada – (MAI-2013).

#### 4. CÁLCULO DE REMANSO

Com o modelo matemático aferido pode-se extrapolá-lo para outras vazões e níveis. A aferição da linha d'água 27-dez-12 foi considerada representativa para as vazões de estiagem e, portanto foi adotada para estimar a vazão Q90%. A aferição da linha d'água 6-fev-13, assumida como representativa das vazões intermediárias foi adotada para estimar a vazão MLT. Por fim, a aferição da linha d'água 13-mar-13 (condição de cheia) foi admitida para estimar a Q5% e as vazões com recorrência de 5, 10, 100, 1.000 e 10.000 anos.

As Tabelas 4.1 e 4.2 mostram as vazões distribuídas nas seções proporcionais à área de drenagem nos rios Piracicaba, Corumbataí e Araquá para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5 anos (Tabela 4.1) e Tr = 10, 100, 1.000 e 10.000 anos (Tabela 4.2) no eixo de Sta Maria da Serra.

**Tabela 4.1.** - Áreas de drenagem e contribuição das vazões em marcha por trecho Q90%, MLT , Q5% e Tr = 5 anos.

Trecho	Seções	AD (km <sup>2</sup> )	Q5% (m <sup>3</sup> /s)	MLT (m <sup>3</sup> /s)	Q90% (m <sup>3</sup> /s)	Tr=5 (m <sup>3</sup> /s)
Araquá	ASP-5	283	0,61	3,78	20,37	21,91
Corumbataí	CR-5	1699	3,65	22,65	122,10	131,33
Piracicaba	P-8	8997	19,31	119,96	646,76	695,63
	M-34	10696	22,95	142,61	768,87	826,96
	M-16	10880	23,35	145,07	782,11	841,20
	M-11	11197	24,03	149,29	804,90	865,71
	M-9	11367	24,39	151,56	817,12	878,86
	M-3	11619	24,93	154,92	835,23	898,34
	M-0	11925	25,59	159,00	857,23	922,00

**Tabela 4.2.** - Áreas de drenagem e contribuição das vazões em marcha por trecho Tr = 10, 100, 1.000 10.000 anos.

Trecho	Seções	AD (km <sup>2</sup> )	Tr=10 (m <sup>3</sup> /s)	Tr=100 (m <sup>3</sup> /s)	Tr=1.000 (m <sup>3</sup> /s)	Tr=10.000 (m <sup>3</sup> /s)
Araquá	ASP-5	283	25,81	38,02	50,00	61,98
Corumbataí	CR-5	1699	154,69	227,90	299,69	371,48
Piracicaba	P-8	8997	819,36	1207,16	1587,42	1967,68
	M-34	10696	974,05	1435,07	1887,12	2339,16
	M-16	10880	990,83	1459,79	1919,62	2379,46
	M-11	11197	1019,70	1502,32	1975,55	2448,79
	M-9	11367	1035,18	1525,13	2005,55	2485,97
	M-3	11619	1058,13	1558,94	2050,01	2541,08
	M-0	11925	1086,00	1600,00	2104,00	2608,00



#### 4.1. Piracicaba

Considerando-se os níveis de água do reservatório na cota 457,0 m (458,0 m para a vazão decamilenar), foram estimados os níveis d'água para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5 anos (Tabela 4.3) e Tr = 10, 100, 1.000 e 10.000 anos (Tabela 4.4). Os níveis d'água sombreados em azul indicam o limite do efeito do reservatório, sendo que nas demais seções os níveis com reservatório se igualam aos níveis d'água naturais sem o reservatório de Sta. Maria da Serra.

**Tabela 4.3. - rio Piracicaba – Q90%, MLT , Q5% e Tr = 5 anos.**

Seções	Permanência 90% (Q = 26 m³/s)		Δ NA	MLT (Q = 159 m³/s)		Δ NA	Permanência 5% (Q = 857 m³/s)		Δ NA	Tr = 5 anos (Q = 922 m³/s)		Δ NA
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)				
	NAT	RES	(m)	NAT	RES	(m)	NAT	RES	(m)	NAT	RES	(m)
P-8	483,56	483,56	0,00	483,94	483,94	0,00	484,69	484,69	0,00	484,74	484,74	0,00
P-7	461,11	461,11	0,00	462,36	462,36	0,00	463,76	463,76	0,00	463,86	463,86	0,00
P-6	460,58	460,58	0,00	462,09	462,09	0,00	463,87	463,87	0,00	464,04	464,05	0,01
P-5	460,54	460,54	0,00	461,91	461,91	0,00	463,76	463,76	0,00	463,92	463,92	0,00
P-4	460,41	460,41	0,00	461,62	461,62	0,00	463,59	463,59	0,00	463,75	463,75	0,00
P-3	460,34	460,34	0,00	461,54	461,54	0,00	463,38	463,38	0,00	463,53	463,53	0,00
P-2	459,75	459,75	0,00	461,01	461,01	0,00	463,12	463,12	0,00	463,27	463,27	0,00
P-1	459,55	459,55	0,00	460,81	460,81	0,00	463,05	463,05	0,00	463,20	463,21	0,01
M35	459,54	459,54	0,00	460,70	460,70	0,00	462,88	462,88	0,00	463,02	463,03	0,01
M34	459,05	459,05	0,00	460,27	460,27	0,00	462,59	462,59	0,00	462,73	462,74	0,01
M33	458,97	458,97	0,00	460,22	460,22	0,00	462,50	462,50	0,00	462,62	462,63	0,01
M32	458,89	458,89	0,00	460,02	460,02	0,00	462,05	462,06	0,01	462,19	462,20	0,01
M31	458,75	458,75	0,00	459,85	459,86	0,01	461,69	461,71	0,02	461,85	461,88	0,03
M30	458,33	458,32	-0,01	459,60	459,61	0,01	461,30	461,33	0,03	461,45	461,49	0,04
M28	457,47	457,53	0,06	458,94	458,97	0,03	460,88	460,94	0,06	461,12	461,19	0,07
M27	457,31	457,40	0,09	458,77	458,81	0,04	460,77	460,84	0,07	461,01	461,09	0,08
M26	455,66	457,02	1,36	456,90	457,43	0,53	459,81	459,93	0,12	460,01	460,13	0,12
M25	455,27	457,01	1,74	456,27	457,26	0,99	459,14	459,35	0,21	459,32	459,51	0,19
M24	454,90	457,01	2,11	456,19	457,25	1,06	459,09	459,31	0,22	459,27	459,47	0,20
M23	454,69	457,01	2,32	456,14	457,25	1,11	459,04	459,26	0,22	459,22	459,42	0,20
M22	453,97	457,01	3,04	455,70	457,18	1,48	458,52	458,86	0,34	458,71	459,02	0,31
M21	453,91	457,00	3,09	455,58	457,16	1,58	458,33	458,72	0,39	458,52	458,87	0,35

**Tabela 4.3. - rio Piracicaba – Q90%, MLT , Q5% e Tr = 5 anos. (cont.)**

Seções	Permanência 90% (Q = 26 m³/s)		Δ NA (m)	MLT (Q = 159 m³/s)		Δ NA (m)	Permanência 5% (Q = 857 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 5 anos (Q = 922 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)	
	NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES	
M20	453,41	457,00	3,59	454,90	457,08	2,18	457,59	458,21	0,62	457,78	458,34	0,56
M19	452,87	457,00	4,13	453,92	457,05	3,13	457,08	457,92	0,84	457,27	458,02	0,75
M18	452,33	457,00	4,67	453,67	457,04	3,37	457,00	457,87	0,87	457,19	457,97	0,78
M17	451,72	457,00	5,28	453,09	457,03	3,94	456,50	457,59	1,09	456,67	457,66	0,99
M16	451,69	457,00	5,31	452,88	457,02	4,14	456,19	457,46	1,27	456,35	457,52	1,17
M15	451,67	457,00	5,33	452,78	457,02	4,24	455,96	457,37	1,41	456,11	457,42	1,31
M14 C	451,61	457,00	5,39	452,61	457,02	4,41	455,79	457,34	1,55	455,94	457,38	1,44
M14 A	450,70	457,00	6,30	451,75	457,01	5,26	455,20	457,24	2,04	455,35	457,28	1,93
M13	449,38	457,00	7,62	450,93	457,01	6,08	454,77	457,19	2,42	454,93	457,22	2,29
M12	448,57	457,00	8,43	450,48	457,01	6,53	454,34	457,13	2,79	454,48	457,15	2,67
M11	448,39	457,00	8,61	450,23	457,00	6,77	453,91	457,06	3,15	454,02	457,07	3,05
M10	448,27	457,00	8,73	450,07	457,00	6,93	453,51	457,03	3,52	453,59	457,04	3,45
M09	448,20	457,00	8,80	449,95	457,00	7,05	452,64	457,02	4,38	452,72	457,02	4,30
M08	448,11	457,00	8,89	449,66	457,00	7,34	451,69	457,01	5,32	451,80	457,01	5,21
M07	448,05	457,00	8,95	448,83	457,00	8,17	451,10	457,01	5,91	451,20	457,01	5,81
M06	448,05	457,00	8,95	448,67	457,00	8,33	450,74	457,01	6,27	450,81	457,01	6,20
M05	448,04	457,00	8,96	448,55	457,00	8,45	450,37	457,00	6,63	450,41	457,01	6,60
M04	448,02	457,00	8,98	448,38	457,00	8,62	450,23	457,00	6,77	450,26	457,00	6,74
M03	448,01	457,00	8,99	448,27	457,00	8,73	450,17	457,00	6,83	450,20	457,00	6,80
M02	448,00	457,00	9,00	448,10	457,00	8,90	450,09	457,00	6,91	450,11	457,00	6,89
M01	448,00	457,00	9,00	448,03	457,00	8,97	450,03	457,00	6,97	450,04	457,00	6,96
EIXO	448,00	457,00	9,00	448,00	457,00	9,00	450,00	457,00	7,00	450,00	457,00	7,00

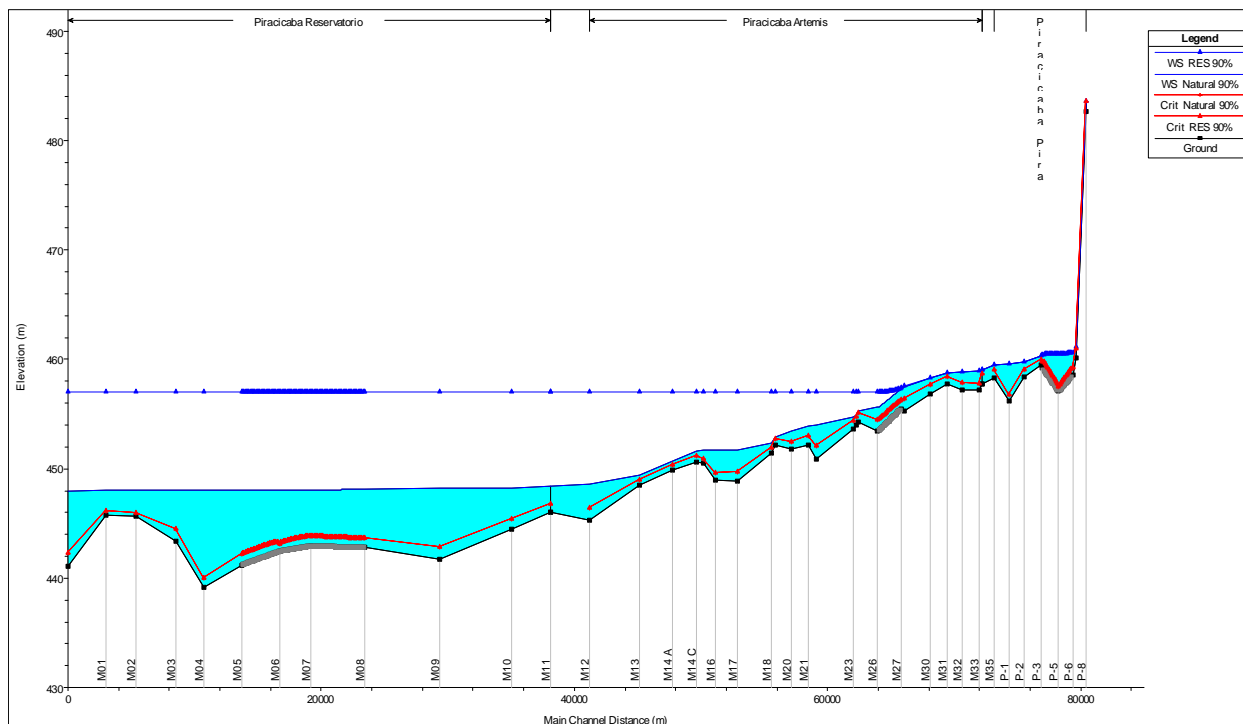
**Tabela 4.4. - rio Piracicaba – Tr = 10, 100, 1.000 10.000 anos.**

