

EXTRAPOLAÇÃO DE CURVA-CHAVE, COM E SEM A PARTIÇÃO DO PERFIL TRANSVERSAL, PELO MÉTODO DECLIVIDADE-TRANSMISSÃO

Francisco F. N. Marcuzzo¹

Resumo – A extrapolação da curva-chave, seguindo um correto cálculo dos parâmetros hidráulicos da seção transversal, é de fundamental importância para a estimativa de vazão em cotas altas. O objetivo deste estudo foi analisar a partição de perfil transversal de seção irregular de um curso d'água na melhoria do cálculo visando estimar a vazão por meio da extrapolação do tramo alto de curva-chave pelo método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*), utilizando para estudo de caso a estação fluviométrica Cerâmica Cherubini (87401600), na sub-bacia do rio Gravataí (sub-bacia 87), no estado do Rio Grande do Sul. Segundo verificação de fotografias da seção de réguas, concomitantemente com informações coletadas com os hidrotécnicos que operavam a estação fluviométrica, a seção central foi considerada em condição de boa a regular ($n = 0,047$) e as seções laterais foram consideradas em más condições ($n = 0,055$). Já quando foi considerada uma seção única inteira, a condição foi considerada também de boa a regular ($n = 0,050$). Verifica-se que, considerando o início da extrapolação da curva-chave pelo método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*), a diferença entre a vazão calculada considerando a seção única inteira e a seção particionada varia de 22 a 43%.

Abstract – The extrapolation of the key curve, following a correct calculation of the hydraulic parameters of the cross section, is of fundamental importance for the estimation of flow in high dimensions. The objective of this study was to analyze the partitioning of the irregular section cross-section of a watercourse in the improvement of the calculation in order to estimate the flow by means of the extrapolation of the high section of the key curve by the Declivity-Conveyance method, (87401600), in the sub-basin of the Gravataí river (sub-basin 87), in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. According to the photos of the section of the rules, the concomitant ($n = 0.047$), and the lateral sections were considered in poor conditions ($n = 0.055$). When a single whole section was considered, the condition was also considered good to regular ($n = 0.050$). It can be seen that, considering the beginning of the extrapolation of the key curve by the Declivity-Conveyance method, the difference between the calculated flow considering the entire single section and the partitioned section varies from 22 to 43%.

Palavras-Chave – Manning, Curva de Calibragem, Coeficiente de Rugosidade.

1. INTRODUÇÃO

A correta extrapolação da curva da relação nível d'água e descarga líquida possui singular importância para se converter dados de elevadas alturas de nível d'água de rios em vazão.

Erros mais pontuais na concepção de curva-chave podem ser atribuídos a diversos fatores, como os relatados por Melati e Marcuzzo (2014), que verificaram a frequência de falhas de transcrição de dados fluviométricos, e como em alguns casos podem influenciar as características hidráulicas da seção transversal de um rio, acarretando erros no cálculo de vazão. Maldonado (2009) expõe que quando a jusante de seção de controle há alguma interferência na vazão, como um sistema de bombeamento, pode-se aplicar o método das isotáquias, que utiliza valores de

1) Serviço Geológico do Brasil / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SGB /CPRM) - Rua Banco da Província, nº105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - CEP 90.840-030, Tel.:(51) 3406-7300. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br.

velocidades e níveis d'água para o cálculo da vazão. Lemos *et al.* (2013) citam que a análise de consistência de dados fluviométricos deve envolver, principalmente, a análise de cotas, análise de medições de descarga líquida, análise e traçado de curvas-chave e suas extrapolações e a análise de vazões entre estações (análise regional). Os autores citam que no traçado e análise de curvas-chave deve ser considerada, principalmente, a uniformidade de pontos nos gráficos de desvios versus cota e de desvios versus tempo. Conforme citam Naghettini e Pinto (2007), após a estimativa dos coeficientes da reta de regressão, é necessário verificar se os dados amostrais são descritos pelo modelo das equações, além disso, determinar a parcela da variabilidade amostral que foi, de fato, explicada pela regressão. Já Lopes *et al.* (2013), em seu trabalho que apresentam o Sistema Para Análise de Dados Hidrológicos (SiADH), citam que todos os dados hidrometeorológicos observados (monitorados) necessitam de tratamentos e processamentos básicos para que os mesmos possam ser utilizados com confiabilidade.

Collischonn & Dornelles (2013) citam que as medições de vazão são realizadas com o objetivo de determinar a relação entre o nível da água do rio em uma seção e a sua vazão. Esta relação é denominada curva-chave, sendo possível transformar medições diárias de cota, que são relativamente baratas, em medições diárias de vazão. Em um estudo sobre medidores de vazão não convencionais em rio, Maldonado e Wendland (2013) concluíram que, de modo geral, o medidor eletromagnético apresentou bons resultados, considerando-o de baixo custo, principalmente em locais que apresentam remanso e em locais com velocidades inferiores a $0,20\text{m.s}^{-1}$. Gamaro *et al.* (2014) dissertam que os métodos para a determinação da velocidade e da área da seção transversal de fluxo de água em canais abertos, e conseqüentemente vazão, são normatizados pelo padrão internacional ISO 748:2007 da International Standard Organization.

