

PROJETO HG-203

ANÁLISE HIDRÁULICA DE ALTERNATIVAS ESTRUTURAIS DE COMBATE A ENCHENTES NO RIO IGUAÇU ENTRE UNIÃO DA VITÓRIA E PORTO VITÓRIA

Giancarlo Castanharo

União da Vitória - 20 de outubro de 2005

PROJETO HG-203

Contratante: **COPEL Geração**
GRHI – Área de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Execução: **LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento**
CEHPAR – Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof^o Parigot de Souza

Período de execução: **2004/2005**

Objetivos Institucionais:

Cumprimento da cláusula 1^a (VI e VII) do termo de compromisso assinado entre a COPEL Geração, a SEC-CORPRERI e as Prefeituras de União da Vitória (PR), Porto União (SC) e Porto Vitória (PR) em 21 de setembro de 2001.

Objetivos Técnicos:

Determinar os níveis de enchente no rio Iguaçu para diferentes alternativas de melhoria no trecho entre Porto União / União da Vitória e Porto Vitória.

Tópicos da apresentação

- 1 – Introdução**
- 2 – Antigas propostas de soluções estruturais**
- 3 – Características do escoamento no trecho do rio Iguaçu**
- 4 – Efeito das estruturas das pontes sobre as enchentes**
- 5 – Escavações na calha principal do rio**
- 6 – Alargamentos na calha principal**
- 7 – Duplicações da calha principal**
- 8 – Combinações de soluções estruturais**
- 9 – Síntese das soluções analisadas**
- 10 – Pré-viabilidade econômica das soluções estudadas**
- 11 – Conclusões**

1 – Introdução

Medidas de controle de cheias:

Soluções estruturais: intervenções/modificações no sistema fluvial.

- Milder-Kaiser Engenharia(1975): Diques em U.V. e P.U.
- MAGNA Engenharia(1984): Diques em U.V. e P.U.
- JICA(1995): Escavações no leito principal + diques em U.V. e P.U.
- TUCCI&VILLANUEVA(1997): Retificações de curvas do rio.

Soluções não-estruturais: “melhor convivência” com as enchentes.

- Sistemas de previsão de cheias em tempo real (SIMEPAR).
- Zoneamento (legislações municipais).

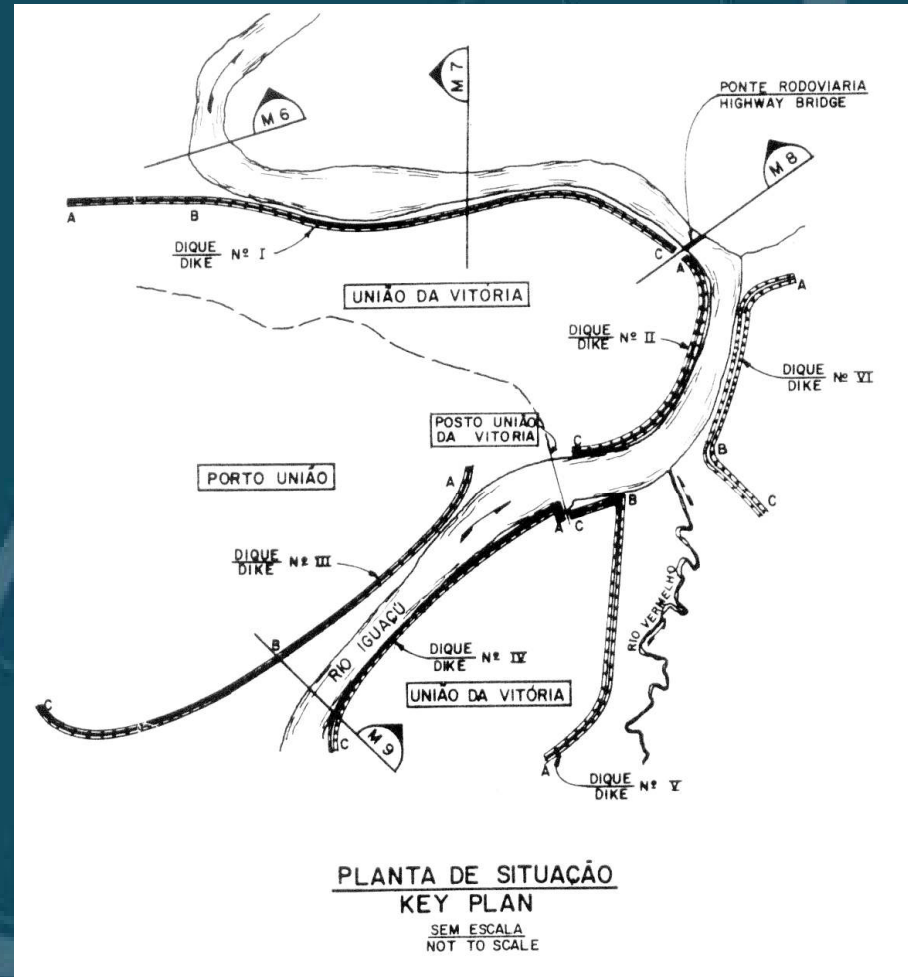
Objetivos específicos deste estudo:

- analisar intervenções (reavaliar / novas propostas) na geometria da calha do rio Iguaçu entre Porto União (SC) / União da Vitória (PR) e Porto Vitória (PR).

2 – Antigas Propostas de Soluções Estruturais

Diques propostos em 1975:

- Necessários para Foz do Areia operar na cota 744 m.
- $L_{total} = 18.550 \text{ m}$ – 6 trechos
- Cota de coroamento: entre 753,00 e 753,90 m.
- A idéia foi definitivamente abandonada após definição da cota de operação de FA igual a 742 m em 1980.



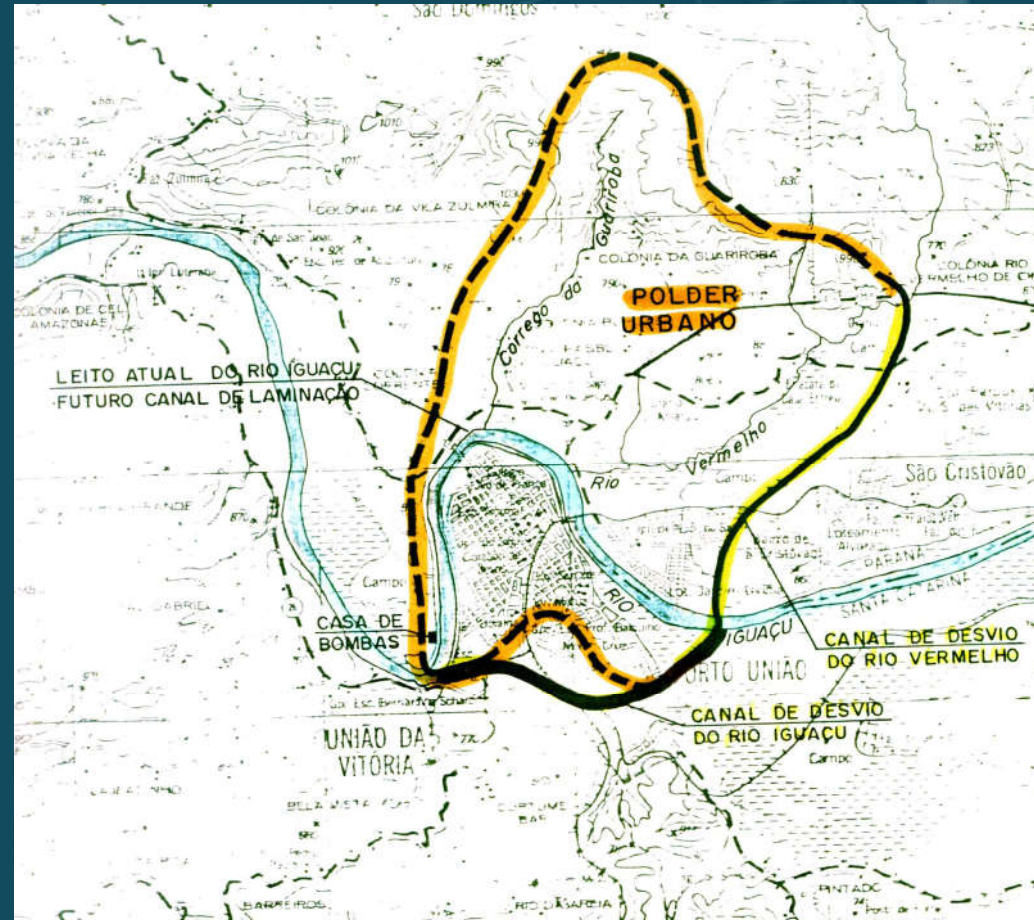
Fonte: MILDER-KAISER(1975).

2 – Antigas Propostas de Soluções Estruturais

MAGNA Engenharia (1984)

- “dragagem do leito é insuficiente”.
- 2 alternativas analisadas:
 - +G1:
 - Desvio do Iguazu aliado a um sistema de diques.
 - +G2:
 - Construção de um sistema de diques entorno das cidades.

Custo G1 = 4,5 x Custo G2



Fonte: MAGNA Engenharia(1984).

2 – Antigas Propostas de Soluções Estruturais

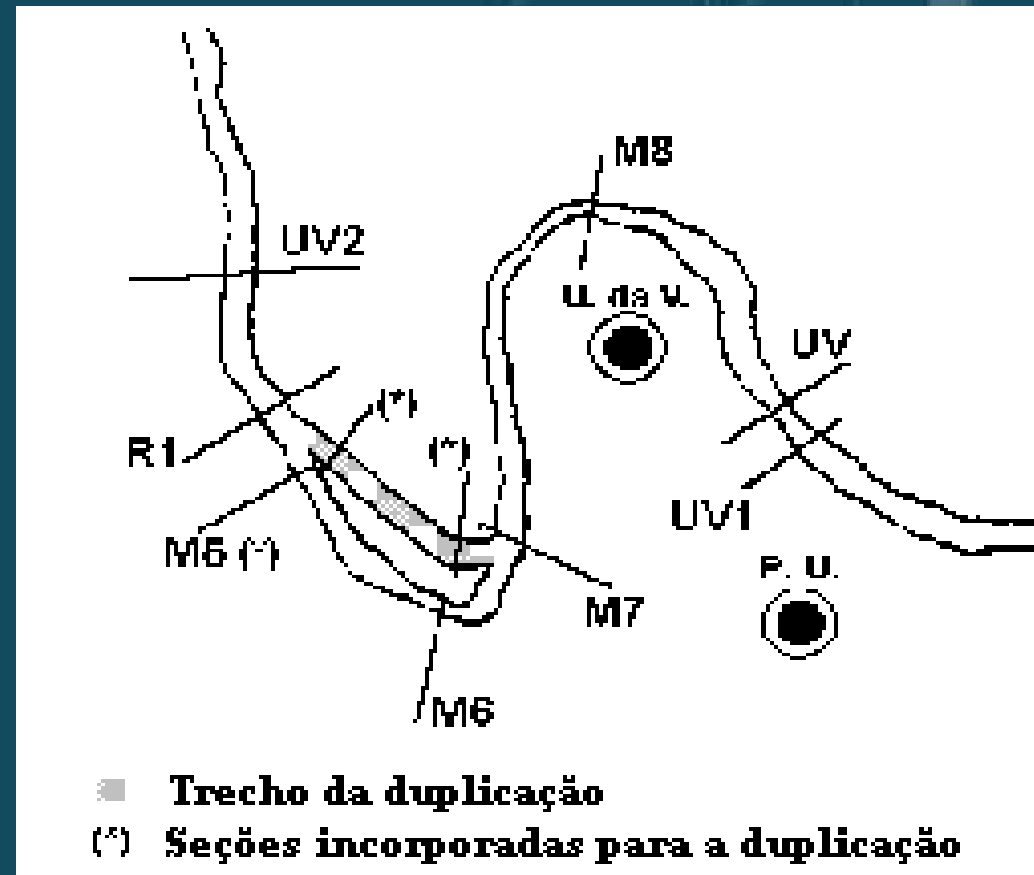
JICA (1995)

Alternativas	Medidas não-estruturais	Medidas estruturais	Obs:
1	Zoneamento e relocação	-	Inviável
2	Zoneamento e relocação	Escavação do canal	Inviável Econ.
3	Zoneamento e relocação	Escavação do canal e dique	Inviável Econ.
4	Zoneamento e relocação	Dique	**U\$ 86 milhões
5	-	Escavação do Canal	Inviável Econ.
6	-	Apenas Dique	Risco Alto
7	-	Escavação e Dique	Inviável Econ.

2 – Antigas Propostas de Soluções Estruturais

TUCCI & VILLANUEVA(1997)

- efeito das pontes no escoamento.
- influência da curva da Ressaca.
- retificação da curva da Fazenda Brasil.
- sobre a retirada das corredeiras de "PV":
"inviável economicamente"
"inviável ambientalmente"

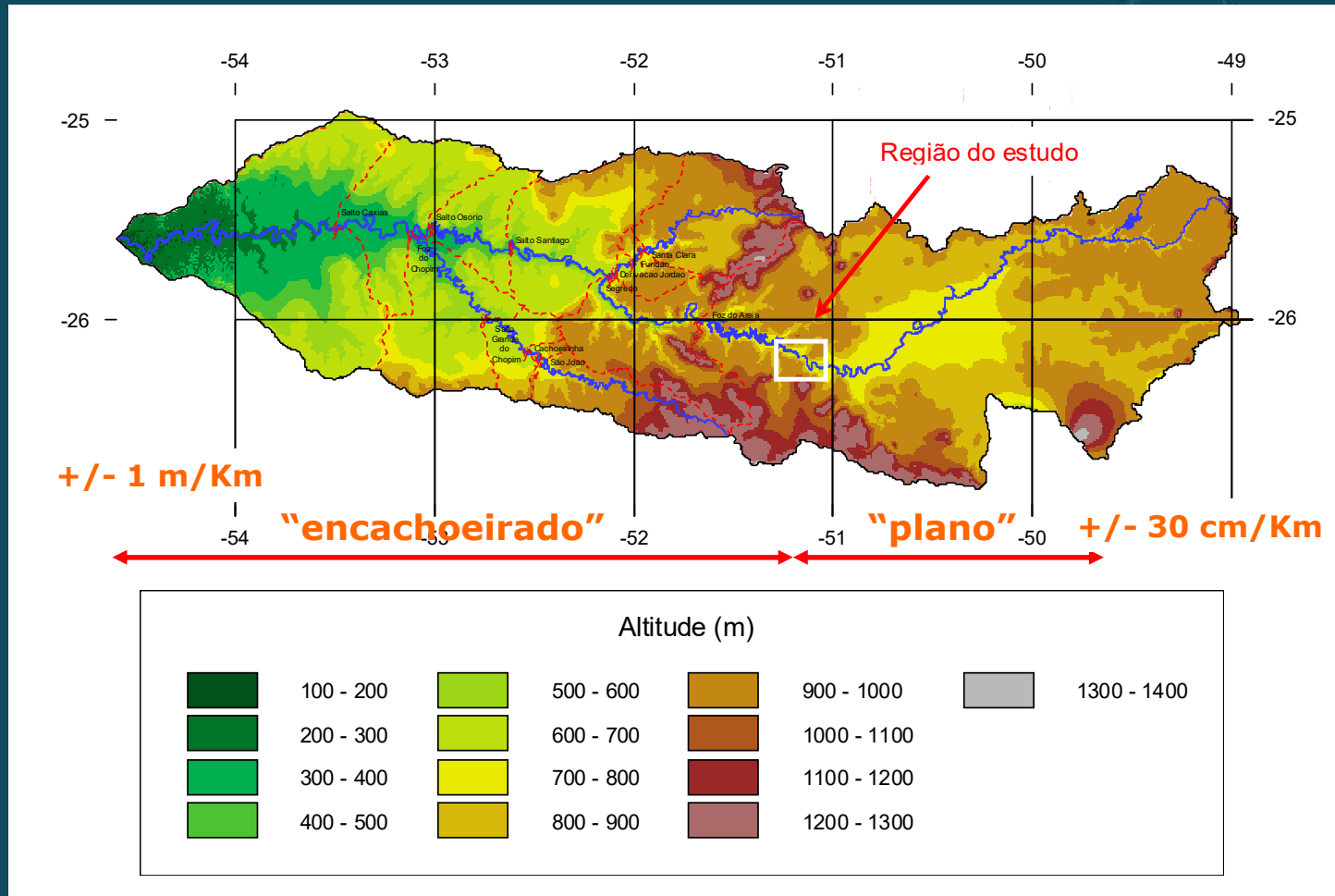


Fonte: TUCCI&VILLANUEVA (1997).

3 – Escoamento do rio Iguaçu entre “UV-PV”

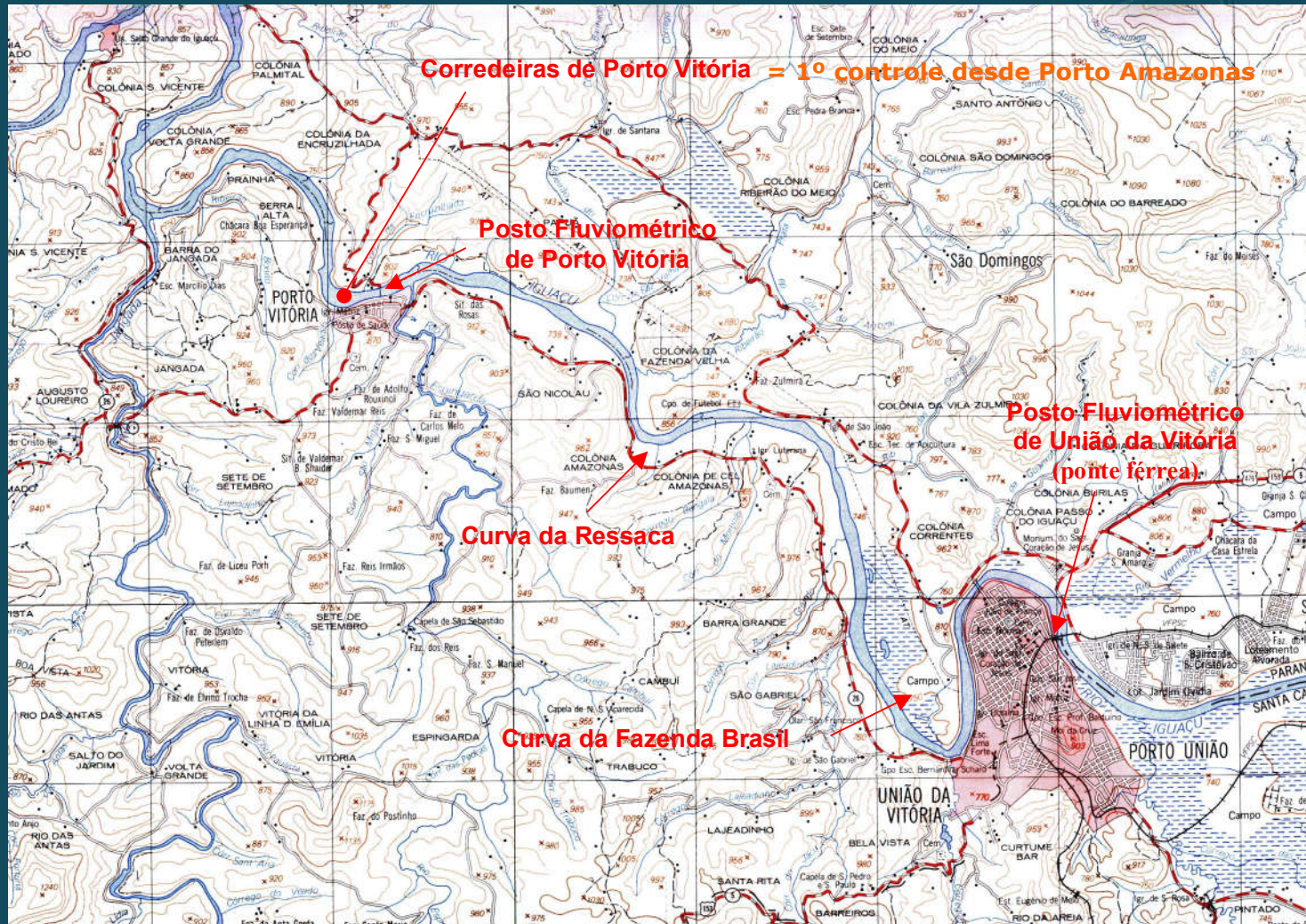


3 – Escoamento do rio Iguazu entre “UV-PV”



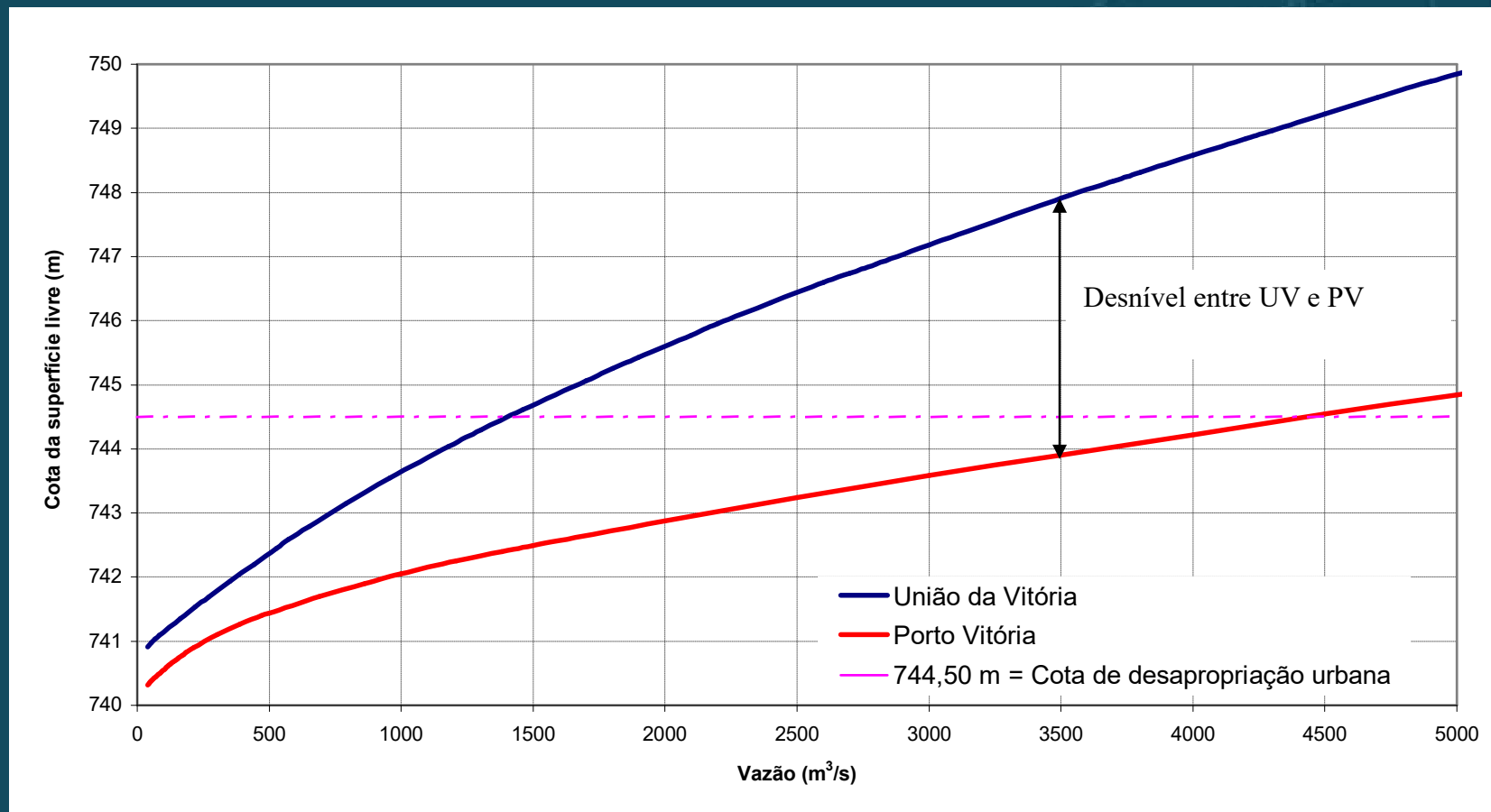
Grandes cheias em “UV-PV” → $S_w = +/- 25 \text{ cm / Km}$

3 – Escoamento do rio Iguazu entre "UV-PV"



3 – Escoamento do rio Iguaçú entre “UV-PV”

Curvas de descarga do rio Iguaçú em União da Vitória e Porto Vitória:

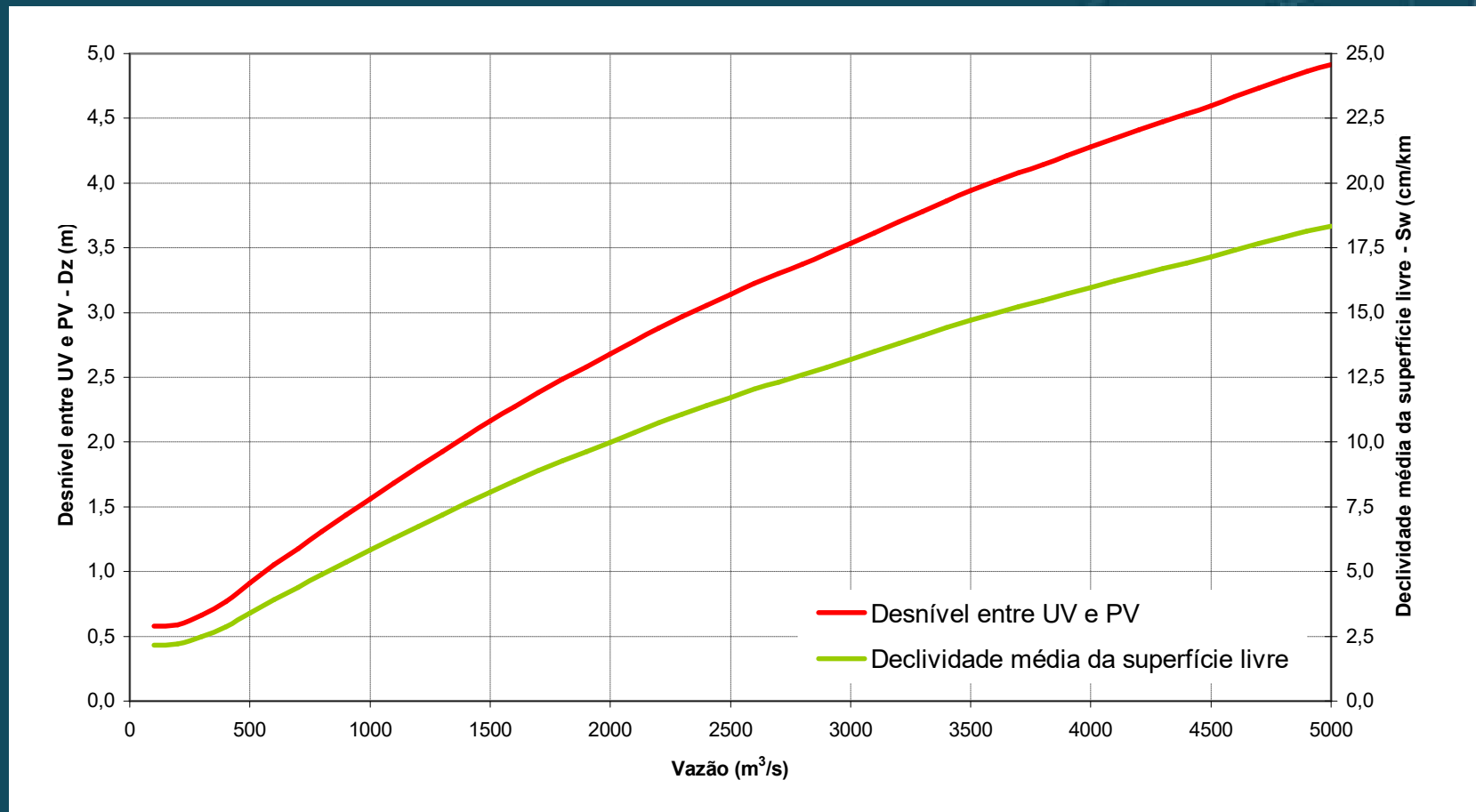


Distância entre os postos de “UV” e “PV” = 27 km.