Seções	Tr = 10 anos (Q = 1.086 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 100 anos (Q = 1600 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 1.000 anos (Q = 2.104 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 10.000 anos (Q = 2.608 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)	
	NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES	
P-8	484,87	484,87	0,00	485,25	485,25	0,00	485,56	485,56	0,00	485,87	485,87	0,00
P-7	464,10	464,10	0,00	464,82	464,82	0,00	465,51	465,51	0,00	466,15	466,15	0,00
P-6	464,45	464,45	0,00	465,55	465,55	0,00	466,38	466,38	0,00	467,13	467,13	0,00
P-5	464,31	464,31	0,00	465,32	465,32	0,00	466,07	466,07	0,00	466,73	466,73	0,00
P-4	464,13	464,13	0,00	465,13	465,13	0,00	465,86	465,86	0,00	466,50	466,51	0,01
P-3	463,88	463,88	0,00	464,80	464,80	0,00	465,42	465,42	0,00	465,96	465,96	0,00
P-2	463,60	463,61	0,01	464,46	464,47	0,01	465,06	465,06	0,00	465,60	465,60	0,00
P-1	463,53	463,53	0,00	464,33	464,33	0,00	464,89	464,89	0,00	465,39	465,40	0,01
M35	463,33	463,34	0,01	464,09	464,10	0,01	464,64	464,64	0,00	465,15	465,16	0,01
M34	463,06	463,06	0,00	463,89	463,89	0,00	464,49	464,50	0,01	465,05	465,06	0,01
M33	462,91	462,92	0,01	463,73	463,73	0,00	464,35	464,35	0,00	464,92	464,93	0,01
M32	462,51	462,52	0,01	463,41	463,42	0,01	464,16	464,17	0,01	464,80	464,81	0,01
M31	462,20	462,21	0,01	463,14	463,15	0,01	463,91	463,92	0,01	464,54	464,56	0,02
M30	461,78	461,80	0,02	462,65	462,67	0,02	463,43	463,44	0,01	464,12	464,14	0,02
M28	461,54	461,57	0,03	462,54	462,56	0,02	463,37	463,39	0,02	464,07	464,10	0,03
M27	461,44	461,47	0,03	462,43	462,46	0,03	463,25	463,27	0,02	463,95	463,97	0,02
M26	460,44	460,53	0,09	461,51	461,57	0,06	462,37	462,40	0,03	463,05	463,09	0,04
M25	459,74	459,89	0,15	460,84	460,92	0,08	461,69	461,75	0,06	462,36	462,43	0,07
M24	459,70	459,85	0,15	460,79	460,88	0,09	461,64	461,70	0,06	462,31	462,38	0,07
M23	459,65	459,81	0,16	460,75	460,84	0,09	461,61	461,67	0,06	462,27	462,34	0,07
M22	459,17	459,41	0,24	460,33	460,46	0,13	461,22	461,29	0,07	461,88	461,97	0,09
M21	458,97	459,24	0,27	460,11	460,25	0,14	461,01	461,09	0,08	461,67	461,77	0,10

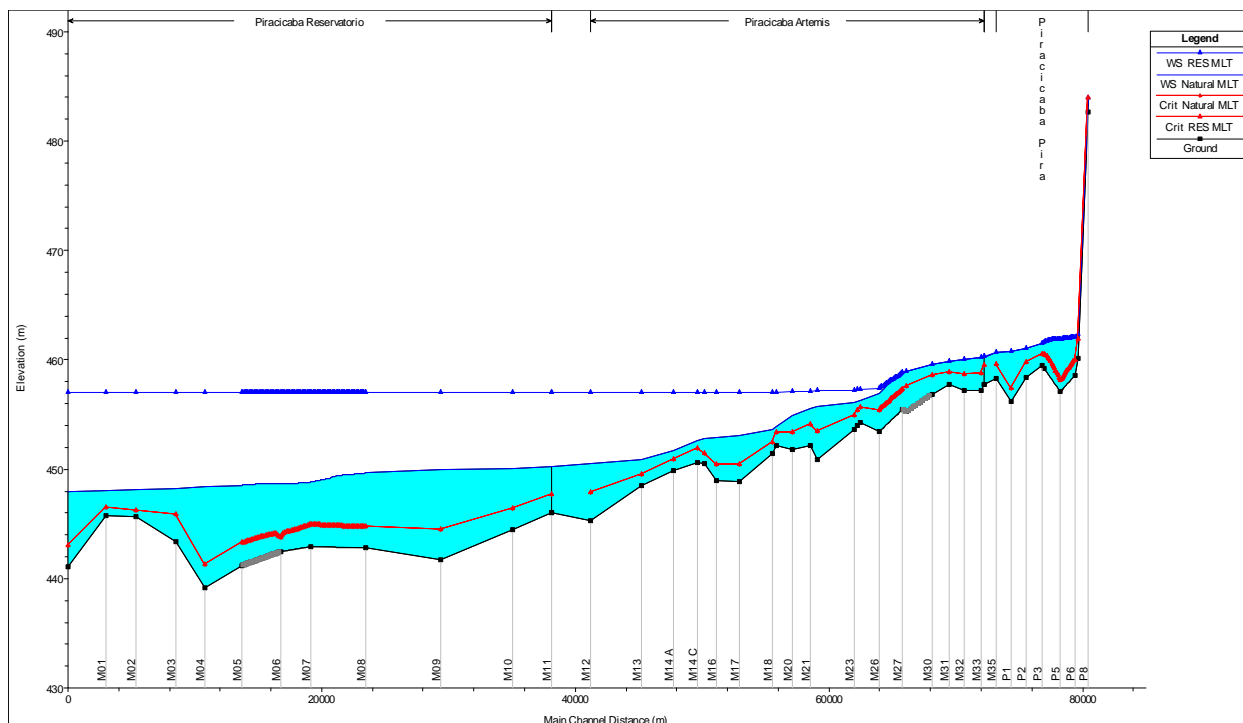
**Tabela 4.4. - rio Piracicaba – Tr= 10, 100, 1.000 10.000 anos (Cont.).**

Seções	Tr = 10 anos (Q = 1.086 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 100 anos (Q = 1600 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 1.000 anos (Q = 2.104 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 10.000 anos (Q = 2.608 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m) NAT	NA (m) RES		NA (m) NAT	NA (m) RES		NA (m) NAT	NA (m) RES		NA (m) NAT	NA (m) RES	
M20	458,20	458,64	0,44	459,25	459,50	0,25	460,09	460,25	0,16	460,76	461,02	0,26
M19	457,67	458,29	0,62	458,72	459,08	0,36	459,55	459,79	0,24	460,26	460,62	0,36
M18	457,58	458,23	0,65	458,61	459,00	0,39	459,43	459,68	0,25	460,12	460,50	0,38
M17	457,02	457,86	0,84	457,95	458,48	0,53	458,71	459,08	0,37	459,36	459,90	0,54
M16	456,67	457,68	1,01	457,54	458,21	0,67	458,27	458,73	0,46	458,88	459,57	0,69
M15	456,41	457,55	1,14	457,20	457,99	0,79	457,86	458,42	0,56	458,40	459,25	0,85
M14 C	456,25	457,51	1,26	457,06	457,92	0,86	457,72	458,35	0,63	458,27	459,19	0,92
M14 A	455,69	457,37	1,68	456,56	457,72	1,16	457,25	458,10	0,85	457,84	459,00	1,16
M13	455,29	457,29	2,00	456,19	457,58	1,39	456,89	457,92	1,03	457,49	458,85	1,36
M12	454,83	457,20	2,37	455,67	457,41	1,74	456,33	457,67	1,34	456,90	458,62	1,72
M11	454,30	457,10	2,80	454,95	457,21	2,26	455,46	457,35	1,89	455,91	458,31	2,40
M10	453,84	457,05	3,21	454,37	457,10	2,73	454,78	457,18	2,40	455,14	458,16	3,02
M09	453,07	457,02	3,95	453,52	457,05	3,53	453,89	457,09	3,20	454,20	458,08	3,88
M08	452,46	457,02	4,56	452,92	457,04	4,12	453,28	457,06	3,78	453,60	458,06	4,46
M07	452,08	457,01	4,93	452,52	457,03	4,51	452,87	457,05	4,18	453,16	458,05	4,89
M06	450,99	457,01	6,02	451,47	457,02	5,55	451,84	457,04	5,20	452,16	458,04	5,88
M05	450,52	457,01	6,49	450,86	457,02	6,16	451,17	457,03	5,86	451,45	458,03	6,58
M04	450,34	457,01	6,67	450,61	457,01	6,40	450,87	457,02	6,15	451,13	458,02	6,89
M03	450,26	457,00	6,74	450,49	457,01	6,52	450,72	457,02	6,30	450,95	458,02	7,07
M02	450,14	457,00	6,86	450,29	457,01	6,72	450,45	457,01	6,56	450,62	458,01	7,39
M01	450,05	457,00	6,95	450,11	457,00	6,89	450,17	457,01	6,84	450,25	458,01	7,76
EIXO	450,00	457,00	7,00	450,00	457,00	7,00	450,00	457,00	7,00	450,00	458,00	8,00

As Figuras 4.1 a 4.8 apresentam a linha d'água remansada para condição de reservatório e suas correspondentes linhas de água natural calculadas para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr=5, 10, 100, 1.000 e 10.000 anos.



**Figura 4.1. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba) – Q90%.**



**Figura 4.2. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba) – MLT.**

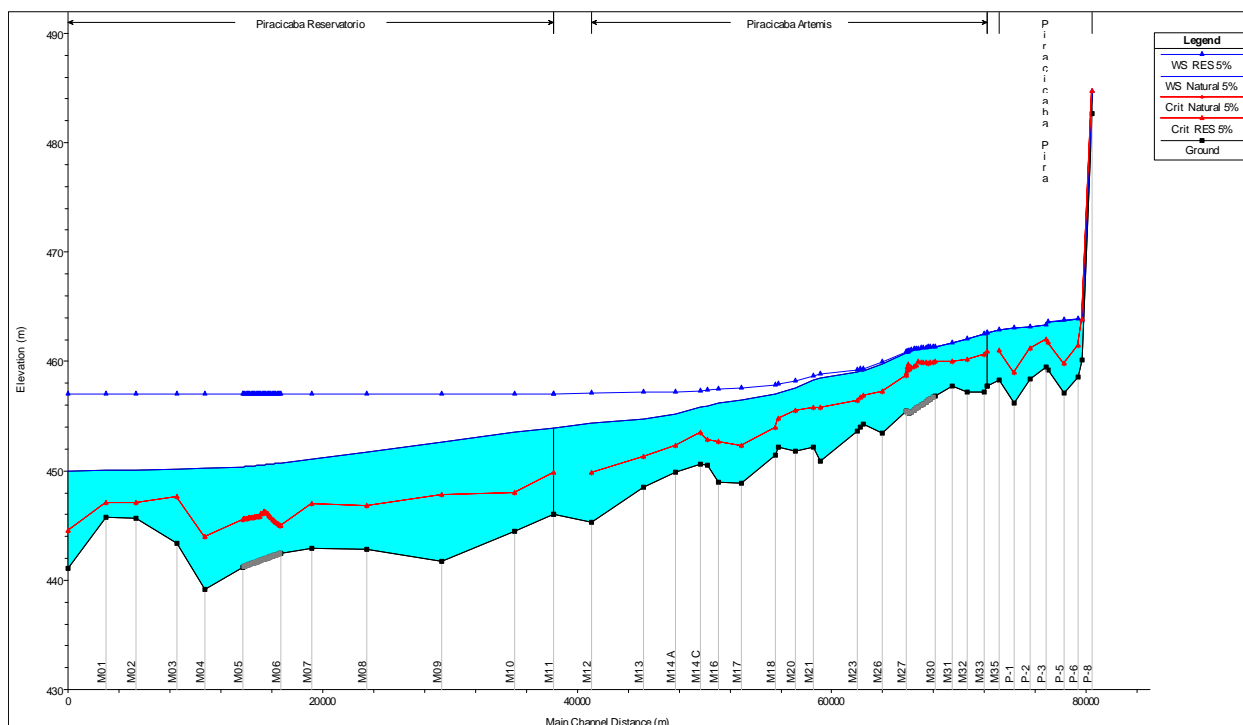


Figura 4.3. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba) – Q5%.