Maldonado e Gamaro (2013) relatam que para esta situação de histerese, durante a ascensão do nível d'água, a curva-chave indica valores inferiores ao real e durante o descenso do nível d'água, a curva-chave indica valores superiores ao real. O trabalho apresentado por Maldonado *et al.* (2014) mostra que a determinação de eleger a melhor curva comparada a outra existente (ou a uma tabela de calibragem) é baseada nos desvios de vazão estimados pela curva comparada à vazão medida. O método área-velocidade, utilizado para calcular a vazão em rios, requer que seja realizada uma medição de velocidades em diversas verticais ao longo da largura do rio, e em diferentes profundidades para cada vertical. Segundo Sefione (2001) a curva-chave é a ferramenta criada para determinação dos valores do nível d'água (cota) numa dada seção de um curso d'água. Essa informação é necessária para se obter mínimas e máximas, como o desenvolvido por Sefione *et al.* (2001), que são, não raro, o ponto chave de muitos estudos hidrológicos. Bartels *et al.* (2010) mostram a importância de se analisar bem a validade de uma curva-chave antes de utilizá-la e que pode ser necessário estabelecer mais de uma curva-chave para o intervalo de cotas observado ao longo da série, a fim de melhorar a representação dos dados. Equacionar esta relação cartesiana entre dados hidrológicos e/ou dados físicos e/ou geomorfológicos, que os gráficos de dispersão destas variáveis fornecem é de suma importância para o hidrólogo compreender o fenômeno (MARCUSO 2008; 2014; 2015; 2016, 2017). Reitz e Dias (2014) citam que o traçado de curvas-chave em estações instáveis pode ser bastante complexo, especialmente quando os dados de vazão exibem distorções, pelos efeitos de remanso.

O objetivo deste estudo foi analisar a partição de perfil transversal de seção irregular de um curso d'água na melhoria do cálculo visando estimar a vazão por meio da extrapolação do tramo alto de curva-chave pelo método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*), utilizando a estação Cerâmica Cherubini (87401600), na bacia do rio Gravataí no Rio Grande do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização geral da região de localização da estação fluviométrica e seus dados

A estação fluviométrica com medição de descarga líquida (FD) utilizada neste estudo (Cerâmica Cherubini – código: 87401600) esta localizada no município de Gravataí/RS na bacia do rio Gravataí (Figuras 1 e 3), pertencente a sub-bacia 87 (ANA, 2009). A bacia do rio Gravataí faz

parte da região hidrográfica de número 12, chamada Região Hidrográfica do Atlântico Sul, e da Bacia Hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste, que recebe o número 8.

A precipitação pluviométrica média anual na bacia do rio Gravataí varia de 1.310 a 1.585mm.ano⁻¹, segundo os dados apresentados por Pinto *et al.* (2011) e interpretados para este estudo (Figura 1). Fotos do local da estação podem ser observados na Figura 2. Os perfis transversais dos últimos quatro anos e mais dados do inventário da estação podem ser observados na Figura 4.

O perfil transversal utilizado na extrapolação da curva-chave pode ser observado nas Figuras 4, 6 e 7. A Figura 5 mostra o diagrama unifilar com a estação estudada. No seguinte link pode-se obter diagramas unifilares de toda sub bacia 87: <https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QESkMtMzldzGZvTTO>.