CEHPAR- Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza

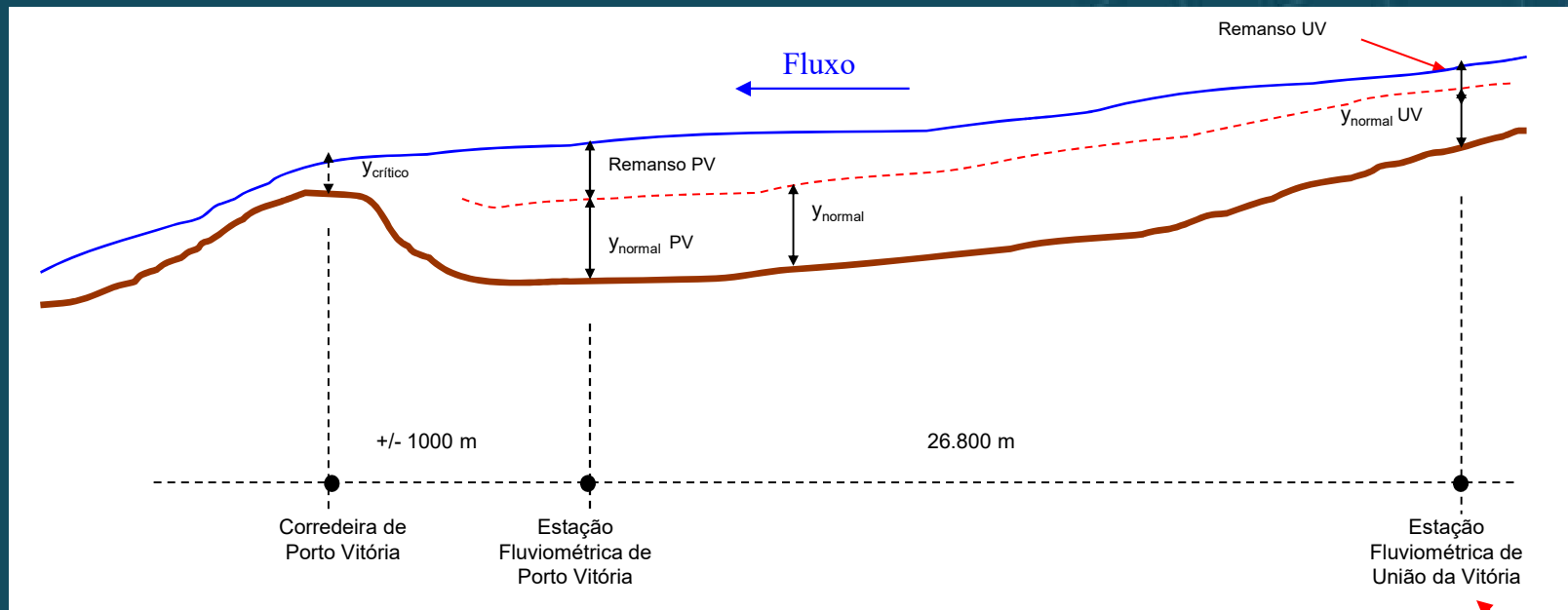
3 – Escoamento do rio Iguaçu entre “UV-PV”

Desnível e declividade entre União da Vitória e Porto Vitória:



3 – Escoamento do rio Iguaçu entre “UV-PV”

Perfil esquemático do rio Iguaçu no trecho “UV-PV”:



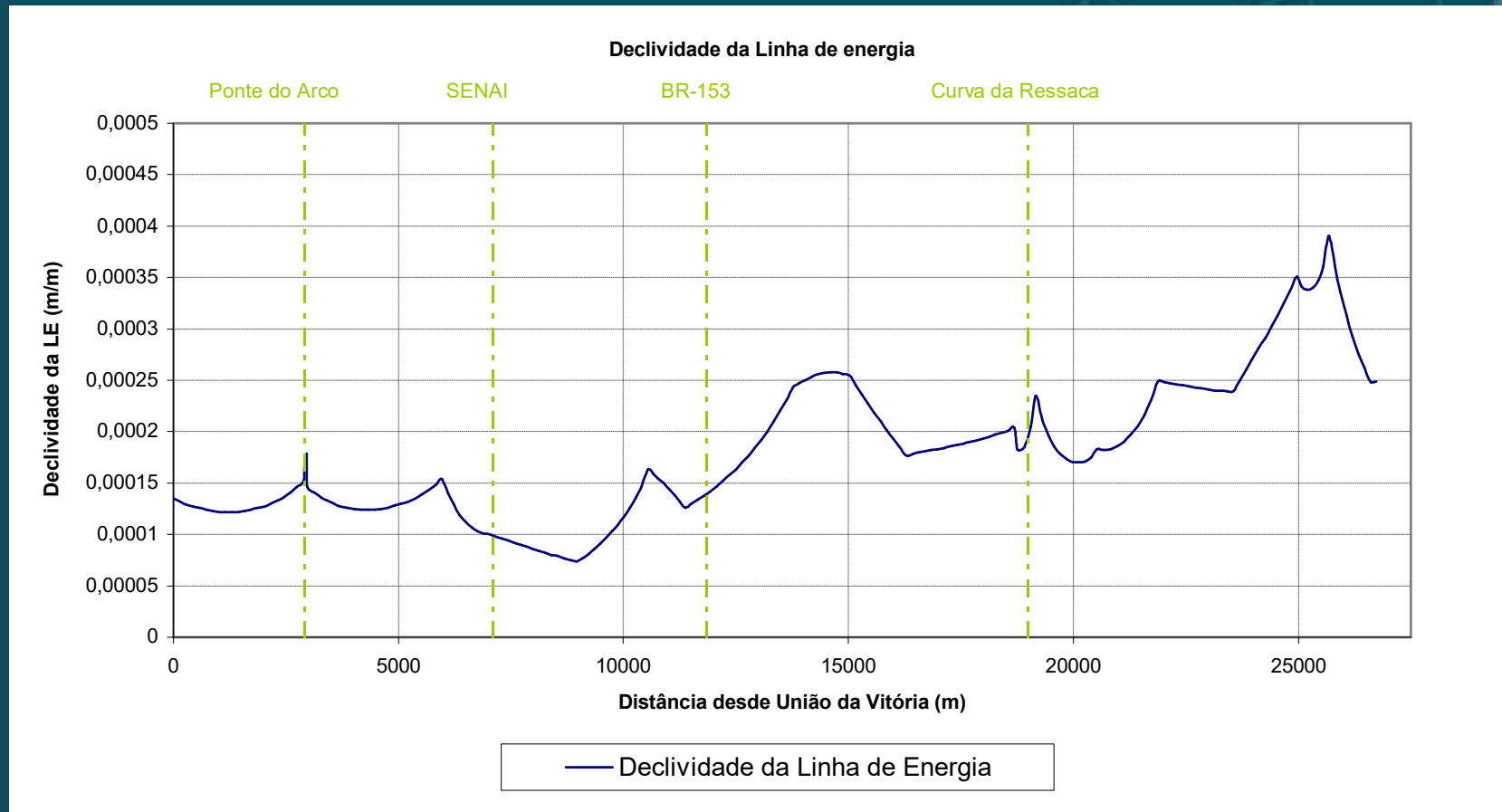
Porto Vitória = controle do tipo “Local”

Porto União / União da Vitória = controle do tipo “Canal”

UV x PU

3 – Escoamento do rio Iguaçu entre “UV-PV”

Declividade da L.E. para $Q = 5.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (1983):

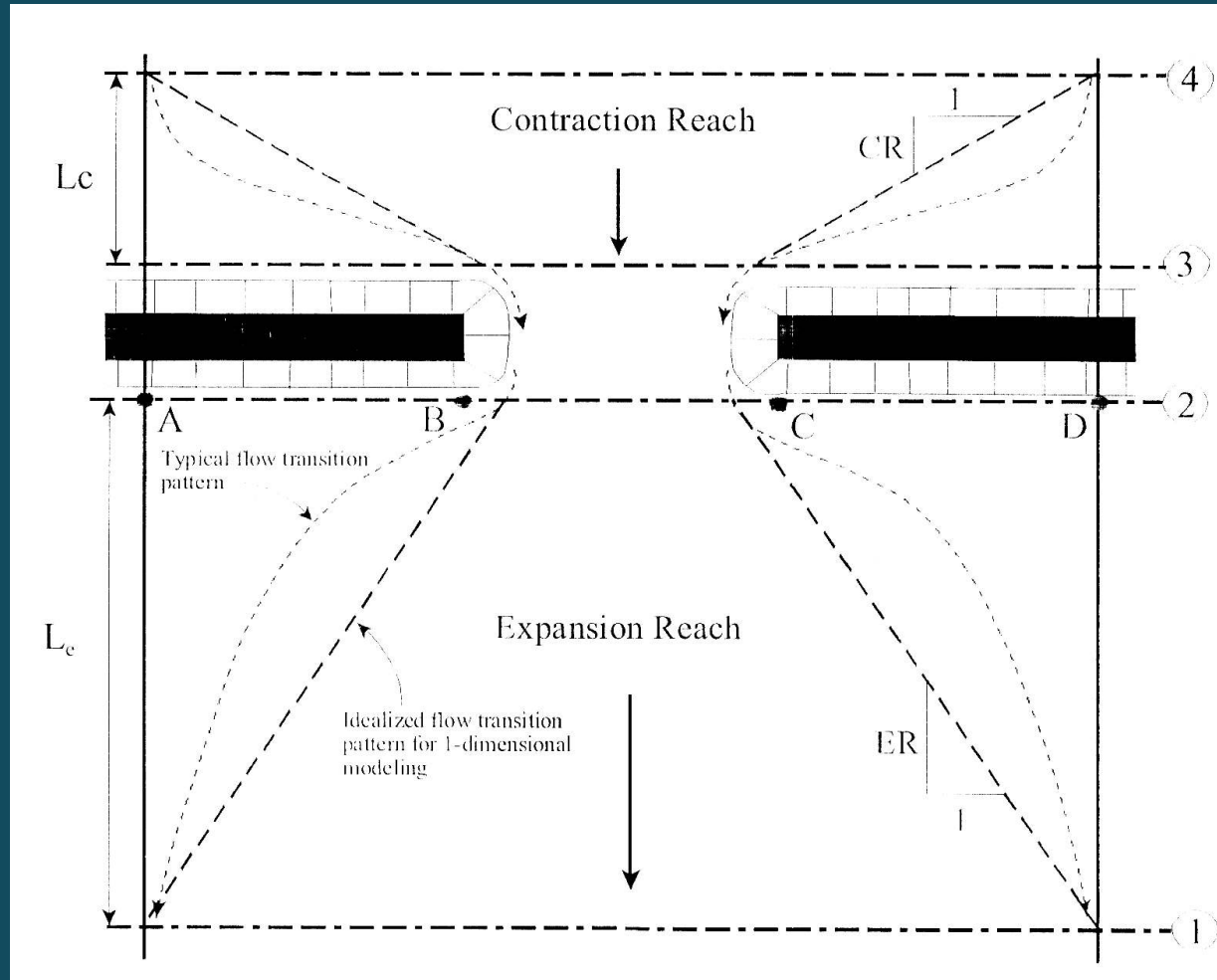


4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

- Levantamento de dados em campo: março e maio de 2004.
- Pontes: BR-153, Manoel Ribas (Arco), Domício Scaramella (Nova), Antiga Ponte Férrea.
- Dados de interesse: cotas, dimensões de pilares e aterros, fundo do rio na região das pontes.



4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias



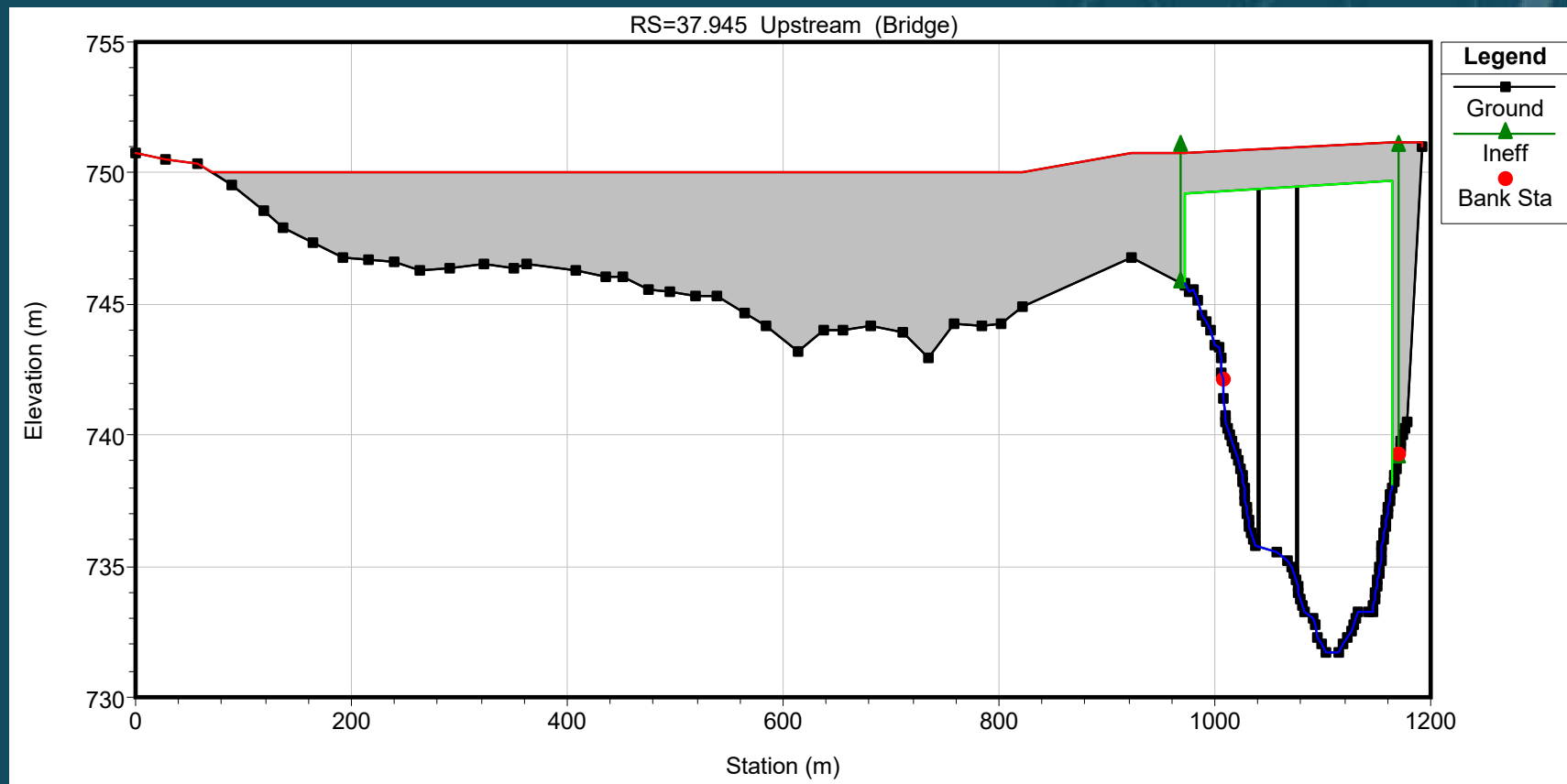
Perdas de energia do escoamento

- região de aproximação, trecho de contração.
- força de arraste nos pilares e extremidade dos aterros.
- região de restituição, trecho de expansão.

Fonte: HEC (2003).

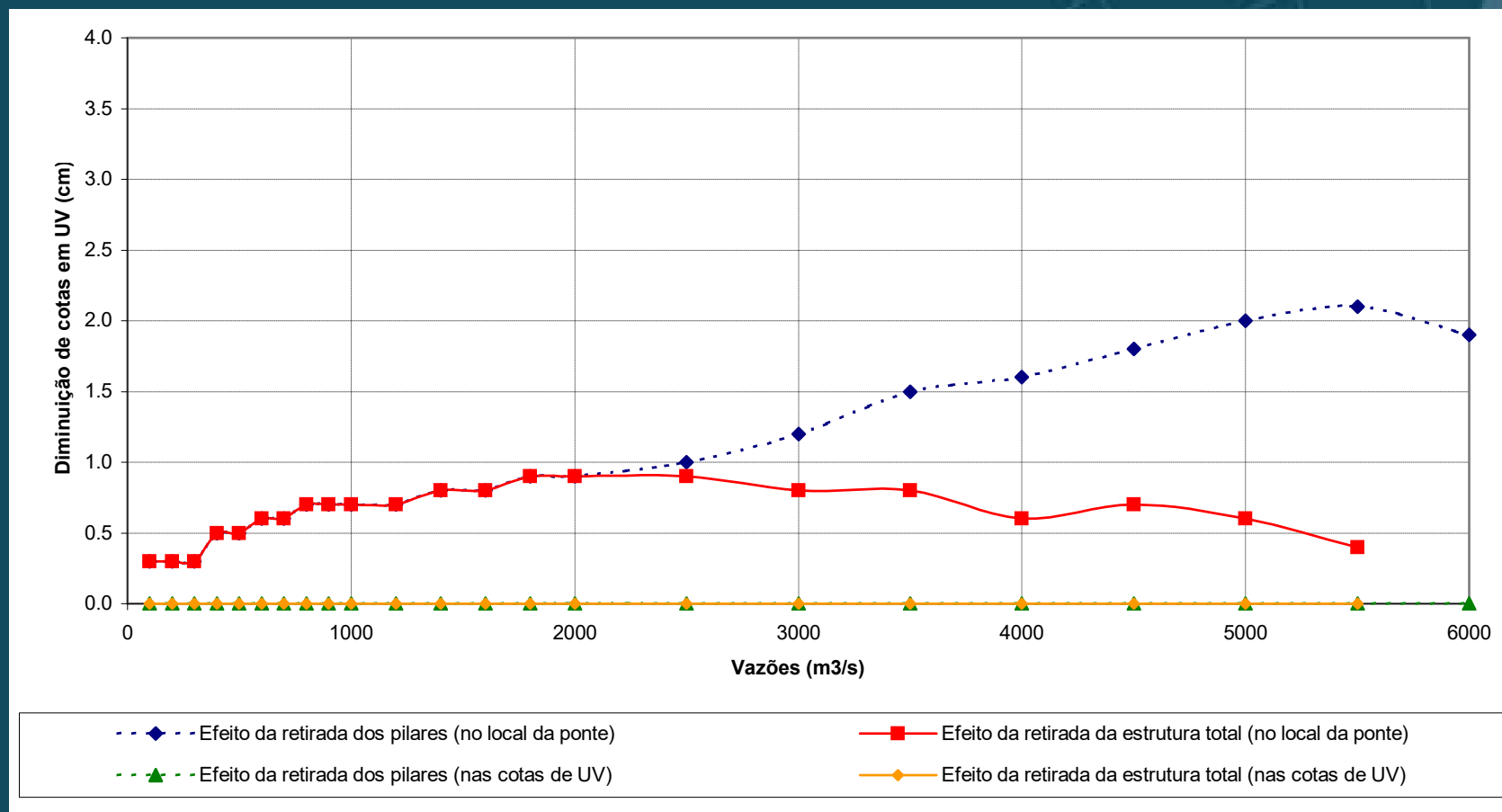
4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Exemplo da modelagem da estrutura da “ponte do Arco”:



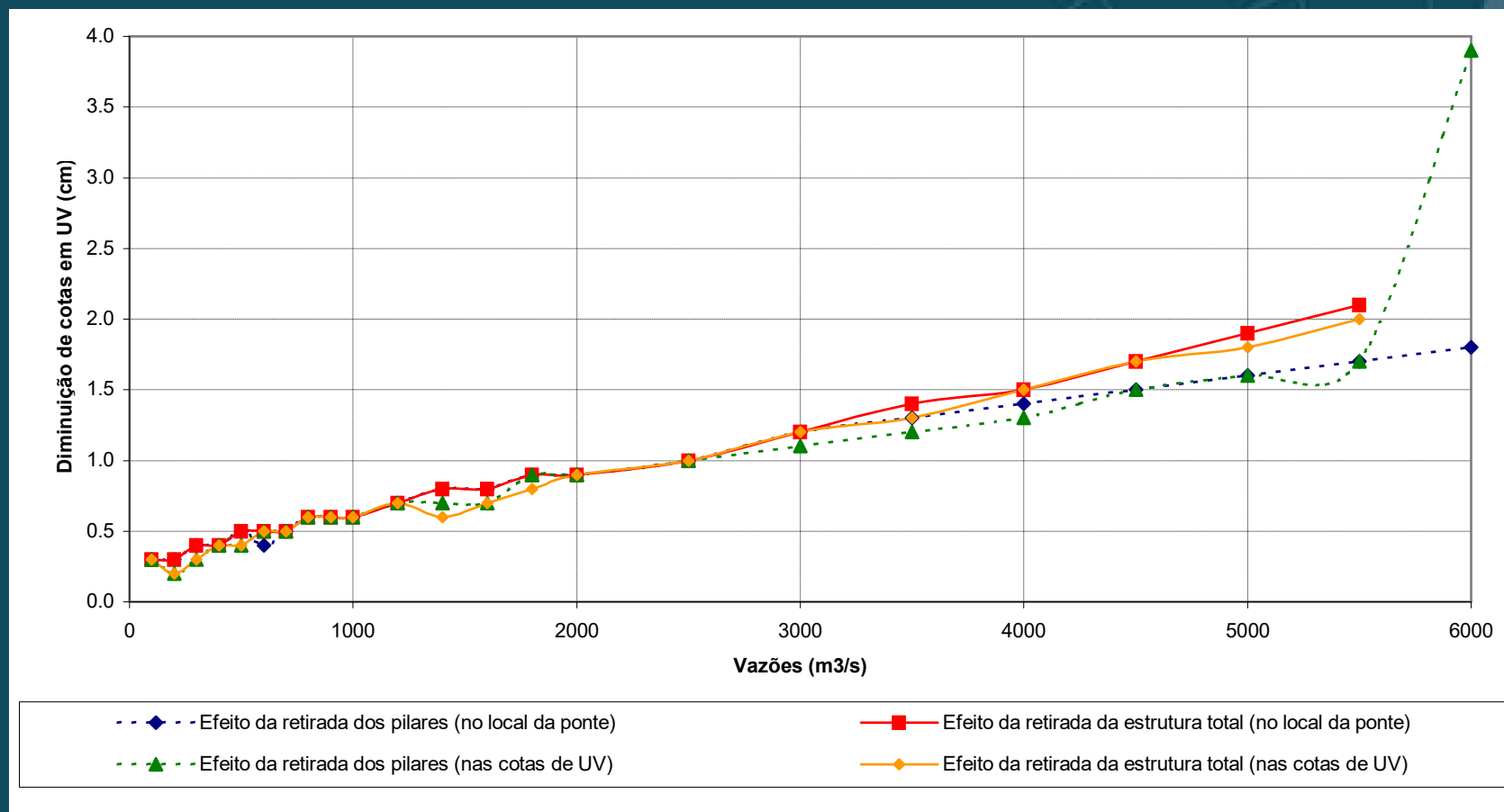
4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Efeitos da antiga “Ponte Férrea” sobre os níveis do escoamento:



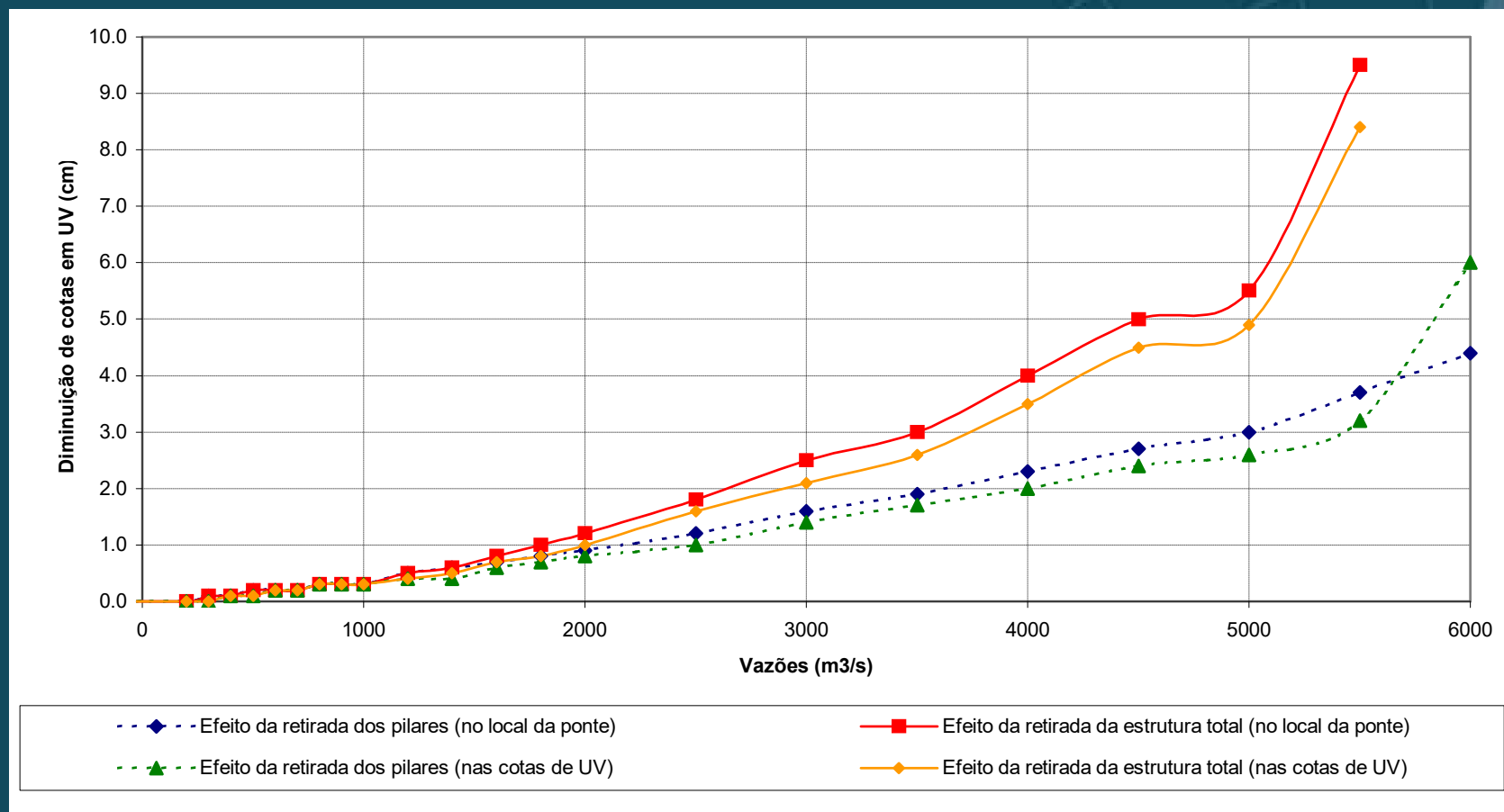
4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Efeitos da “Ponte Nova” sobre os níveis do escoamento:



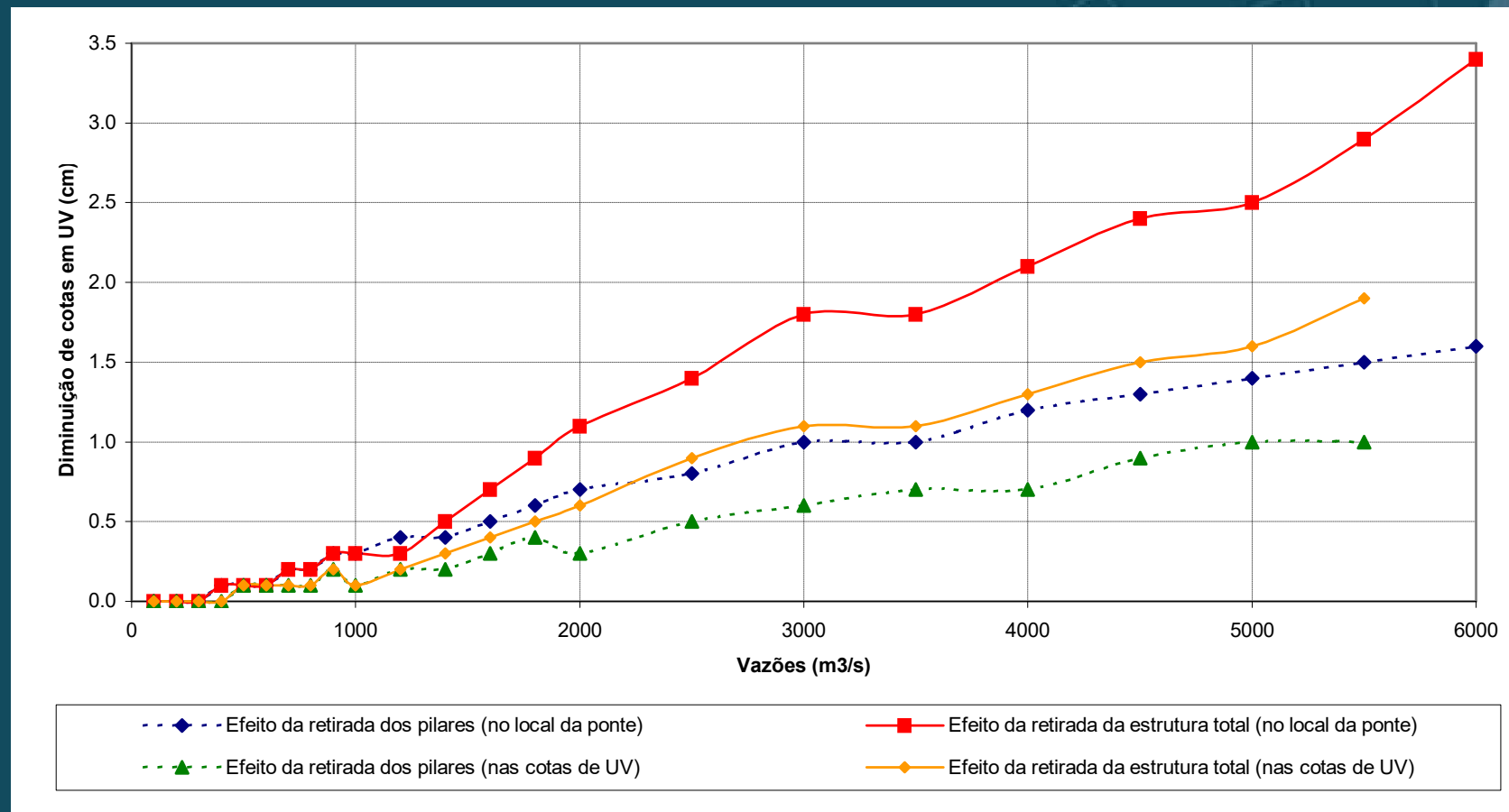
4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Efeitos da “Ponte do Arco” sobre os níveis do escoamento:



4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Efeitos da “Ponte BR-153” sobre os níveis do escoamento:



4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Resumo do efeito das pontes sobre os níveis do escoamento:

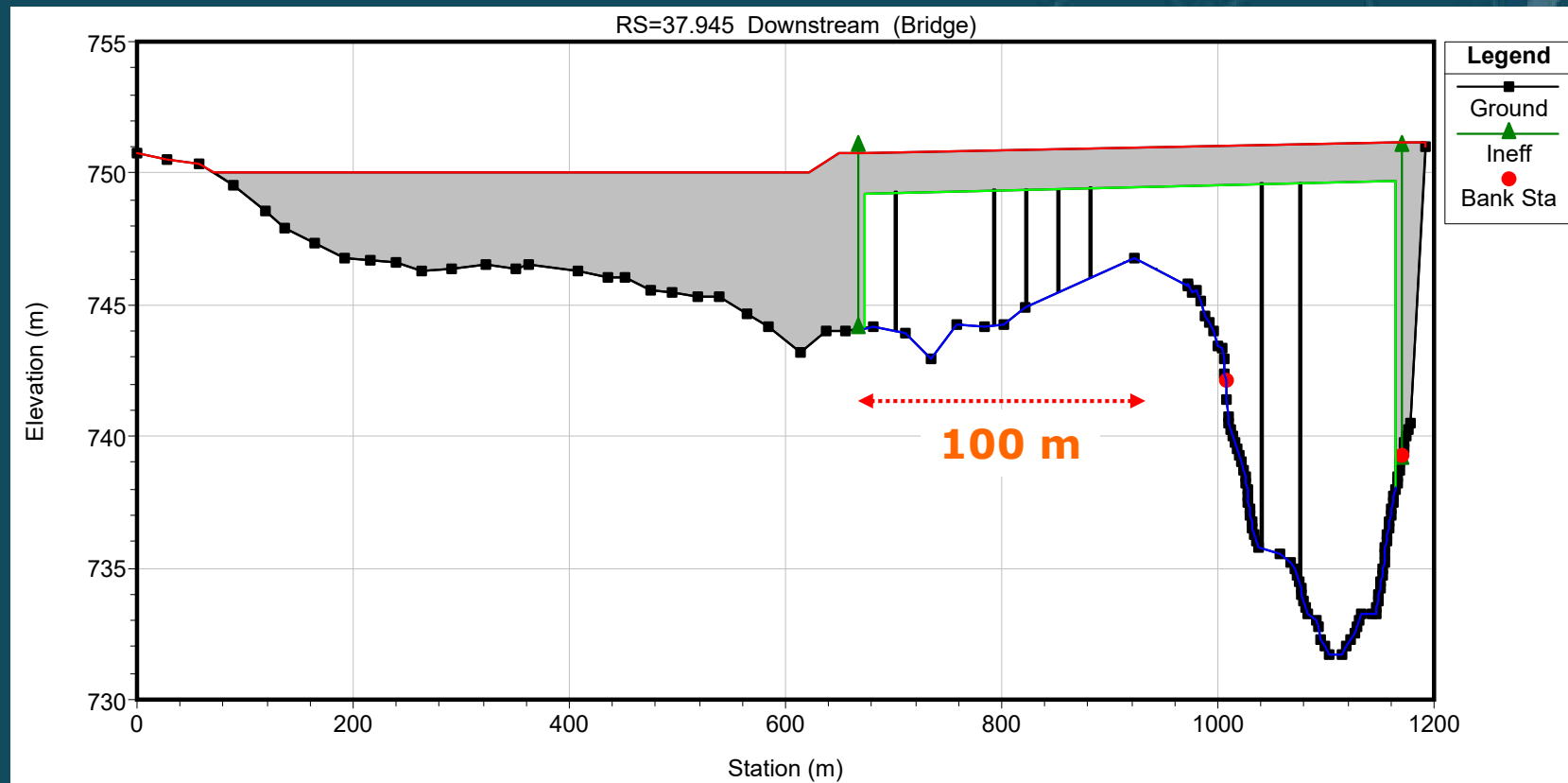
	BR-153	ARCO	NOVA	FÉRREA
Efeito dos aterros no local da ponte	1,4 cm	3,0 cm	1,6 cm	2,0 cm
Efeito total no local da ponte	2,5 cm	5,5 cm	1,9 cm	0,6 cm
Efeito do aterro na régua do posto fluviométrico	1,0 cm	2,6 cm	1,6 cm	0,0 cm
Efeito total na régua do posto fluviométrico	1,6 cm	4,9 cm	1,8 cm	0,0 cm

TUCCI&VILLANUEVA(1997) – pg 53:

“...o caso foi analisado simulando as enchentes de 1983 e 1992 numa situação hipotética em que não existiriam os aterros das pontes. No caso da enchente de 1992, a diferença foi praticamente nula. A enchente de 1983 apresentou diferenças um pouco maiores, mas mesmo assim pouco importantes (máximo de 12 cm).”

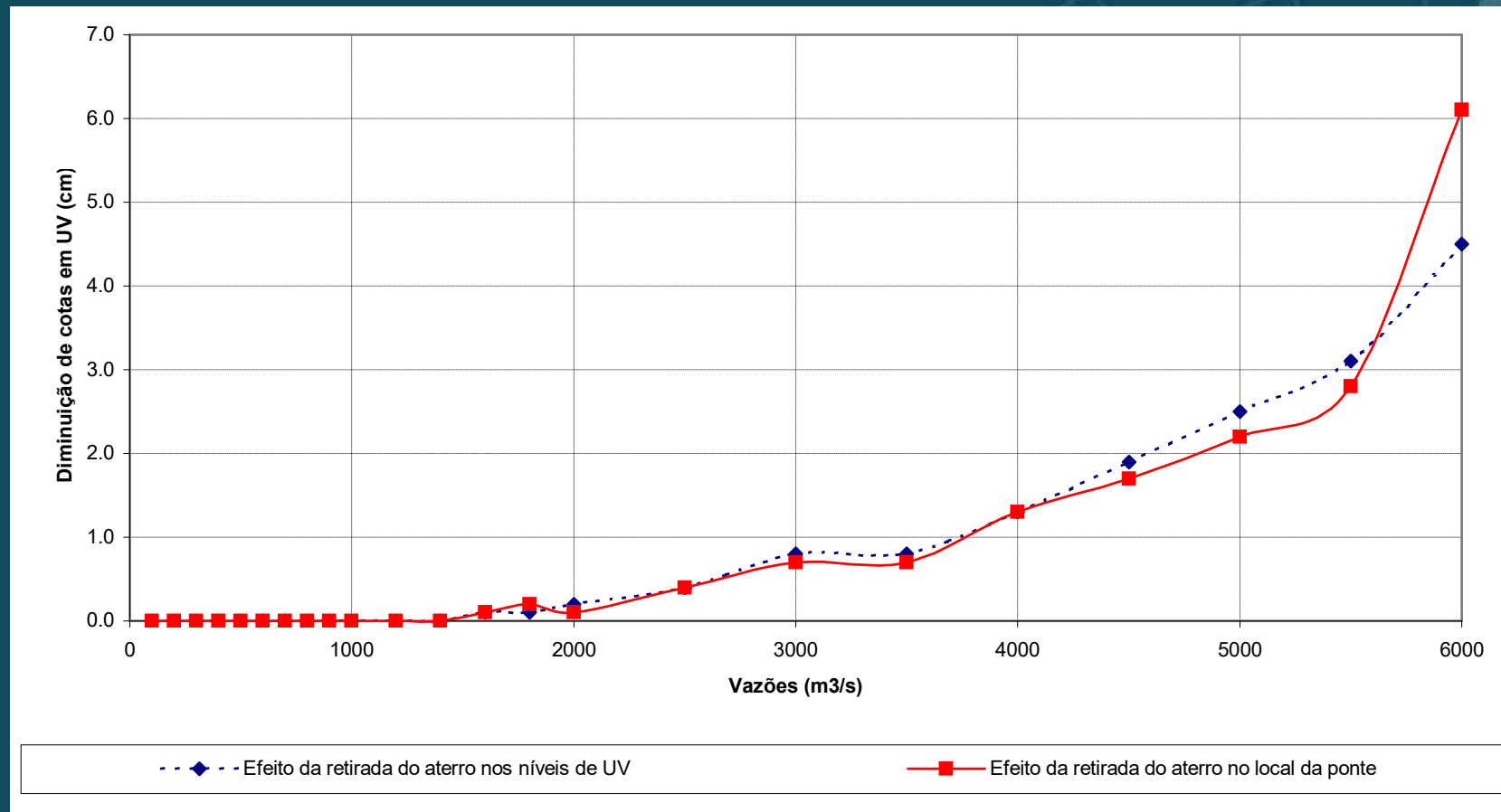
4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Simulação da retirada parcial do aterro da "ponte do Arco":



4 – Efeito das pontes nos níveis das cheias

Efeito da retirada parcial do aterro da "ponte do Arco":

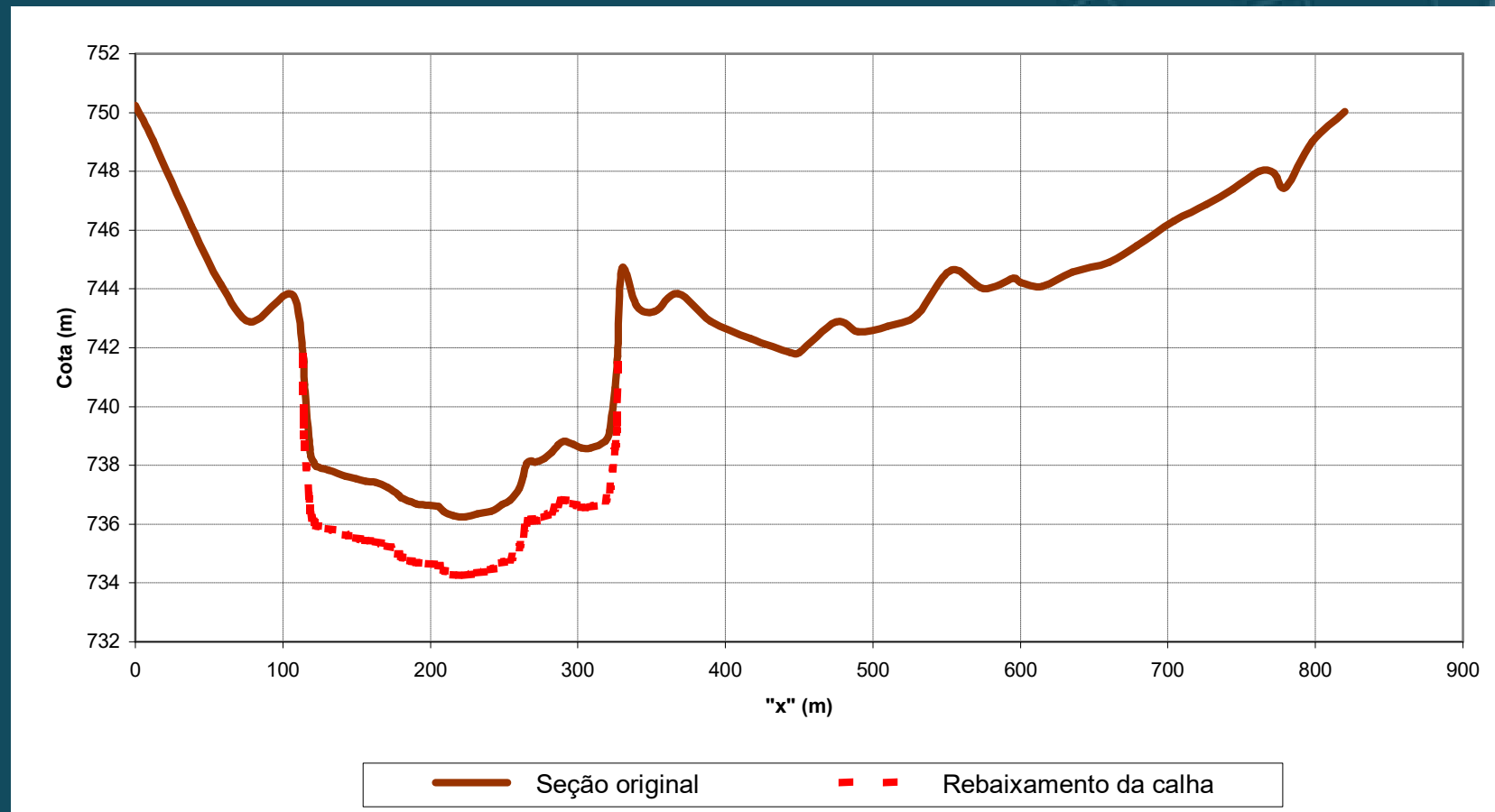


5 – Escavações na calha principal

- Realização de obras envolvendo escavações subaquáticas.
 - Trechos aluvionares = dragagem ou escavação embarcada.
 - Trechos rochosos = detonação submersa.
- Análise dos benefícios da retirada de areia da calha principal do rio sobre os níveis de cheia.
- Escavações na calha principal entre a Curva da Ressaca e Porto Vitória:
 - perda acentuada de energia neste trecho (menor "K").
 - necessidade de escavação submersa em rocha.
- Simulação das escavações propostas pela JICA em 1995 (confirmação de resultados).
- Simulação hipotética da retirada das corredeiras de Porto Vitória.

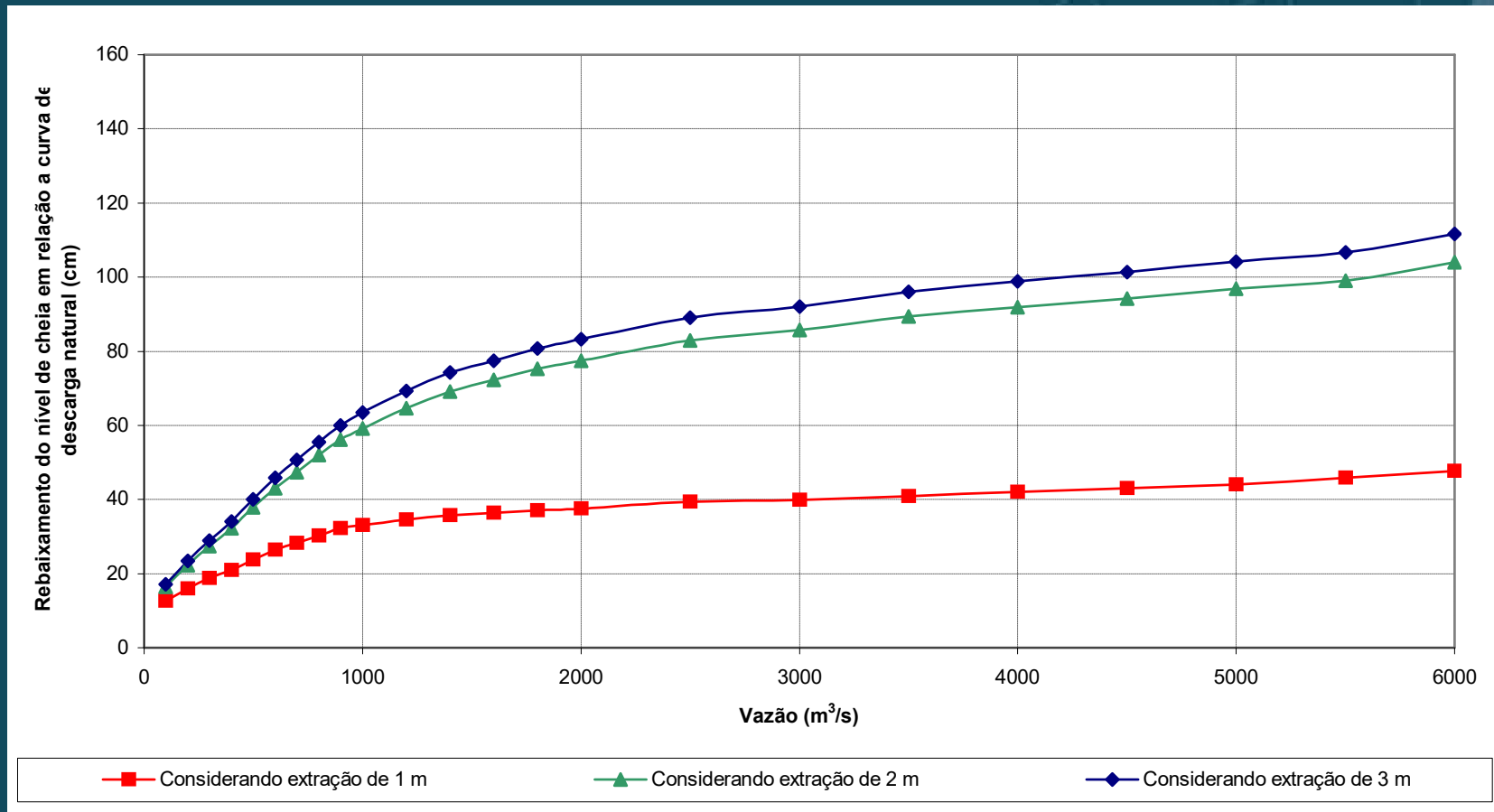
5 – Escavações na calha principal

Rebaixamento das seções para extração de areia:



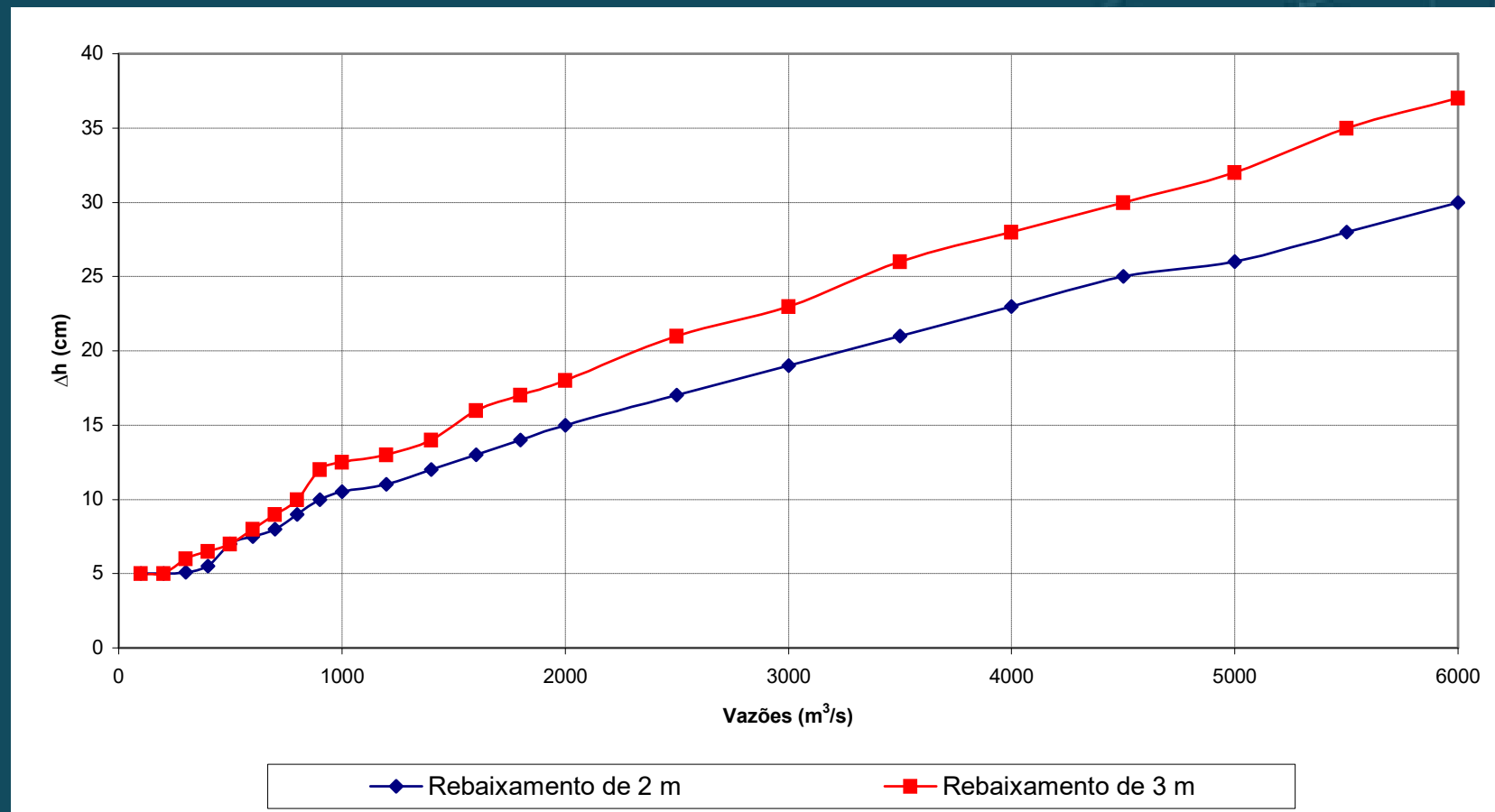
5 – Escavações na calha principal

Efeito da retirada de areia entre as cidades e a Curva da Ressaca:



5 – Escavações na calha principal

Efeito de escavações entre a Curva da Ressaca e Porto Vitória:

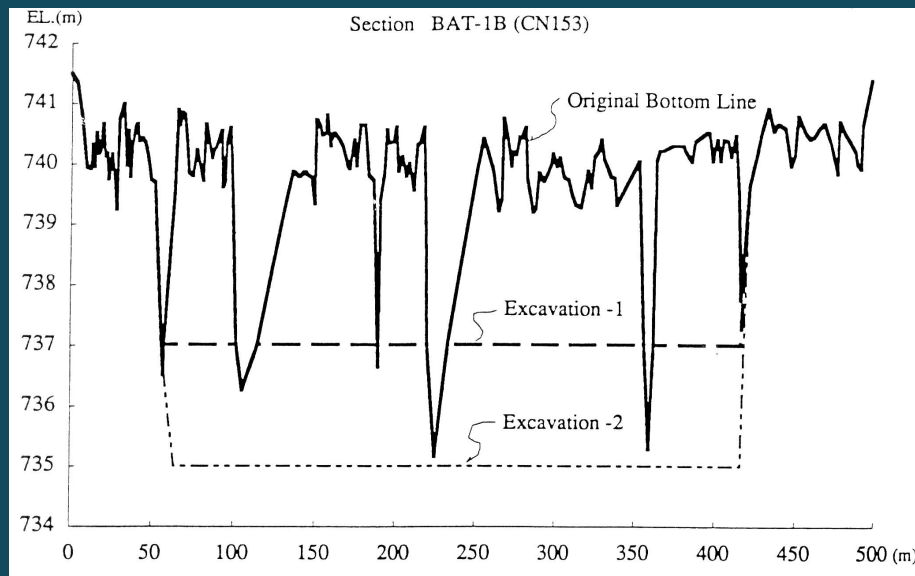


Rebaixamentos insignificantes devido a distância até as cidades.

5 – Escavações na calha principal

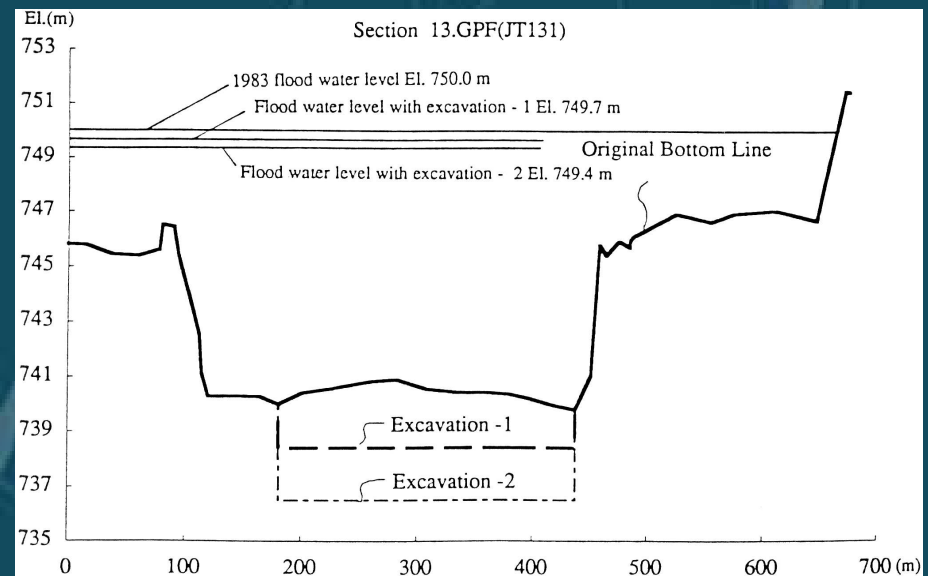
Detalhes da proposta de escavação da JICA (1995):

Rebaixamento em Porto Vitória



Fonte: JICA (1995).

Rebaixamento em PU / UV



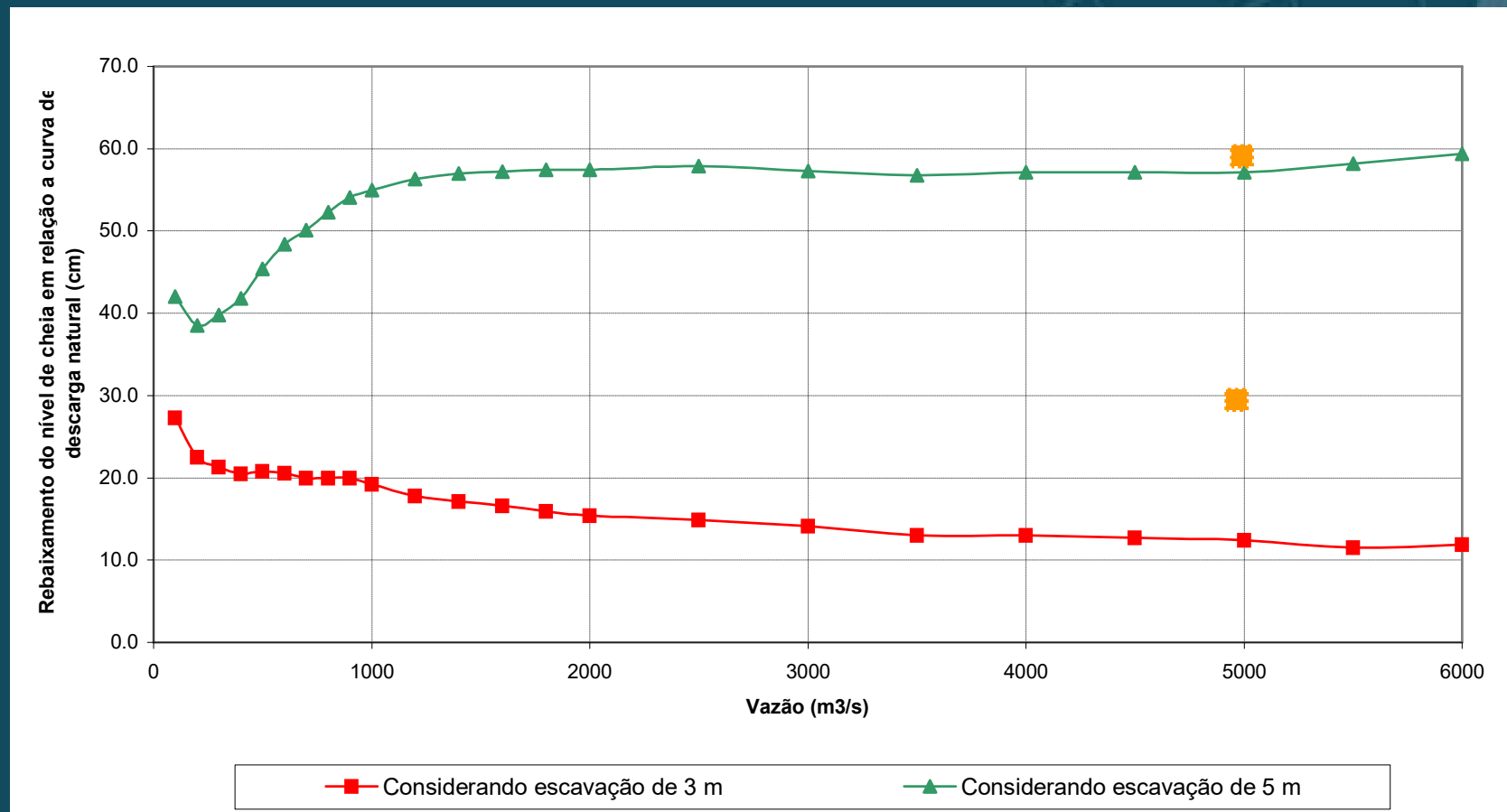
Fonte: JICA (1995).