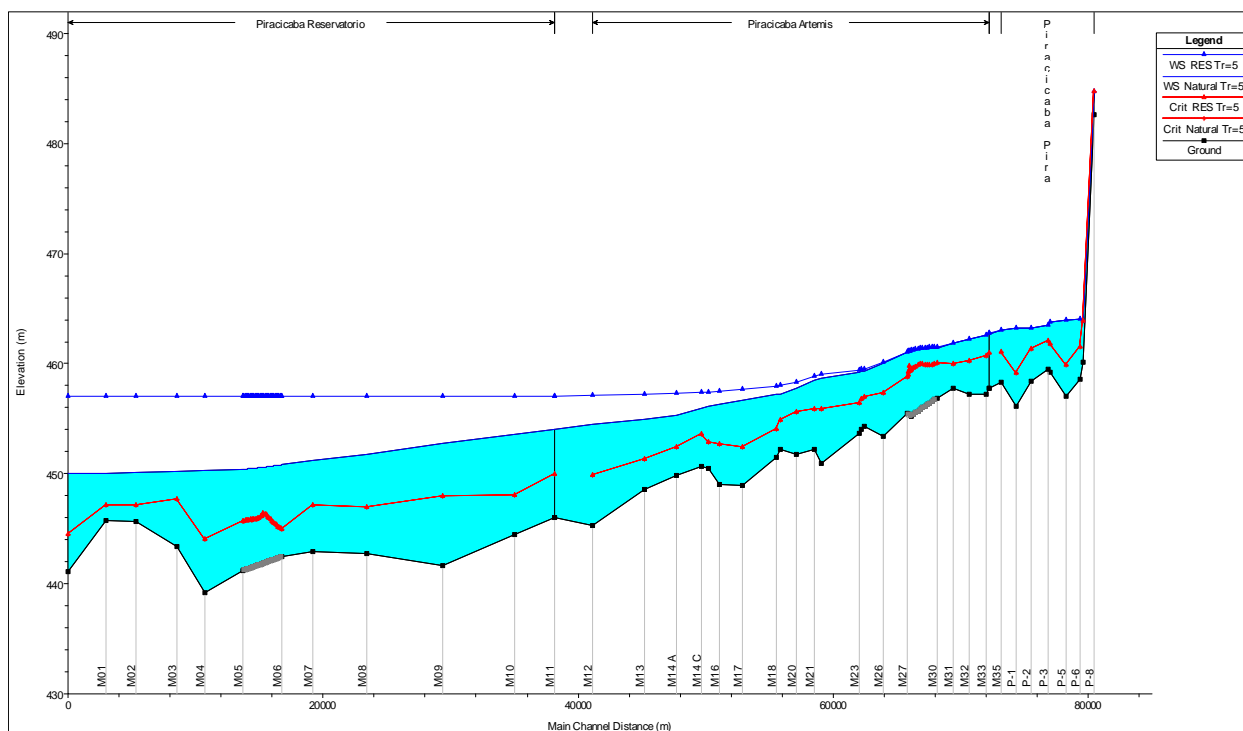


Figura 4.4. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba) – Tr= 5 anos.

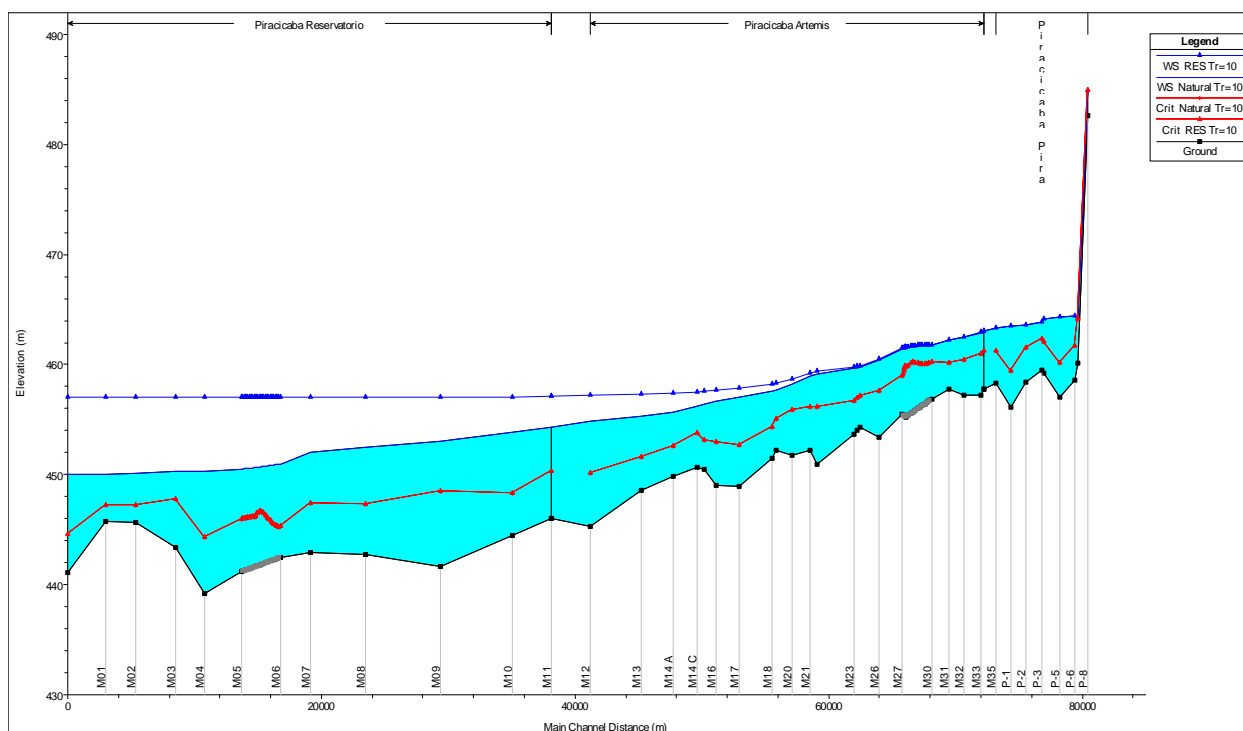


Figura 4.5. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba) – Tr= 10 anos.

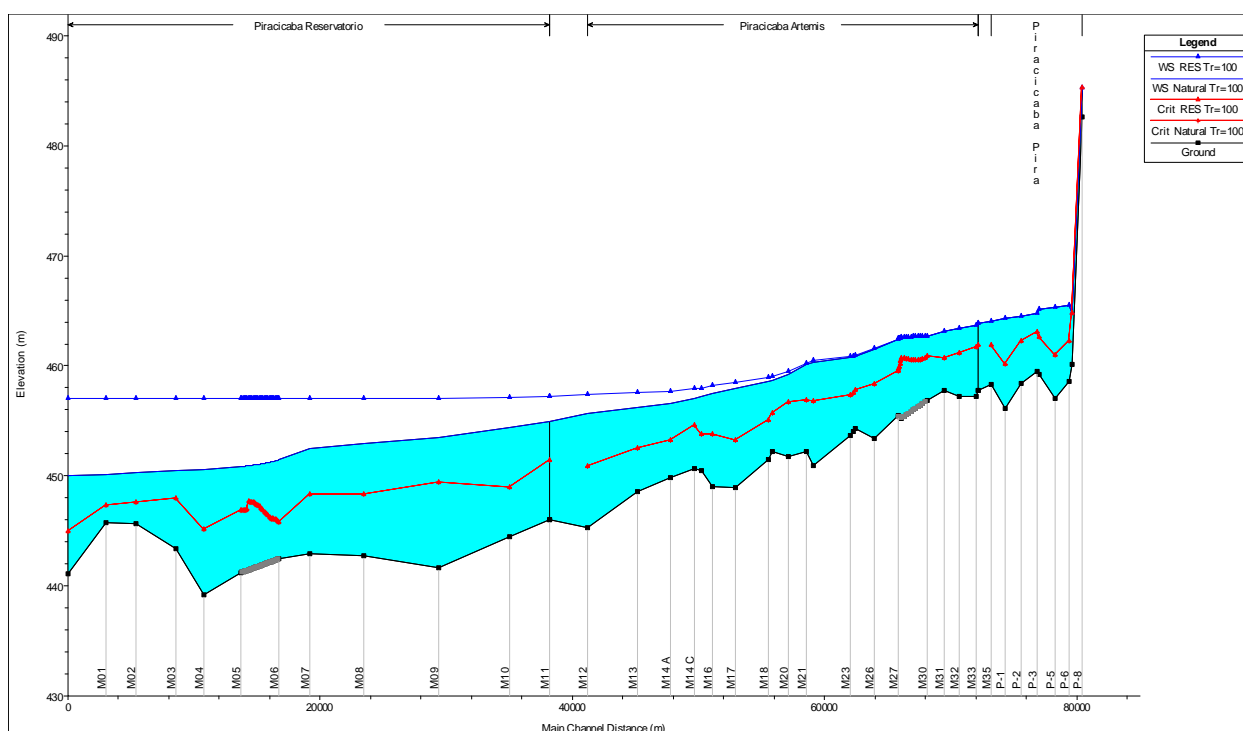
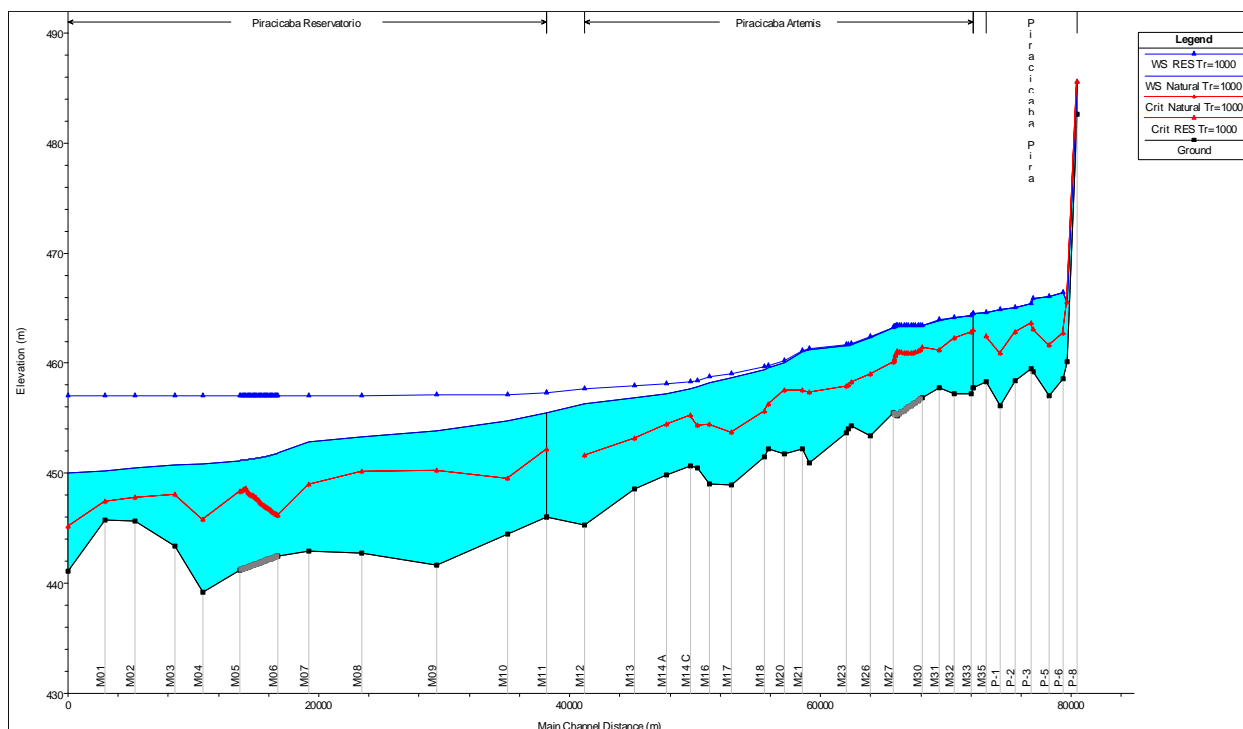
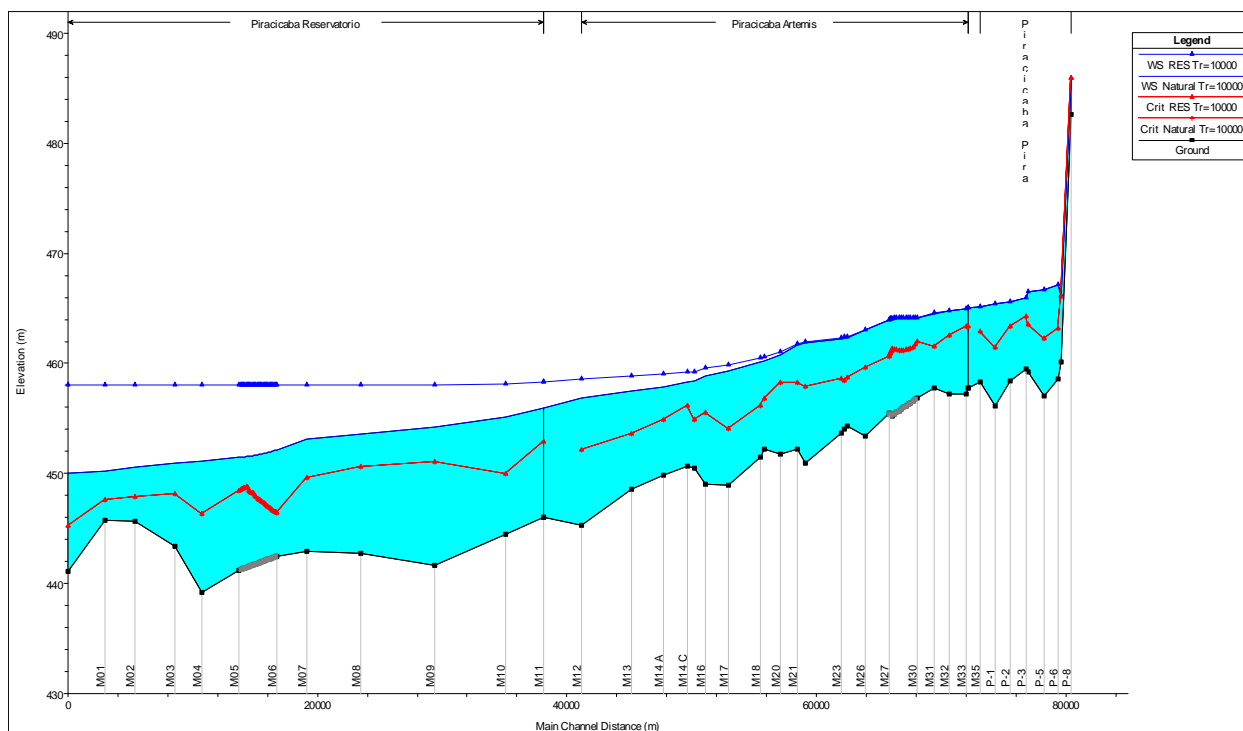