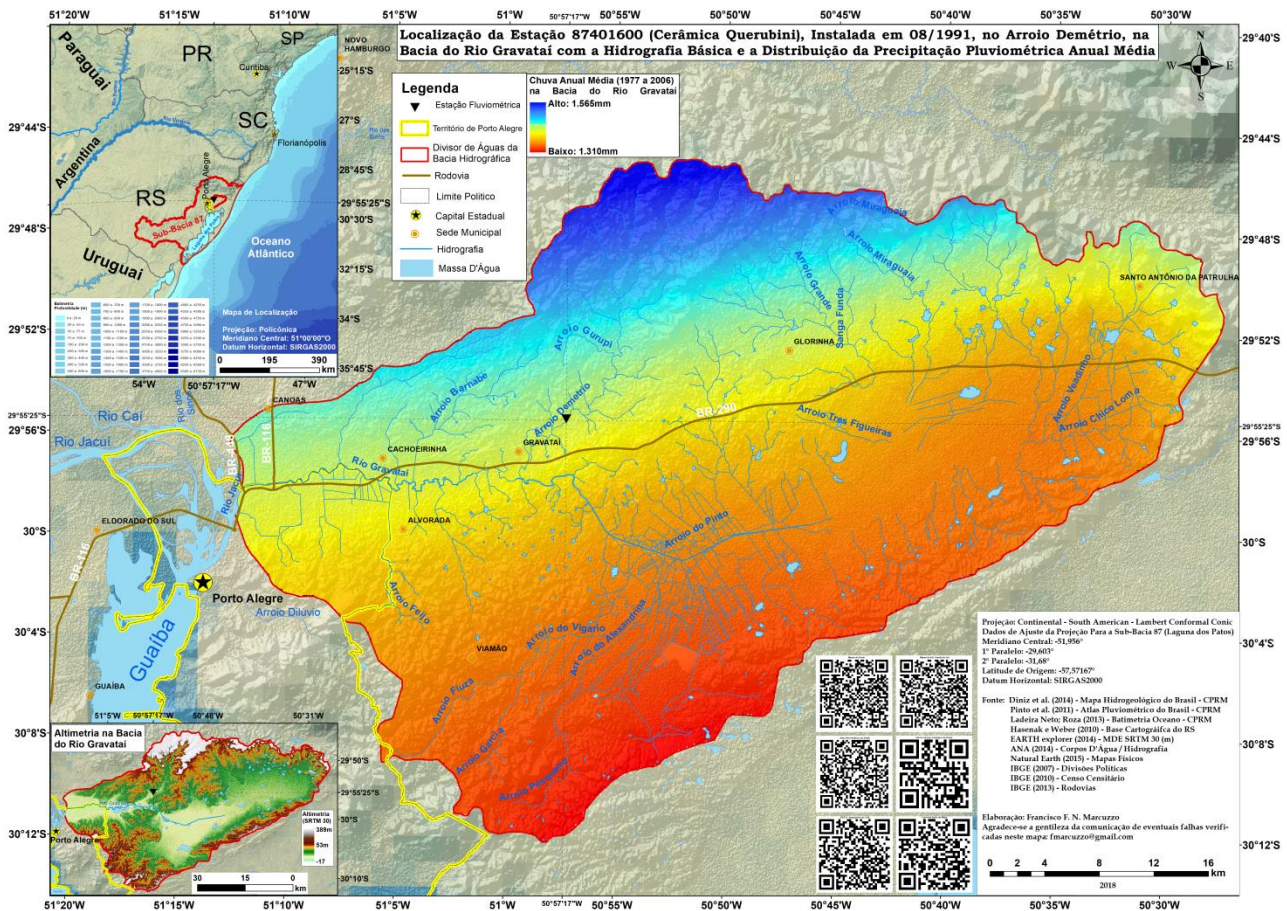


Figura 1 – Localização da estação 87401600 na bacia do rio Gravataí, pertencente à sub-bacia 87.



Figura 2 – Foto rio Gravataí e da seção de réguas da estação fluviométrica 87401600.

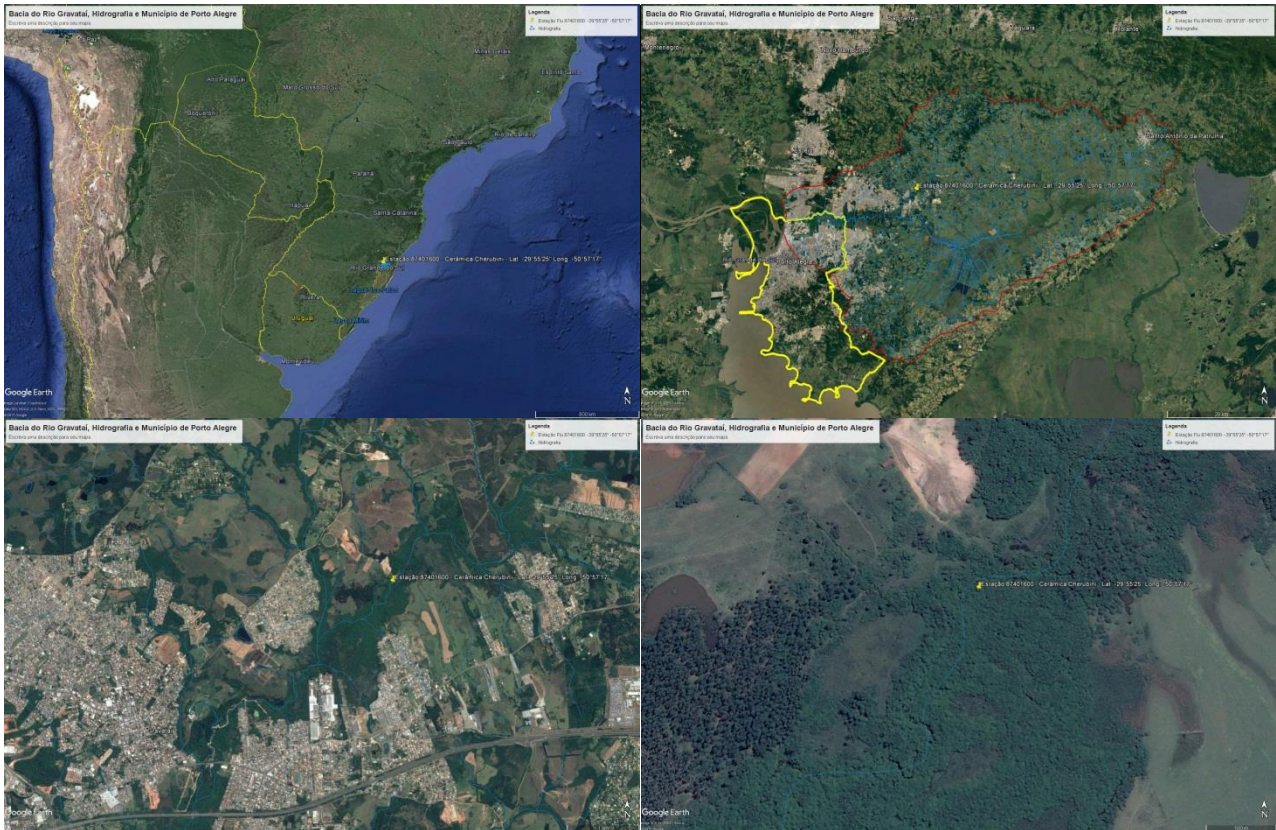


Figura 3 – Imagens de satélite (GOOGLE EARTH, 2017) da localização da estação fluviométrica 87401600.