Declividade de Álveo = 1 : 20.000

"algumas seções não sofreriam intervenções...."

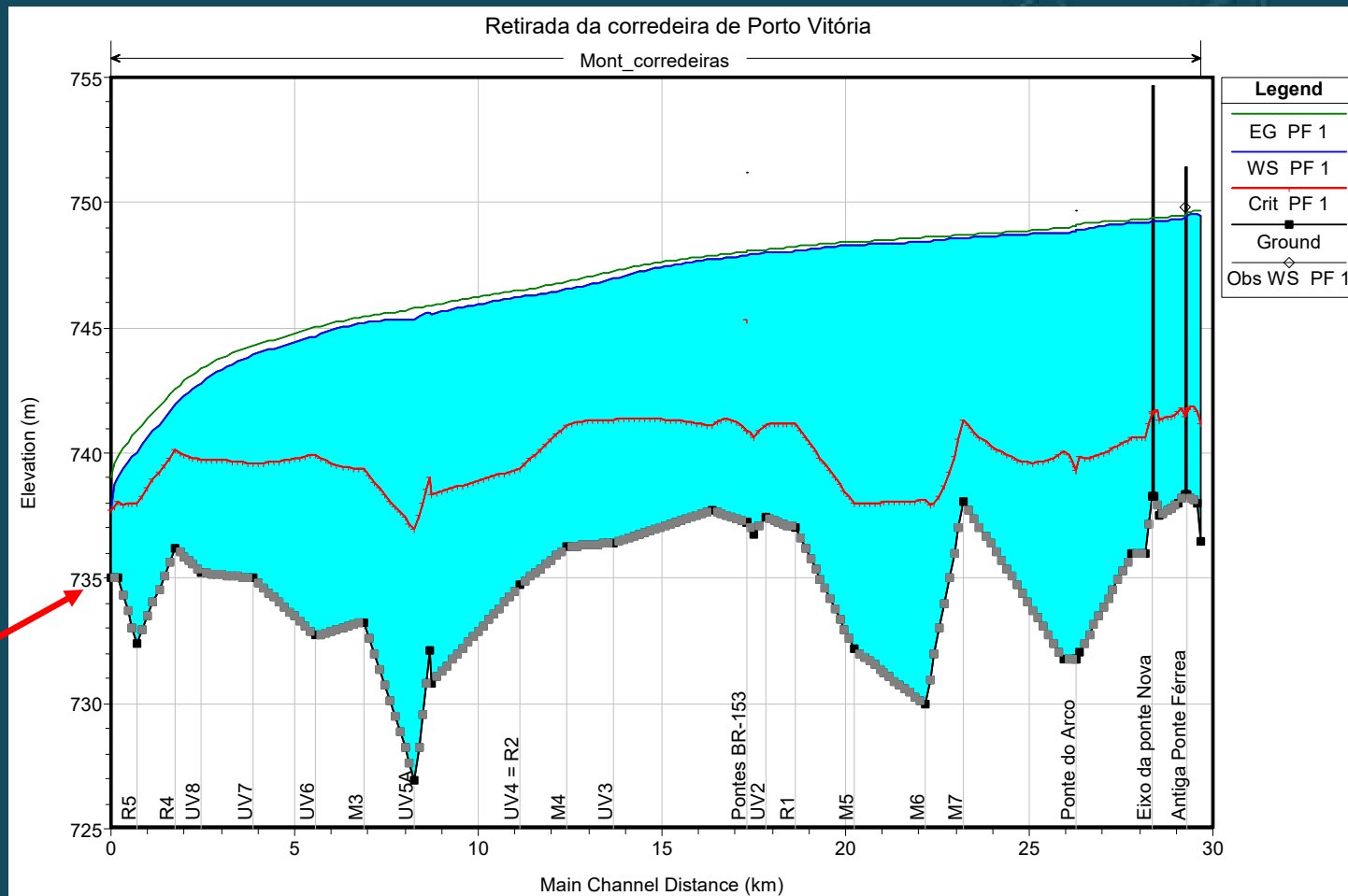
5 – Escavações na calha principal

Resultados obtidos para simulação das escavações da JICA(1995):



5 – Escavações na calha principal

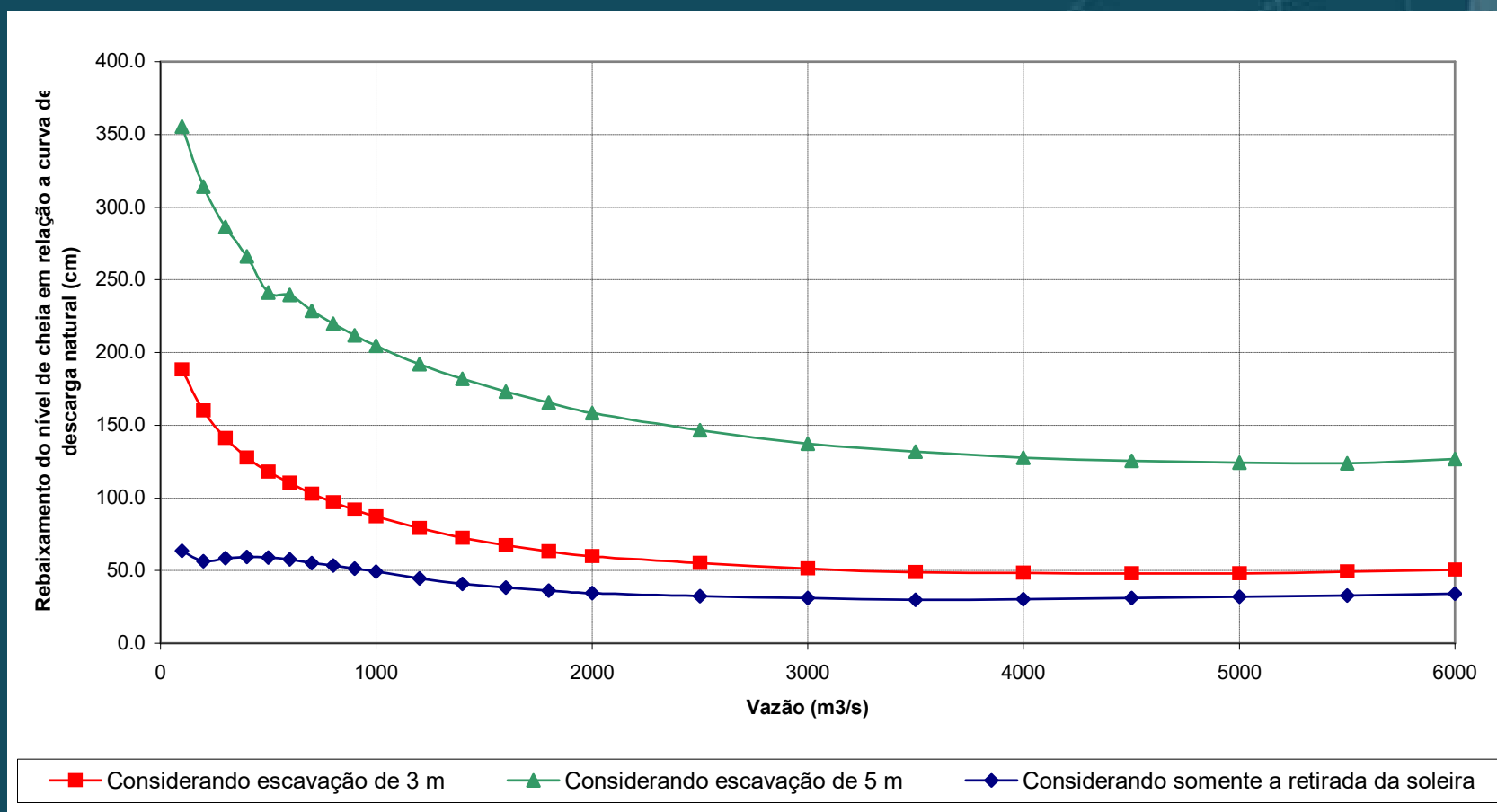
Perfil do escoamento para retirada das corredeiras de PV (1983):



Fundo em PV na cota 735 m

5 – Escavações na calha principal

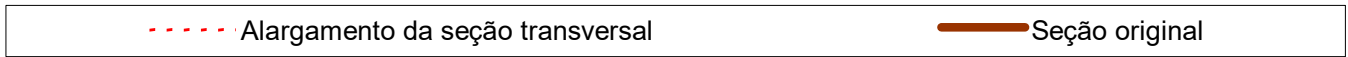
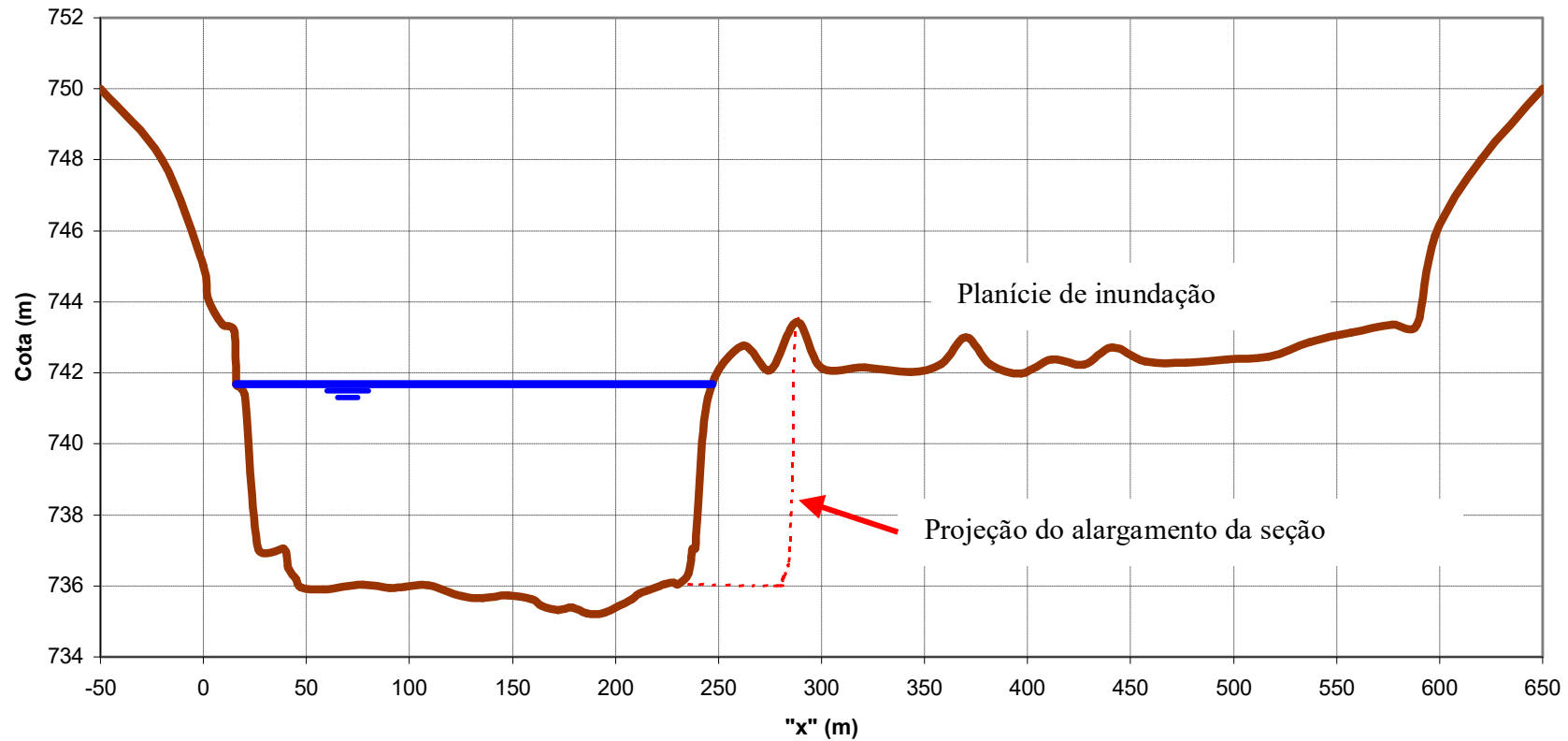
Combinação da retirada das corredeiras com as escavações da JICA:



6 – Alargamentos na calha principal

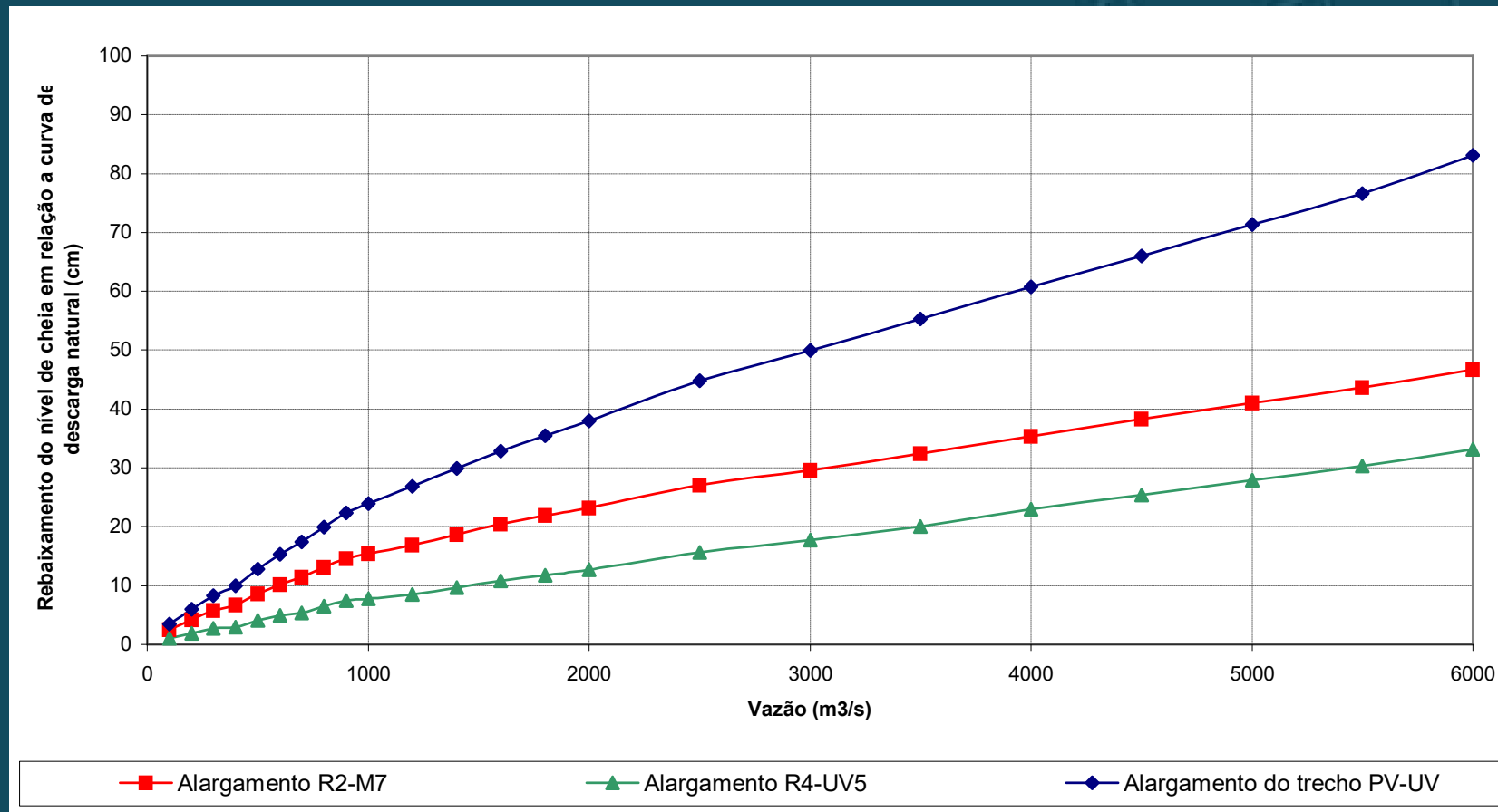
- Realização de obras sem a necessidade de equipamentos embarcados.
- A topografia da região em estudo não permite um alargamento contínuo no trecho de interesse. Foram analisadas 3 combinações de obras:
 - alargamento entre a “R2” e “M7” = 10.300 m
 - alargamento entre a “R4” e “UV5” = 7.000 m
 - combinação das duas hipóteses anteriores.
- Reavaliação da influência da “Curva da Ressaca”. Alargamento da curva (seção M3 = UV5A). Retificação de 1.000 m proposta anteriormente não é possível devido a topografia do terreno.

6 – Alargamentos na calha principal



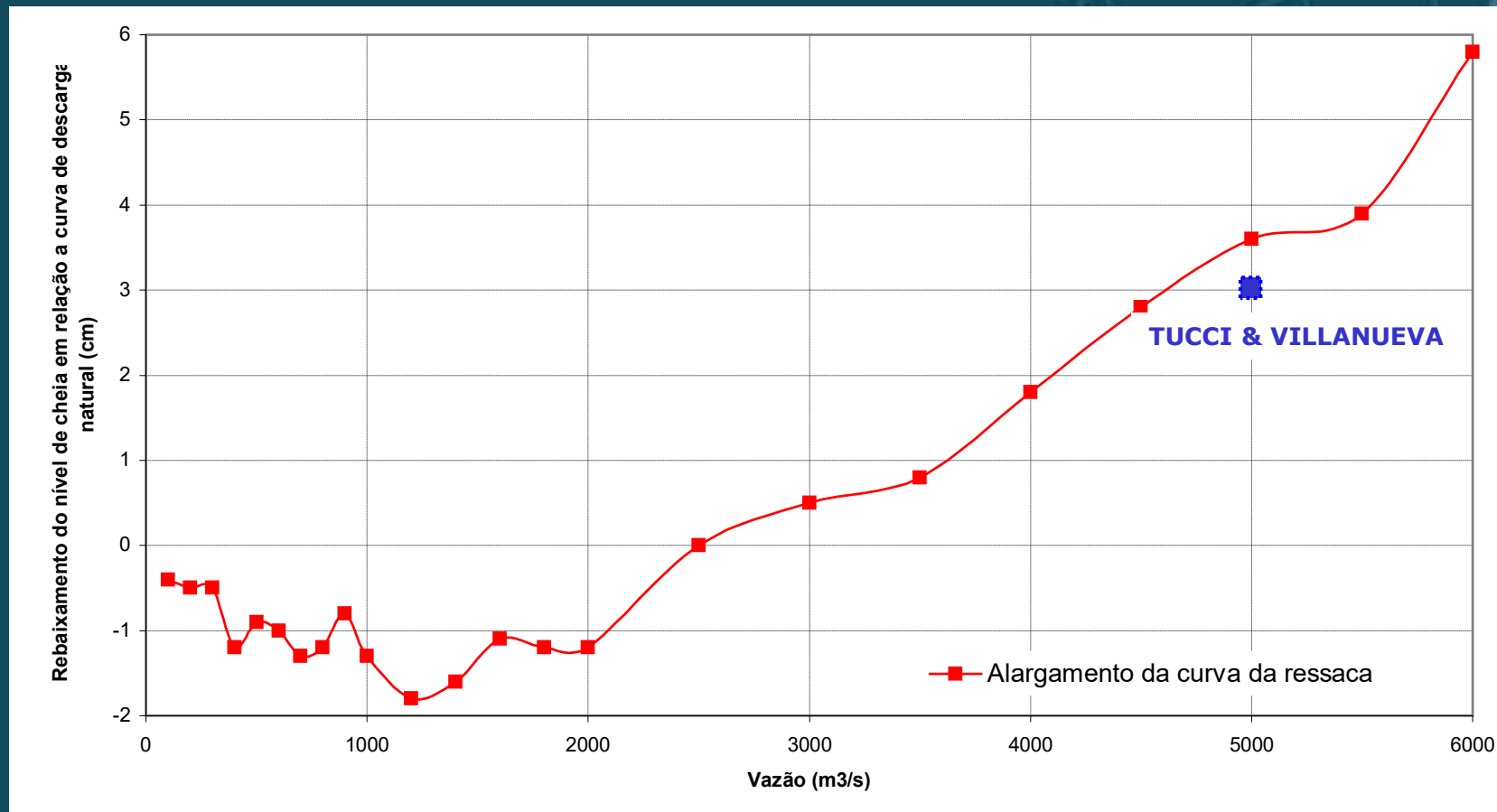
6 – Alargamentos na calha principal

Resultados para as alternativas de alargamento na calha principal:



6 – Alargamentos na calha principal

Resultados para o alargamento na “Curva da Ressaca”:



7 – Duplicações da calha principal

Duplicações = aumento da capacidade de descarga em determinado trecho do rio.

Equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times Rh^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S_f}$$

$$Q = K \times \sqrt{S_f}$$

$$Q = K \times \sqrt{S_f} = K' \times \sqrt{S_f'} \implies K' = 2 \times K \implies K \times \sqrt{S_f} = 2 \times K \times \sqrt{S_f'}$$

$$\sqrt{S_f} = 2 \times \sqrt{S_f'} \implies S_f' = \frac{S_f}{4}$$

Exemplo teórico para cheia de 1983:

$$Q = 4.979 \text{ m}^3/\text{s} \quad z_{UV} = 750,03 \text{ m} \quad z_{PV} = 744,93 \text{ m} \quad \Delta z = 5,10 \text{ m}$$

$$S_f = 19,03 \text{ cm/Km}$$

supondo duplicação da conveyance $K' = 2 K$

$$S_f' = \frac{1}{4} S_f = 4,75 \text{ cm/Km}$$

$$\Delta z' = 1,27 \text{ m}$$

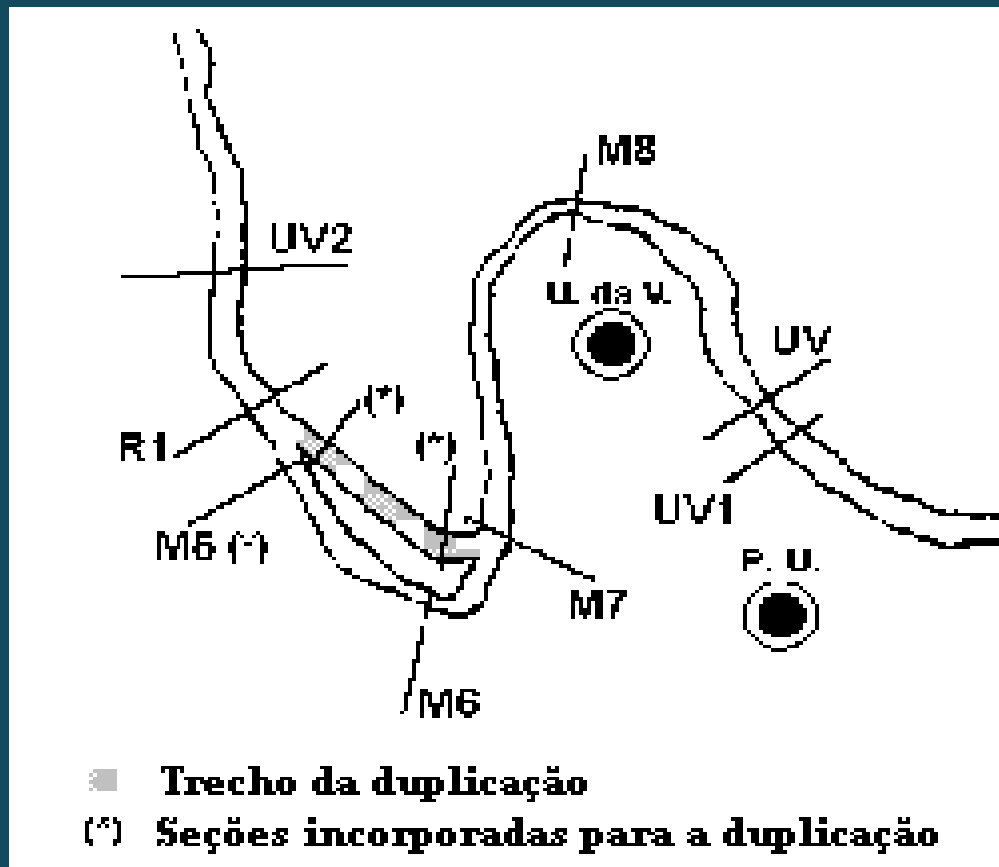
$$z_{PV} = 744,93 \text{ m}$$

$$z_{UV}' = 746,205 \text{ m}$$

"redução de 3,83 m no nível da cheia"

7 – Duplicações da calha principal

Duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme TUCCI&VILLANUEVA :



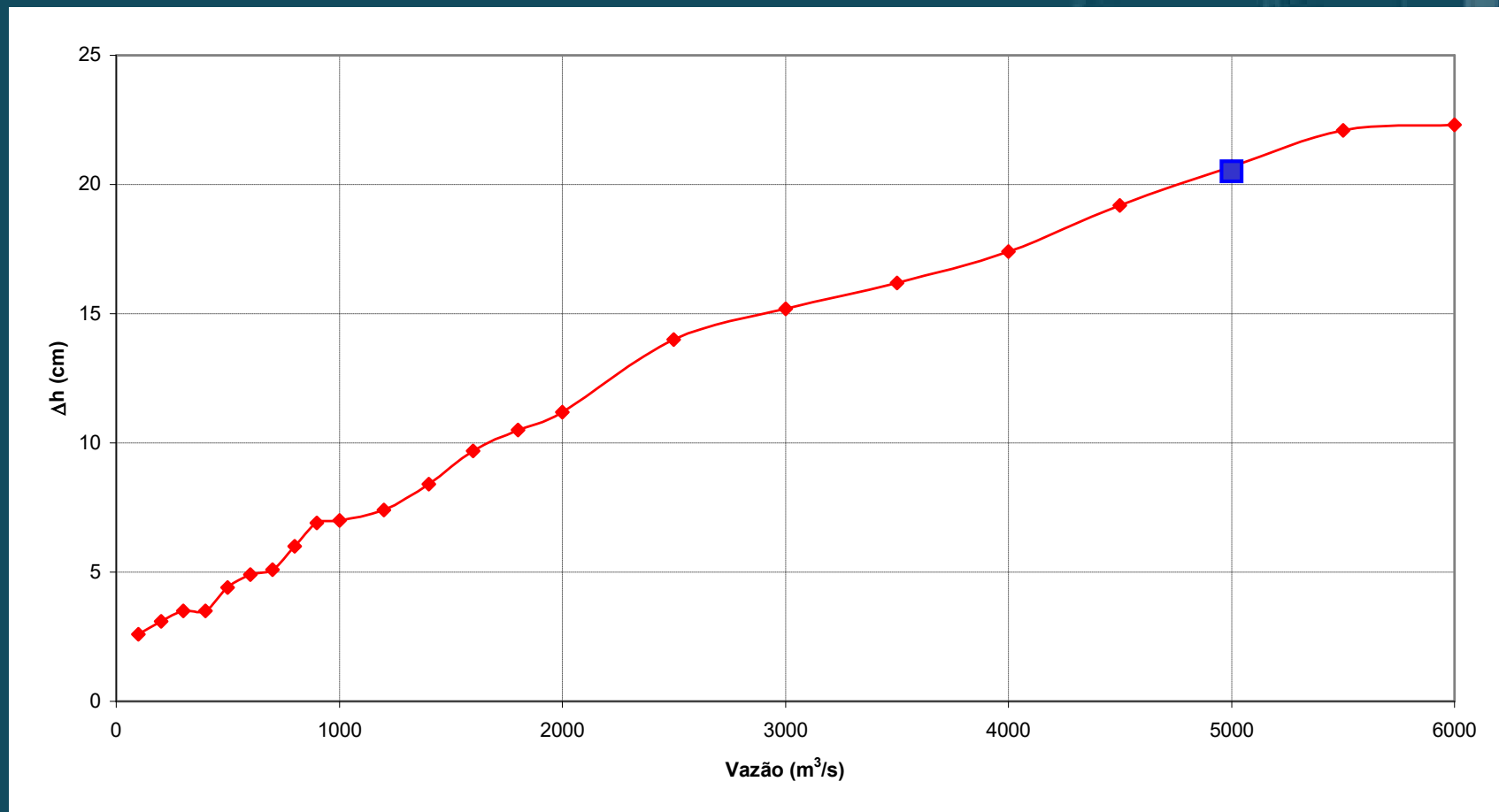
Comprimento da duplicação = 2850 m

Volume de escavação comum = $4 \times 10^6 \text{ m}^3$

Fonte: TUCCI&VILLANUEVA(1997)