Figura 4.6. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba) – Tr= 100 anos.



**Figura 4.7. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba)**  
 $Tr = 1.000$  anos.



**Figura 4.8. - rio Piracicaba (Eixo Sta Maria da Serra – Salto de Piracicaba)**  
 $Tr = 10.000$  anos



## 4.2. Rio Corumbataí

Considerando-se os níveis de água do reservatório na cota 457,0 m (458,0 m para a vazão decamilenar), foram estimados os níveis d'água para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5 anos (Tabela 4.5) e Tr = 10, 100, 1.000 e 10.000 anos (Tabela 4.6). Observa-se que não há influência do reservatório nos níveis d'água do rio Corumbataí.

**Tabela 4.5. - rio Corumbataí – Q90%, MLT , Q5% e Tr = 5 anos.**

Seções	Permanência 90% (Q = 26 m³/s)		Δ NA (m)	MLT (Q = 159 m³/s)		Δ NA (m)	Permanência 5% (Q = 857 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 5 anos (Q = 922 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)	
	NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES	
CR-5	462,08	462,08	0,00	462,62	462,62	0,00	464,29	464,30	0,01	464,42	464,42	0,00
CR-4	460,64	460,64	0,00	461,50	461,50	0,00	463,55	463,56	0,01	463,70	463,70	0,00
CR-3	460,58	460,58	0,00	461,31	461,31	0,00	463,26	463,27	0,01	463,40	463,41	0,01
CR-2.7	460,56	460,56	0,00	461,23	461,23	0,00	463,12	463,12	0,00	463,26	463,26	0,00
CR-2	460,04	460,04	0,00	460,75	460,75	0,00	462,93	462,93	0,00	463,07	463,08	0,01
CR-1	459,09	459,09	0,00	460,35	460,35	0,00	462,81	462,82	0,01	462,96	462,96	0,00

**Tabela 4.6. - rio Corumbataí – 10, 100, 1.000 10.000 anos.**

Seções	Tr = 10 anos (Q = 1.086 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 100 anos (Q = 1600 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 1.000 anos (Q = 2.104 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 10.000 anos (Q = 2.608 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)	
	NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES	
CR-5	464,72	464,73	0,01	465,59	465,59	0,00	466,30	466,30	0,00	466,93	466,94	0,01
CR-4	464,02	464,02	0,00	464,94	464,94	0,00	465,64	465,64	0,00	466,25	466,25	0,00
CR-3	463,72	463,72	0,00	464,62	464,63	0,01	465,29	465,29	0,00	465,84	465,85	0,01
CR-2.7	463,58	463,58	0,00	464,47	464,48	0,01	465,13	465,13	0,00	465,67	465,68	0,01
CR-2	463,40	463,40	0,00	464,29	464,29	0,00	464,92	464,93	0,01	465,47	465,47	0,00
CR-1	463,27	463,28	0,01	464,08	464,08	0,00	464,71	464,71	0,00	465,30	465,31	0,01

As Figuras 4.9 a 4.16 apresentam a linha d'água remansada para condição de reservatório e suas correspondentes linhas de água natural calculadas no Corumbataí para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5, 10, 100, 1.000 e 10.000 anos.

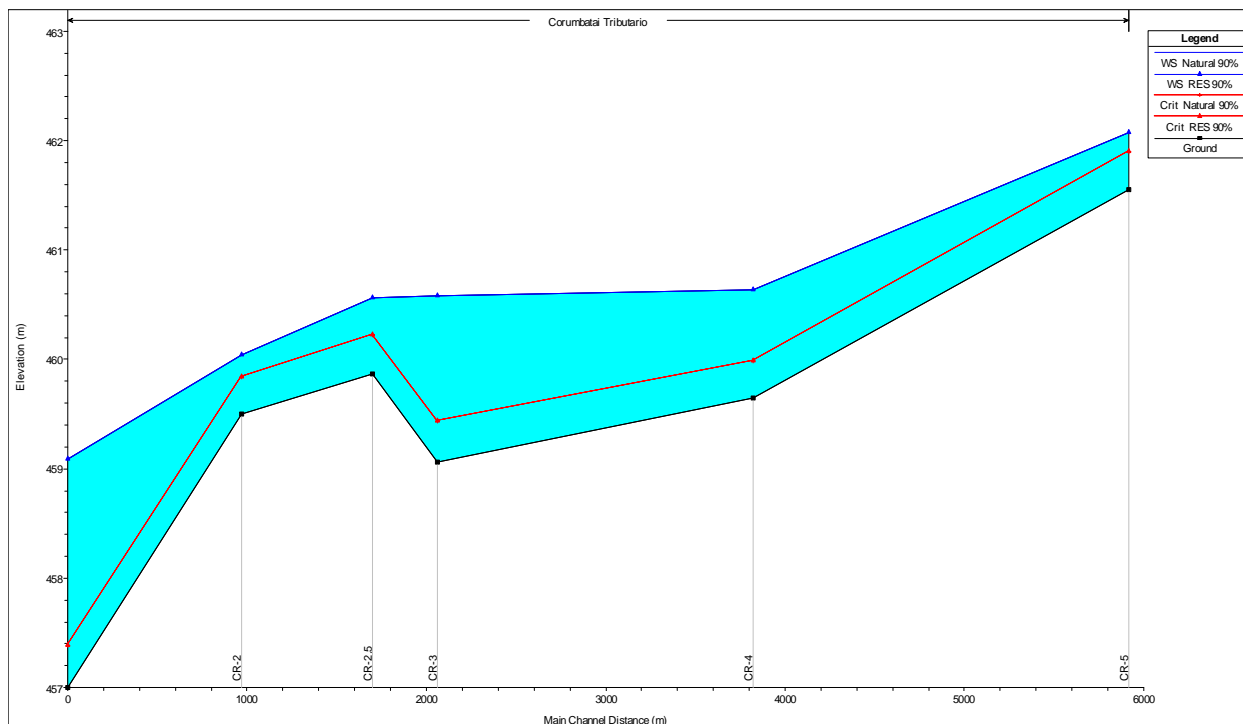


Figura 4.9. - rio Corumbataí – Q90%.

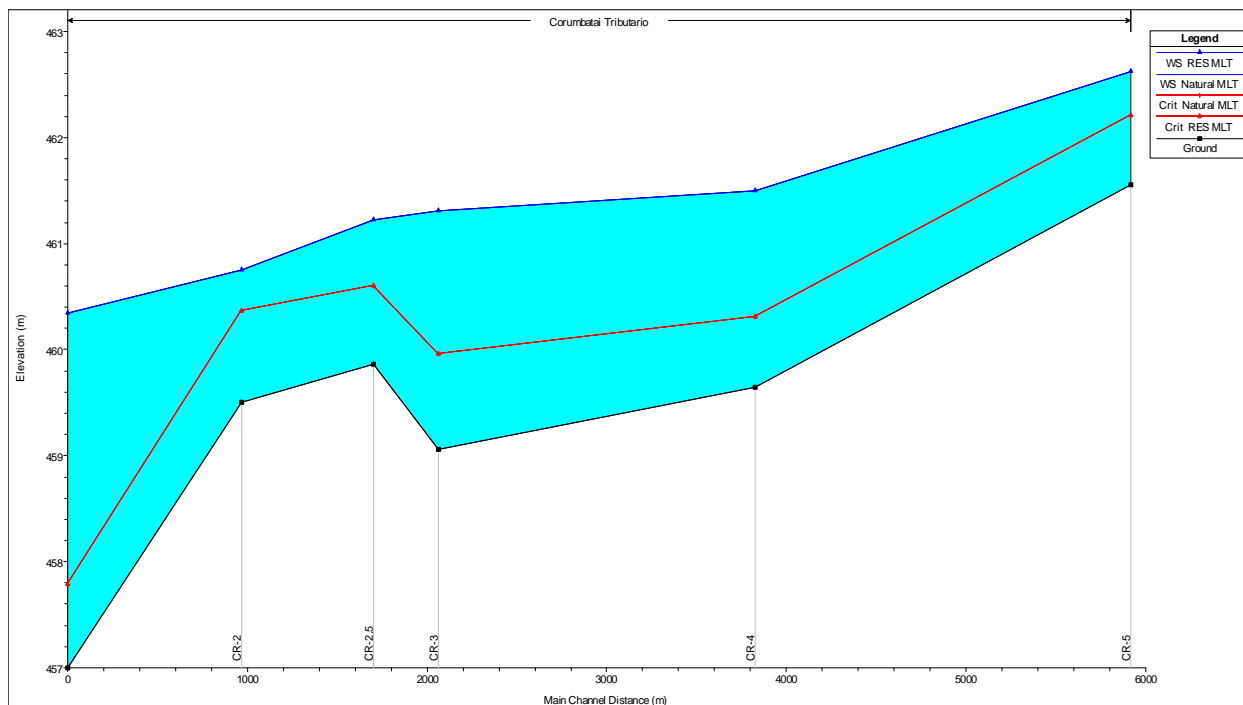


Figura 4.10. - rio Corumbataí – MLT.