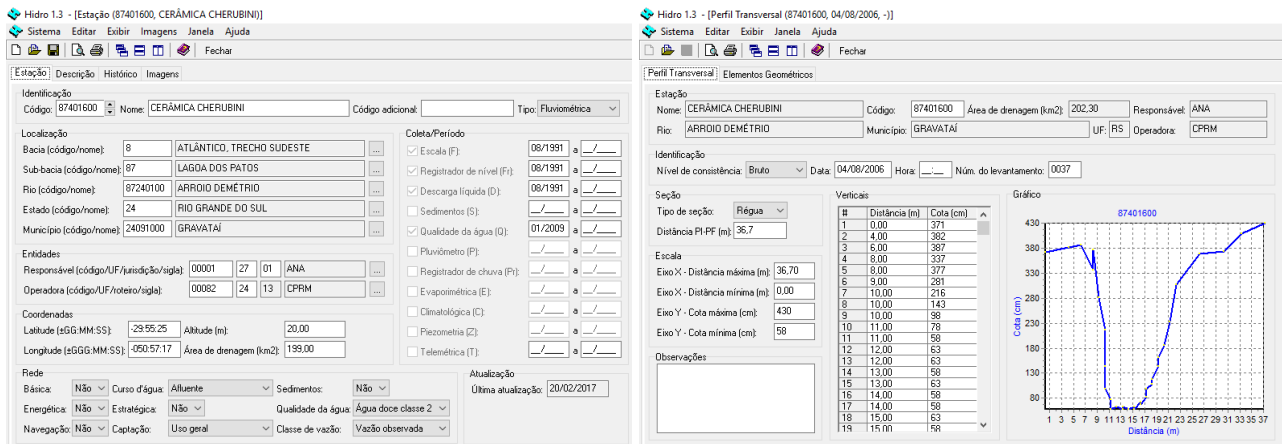


Figura 4 – Dados do inventário da estação 87401600 atualizado em 20/02/2017, na sub-bacia 87, e o perfil transversal utilizado na extrapolação do tramo superior da curva-chave.

O rio Gravataí, onde desagua o arroio Demétrio (Cerâmica Cherubini - 87401600), pertencente à sub-bacia 87 (Laguna dos Patos), e mais precisamente a região hidrográfica do Guaíba, nasce próximo ao litoral do estado do Rio Grande do Sul, no município de Santo Antônio da Patrulha, percorre 65km no sentido Leste para Oeste, até sua foz no Delta do Jacuí, entre os municípios de Canoas e Porto Alegre. Sua bacia hidrográfica com aproximadamente 2.020km² de área de drenagem, é caracterizada por ocupação agropecuária junto às nascentes e urbana e industrial próximo à foz. Atravessa os municípios de Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Gravataí, Cachoeirinha, Viamão, Alvorada, Canoas e Porto Alegre. O rio Gravataí possui um regime hidrológico bastante peculiar e complexo: parte da bacia apresenta área plana, o que propicia um mau escoamento e difícil aeração; existem inúmeros barramentos por açudes em vários cursos d'água afluentes, retendo água em períodos de estiagem e ocorre inversão de fluxo nos trechos inferiores devido ao represamento provocado pelo Guaíba. Mais informações poderão ser obtidas pelo seguinte endereço: <http://projetoriolimpo.com.br/mapa-de-preservacao>.

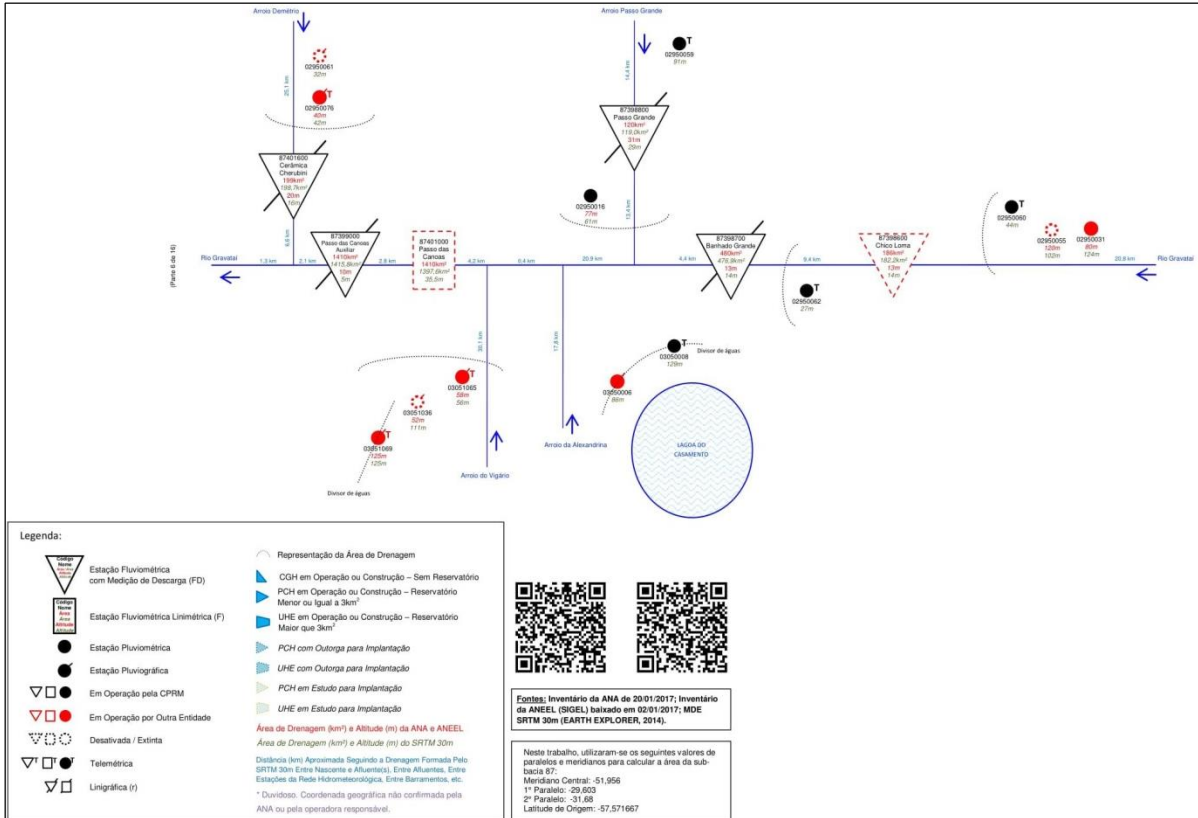


Figura 5 – Diagrama unifilar de parte da bacia do rio Gravataí com a localização da estação fluviométrica 87401600.