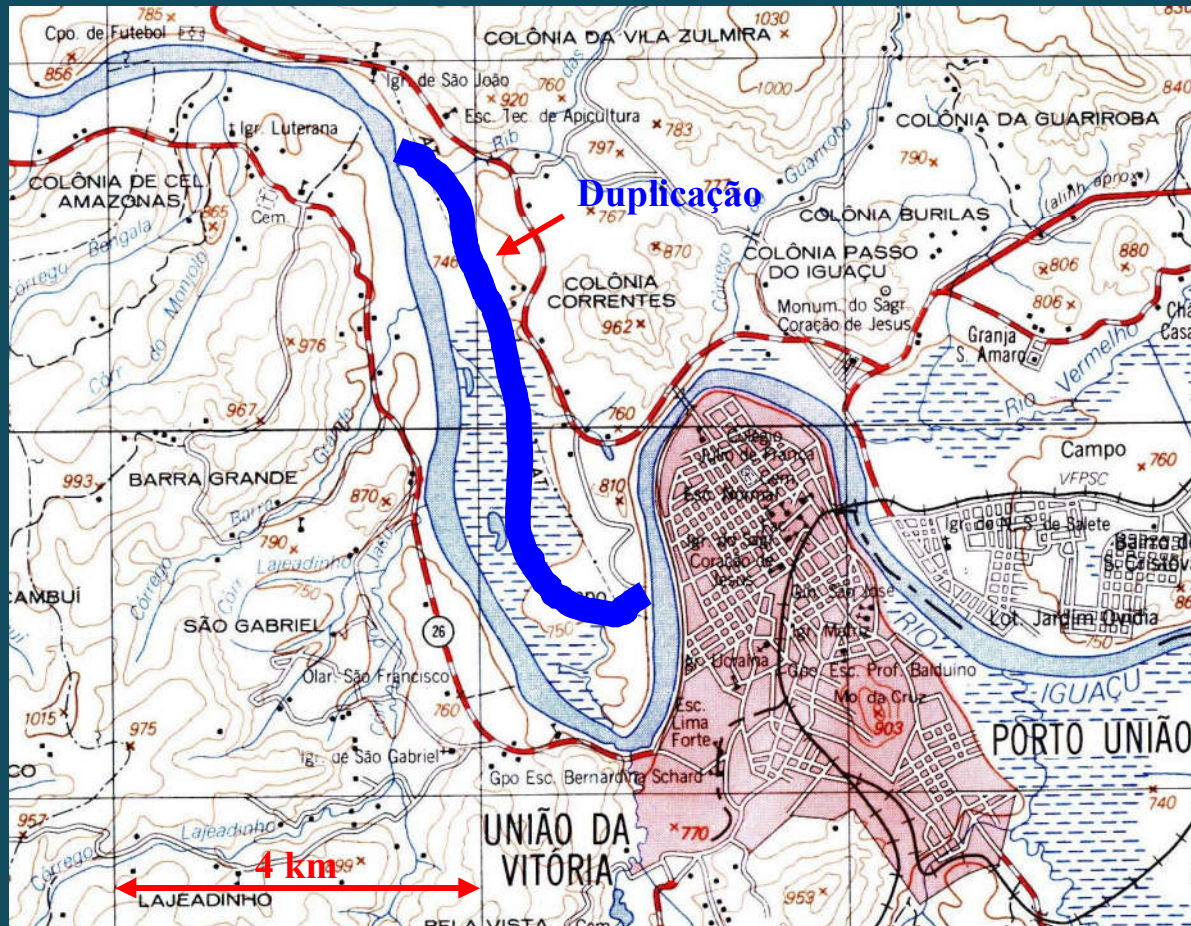
7 – Duplicações da calha principal

Resultado da duplicação da curva da F.Brasil conforme TUCCI&VILLANUEVA:



7 – Duplicações da calha principal

Duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme CEHPAR(2005):



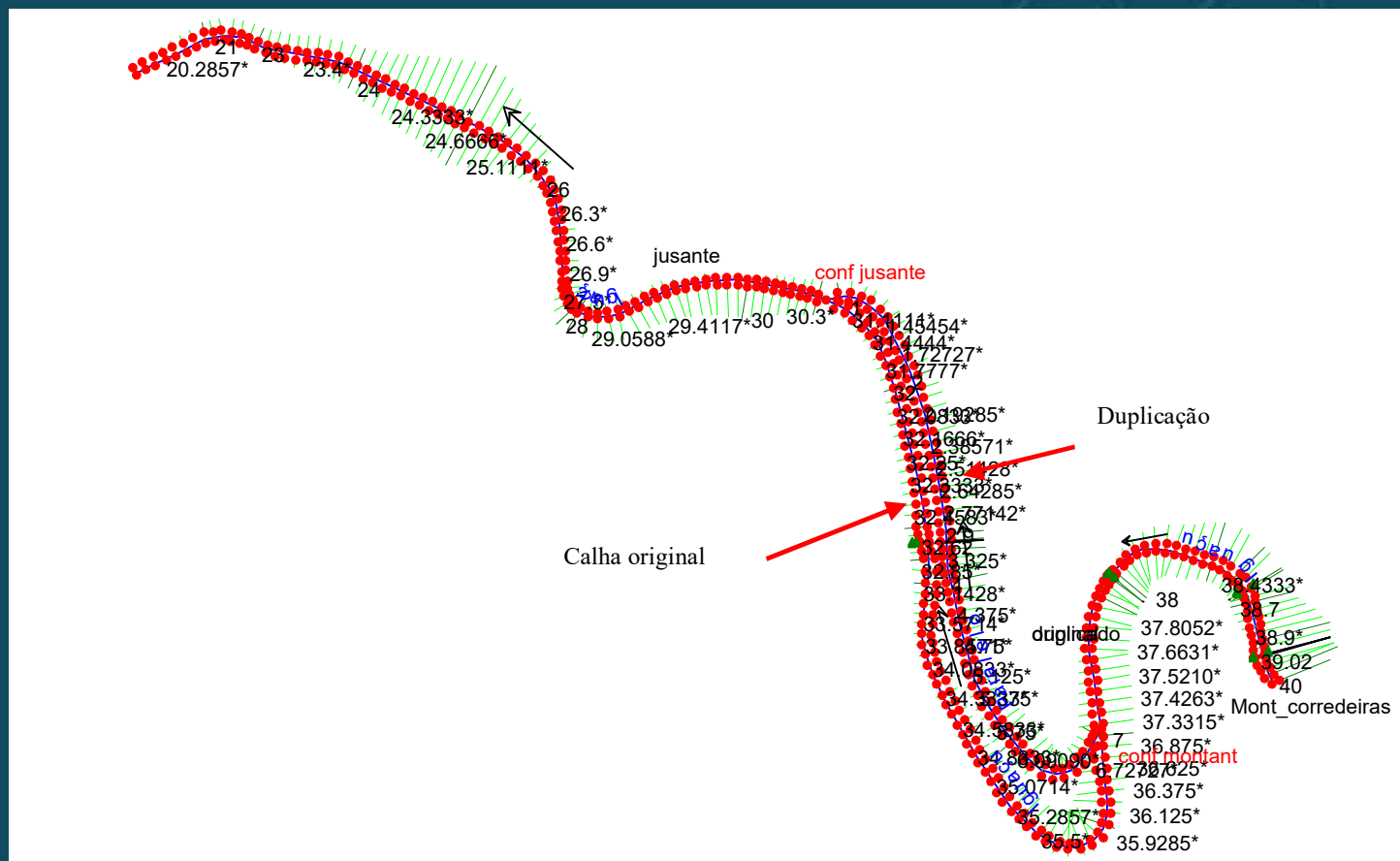
Comprimento da duplicação = 7800 m

Volume de escavação comum = $15,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

“Necessidades de alterações na ponte da BR-153.”

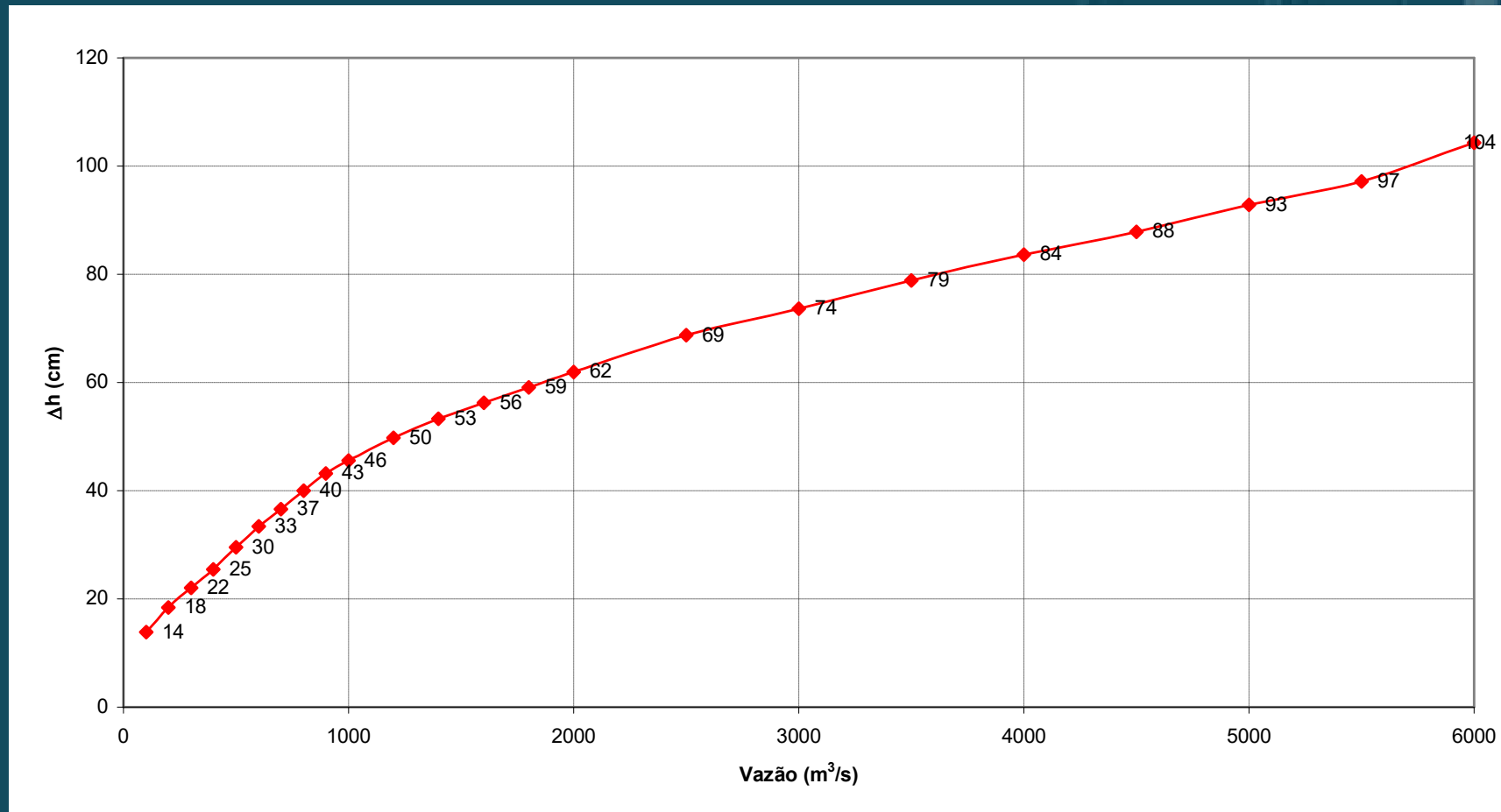
7 – Duplicações da calha principal

Esquema de duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme CEHPAR(2005):



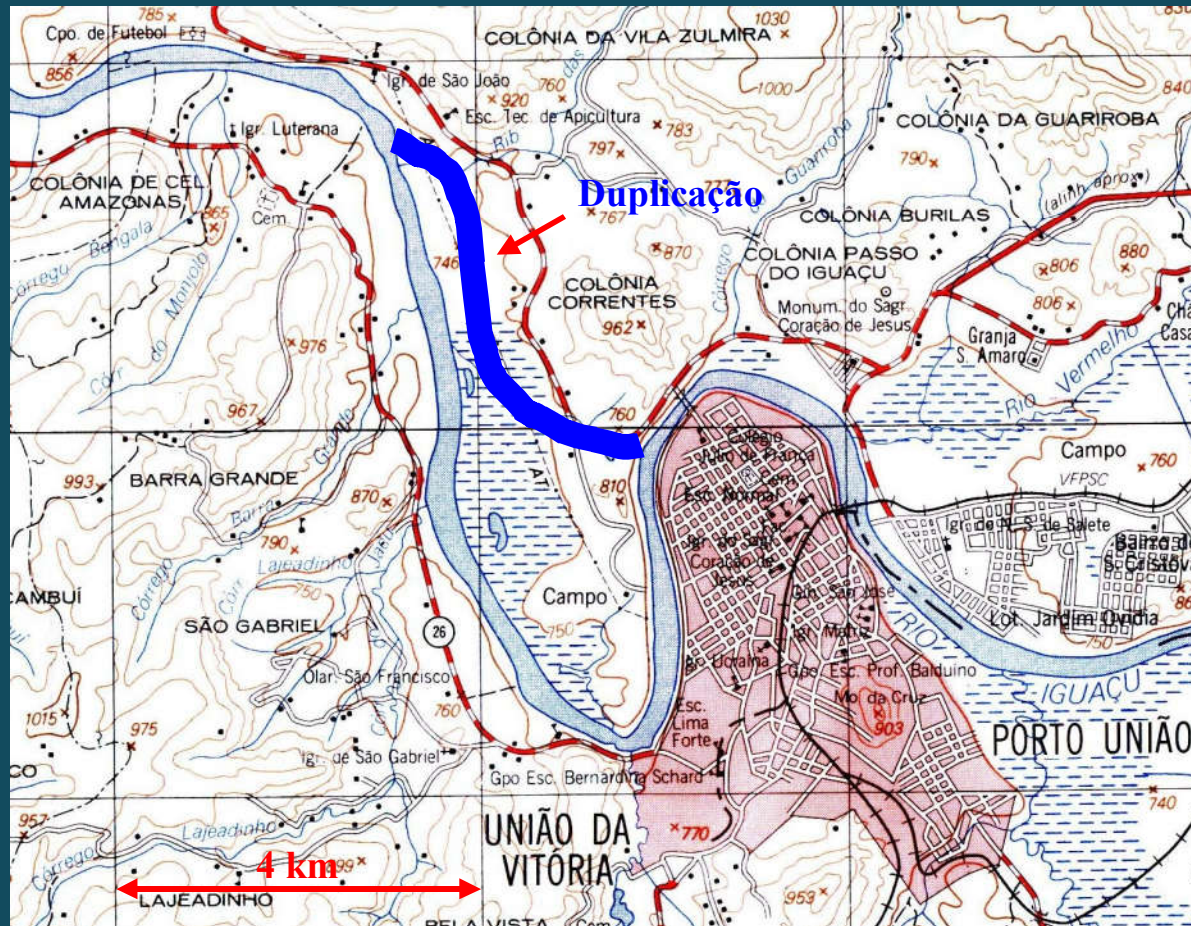
7 – Duplicações da calha principal

Resultado da duplicação da curva da F.Brasil conforme CEHPAR(2005):



7 – Duplicações da calha principal

Duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme proposta da comunidade :



Comprimento da duplicação = 6198 m

Volume de escavação comum = $15,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

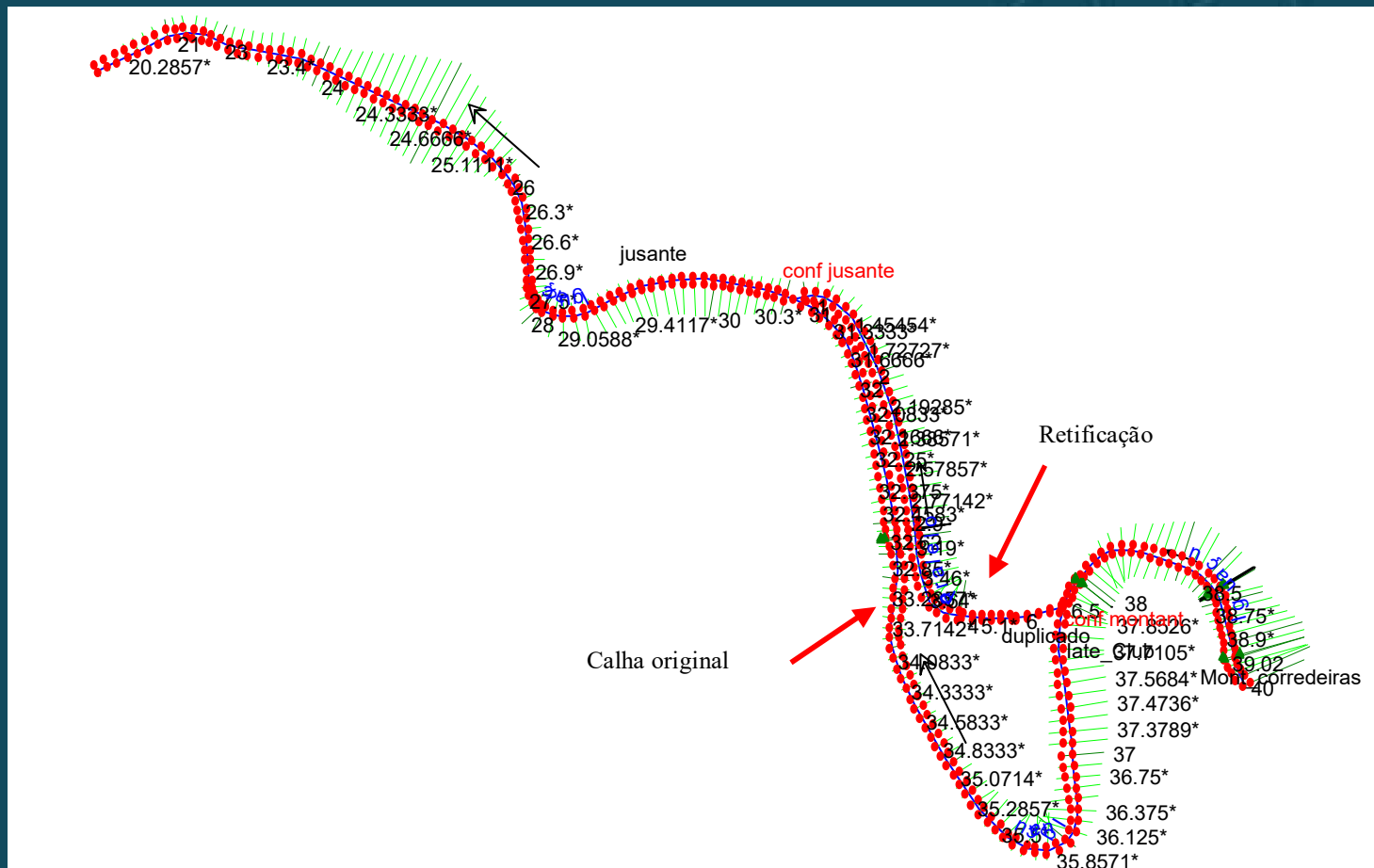
Volume de escavação em rocha = 850.000 m^3

“Necessidades de alterações na ponte da BR-153.”

“Cortes em rocha exigiriam taludes de 35 m !!! Viabilidade Geotécnica ??!!!”

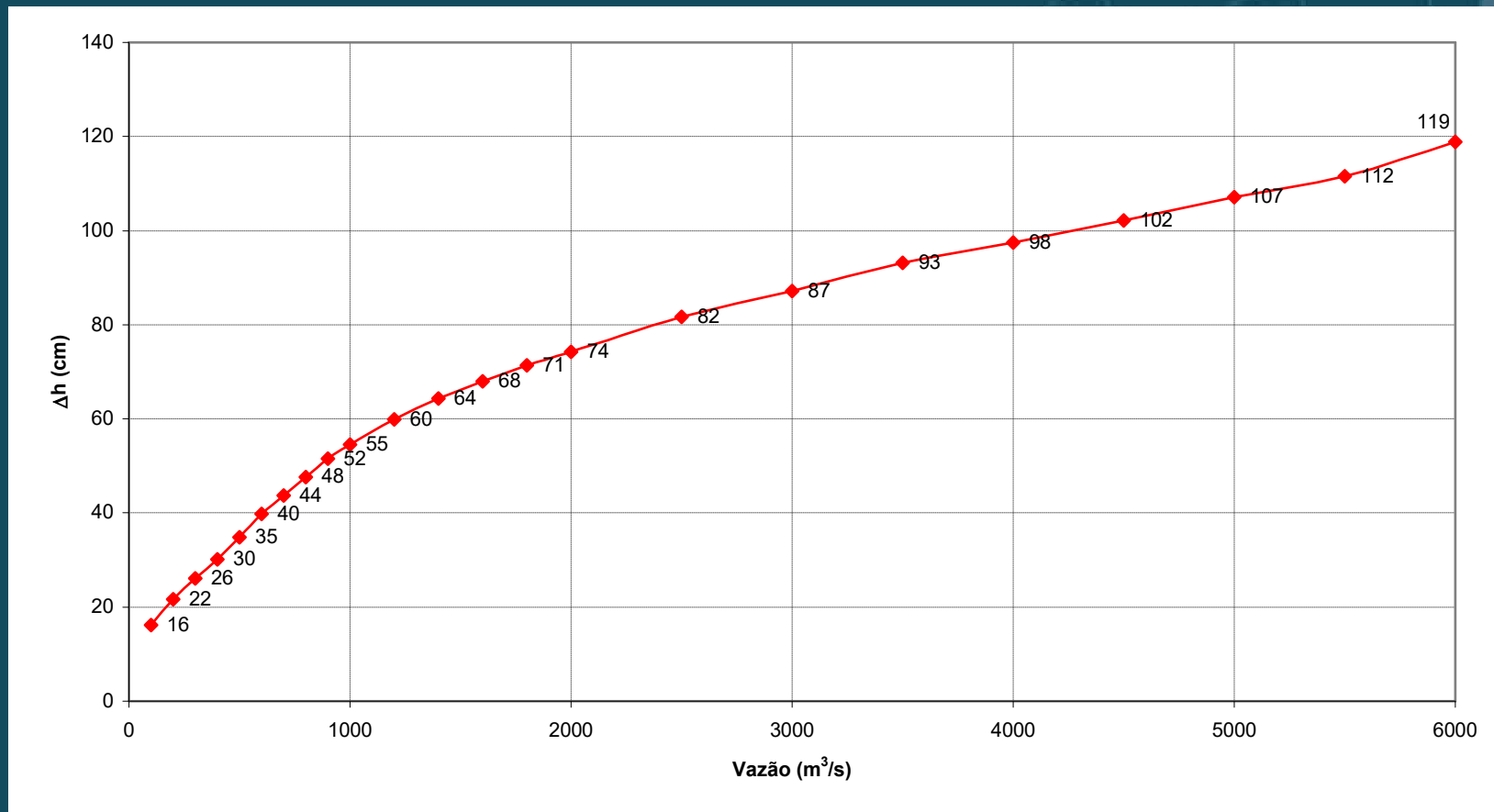
7 – Duplicações da calha principal

Esquema de duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme proposta da comunidade:



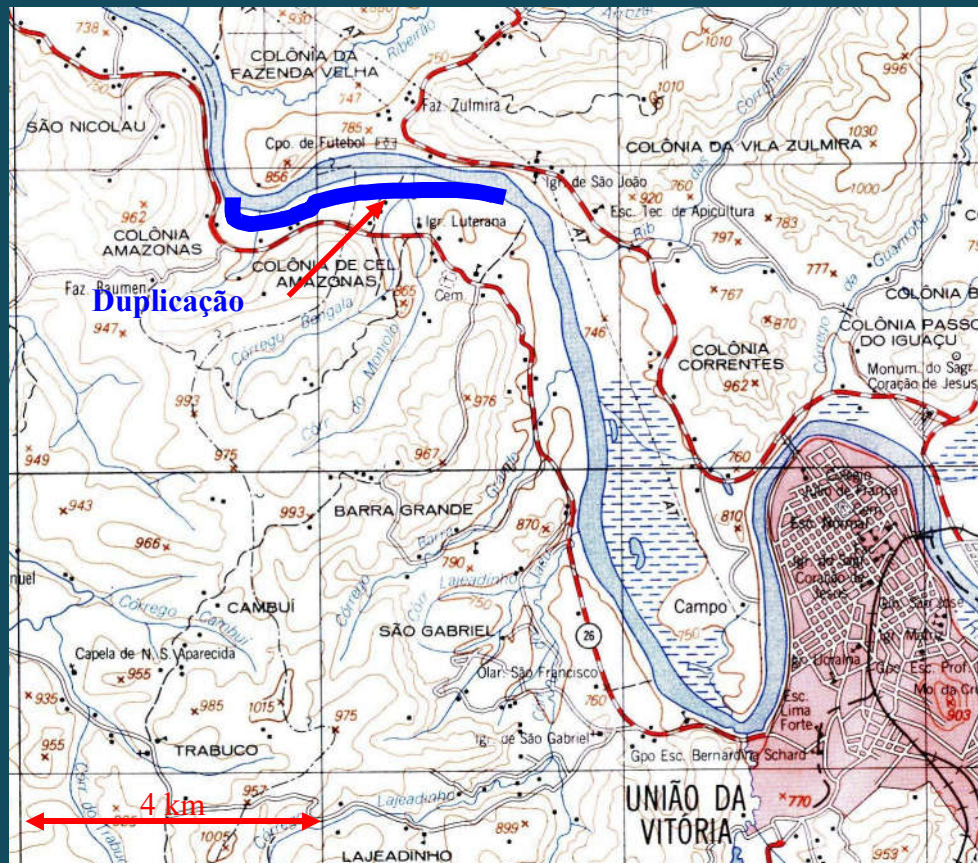
7 – Duplicações da calha principal

Resultado da duplicação da curva da F.Brasil conforme proposta da comunidade:



7 – Duplicações da calha principal

Duplicação do trecho da Colônia Coronel Amazonas :



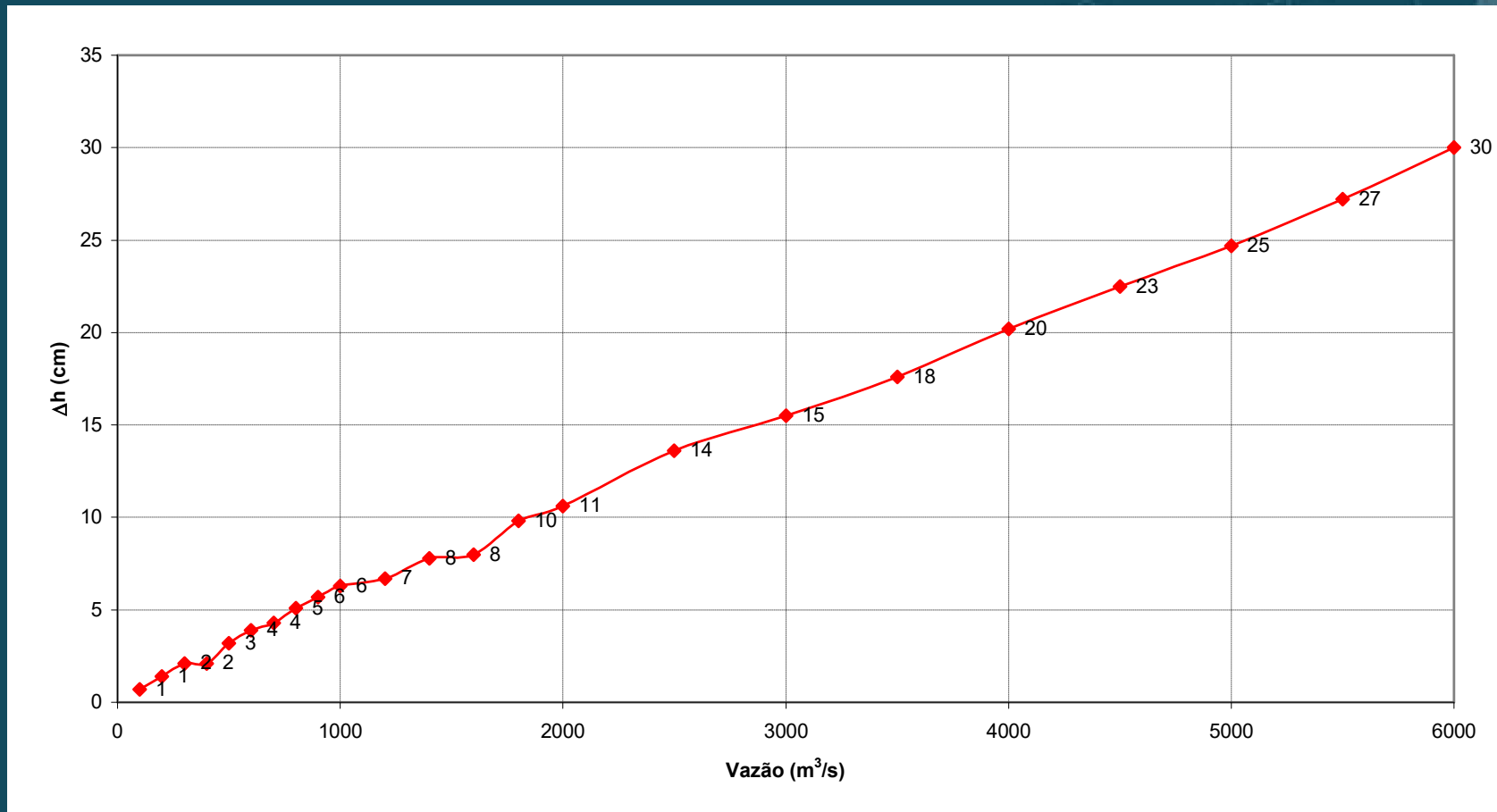
Comprimento da duplicação = 3600 m

Volume de escavação comum = $3,1 \times 10^6 \text{ m}^3$

Volume de escavação em rocha = $3,7 \times 10^6 \text{ m}^3$

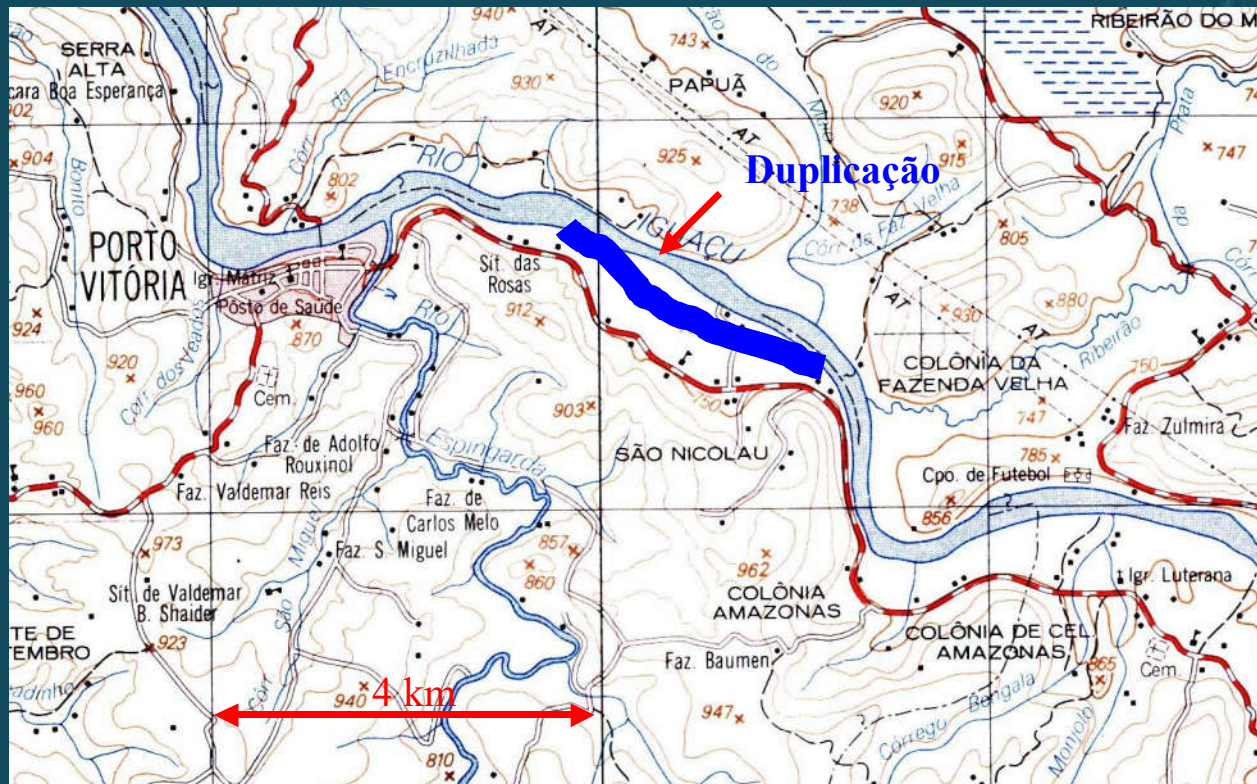
7 – Duplicações da calha principal

Resultado da duplicação do trecho da Colônia Coronel Amazonas:



7 – Duplicações da calha principal

Duplicação do trecho entre a Curva da Ressaca e Porto Vitória:



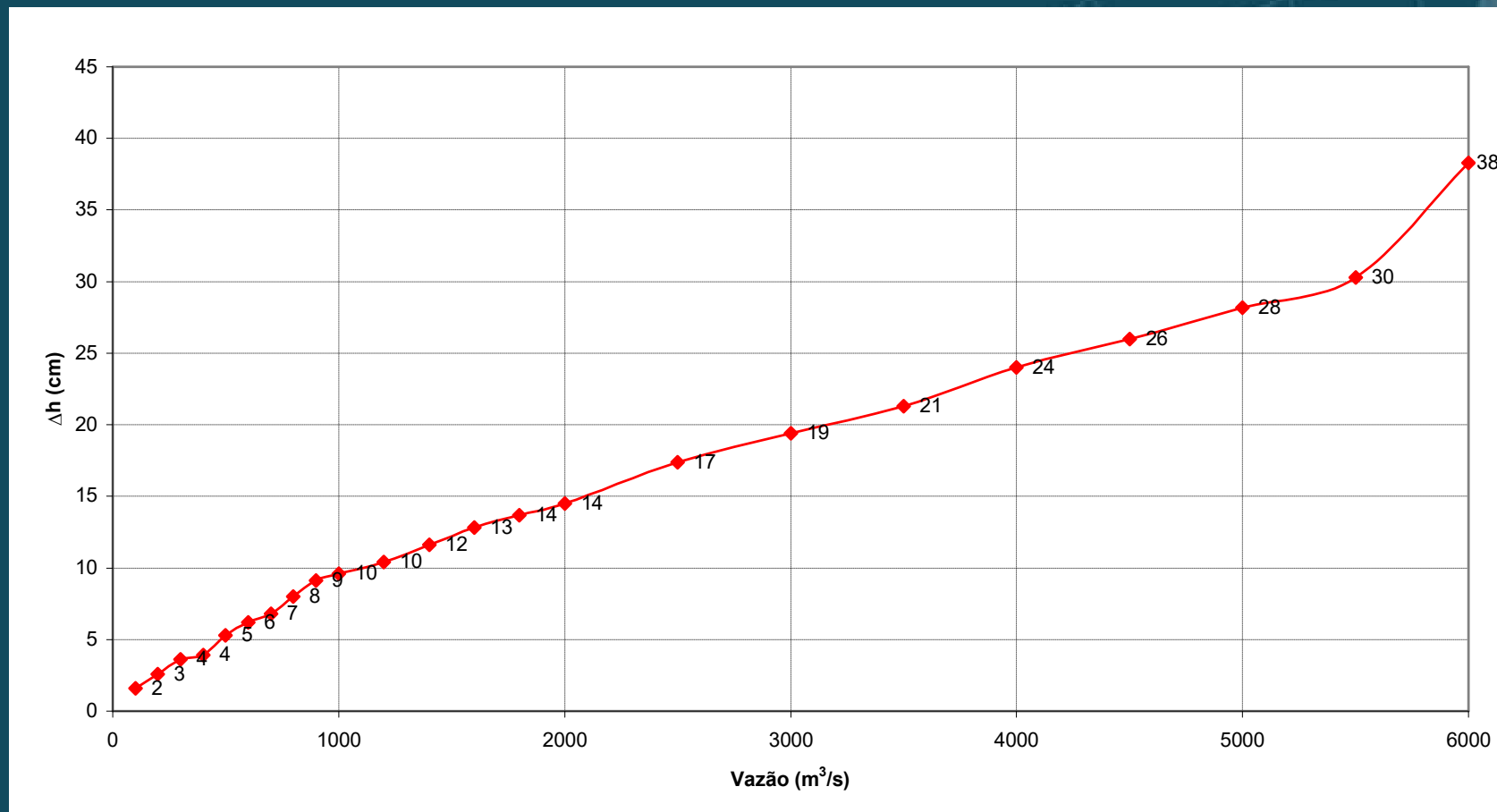
Comprimento da duplicação = 3650 m

Volume de escavação comum = $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$

Volume de escavação em rocha = $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

7 – Duplicações da calha principal

Resultado da duplicação do trecho entre a "Ressaca" e Porto Vitória:

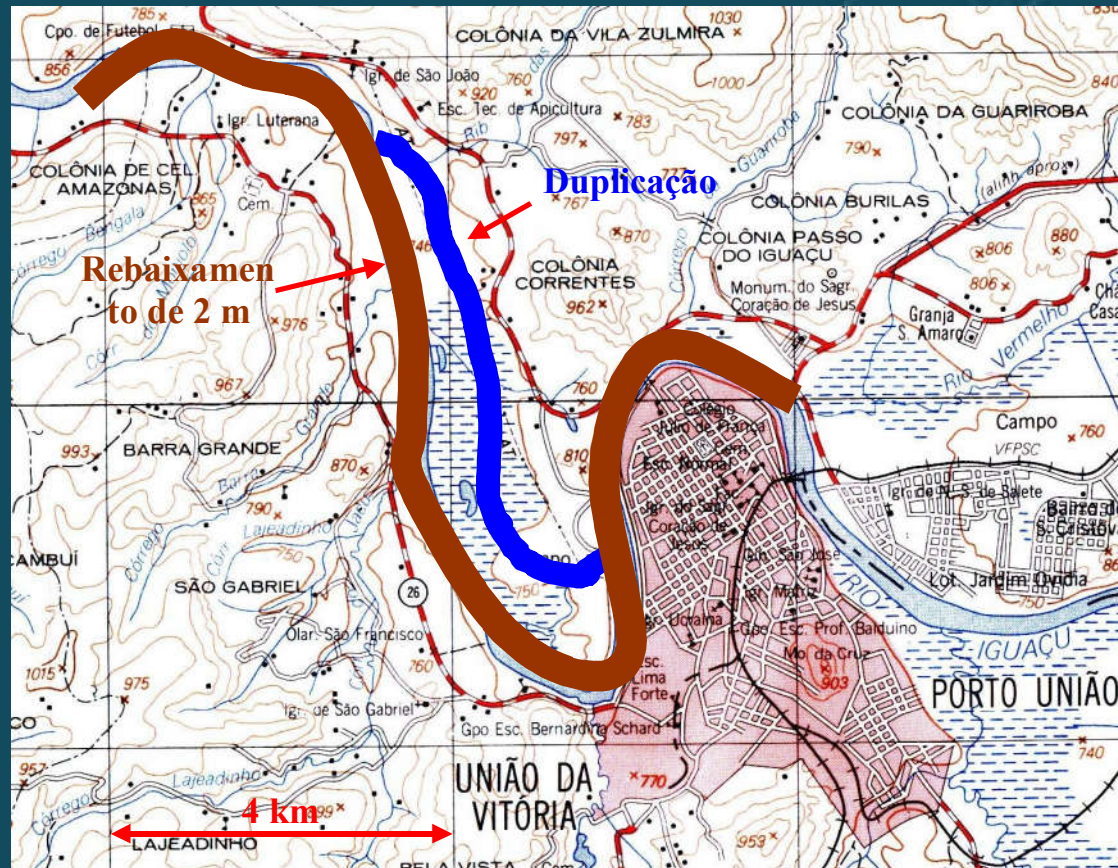


8 – Combinações de soluções estruturais

- **Combinação de duplicações em série.**
- **Combinação de duplicações com escavações na calha principal.**
- **seis combinações estudadas:**
 - **1^a = Duplicação da curva da Fazenda Brasil conforme proposta do CEHPAR (2005) + extração de areia de 2 m a montante da Ressaca.**
 - **2^a = Duplicação da curva da Fazenda Brasil conforme proposta do CEHPAR (2005) + extração de areia de 3 m a montante da Ressaca.**
 - **3^a = duplicação em série da curva da Fazenda Brasil com o trecho da Colônia Coronel Amazonas.**
 - **4^a = duplicação em série da curva da Fazenda Brasil com o trecho entre a Curva da Ressaca e Porto Vitória.**
 - **5^a = combinação em série dos 3 trechos investigados.**
 - **6^a = combinação em série dos 3 trechos aliada a uma escavação entre a Ressaca e as cidades.**

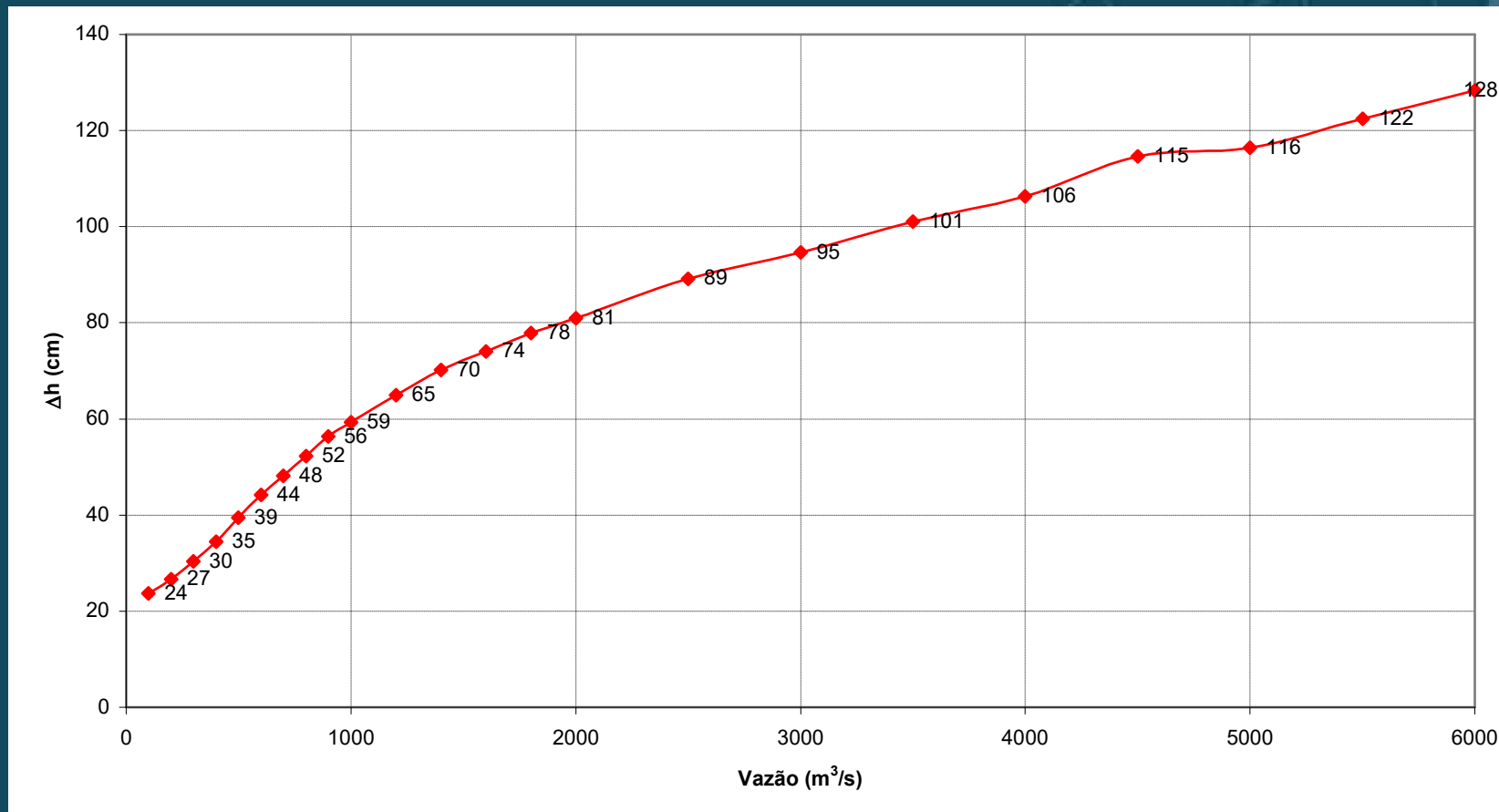
8 – Combinações de soluções estruturais

Duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme proposta do CEHPAR(2005) aliada a um rebaixamento de 2 m na calha principal:



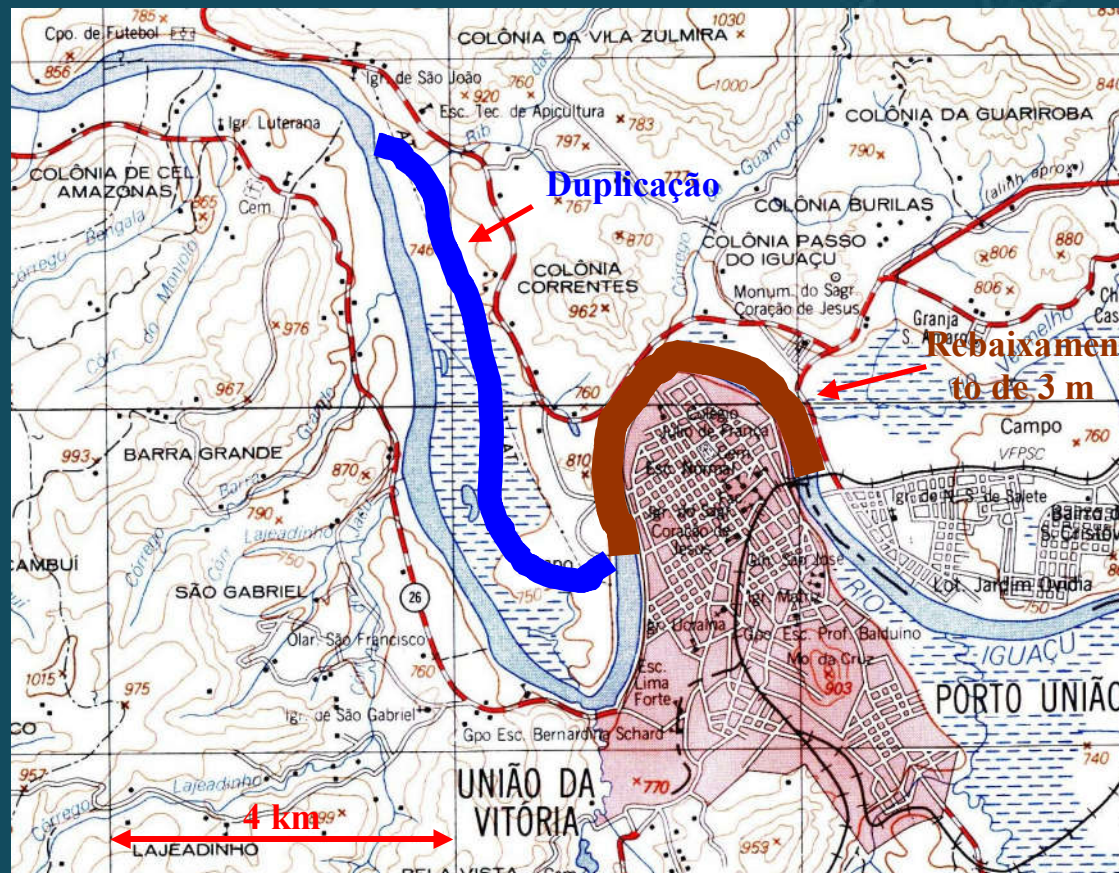
8 – Combinações de soluções estruturais

Resultado para 1ª combinação de soluções:



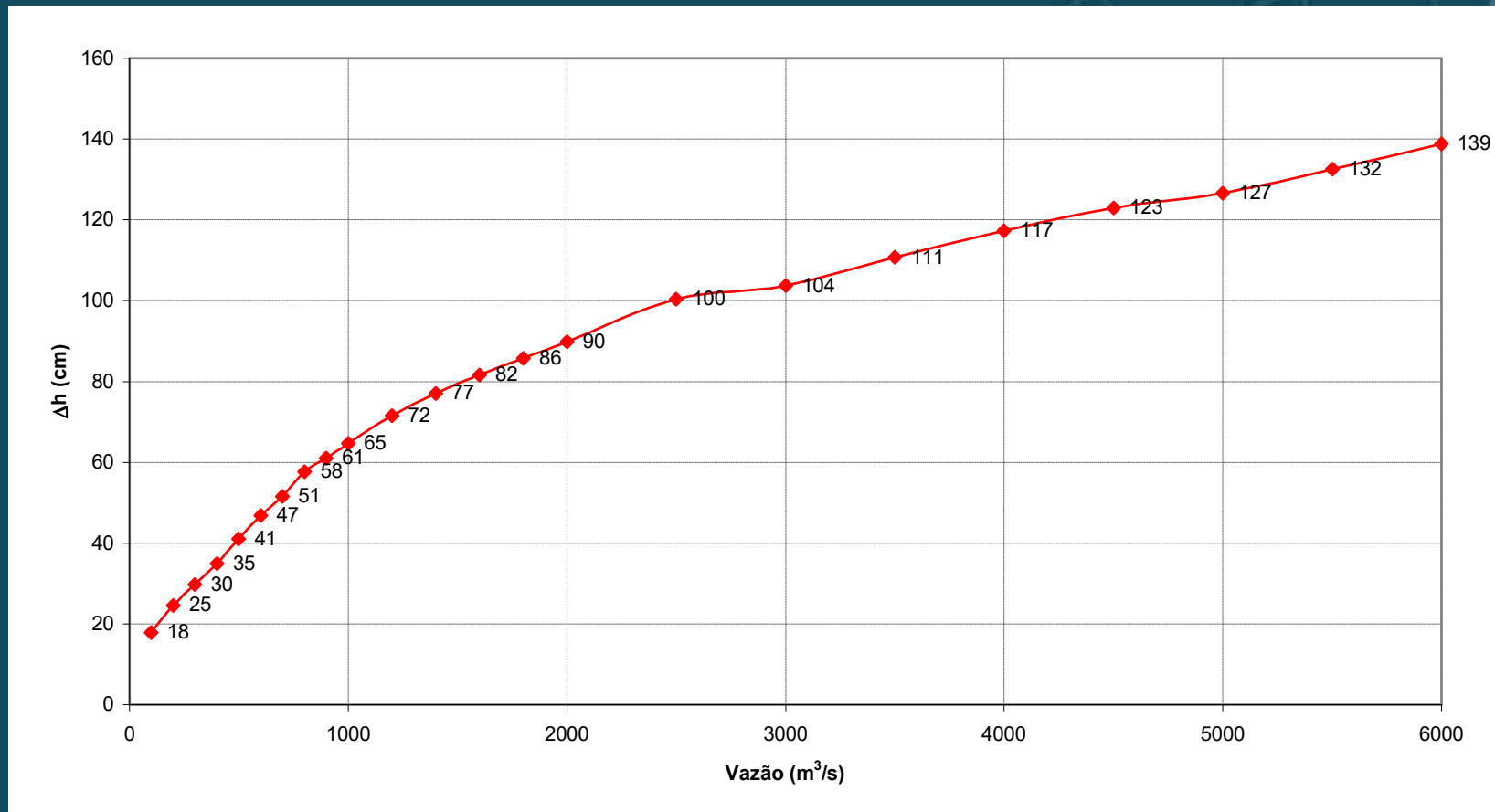
8 – Combinações de soluções estruturais

Duplicação da Curva da Fazenda Brasil conforme proposta do CEHPAR(2005) aliada a um rebaixamento de 3 m na calha principal:



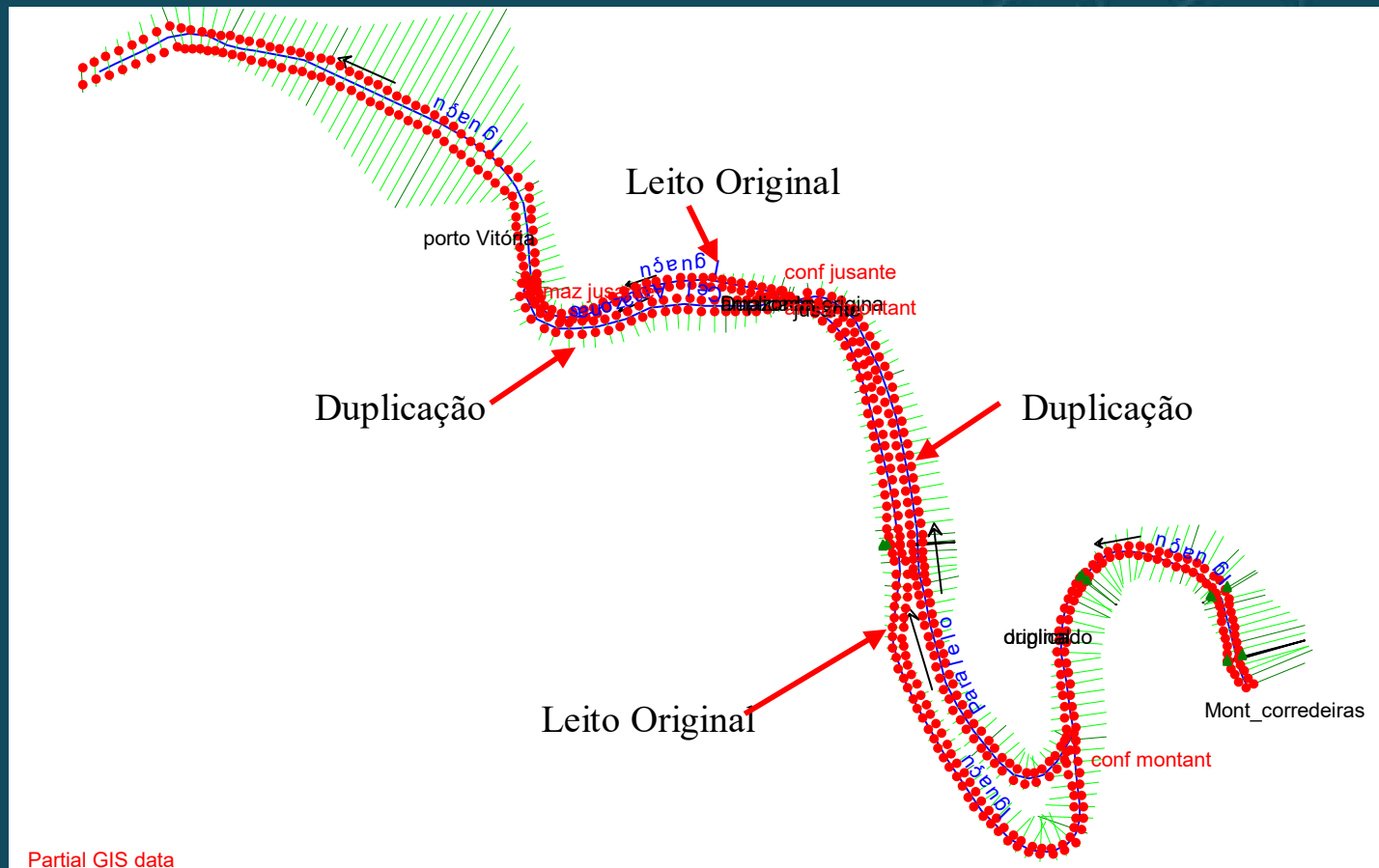
8 – Combinações de soluções estruturais

Resultado para 2ª combinação de soluções:



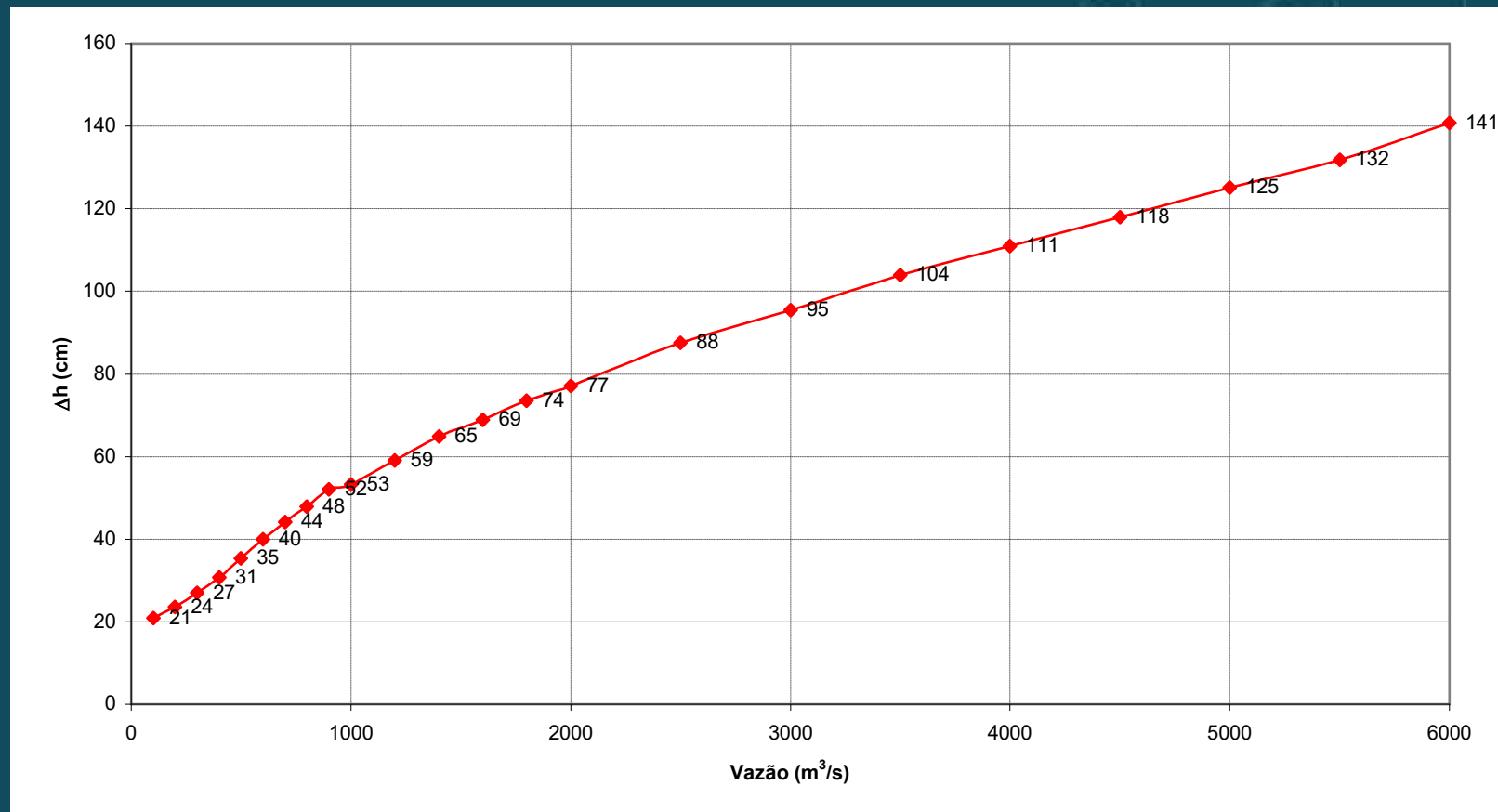
8 – Combinações de soluções estruturais

Duplicação em série da Curva da Fazenda Brasil conforme proposta do CEHPAR(2005) e do trecho da Colônia Coronel Amazonas:



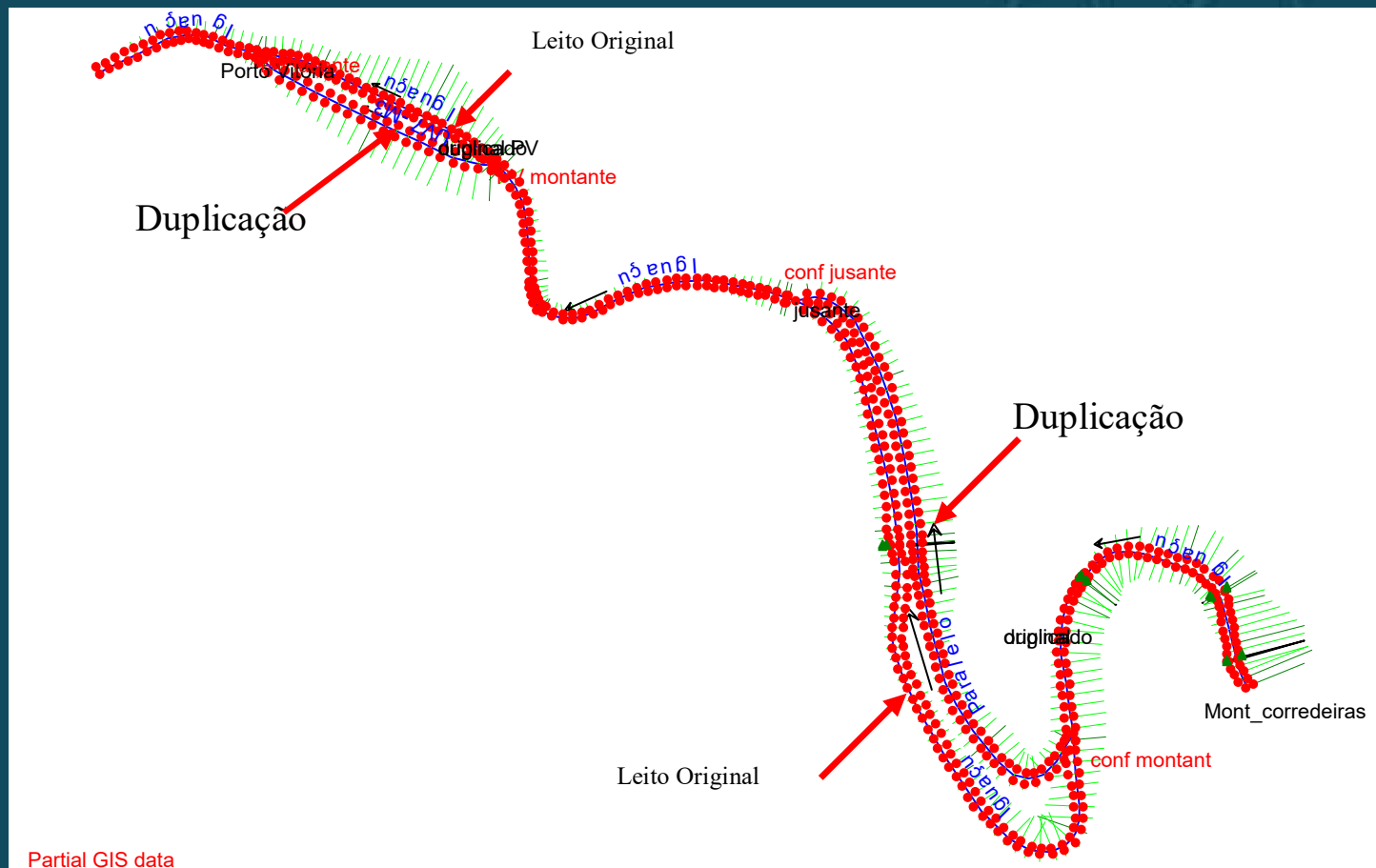
8 – Combinações de soluções estruturais

Resultado para 3ª combinação de soluções:



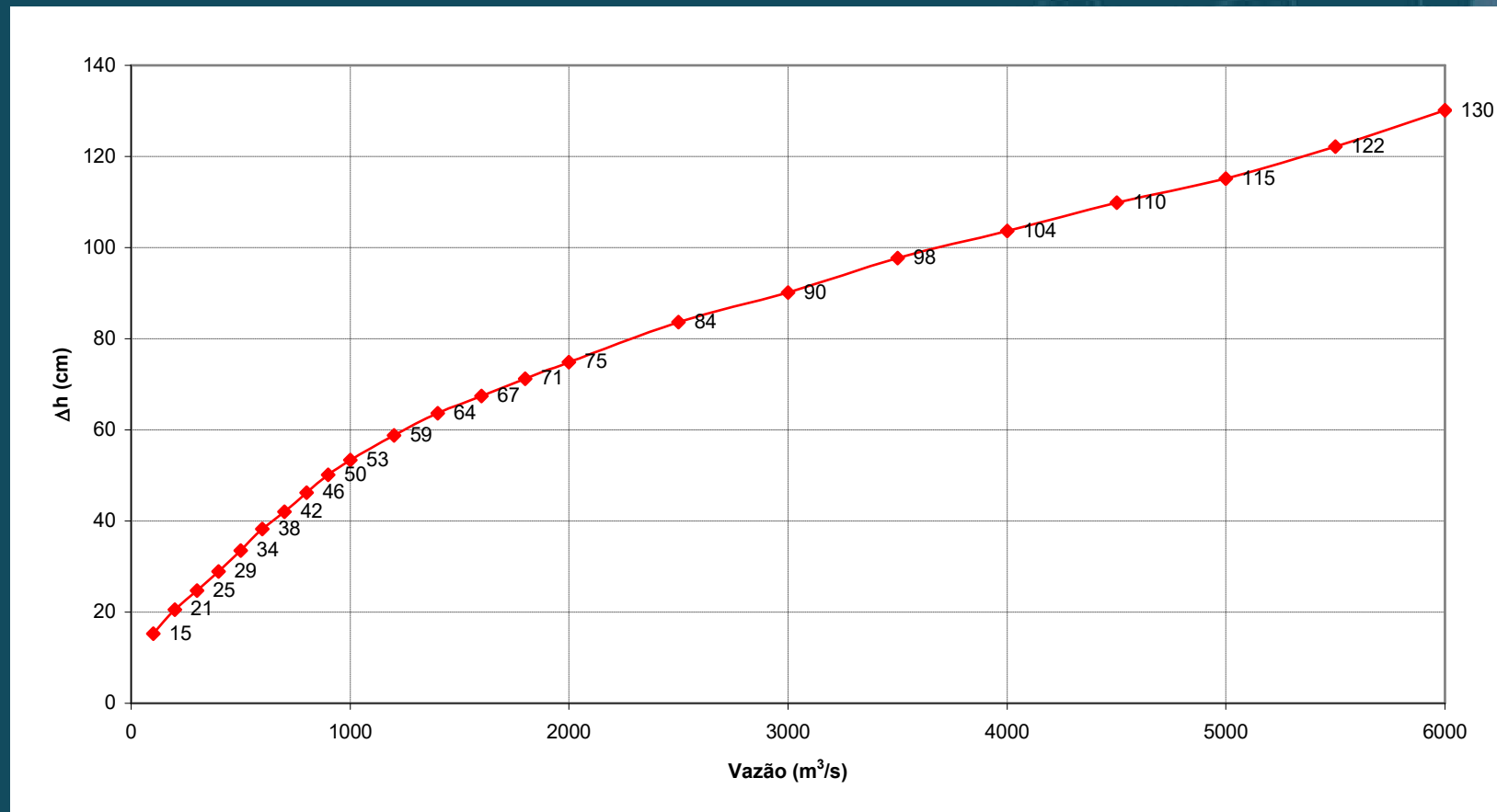
8 – Combinações de soluções estruturais

Duplicação em série da Curva da Fazenda Brasil conforme proposta do CEHPAR(2005) e do trecho entre a "Ressaca" e Porto Vitória:



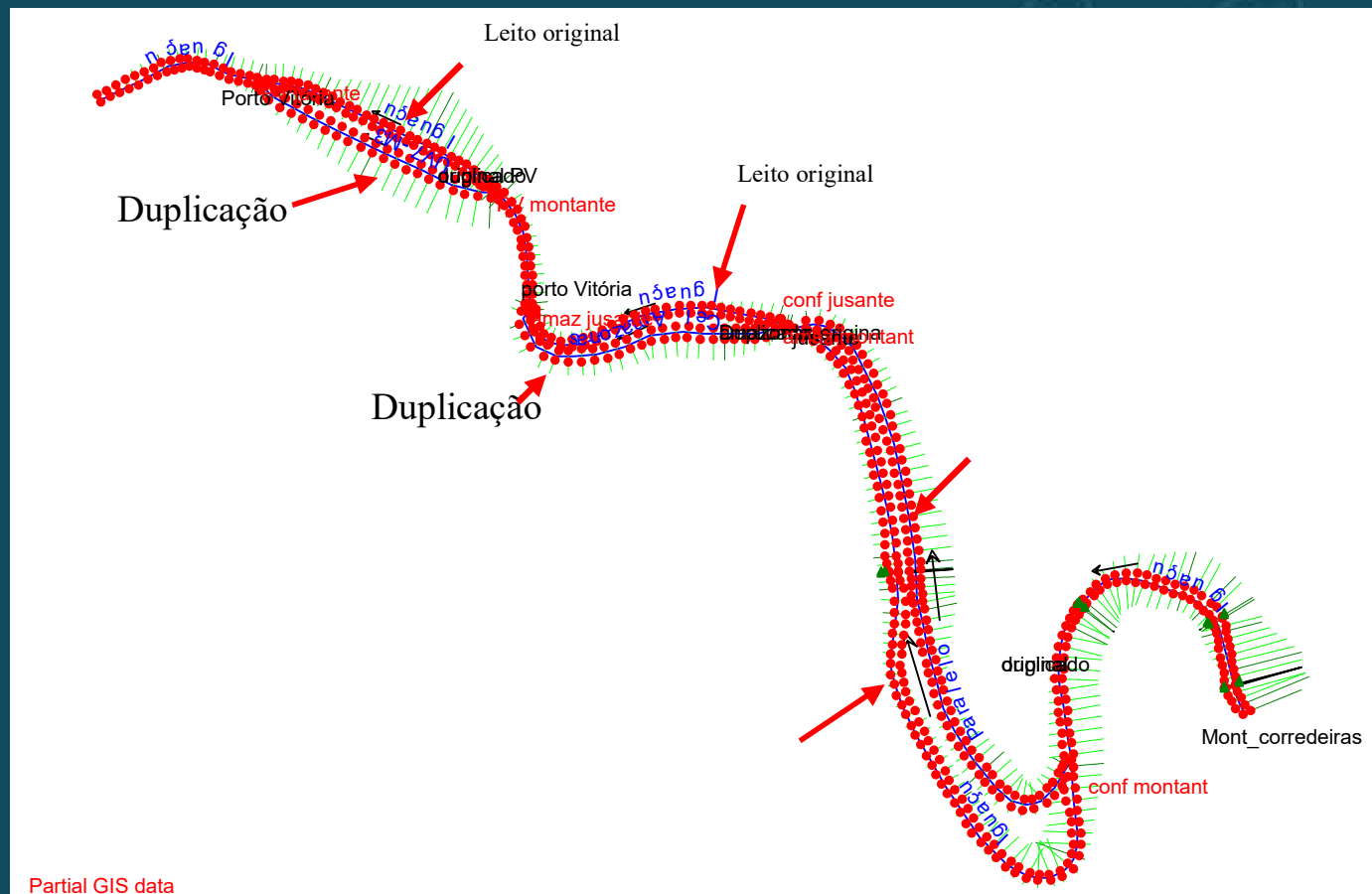
8 – Combinações de soluções estruturais

Resultado para 4ª combinação de soluções:



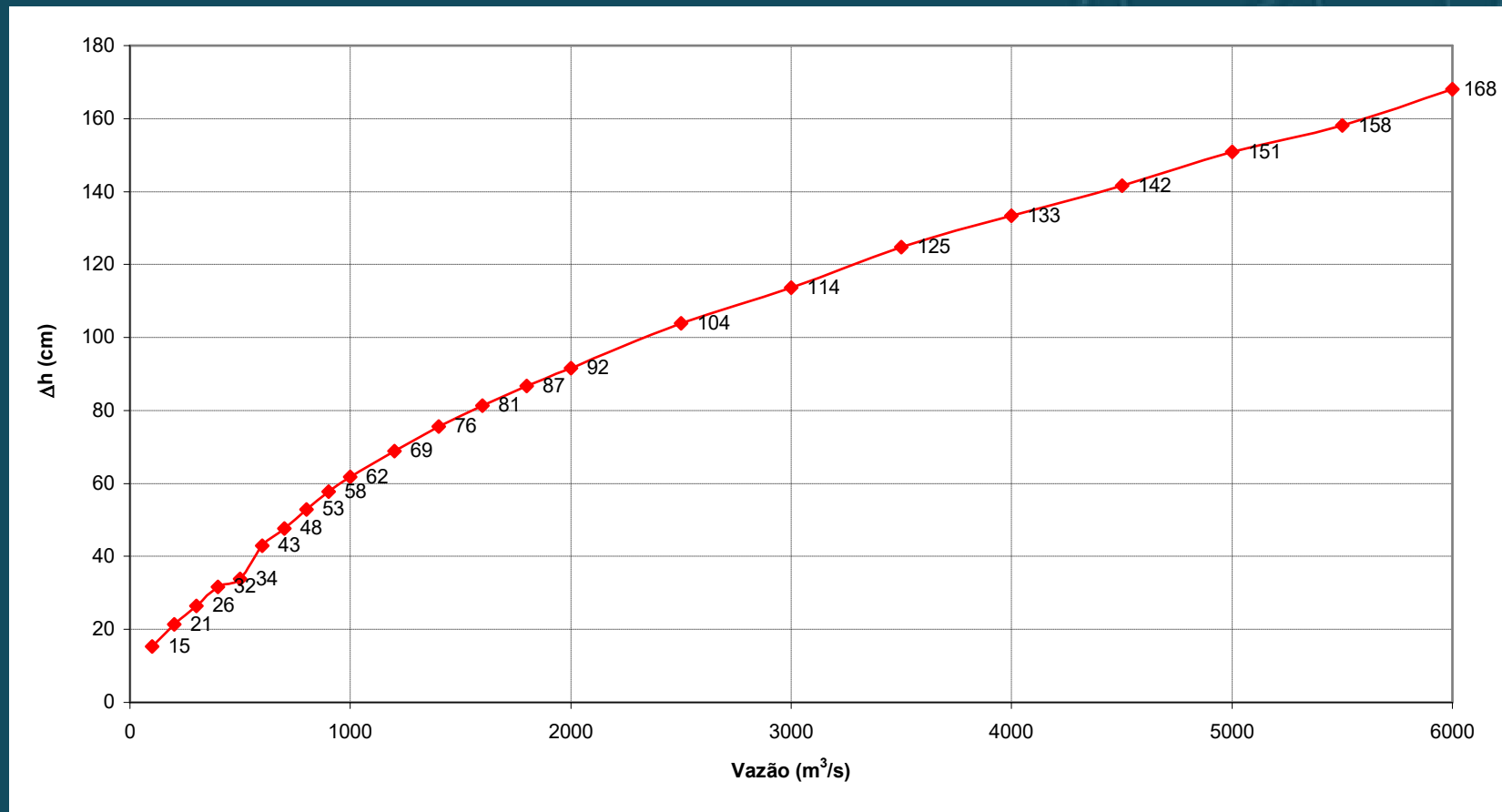
8 – Combinações de soluções estruturais

Duplicação em série dos 3 trechos analisados:



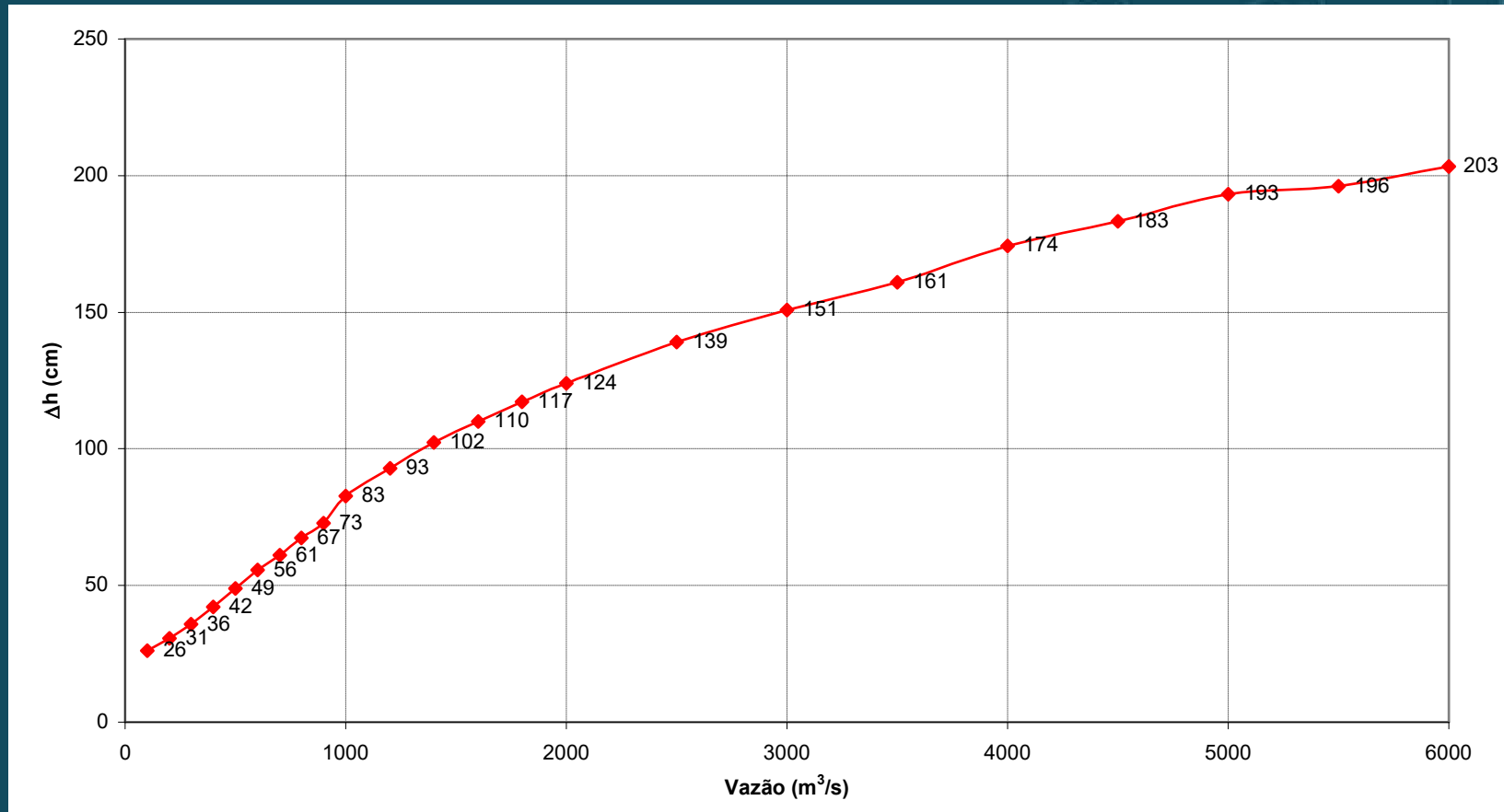
8 – Combinações de soluções estruturais

Resultado para 5ª combinação de soluções:



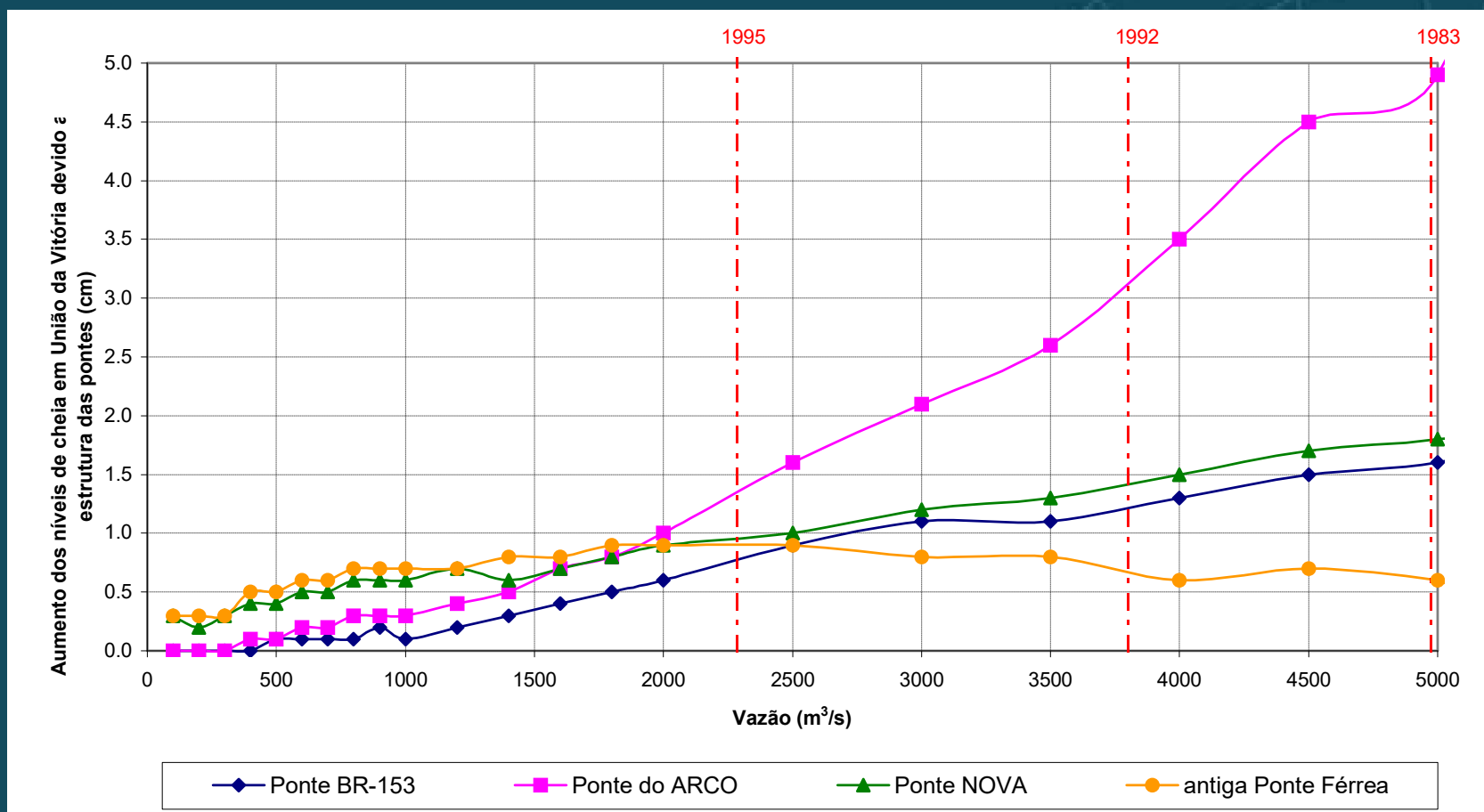
8 – Combinações de soluções estruturais

Resultado para 6ª combinação de soluções:



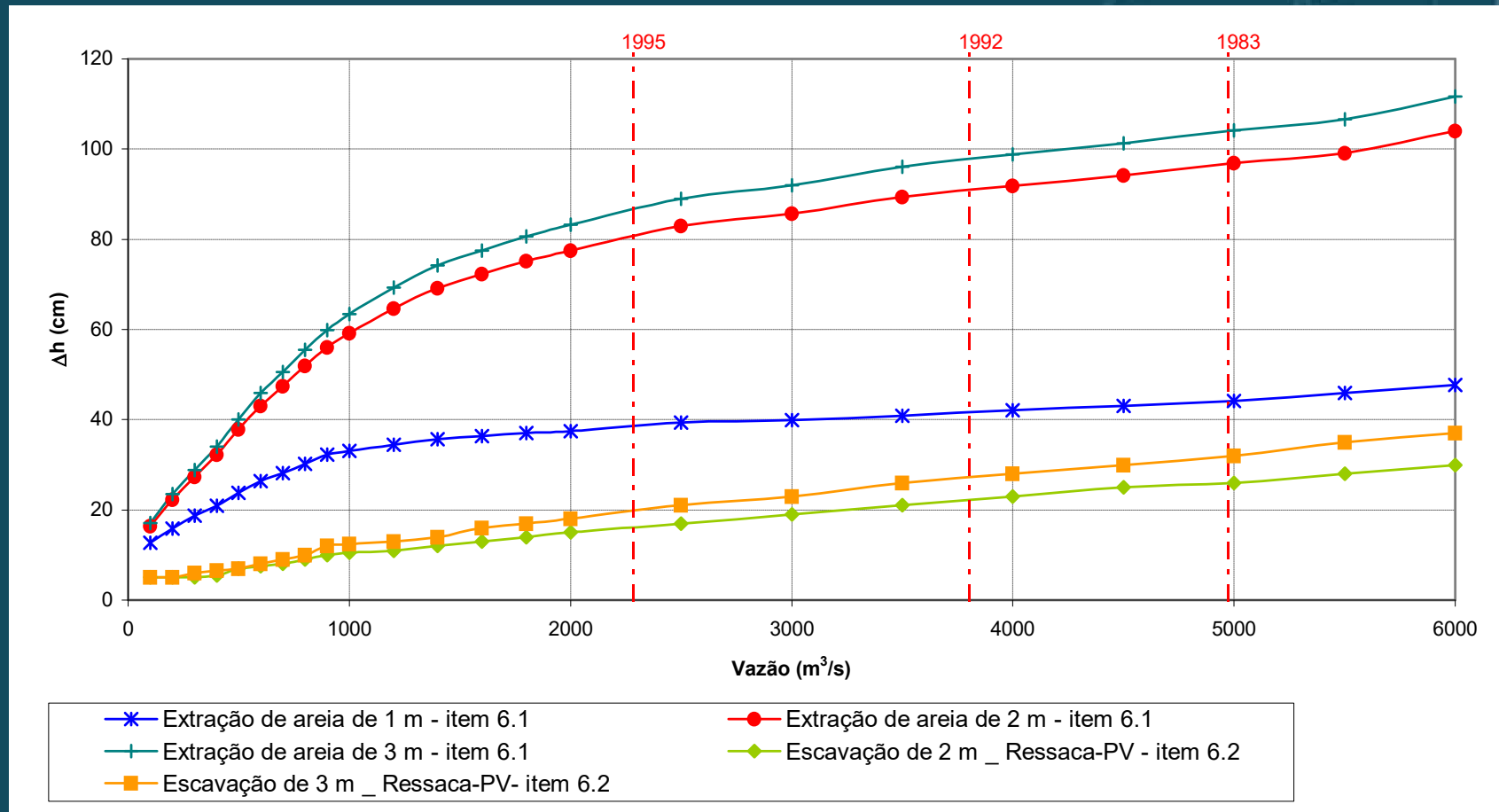
9 - Síntese das soluções analisadas

Resumo dos resultados para o efeito das pontes no escoamento:



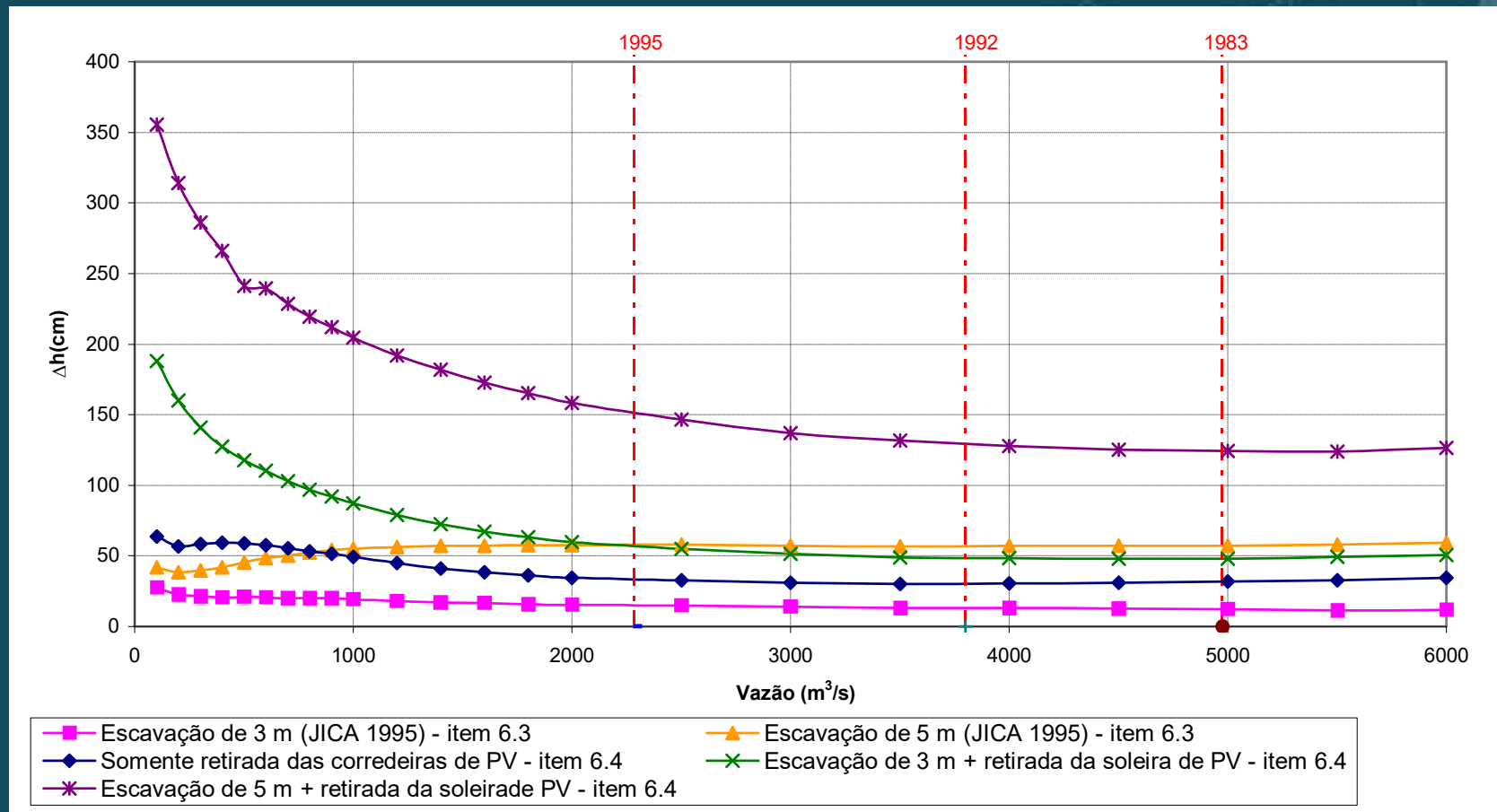
9 – Síntese das soluções analisadas

Resumo dos resultados para escavações na calha principal:



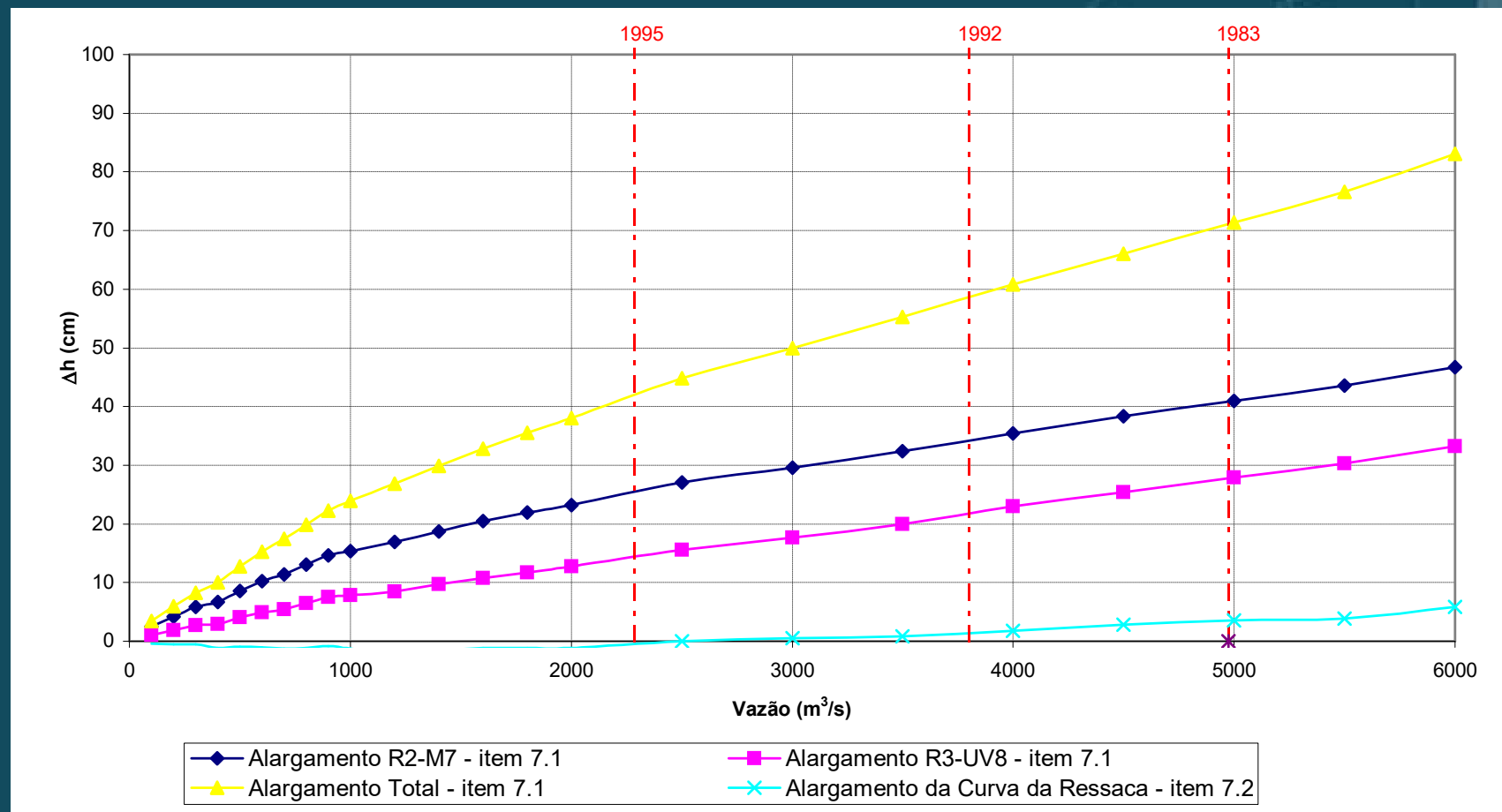
9 – Síntese das soluções analisadas

Resumo dos resultados para escavações na calha principal:



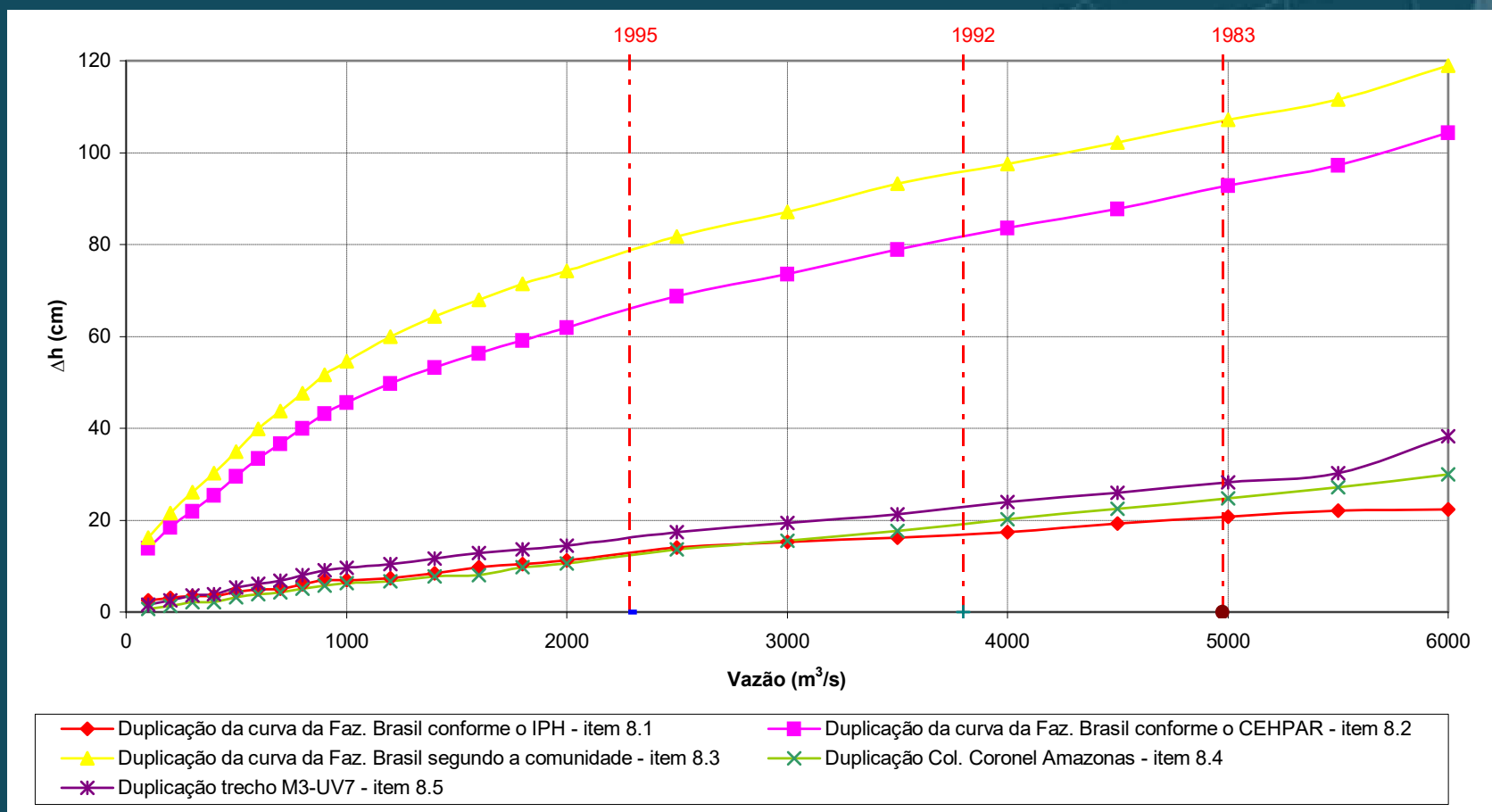
9 – Síntese das soluções analisadas

Resumo dos resultados para alargamentos na calha principal:



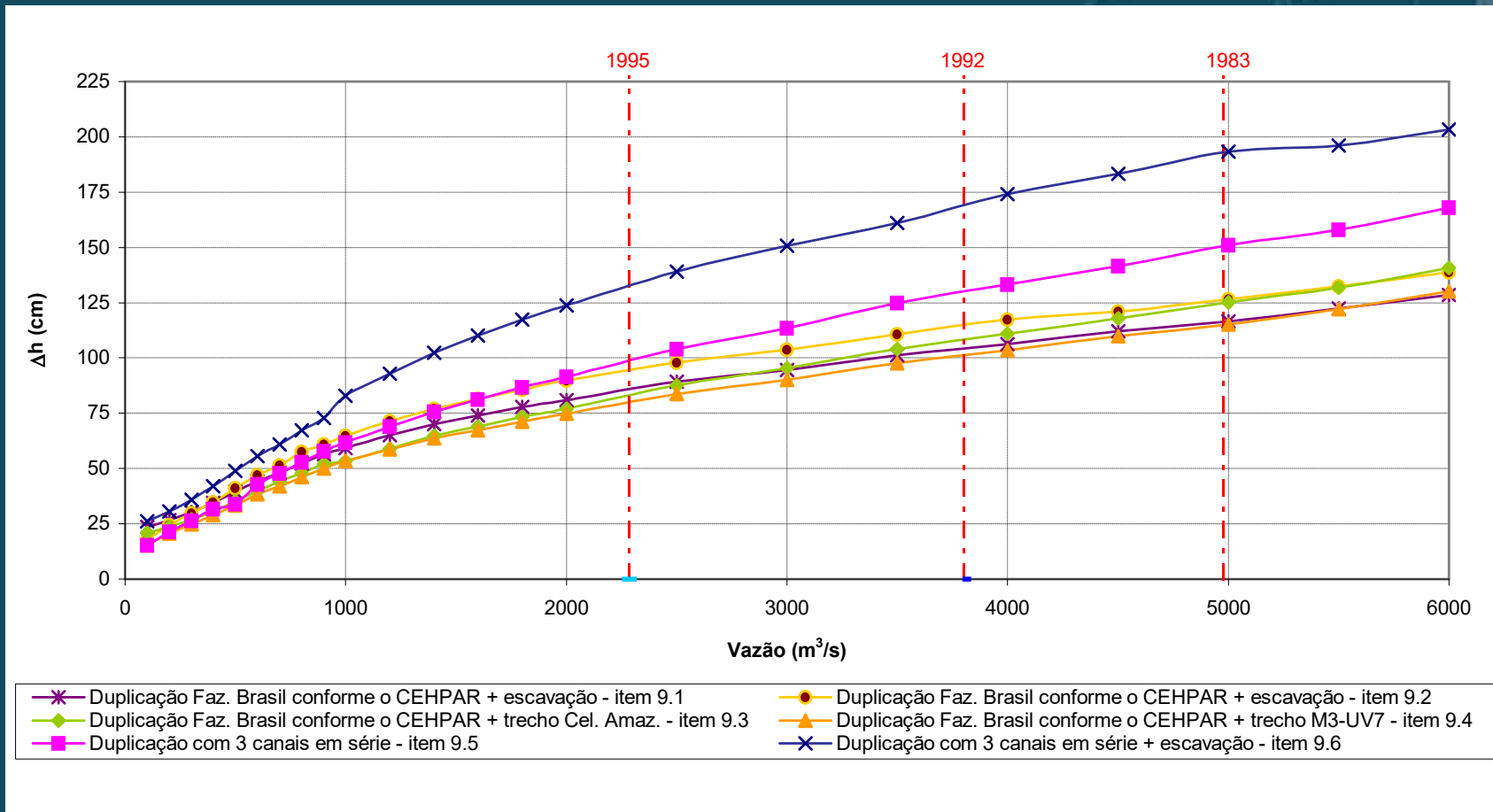
9 – Síntese das soluções analisadas

Resumo dos resultados para duplicações da calha principal:



9 – Síntese das soluções analisadas

Resumo dos resultados para combinações de alternativas:



10 – Pré-viabilidade econômica das soluções

- **O objetivo dos estudos de viabilidade econômica é determinar se os benefícios de tais obras são maiores que os custos de implantação. Em caso negativo, as obras, ou projetos são ditos inviáveis do ponto de vista econômico.**
- **Denominação de “Pré-Viabilidade” devido as aproximações existentes:**
 - **inexistência de perfis geotécnicos no local das obras.**
 - **custos estimados não contemplam desapropriações.**
 - **curvas de prejuízo x cota utilizada corresponde a 1995.**
 - **desconsideração de obras auxiliares, contenções e realocações.**

10 – Pré-viabilidade econômica das soluções

Estimativas de custos:

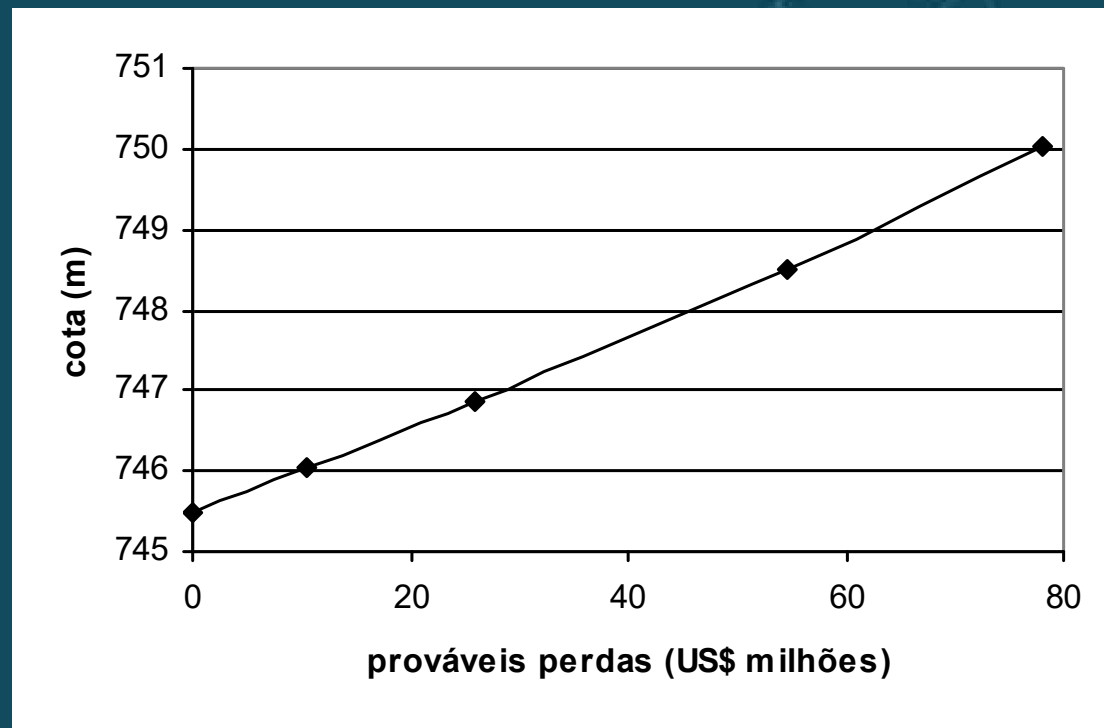
n	Solução Estrutural	item	Estimativas de Volumes de escavação (m ³)				Destocamento m ²	Estimativa de custo ***	
			Comum	Rocha céu ab.	Submersa	Roc. Submersa		milhões R\$	milhões US\$
1	Extração de areia - 1 m	6,1	----	----	3.789.397	----	----	25,58	9,47
2	Extração de areia - 2 m	6,1	----	----	7.578.794	----	----	51,16	18,95
3	Extração de areia - 3 m	6,1	----	----	11.368.190	----	----	76,74	28,42
4	Escavação Ressaca_PV - 2 m	6,2	----	----	----	3.917.213	----	129,27	47,88
5	Escavação Ressaca_PV - 3 m	6,2	----	----	----	5.875.820	----	193,90	71,82
6	JICA - escavação de 3 m	6,3	----	----	----	2.000.000	----	66,00	24,44
7	JICA - escavação de 5 m	6,3	----	----	----	7.000.000	----	231,00	85,56
8	Retirada das corredeiras	6,4	----	----	----	725.600	----	71,83	26,61
9	Retirada das corredeiras + JICA (3m)	6,4	----	----	----	2.725.600	----	137,83	51,05
10	Retirada das corredeiras + JICA (5m)	6,4	----	----	----	7.725.600	----	368,83	136,61
11	Alargamento da calha no trecho M7-R2	7,1	2.474.400	----	1.649.600	----	50.600	20,44	7,57
12	Alargamento da calha no trecho UV5-R4	7,1	1.467.900	----	----	978.600	35.189	37,82	14,01
13	Alargamento Total	7,1	3.942.300	----	1.649.600	978.600	85.789	58,26	21,58
14	Alargamento da Curva da Ressaca	7,2	1.900.800	----	1.356.298	----	356.982	16,50	6,11
15	Dupl. Faz. Brasil conforme T&Villanueva	8,1	4.051.698	----	----	----	603.421	15,56	5,76
16	Dupl. Faz. Brasil conforme o CEHPAR	8,2	15.554.965	----	----	----	1.817.987	59,42	22,01
17	Dupl. Faz. Brasil conforme a comunidade	8,3	11.312.726	885.051	----	----	1.199.958	54,21	20,08
18	Dupl. do trecho Col. Coronel Amazonas	8,4	3.079.861	3.788.654	----	----	937.414	59,47	22,03
19	Dupl. do trecho UV7-M3	8,5	2.767.866	3.556.192	----	----	751.761	55,28	20,48
20	Comb. Faz. Brasil CEHPAR com E1	9,1	15.554.965	----	7.578.794	----	1.817.987	110,58	40,96
21	Comb. Faz. Brasil CEHPAR com E3	9,2	15.554.965	----	3.948.653	1.217.551	1.817.987	126,25	46,76
22	Comb. Faz. Brasil CEHPAR + Cel Amaz.	9,3	18.634.826	3.788.654	----	----	2.755.401	118,89	44,03
23	Comb. Faz. Brasil CEHPAR + UV7-M3	9,4	18.322.831	3.556.192	----	----	2.569.747	114,70	42,48
24	3 canais em série	9,5	21.402.691	7.344.846	----	----	3.507.162	174,17	64,51
25	3 canais em série + escavação E3	9,6	21.402.691	7.344.846	3.948.653	1.217.551	3.507.162	241,01	89,26

*** R\$ / US\$ = 2,70

10 – Pré-viabilidade econômica das soluções

Curva Cota x Prejuízo:

Utilizada para se determinar os benefícios de cada alternativa ao longo de um cenário hidrológico de 50 anos.



Fonte: JICA(1995)

10 – Pré-viabilidade econômica das soluções

Determinação da relação benefício x custo para cada alternativa:

n	Solução Estrutural	item	Rebaixamentos de níveis (cm)			Benefício anual milhões US\$	Custo obra milhões US\$	Análise p/ i = 7 % a.a		Análise p/ i = 10.5 % a.a		Análise p/ i = 14 % a.a	
			1983	1992	1993			VAUE obra	B / C	VAUE obra	B / C	VAUE obra	B / C
1	Extração de areia - 1 m	6,1	44	42	40	1,43	9,47	0,69	2,07	1,00	1,43	1,33	1,08
2	Extração de areia - 2 m	6,1	97	91	84	3,03	18,95	1,37	2,21	2,11	1,43	2,66	1,14
3	Extração de areia - 3 m	6,1	104	98	90	3,25	28,42	2,06	1,58	3,00	1,08	3,98	0,82
4	Escavação Ressaca_PV - 2 m	6,2	26	22	18	0,66	47,88	3,47	0,19	5,06	0,13	6,71	0,10
5	Escavação Ressaca_PV - 3 m	6,2	32	27	22	0,80	71,82	5,20	0,15	7,59	0,11	10,07	0,08
6	JICA - escavação de 3 m	6,3	12	13	15	0,55	24,44	1,77	0,31	2,58	0,21	3,43	0,16
7	JICA - escavação de 5 m	6,3	57	57	58	2,11	85,56	6,20	0,34	9,04	0,23	11,99	0,18
8	Retirada das corredeiras	6,4	32	30	32	1,21	26,61	1,93	0,63	2,81	0,43	3,73	0,33
9	Retirada das corredeiras + JICA (3m)	6,4	48	49	54	2,02	51,05	3,70	0,55	5,40	0,37	7,16	0,28
10	Retirada das corredeiras + JICA (5m)	6,4	124	129	143	5,32	136,61	9,90	0,54	14,44	0,37	19,15	0,28
11	Alargamento da calha no trecho M7-R2	7,1	41	34	28	1,05	7,57	0,55	1,91	0,80	1,31	1,06	0,99
12	Alargamento da calha no trecho UV5-R4	7,1	28	22	16	0,64	14,01	1,01	0,63	1,48	0,43	1,96	0,33
13	Alargamento Total	7,1	71	59	47	1,73	21,58	1,56	1,11	2,28	0,76	3,03	0,57
14	Alargamento da Curva da Ressaca	7,2	4	1	0	0,06	6,11	0,44	0,15	0,65	0,10	0,86	0,07
15	Dupl. Faz. Brasil conforme T&Villanueva	8,1	21	17	14	0,56	5,76	0,42	1,33	0,61	0,92	0,81	0,69
16	Dupl. Faz. Brasil conforme o CEHPAR	8,2	93	82	70	2,60	22,01	1,60	1,62	2,33	1,12	3,09	0,84
17	Dupl. Faz. Brasil conforme a comunidade	8,3	107	96	84	3,07	20,08	1,45	2,12	2,12	1,45	2,81	1,09
18	Dupl. do trecho Col. Coronel Amazonas	8,4	25	19	14	0,58	22,03	1,60	0,36	2,33	0,25	3,09	0,19
19	Dupl. do trecho UV7-M3	8,5	28	23	18	0,72	20,48	1,48	0,49	2,16	0,33	2,87	0,25
20	Comb. Faz. Brasil CEHPAR com E1	9,1	116	104	91	3,36	40,96	2,97	1,13	4,33	0,77	5,74	0,58
21	Comb. Faz. Brasil CEHPAR com E3	9,2	126	115	100	3,69	46,76	3,39	1,09	4,94	0,75	6,56	0,56
22	Comb. Faz. Brasil CEHPAR + Cel Amaz.	9,3	125	108	90	3,34	44,03	3,19	1,05	4,66	0,72	6,17	0,54
23	Comb. Faz. Brasil CEHPAR + UV7-M3	9,4	115	101	86	3,18	42,48	3,08	1,03	4,49	0,71	5,96	0,53
24	3 canais em série	9,5	151	130	107	3,97	64,51	4,67	0,85	6,82	0,58	9,04	0,44
25	3 canais em série + escavação E3	9,6	193	169	143	5,25	89,26	6,47	0,81	9,44	0,56	12,51	0,42

10 – Pré-viabilidade econômica das soluções

- **Soluções inviáveis economicamente:**
 - escavações na calha principal entre a Ressaca e Porto Vitória.
 - escavações propostas pela JICA.
 - retirada das corredeiras de Porto Vitória.
 - alargamento da calha principal entre a Ressaca e Porto Vitória.
 - alargamento da curva da Ressaca.
 - duplicações isoladas da calha principal nos trechos da Colônia Coronel Amazonas e Ressaca-Porto Vitória.
- **Soluções “potencialmente” viáveis:**
 - alargamento simultâneo da calha nos trechos “M7-UV2” e “UV5-R4”.
 - duplicações em série e combinadas com escavações na calha principal.

10 – Pré-viabilidade econômica das soluções

- **Soluções “pré-viáveis” economicamente:**
 - extração de areia na calha principal.
 - alargamento do trecho “M7-R2”.
 - duplicação da curva da Fazenda Brasil de acordo com as propostas de TUCCI&VILLANUEVA, CEHPAR e da comunidade.
- **Considerações sobre a análise:**
 - algumas alterações podem deixar de ser viáveis ou inviáveis de acordo com variações da taxa de juros, ou devido a oscilações nos custos unitários de escavações.
 - os benefícios podem estar superestimados devido a defasagem da relação “cota-prejuízo” definida pela JICA em 1995.

11 – Conclusões

- **As simulações realizadas foram úteis para confirmar resultados anteriores, propor novas alternativas e desmistificar dúvidas e crenças sobre obstáculos e trechos do rio.**
- **As análises do capítulo III demonstraram a baixa capacidade de descarga do rio Iguazu no trecho de interesse. Motivo principal para ocorrência das cheias na região das cidades de União da Vitória e Porto Vitória.**
- **O efeito da estrutura das pontes sobre os níveis das cheias pode ser dito desprezível.**
- **Grandes escavações na calha principal não conduzem a resultados significativos de rebaixamento de níveis das cheias.**

11 – Conclusões

- **A retirada das corredeiras de Porto Vitória não resultam em rebaixamentos de nível significativo, devido à transferência do controle para montante, ou então devido à aceleração do escoamento naquela região, causando grandes perdas de energia.**
- **A retirada das corredeiras, além do alto custo, e da complexidade técnica, poderia causar alterações ambientais em toda a extensão do rio Iguazu entre Porto Vitória e Porto Amazonas.**
- **Para implantação de uma alternativa, além de viável tecnicamente e economicamente, esta alternativa deve apresentar viabilidade ambiental, por isso a necessidade da realização de EIA-RIMA. Muitas das alternativas têm impacto direto na vegetação da mata ciliar, ou na estabilidade do fundo e das margens do rio.**

11 – Conclusões

- **As duplicações de canais ou retificações de curvas podem originar sedimentação do trecho original do rio, ou até mesmo no novo trecho duplicado, devido a redução da velocidade média do escoamento.**
- **A melhor das soluções analisadas (1,93 m de rebaixamento para cheia de 1983) possui custo praticamente idêntico ao dique proposto pela JICA(1995).**
- **O montante de recursos necessários para implantação de qualquer alternativa estrutural, levando em conta as prioridades do país, atinge valores extremamente altos, para os Municípios, Estados, ou até mesmo para União.**
- **Medidas não-estruturais estão ao alcance dos gestores !!**

PROJETO HG-203

ANÁLISE HIDRÁULICA DE ALTERNATIVAS ESTRUTURAIS DE COMBATE A ENCHENTES NO RIO IGUAÇU ENTRE UNIÃO DA VITÓRIA E PORTO VITÓRIA

Giancarlo Castanharo

E-mail: giancarlo@lactec.org.br

Telefone: 41 – 3361-6308

União da Vitória - 20 de outubro de 2005