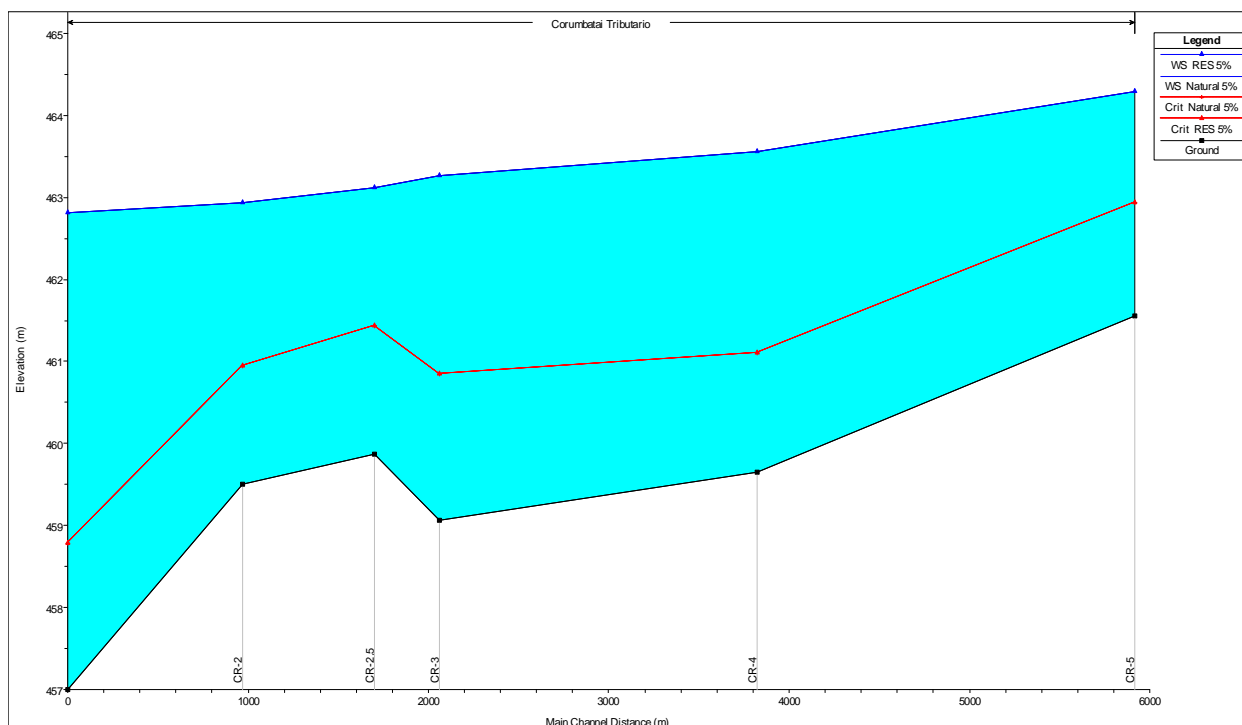


Figura 4.11. - rio Corumbataí – Q5%.

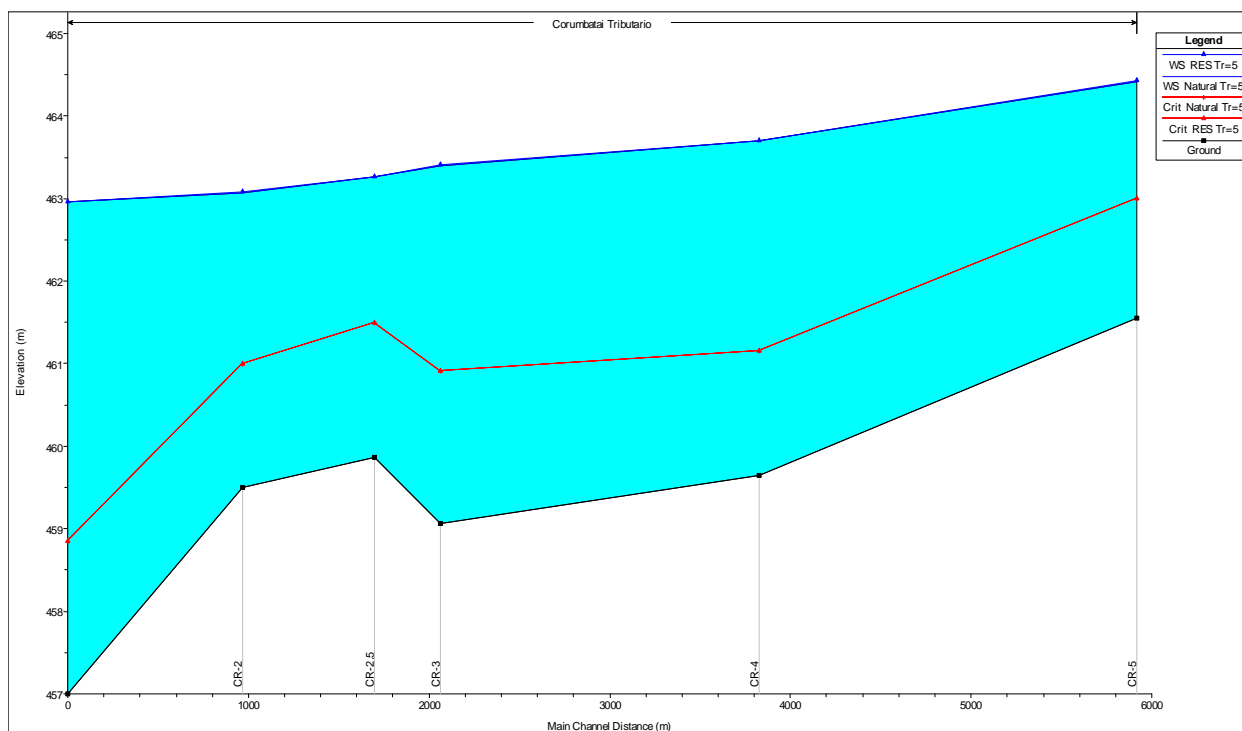


Figura 4.12. - rio Corumbataí – Tr=5 anos.

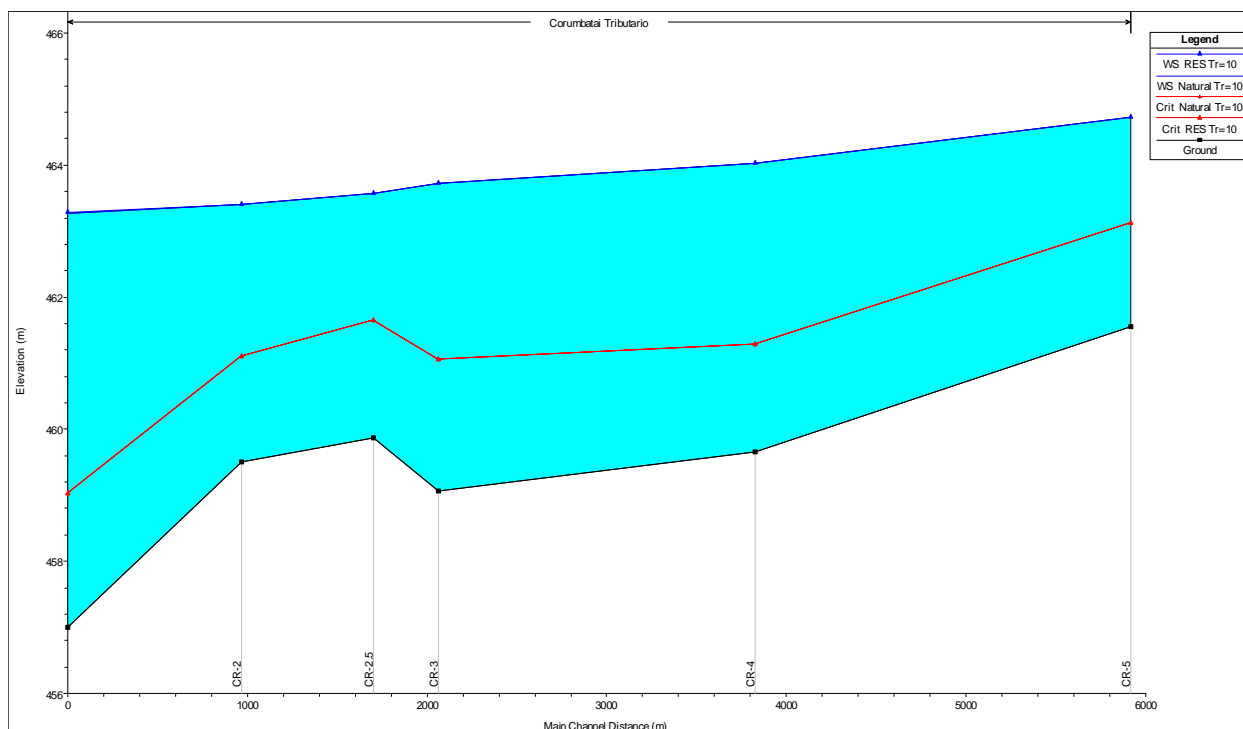


Figura 4.13. - rio Corumbataí – Tr=10 anos.

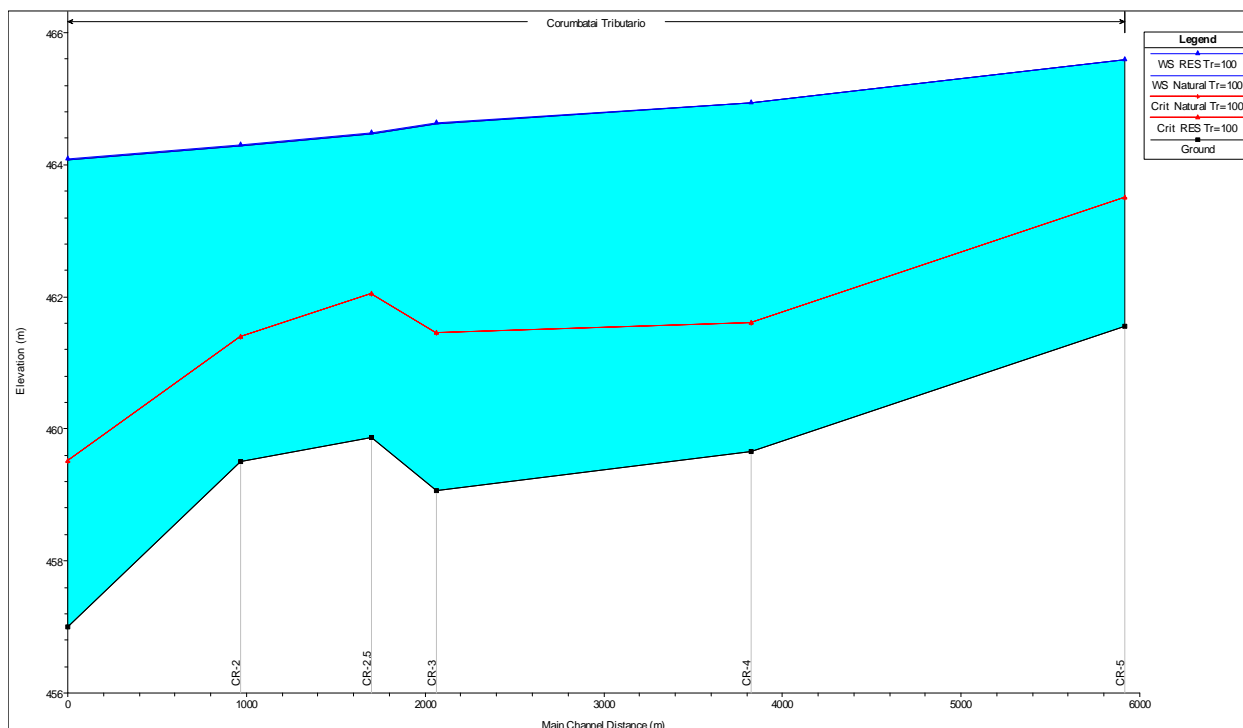


Figura 4.14. - rio Corumbataí – Tr=100 anos.