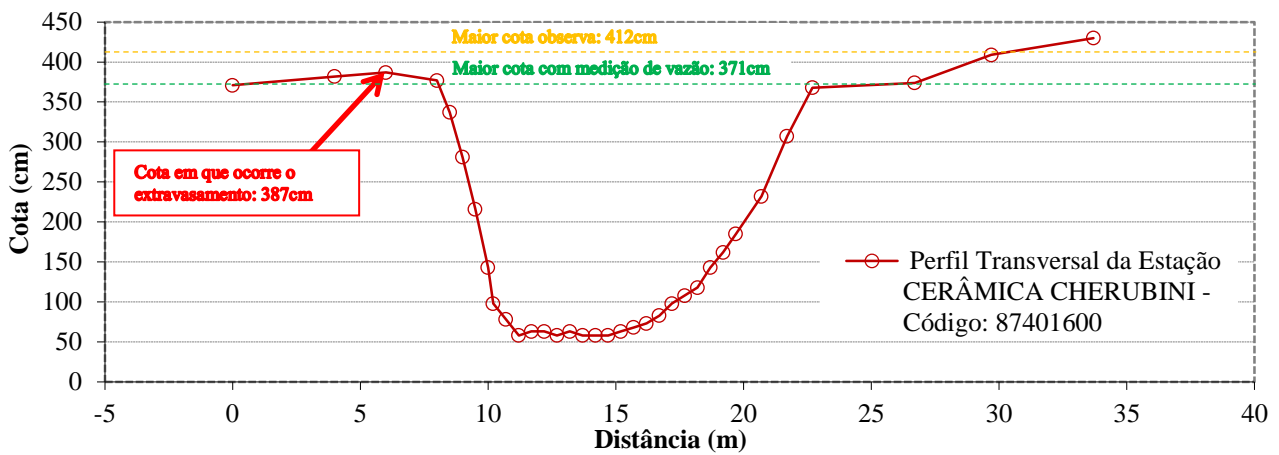


Figura 6 – Perfil transversal de 04/08/2006 da estação fluviométrica Cerâmica Cherbubini – código: 87401600.

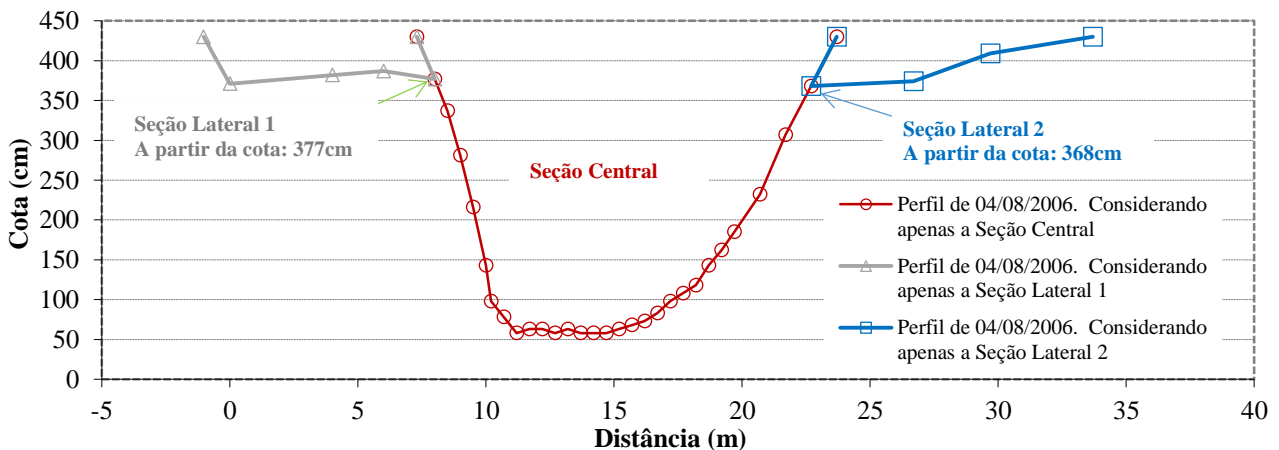


Figura 7 – Perfil transversal particionado em seção central, seção lateral 1 e 2, de 04/08/2006, código: 87401600.

Um detalhamento teórico e prático sobre otimização de equações lançando mão de Programação Matemática Não-Linear (PMNL), cujos princípios foram utilizados neste estudo, pode ser observado em Marcuzzo (2008), Marcuzzo e Wendland (2010; 2014) e Ferreira (2012). Um detalhamento de regressões matemática para hidrologia é observado em Naghettini e Pinto (2007).

2.2. Resumo do método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*)

A extrapolação do tramo superior do método Declividade-Transmissão é extremamente versátil, de acordo com India (1999), e pode ser aplicado também quando há extravasamento do leito principal. O método tem como base a equação de Manning (equação 1), que é melhor detalhada no capítulo 8, sobre canais, do livro de Hidráulica Básica, publicado por Porto (2006).

