

# CURVA-CHAVE SOB EFEITO DE HISTERESE: TRAÇADO E AJUSTE DE CURVA-CHAVE MÉDIA E EM LAÇO



Francisco F. N. Marcuzzo<sup>1</sup>, Luiz H. Maldonado<sup>2</sup>, Saulo Aires de Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SGB/CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Porto Alegre/RS, <sup>2</sup>Itaipu Binacional – Foz do Iguaçu/PR, <sup>3</sup>ANA – Agência Nacional de Águas – Brasília/DF

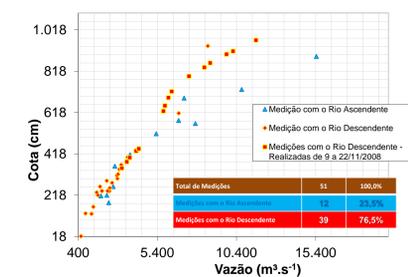
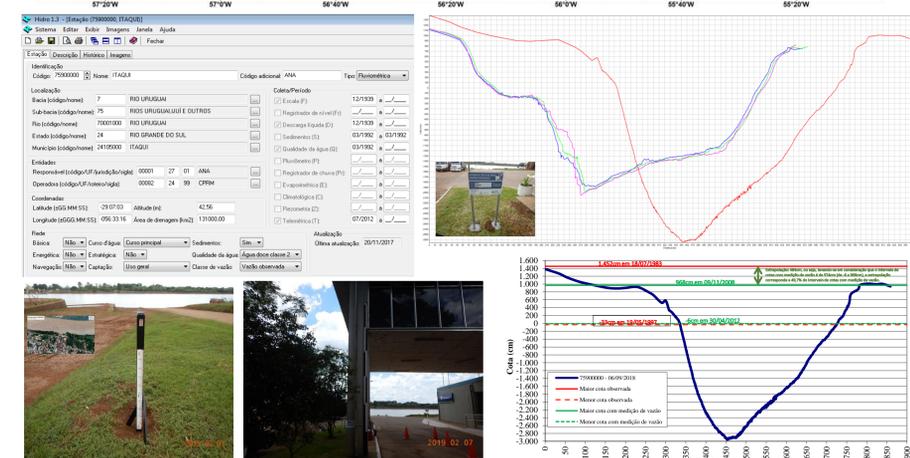
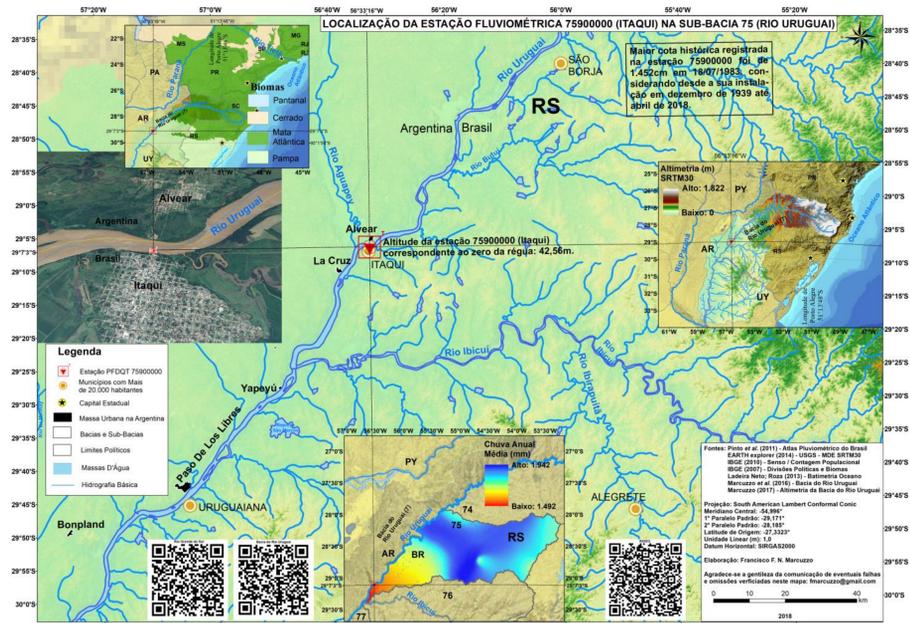
## Introdução