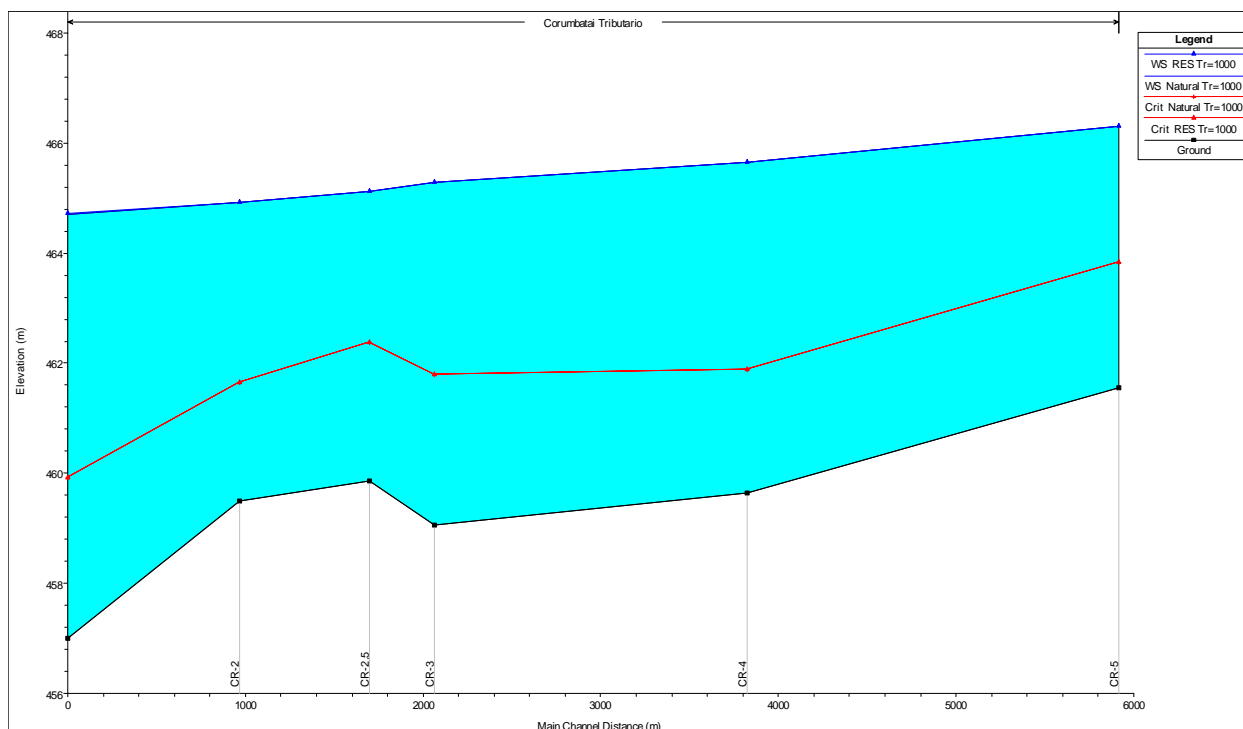


Figura 4.15. - rio Corumbataí – Tr=1.000 anos.

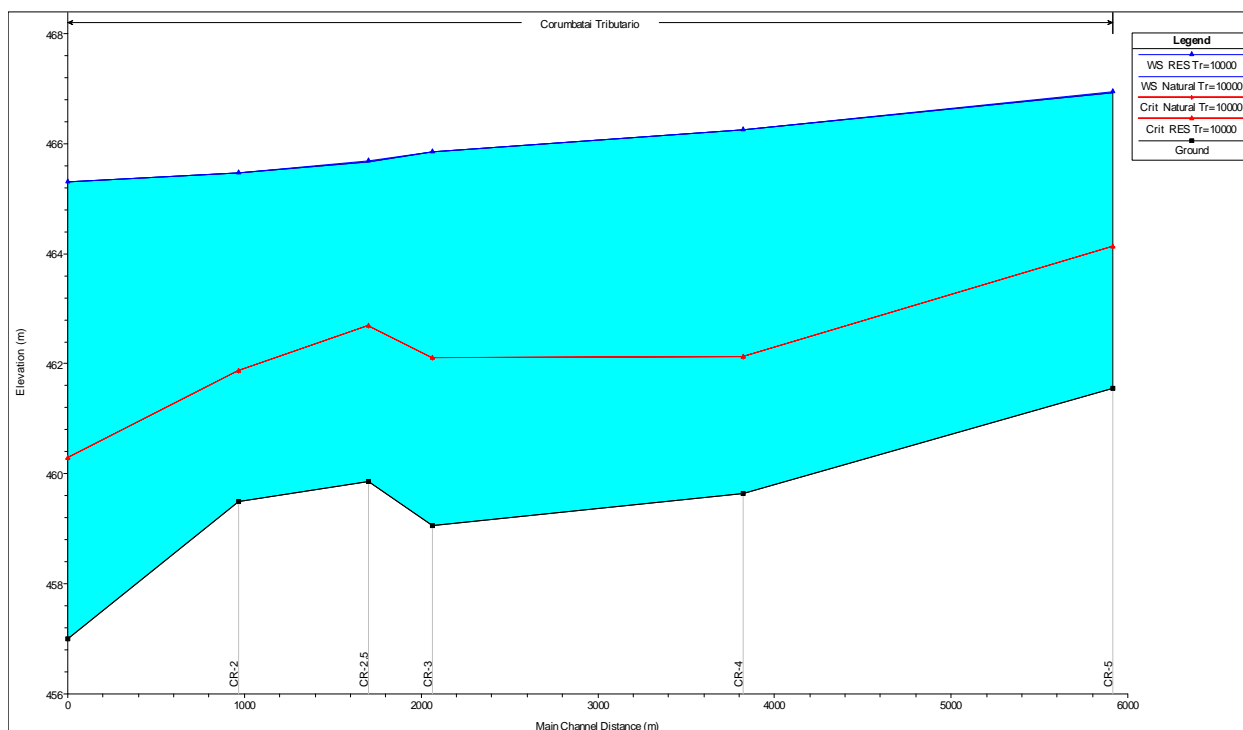


Figura 4.16. - rio Corumbataí – Tr=10.000 anos.

### 4.3. Córrego Araquá

Considerando-se os níveis de água do reservatório na cota 457,0 m (458,0 m para a vazão decamilenar), foram estimados os níveis d'água para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5 anos (Tabela 4.7) e Tr = 10, 100, 1.000 e 10.000 anos (Tabela 4.8). Os níveis d'água sombreados em azul indicam o limite de remanso do reservatório quando comparados com as linhas d'água naturais calculadas.

**Tabela 4.7. - Córrego Araquá – Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5 anos**

Seções	Permanência 90% (Q = 26 m³/s)		Δ NA (m)	MLT (Q = 159 m³/s)		Δ NA (m)	Permanência 5% (Q = 857 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 5 anos (Q = 922 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)	
	NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES	
ASP-5	457,36	457,36	0,00	457,85	457,86	0,01	458,97	458,98	0,01	459,04	459,05	0,01
ASP-4	455,37	457,00	1,63	455,81	457,01	1,20	456,68	457,25	0,57	456,73	457,28	0,55
ASP-3.7	454,15	457,00	2,85	454,41	457,00	2,59	455,03	457,11	2,08	455,08	457,12	2,04
ASP-3	451,76	457,00	5,24	452,35	457,00	4,65	454,27	457,10	2,83	454,39	457,12	2,73
ASP-2	451,04	457,00	5,96	451,68	457,00	5,32	454,17	457,10	2,93	454,30	457,11	2,81
ASP-1	448,41	457,00	8,59	450,27	457,00	6,73	454,10	457,10	3,00	454,22	457,11	2,89

**Tabela 4.8. - Córrego Araquá – Tr= 10, 100, 1.000 10.000 anos.**

Seções	Tr = 10 anos (Q = 1.086 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 100 anos (Q = 1600 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 1.000 anos (Q = 2.104 m³/s)		Δ NA (m)	Tr = 10.000 anos (Q = 2.608 m³/s)		Δ NA (m)
	NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)		NA (m)	NA (m)	
	NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES		NAT	RES	
ASP-5	459,21	459,22	0,01	459,66	459,67	0,01	460,03	460,05	0,02	460,37	460,43	0,06
ASP-4	456,86	457,37	0,51	457,20	457,64	0,44	457,49	457,92	0,43	457,77	458,71	0,94
ASP-3.7	455,22	457,17	1,95	455,72	457,34	1,62	456,22	457,56	1,34	456,67	458,51	1,84
ASP-3	454,69	457,16	2,47	455,44	457,33	1,89	456,04	457,54	1,50	456,56	458,51	1,95
ASP-2	454,61	457,16	2,55	455,38	457,33	1,95	455,99	457,53	1,54	456,53	458,50	1,97
ASP-1	454,55	457,16	2,61	455,33	457,32	1,99	455,95	457,53	1,58	456,50	458,50	2,00

As Figuras 4.17 a 4.24 apresentam a linha d'água remansada para condição de reservatório e suas correspondentes linhas de água naturais calculadas no Araquá para as vazões Q90%, MLT, Q5% e Tr = 5, 10, 100, 1.000 e 10.000 anos.

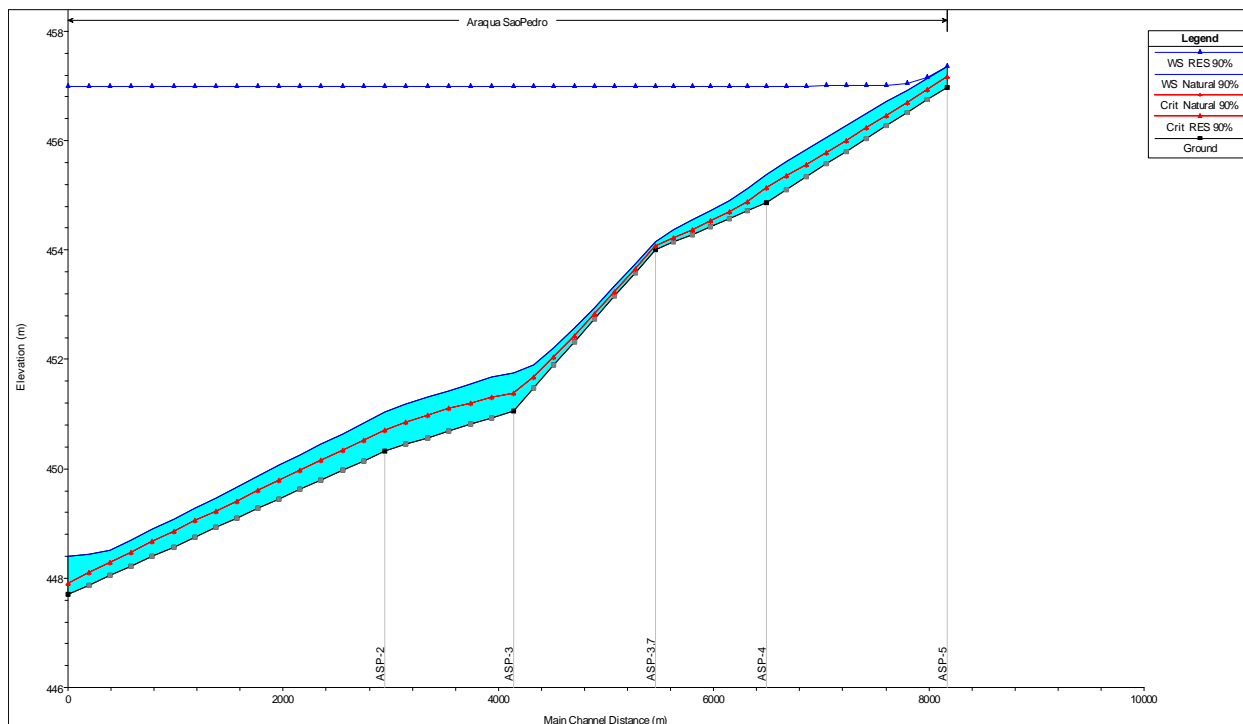


Figura 4.17. - Córrego Araquá – Q90%.