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} I^{1/2} \quad (1)$$

Considerando o valor $K = \frac{1}{n} AR_h^{2/3}$, chamado *Conveyance*, então a equação é reescrita como:

$$Q = KI^{1/2} \quad (2)$$

No cálculo de K , os valores de A e de R_h são obtidos a partir das medições existentes e o valor de n é estimado. Esses valores de K são plotados contra a cota até o nível máximo requerido. A raiz quadrada da declividade (gradiente de energia) $I^{1/2}$ é obtida pelo quociente entre a vazão medida e o correspondente valor de K . A plotagem de $I^{1/2}$ versus a cota extrapolada para os valores altos observados tende a resultar num valor constante para cotas altas (RANTZ *et al.*, 1982). Sabe-se que a relação entre cota versus $I^{1/2}$ e a tendência de $I^{1/2}$ tende a alcançar um valor constante. A vazão é calculada pelo produto do valor de K , calculado para a cota correspondente, pelo valor de $I^{1/2}$, valor constante obtido da curva $I^{1/2}$ versus cota. Para extrapolação em condição de extravasamento, os valores do *Conveyance*, dependendo da seção transversal, devem ser calculados separadamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de Manning (n), utilizados na Tabela 1, foi determinado segundo a Tabela 8.5 na parte de arroyos e rios da página 273, do capítulo 8, do livro Hidráulica Básica (PORTO, 2006). Segundo verificação de fotografias da seção de réguas (Figura 3), concomitantemente com informações coletadas com os hidrotécnicos que operavam a estação fluviométrica, a seção central foi considerada em condição de boa a regular ($n = 0,047$) e as seções laterais foram consideradas em más condições ($n = 0,055$). Já quando foi considerada uma seção única inteira, a condição foi considerada também de boa a regular ($n = 0,050$). Na Tabela 1 verifica-se que, considerando o início da extrapolação da curva-chave pelo método Declividade-Transmissão (*Declivity-Conveyance*), a diferença entre a vazão calculada considerando a seção única inteira e a seção particionada varia de 22 a 43%. Segundo Lopes *et al.* (2013) ferramentas computacionais que auxiliem a padronizar, sistematizar e facilitar as análises de dados hidrológicos são bastante úteis e devem ser prioritariamente utilizadas.

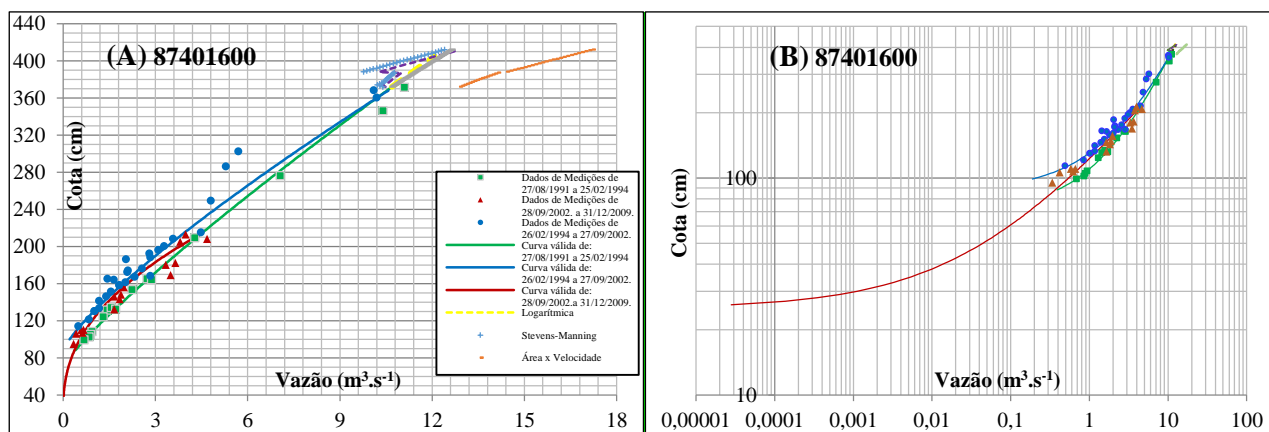


Figura 8 – Curvas-chave e extrapolações para a estação 87401600 (Cerâmica Cherubini), com os eixos dos gráficos com números reais (A) e logaritimizados (B).

Tabela 1 – Cálculo da vazão na estação 87401600, pela extrapolação, considerando a seção inteira e particionada.