A curva-chave serve para calibrar a relação do nível d'água com a descarga líquida, em determinada localização no curso d'água. Contudo, a relação do nível d'água e da descarga líquida nem sempre é simples, que é quando ocorre em escoamento de regime permanente uniforme, que gera curva-chave bi-unívoca, ou quando ocorre em escoamento de regime permanente não uniforme ou variado, que gera curva-chave não unívoca, ou seja, a relação nível d'água com a descarga líquida pode ocorrer em escoamento de regime não-permanente, o que geraria uma curva-chave não unívoca. Entretanto, na maioria dos casos para não dizer em 100% dos casos, é comum que estações fluviométricas que possuem regime de escoamento que variam no tempo têm suas curvas-chave traçadas de forma bi-unívoca ou unívoca, ou seja, uma curva-chave média para a situação de cheia e depleção.

## Objetivo

este estudo tem o objetivo de mostrar e discutir o traçado e ajuste de curva-chave com medições de vazão em condição de escoamento não permanente, ou seja, sob histerese (pseudo univocidade), mostrando e discutindo, na prática, a diferença de uma curva-chave média, para a condição de escoamento não permanente, e de uma curva-chave em laço, ou seja, com tramos traçados para medições em condição de cheia e outro para condição de vazante.

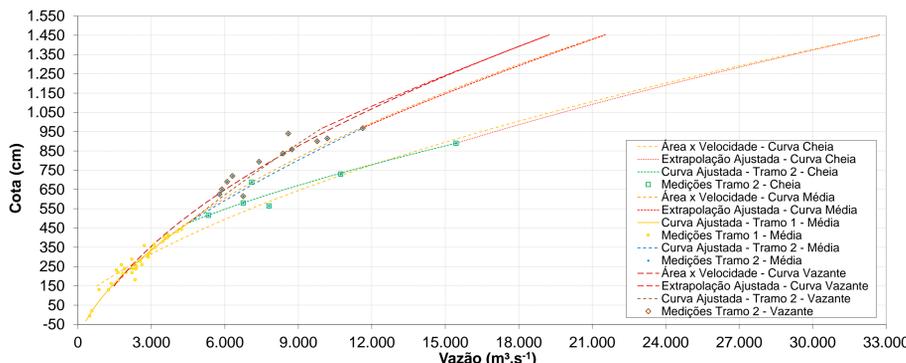
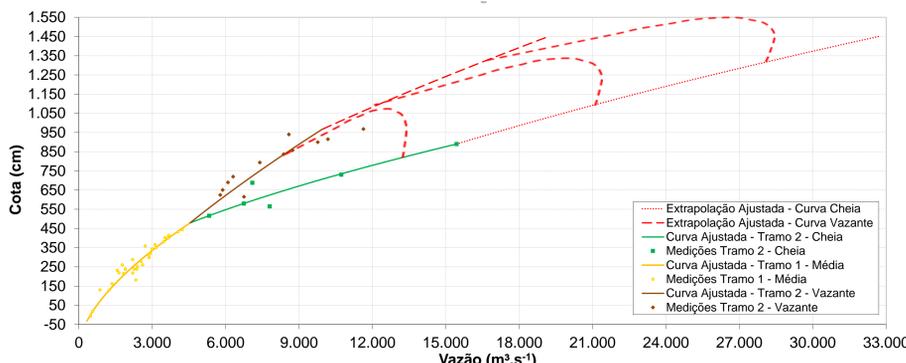
## Material e Métodos



## Resultados e Discussão

Observa-se nas Figuras a seguir que a abertura do laço, quando se inicia o traçado do tramo para medições em cheia e vazante, se dá na cota 479cm, ou seja, no fim do primeiro tramo (traçado para as cotas mais baixas, de -33 a 479cm). Observa-se na Tabela que a velocidade média na maior cota observada (1.492cm) variou substancialmente entre a curva-chave média, com 1,46m.s<sup>-1</sup>, a curva-chave para vazante, com 1,26 m.s<sup>-1</sup>, e a curva-chave para cheia, com 2,55m.s<sup>-1</sup>. A medição de vazão com maior cota medida (968cm) foi sob a velocidade média de 0,938m.s<sup>-1</sup> em 09/11/2008 e a medição de vazão com menor cota medida (-6cm) foi sob a velocidade média de 0,095m.s<sup>-1</sup> em 30/04/2012, que coincide com a menor velocidade média registrada na série histórica de medições de vazão (12/2007 a 02/2019), já a maior velocidade média registrada foi de 1,507m.s<sup>-1</sup>, na cota 890cm, foi em 03/10/2014.