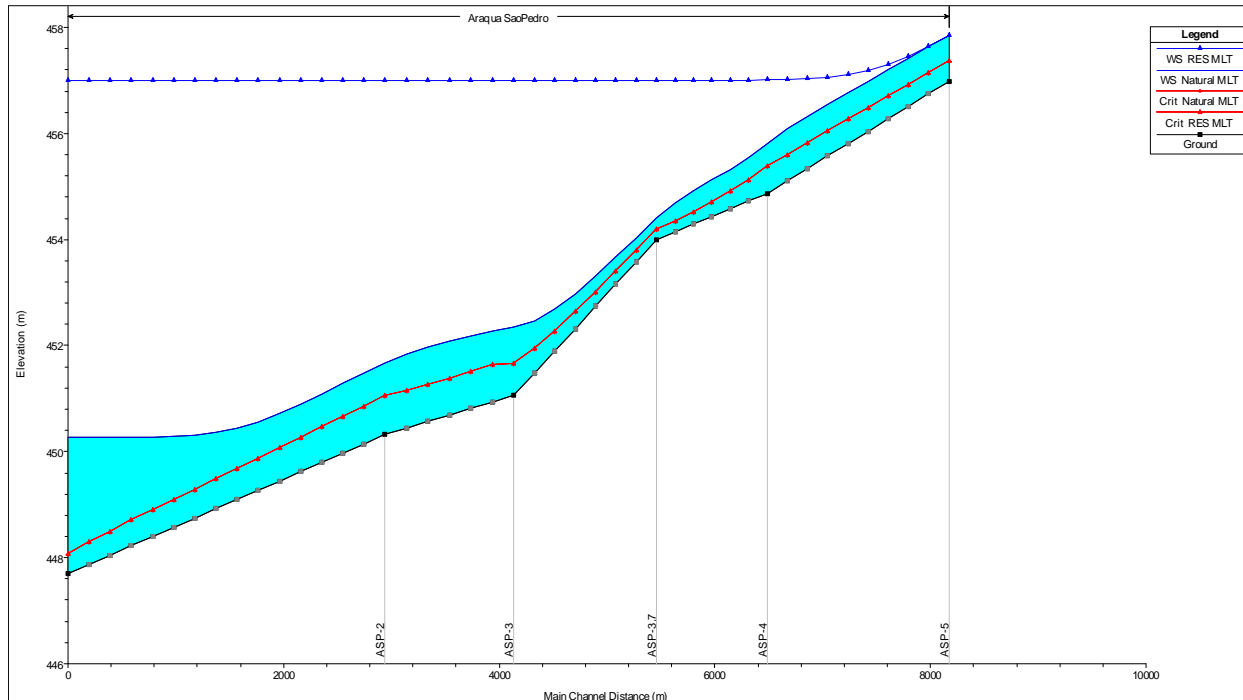


Figura 4.18. - Córrego Araquá – MLT.

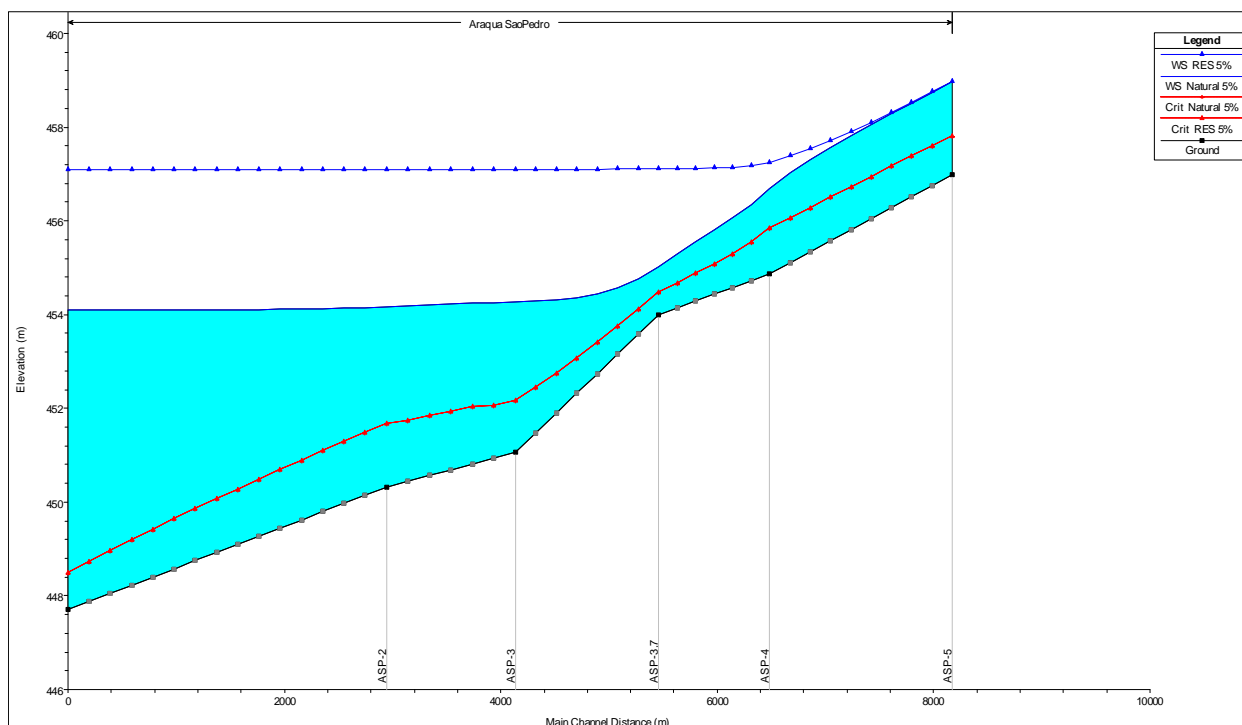


Figura 4.19. - Córrego Araquá – Q5%.

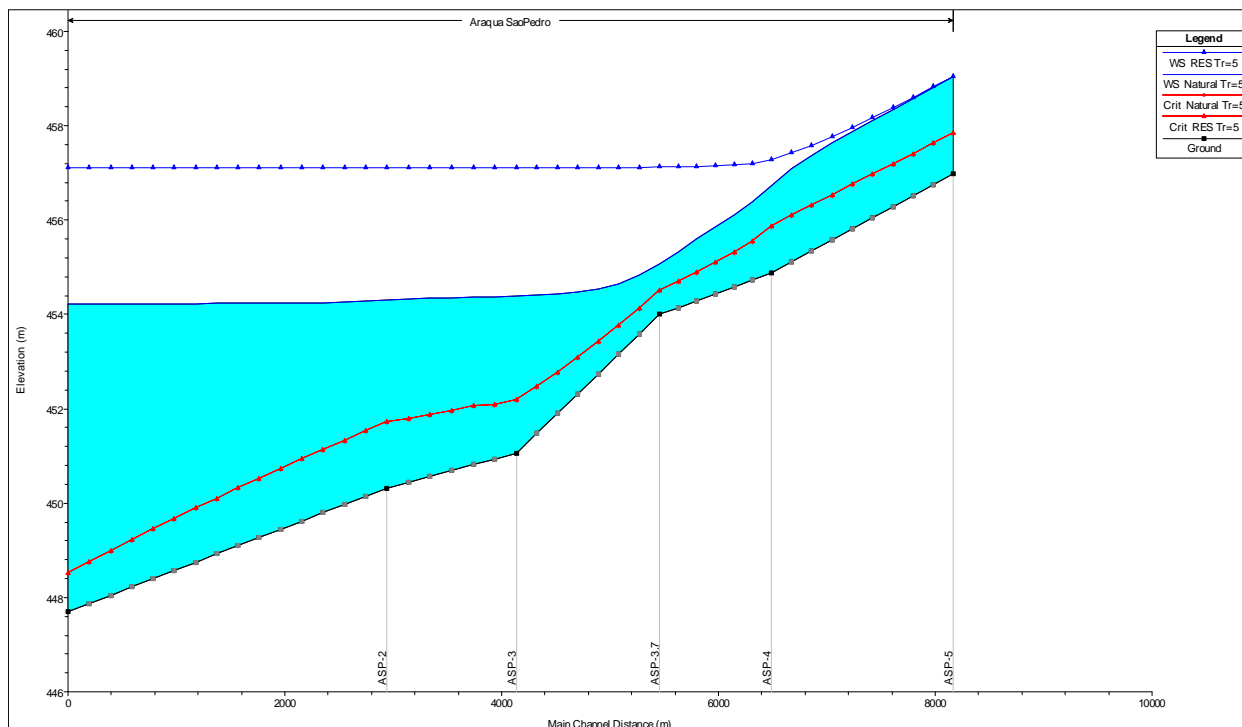


Figura 4.20. - Córrego Araquá – Tr= 5 anos.



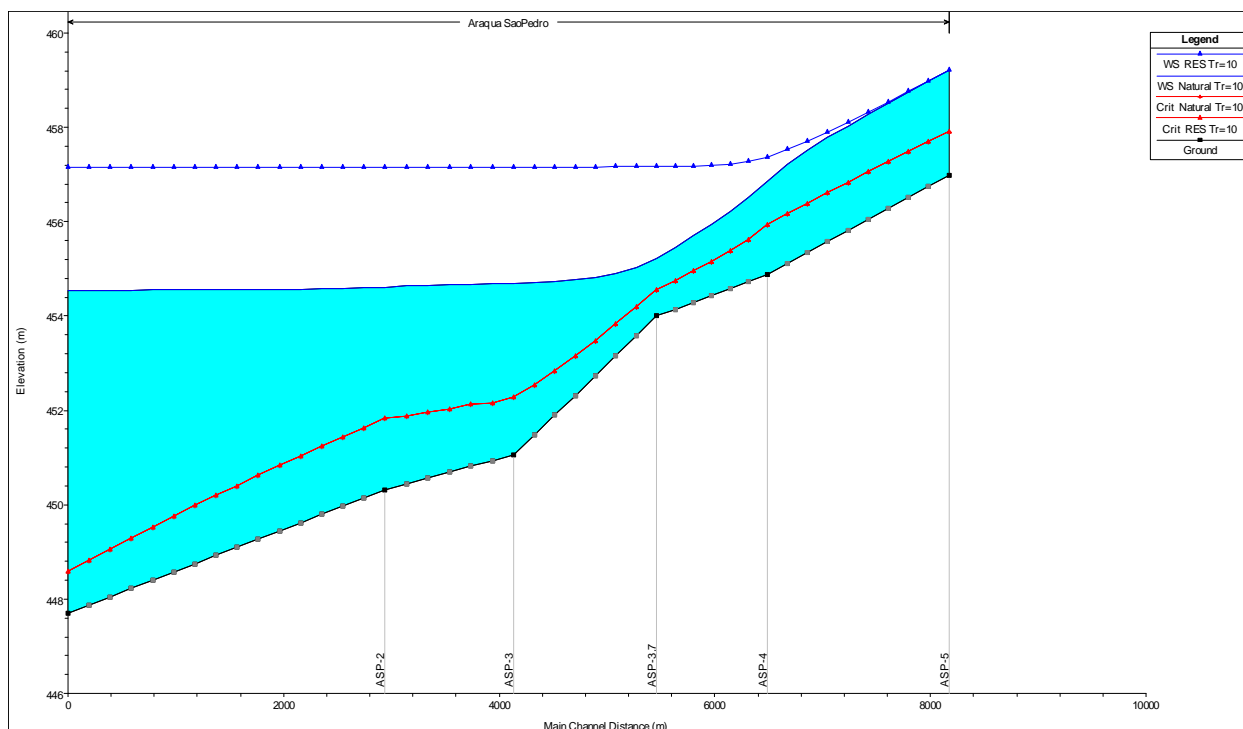


Figura 4.21. - Córrego Araquá – Tr= 10 anos.