Cota	Cálculo de Q_{SI} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Inteira (central+laterais)			Cálculo de Q_{SC} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Central			Cálculo de Q_{SL1} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Lateral 1			Cálculo de Q_{SL2} para a amplitude a ser extrapolada - Seção Lateral 2			Vazão Total Seção Repartida $Q_{TSR} = Q_{SC} + Q_{SL1} + Q_{SL2}$	Diferença $Q_{TSR} e Q_{SI}$ (%)
	$I^{1/2}$	Q_{SI}	n de Q_{SI}	$I^{1/2}$	Q_{SC}	n de Q_{SC}	$I^{1/2}$	Q_{SL1}	n de Q_{SL1}	$I^{1/2}$	Q_{SL2}	n de Q_{SL2}		
372	0,0099	8,8	0,050	0,0099	10,72	0,047	0,0099	0,00	0,055	0,0099	0,00	0,055	10,72	22%
373	0,0099	8,7		0,0099	10,76		0,0099	0,00		0,0099	0,00		10,76	23%
374	0,0099	8,6		0,0099	10,81		0,0099	0,00		0,0099	0,00		10,81	25%
375	0,0098	8,7		0,0098	10,86		0,0098	0,00		0,0098	0,00		10,86	25%
376	0,0098	8,7		0,0098	10,91		0,0098	0,00		0,0098	0,00		10,91	25%
377	0,0098	8,8		0,0098	10,95		0,0098	0,00		0,0098	0,00		10,96	25%
378	0,0098	8,8		0,0098	11,00		0,0098	0,00		0,0098	0,00		11,01	25%
379	0,0098	8,8		0,0098	11,05		0,0098	0,00		0,0098	0,00		11,06	26%
380	0,0098	8,8		0,0098	11,10		0,0098	0,00		0,0098	0,00		11,10	26%
381	0,0097	8,8		0,0097	11,15		0,0097	0,00		0,0097	0,00		11,15	26%
382	0,0097	8,8		0,0097	11,19		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,20	27%
383	0,0097	8,9		0,0097	11,24		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,25	27%
384	0,0097	8,9		0,0097	11,29		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,30	27%
385	0,0097	8,9		0,0097	11,34		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,36	28%
386	0,0097	8,9		0,0097	11,39		0,0097	0,01		0,0097	0,01		11,41	28%
387	0,0097	8,9		0,0097	11,43		0,0097	0,02		0,0097	0,01		11,46	28%
388	0,0096	8,0		0,0096	11,48		0,0096	0,02		0,0096	0,01		11,51	43%
389	0,0096	8,1		0,0096	11,53		0,0096	0,02		0,0096	0,01		11,56	43%
390	0,0096	8,2		0,0096	11,58		0,0096	0,03		0,0096	0,01		11,61	42%
391	0,0096	8,3		0,0096	11,63		0,0096	0,03		0,0096	0,01		11,67	41%
392	0,0096	8,4		0,0096	11,68		0,0096	0,04		0,0096	0,01		11,72	40%
393	0,0096	8,4		0,0096	11,72		0,0096	0,04		0,0096	0,01		11,78	40%
394	0,0095	8,5		0,0095	11,77		0,0095	0,05		0,0095	0,01		11,83	39%
395	0,0095	8,6		0,0095	11,82		0,0095	0,05		0,0095	0,01		11,89	38%
396	0,0095	8,7		0,0095	11,87		0,0095	0,06		0,0095	0,01		11,94	38%
397	0,0095	8,8		0,0095	11,92		0,0095	0,06		0,0095	0,02		12,00	37%
398	0,0095	8,8		0,0095	11,97		0,0095	0,07		0,0095	0,02		12,05	36%
399	0,0095	8,9		0,0095	12,02		0,0095	0,08		0,0095	0,02		12,11	36%
400	0,0095	9,0		0,0095	12,07		0,0095	0,09		0,0095	0,02		12,18	35%
401	0,0094	9,1		0,0094	12,11		0,0094	0,09		0,0094	0,02		12,23	34%
402	0,0094	9,2		0,0094	12,16		0,0094	0,11		0,0094	0,02		12,29	34%
403	0,0094	9,3		0,0094	12,21		0,0094	0,11		0,0094	0,02		12,34	33%
404	0,0094	9,3		0,0094	12,26		0,0094	0,12		0,0094	0,02		12,41	33%
405	0,0094	9,4		0,0094	12,31		0,0094	0,12		0,0094	0,02		12,46	32%
406	0,0094	9,5		0,0094	12,36		0,0094	0,14		0,0094	0,02		12,52	32%
407	0,0093	9,6		0,0093	12,41		0,0093	0,14		0,0093	0,02		12,57	31%
408	0,0093	9,7		0,0093	12,46		0,0093	0,15		0,0093	0,03		12,64	31%
409	0,0093	9,8		0,0093	12,51		0,0093	0,15		0,0093	0,03		12,69	30%
410	0,0093	9,8		0,0093	12,56		0,0093	0,17		0,0093	0,03		12,76	30%
411	0,0093	9,9		0,0093	12,61		0,0093	0,17		0,0093	0,03		12,81	29%
412	0,0093	10,0		0,0093	12,66		0,0093	0,19		0,0093	0,03		12,88	29%

Extrapolação da Curva-Chave Determinada Pela Repartição do Perfil Transversal da Seção da Estação 87401600

Validade início	Validade fim	Cota máxima (cm)	Cota mínima (cm)	Equação: $Q=a(h-h_0)^n$	a	h_0	n
27/08/1991	31/12/2009	412	372	$Q=2,4084(h-0,69)^{1,3448}$	2,4084	0,69	1,3448

Quadro 1 – Material produzido e/ou utilizado direta ou indiretamente como apoio, neste estudo, para baixar da internet.