Além disso, foram realizadas seis medições de vazão com valores superiores a 5.000m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e para a condição de rio ascendente. Geralmente, esta condição de rio ascendente ocasiona riscos inerentes às equipes de campo, devido a possíveis turbulências, e erros na medição de vazão, como no caso de haver fundo móvel e no caso de aparecimento de bolhas em baixo do medidor acústico. Como exemplo, é possível identificar Ruídos acústicos nas medições de 30/09/2015 e 03/10/2014, possivelmente em função de borbulhamento, nas quais o retorno do sinal acústico (SNR) resultou em menores valores nas regiões em rosa (SNR < 10dB). Nestas situações, para evitar tais borbulhamentos, o medidor acústico poderia ser instalado em uma posição mais interna da coluna d'água, o que evitaria pequenos valores de SNR e consequentemente valores de vazão com menores incertezas. A partir da curva-chave média obtida para o trecho superior a 479cm, nota-se que há uma tendência e proximidade com a curva-chave para a condição de rio descendente.



Ajuste	a	h <sub>0</sub>	n	Velocidade na Maior Cota Observada (m.s <sup>-1</sup> )	Vazão na Maior Cota Observada (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	Média dos Desvios Absolutos (%)	> Desvio Absoluto (%)	< Desvio Absoluto (%)	Relação dos Desvios Positivos / Negativos (%)
<b>Curva-Chave Média</b>									
Tramo 1	216,2200	-1,62	1,640			8,78	30,50	0,12	47
Tramo 2	390,5985	-0,61	1,456			15,44	32,83	0,01	63
Extrapolação	176,9820	-1,72	1,720						
Curva-Chave Inteira				1,46	21.537,27	11,21	32,83	0,12	49
<b>Curva-Chave Para Rio Descendente</b>									
Tramo 1	216,2200	-1,62	1,640			8,78	30,50	0,12	47
Tramo 2	315,1289	-1,81	1,415			7,97	14,35	0,27	62
Extrapolação	825,9713	1,56	1,405						
Curva-Chave Inteira				1,26	19.244,64	8,55	30,5	0,12	51
<b>Curva-Chave Para Ascendente</b>									
Tramo 1	216,2200	-1,62	1,640			8,78	30,50	0,12	47
Tramo 2	491,6690	0,99	1,667			8,82	33,18	0,03	33
Extrapolação	223,5063	-1,83	1,785						
Curva-Chave Inteira				2,55	32.765,66	8,78	33,18	0,03	45

## Considerações Finais

Na estação de Itaipu (75900000) é possível identificar que há desvios de vazões medidas, para cotas superiores a 479cm, principalmente se há diferentes condições do rio (e.g., rio ascendente ou rio descendente), como no caso da cota de 900cm, situação que resultaram em desvios de 66% de vazões, com valores aproximados de 9000m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e 15.000m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Como grande parte das medições de vazão para rio descendente e para cotas superiores a 479cm ocorreram em apenas um período hidrológico (11/2008), não é possível afirmar que o laço criado na estação ocorre apenas em função das condições de cheia ou se há uma condição de jusante atuando nesta estação. No caso, o rio Ibicuí, que está situado à jusante de Itaipu, poderia estar represando o rio Uruguai. Assim, é de suma importância que a equipe de hidrometria esteja preparada para realizar novas medições de vazão, em novas condições de cheias, principalmente para cotas superiores a 479cm. É importante que a equipe no campo possa realizar mudanças da logística da campanha de campo.

## Endereços Eletrônicos Para Baixar o Material