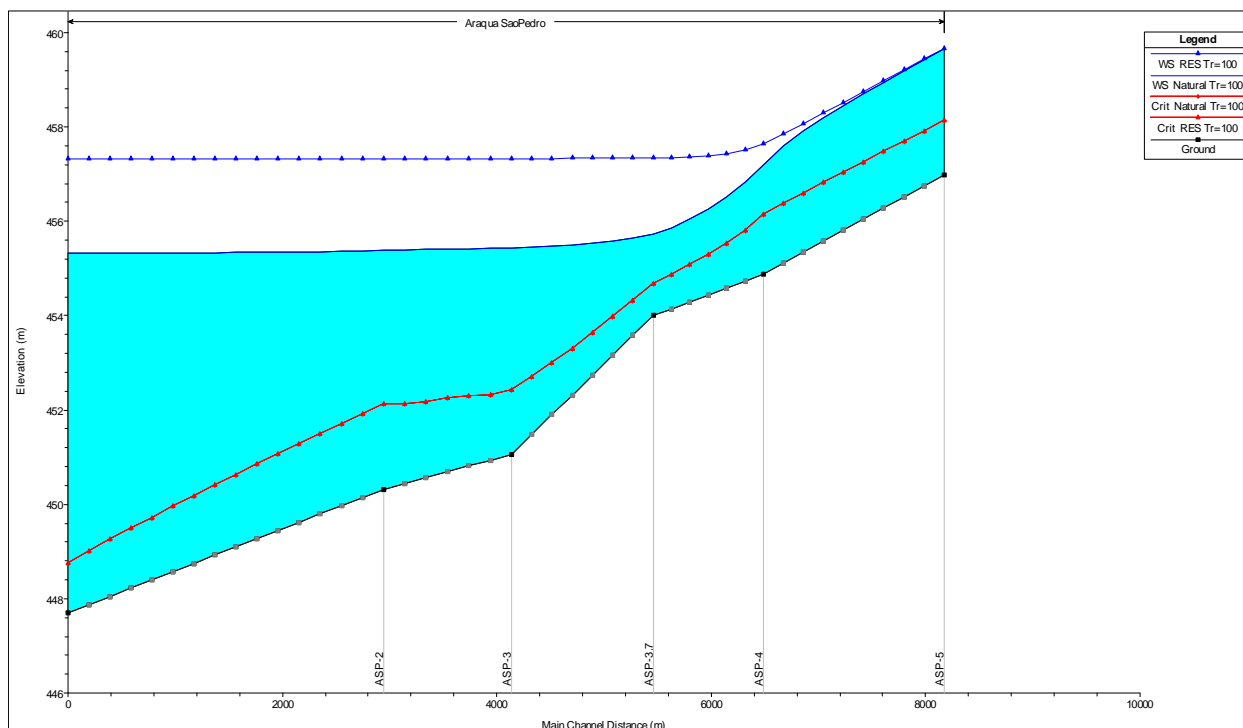


Figura 4.22. - Córrego Araquá – Tr= 100 anos.

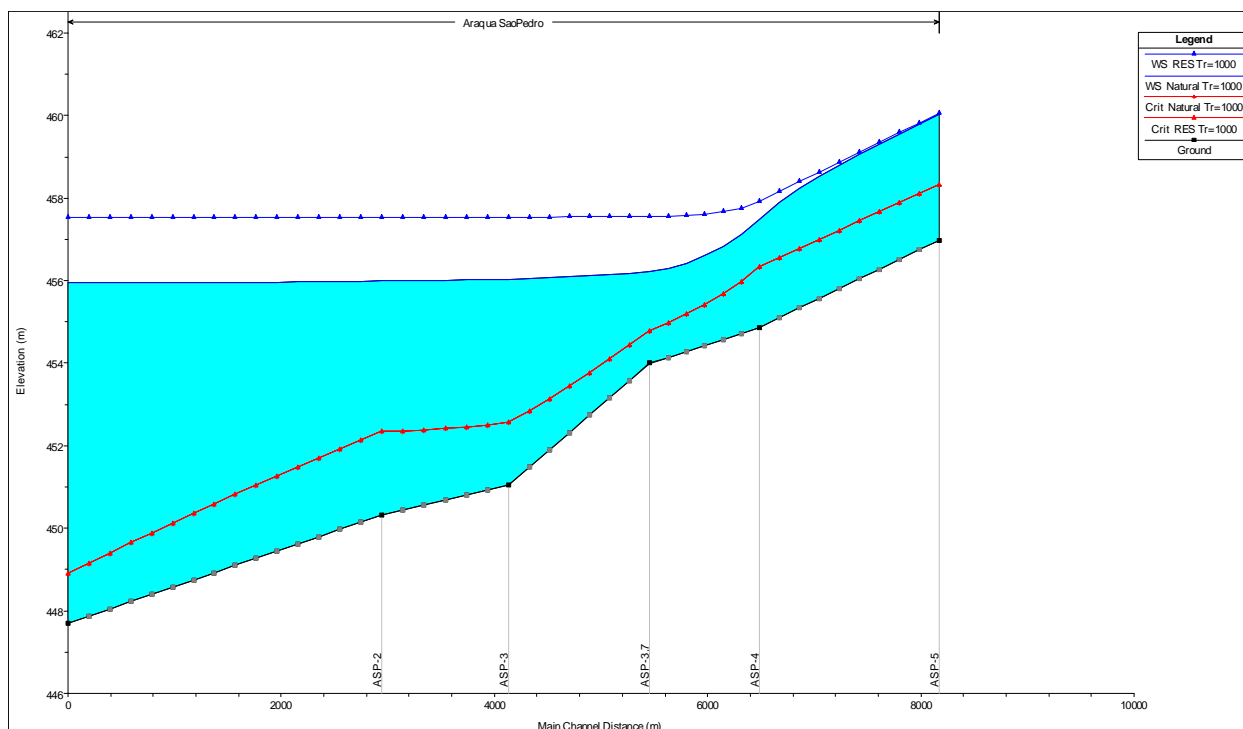


Figura 4.23. - Córrego Araquá – Tr= 1.000 anos.

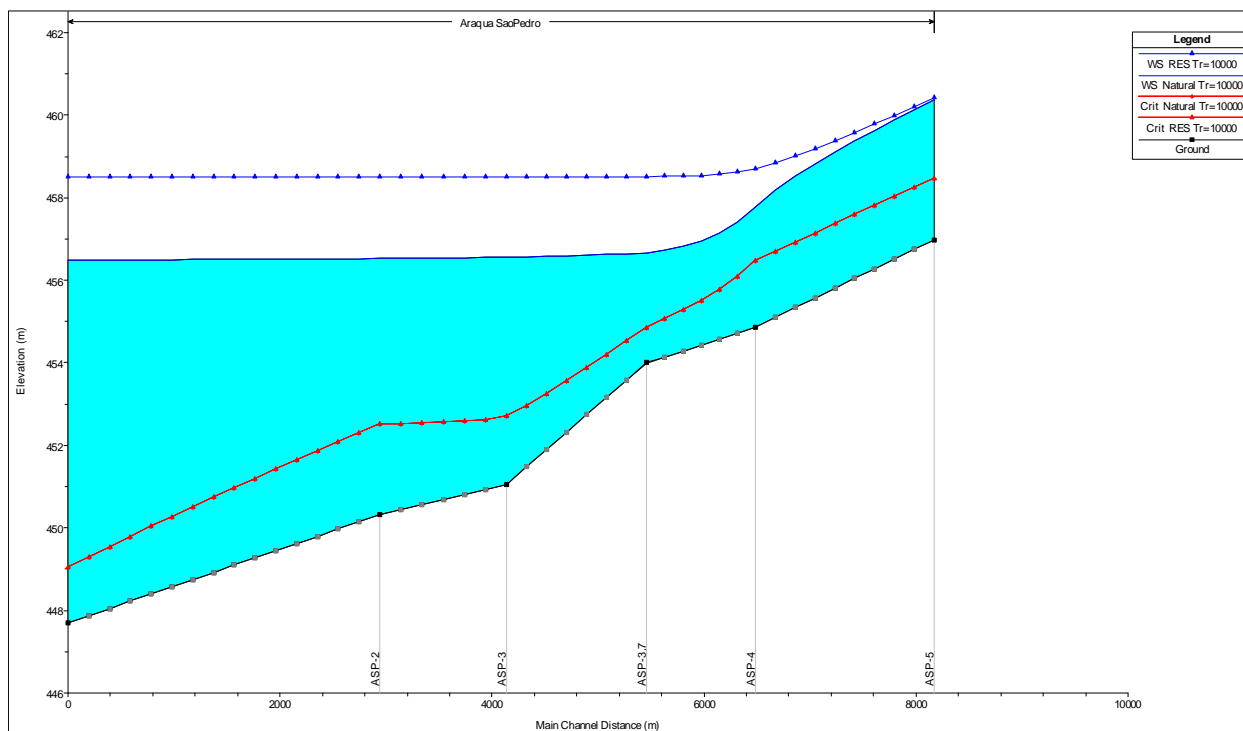


Figura 4.24. - Córrego Araquá – Tr= 10.000 anos.

## 5. RESUMO DOS RESULTADOS

### 5.1. Rio Piracicaba

O resultado das aferições para as condições de estiagem, transição e cheia indicam um ajuste adequado dos coeficientes de rugosidade, além de indicarem uma boa aderência entre os dados observados e simulados.

Observando o desenho nº 01501-B-SMS-00-HI-DE-001, nota-se que o trecho entre as seções M-26 a M-34 apresenta um grande número de corredeiras e desta maneira, era esperado que a influência do remanso terminasse em algum segmento deste trecho. Este dado foi confirmado através dos resultados das simulações apresentadas nas Figuras 4.1 a 4.8, onde se nota que a influência do remanso, tanto para condições de estiagem como para condições de cheia, termina neste trecho encachoeirado.

Os níveis d'água simulados para condição natural e de reservatório para a condição de estiagem (Q90%) mostram que a influencia do remanso alcança a seção M-30, conforme indicado no desenho nº 01501-B-SMS-01-HI-DE-008. O limite do remanso do reservatório para a condição de cheia decamilenar alcança a seção M-28.

Os resultados do estudo de remanso permitem concluir que não existe influência do remanso do reservatório da A.M. Santa Maria da Serra na cidade de Piracicaba.

### 5.2. Rio Corumbataí

A aferição do rio Corumbataí indicou um ajuste adequado dos coeficientes de rugosidade, além de indicar uma boa aderência entre os dados observados e simulados.

Os resultados do estudo de remanso permitem concluir que não existe influência do remanso do reservatório do A.M. Santa Maria da Serra no rio Corumbataí.

### 5.3. Córrego Araquá

A aferição do córrego Araquá indicou um ajuste adequado dos coeficientes de rugosidade, além de indicar uma boa aderência entre os dados observados e simulados.

Os resultados do estudo de remanso no rio Araquá indicam que o reservatório altera a linha d'água até a seção ASP-4, mas que, com exceção da cheia decamilenar, não existe influencia do remanso do reservatório da AHE Santa Maria da Serra na cidade de Águas de São Pedro.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] US. Army Corps of Engineers (2010). HEC-RAS Version 4.1.0. River Analysis System.
- [2] LENCASTRE, A. Hidráulica Geral. (1983). Lisboa, Portugal.



**ANEXOS: Desenhos**

01501-B-SMS-00-HI-DE-001  
01501-B-SMS-00-HI-DE-008