Material	Endereços (“links”) para Baixar Utilizando o Navegador de Internet
Apresentação Deste Artigo - Pôster	https://drive.google.com/file/d/1tazsOtfakiR7dwNCO_Q8wJFMXyYzagpX/view?usp=sharing
Apresentação Deste Artigo - Oral	https://drive.google.com/file/d/1a4d3Tc641I2yjGizqnY4-4QgH-qSRCdL/view?usp=sharing
Figura 1 - Mapa Localização da Estação, Precipitação, etc. em PNG 200dpi	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOQzNZYmMwaFVsZnc/view?usp=sharing
Figura 1 - Mapa Localização da Estação, Precipitação, etc. em PDF 150dpi	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOeFFZVcwVXZwTXM/view?usp=sharing
Figura 1 - Mapa Localização da Estação, Precipitação, etc. em PDF 500dpi	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOLUMxSFkYnJIN0E/view?usp=sharing
Figura 2 – Imagens de Satélite Localização Estação	https://drive.google.com/drive/folders/0B6T7sNg_aVgObIV3LTgwUFUteKE?usp=sharing
Google Earth - Localização da Estação 87401600	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOVE5QSWNKQU40X2M/view?usp=sharing
Google Earth - Bacia do Rio Gravataí	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOWG1YUGhSUHdzQ1k/view?usp=sharing
Google Earth - Hidrografia da Bacia do Rio Gravataí	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOYmFOX0hobUtGcVU/view?usp=sharing
Google Earth - Limite Município Porto Alegre	https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOZjVjSEI3NFFTNTg/view?usp=sharing
Mapas das Bacias do Brasil – 100 a 2000dpi	https://drive.google.com/folderview?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1lmSXB3ZUE&usp=sharing
Diagramas Unifilares da Bacia do Rio Gravataí e da Sub-Bacia 87	https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLE05QESkMtMzldGZvTtQ
Tutorial de Construção de Diagrama Unifilar	https://drive.google.com/file/d/0B5VdVLE05QEEGw4MHN3b2V6b2s/view?usp=sharing
Altimetria do Estado do Rio Grande do Sul	https://drive.google.com/file/d/0B5YK_fCaGOyRGEFJS3VQTV9Pd2s/view?usp=sharing
Dados Utilizados do Atlas Pluviométrico do Brasil	http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1351&sid=9
Livro Hidrologia Estatística em PDF	http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Livro-%22Hidrologia-Estatistica%22-981.html
Trabalhos Sobre Curva-Chave Publicados no SGB/CPRM	http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/4/

4. CONCLUSÃO

As laterais da seção de medição da estação 87401600 apresentam uma ampla distribuição de impedimentos de transmissão, apresentando grande desconectividade da vazão da seção central das seções laterais. Sendo a baixa declividade dos talwegues dos cursos d'água da bacia o principal fator relacionado com as planícies de inundação e com a desuniformidade do atrito (n de Manning) entre a seção principal central e as laterais.

Esse estudo demonstra a importância da observação de conectividade entre as vazões da parte central de canais com as suas respectivas laterais para futuras pesquisas sobre a dinâmica dos sistemas fluviais sob influência do atrito da vegetação em suas laterais e a baixa declividade em bacias com ampla magnitude de zonas de inundação.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao SGB/CPRM (Serviço Geológico do Brasil / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) pelo fomento e a bibliotecária Ana Lucia Borges Fortes Coelho da SUREG-PA.

REFERÊNCIAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Análise de consistência de dados fluviométricos de estações de monitoramento da ANA localizadas na bacia hidrográfica do Rio Purus (sub-bacia 13)**. 2011. Nota Técnica nº 245/2011/SGH-ANA. 30 de setembro de 2011.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Inventário das estações fluviométricas**. 2. ed. DF, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/I>>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- ANA. **Diretrizes e análises recomendadas para a consistência de dados fluviométricos**. Brasília: ANA. 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/Diretrizes_Analises_Recomendadas_Consistencia_de_Dados_Fluviometricos.pdf>. Acesso: 23 ago. 2017.
- BARTELS, G. K.; BESKOW, S.; AQUINO, L. S.; TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C. Avaliação dos dados de vazão gerados pela curva-chave no Arroio Pelotas (Ponte Cordeiro de Farias). In: XIX Congresso de Iniciação Científica, 2010, Pelotas. **Anais...** 2010. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/rhima/files/2010/09/CIC-UFPEL-2010_01028.pdf>. Acesso: 28 Jan. 2017.
- COLLISCHONN W.; DORNELLES F. **Hidrologia para engenharias e ciências ambientais**. Vol. 1. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. 310p.
- FERREIRA, P. A. V. **Otimização Não linear**. 2012. Disponível em: <<http://www.dt.fee.unicamp.br:80/~valente/ia543.html>>. Acesso em 12 fev. 2017.
- FINCK, J. S.; GUIMARÃES, G. M.; KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA, D. B.; MARCUZZO, F. F. N. Diagrama unifilar de dados hidrológicos em bacia hidrográfica: proposta de modelo e passo a passo de como fazer consistindo os dados. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18491>>. Acesso em: 10 Jan. 2018.
- GAMARO, P. E.; MALDONADO, L. H.; SANTOS, J. M. Comparativo entre medições de vazão com micromolinetes e flowtracker para a estação São Francisco Falso. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/579cd3a94951f7f86576318234b74346_3e706bdeb90ccc5bb34257e08bd60429.pdf>. Acesso em: 28 Jan. 2017.
- GOOGLE. **Google Earth**, 7.1.8.3036. [S.l. : s.n.], Compilação de 17/01/2017. 2017. Localização da estação 77500000. Disponível: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso: 30mar2017.
- INDIA. **How to establish stage discharge rating curve**. Training module # SWDP – 29. New Delhi: Hydrology Project, 1999. Disponível em: <<http://www.mahahp.gov.in/pdfFiles/resource/modules/29HOWTOESTABLISHSTAGEDISCHARGERATINGCURVE.pdf>>. Acesso: 15 mar. 2018.
- KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA, D. B.; GUIMARÃES, G. M.; FINCK, J. S.; MARCUZZO, F. F. N. **A concepção de diagrama unifilar de bacia hidrográfica para estudos de interesse hidrológico: O passo a passo de como obter as informações, como montar o**

- diagrama unifilar e como verificar e corrigir seus dados inventariais básicos.** 2017. 90p. Tutorial. 4ª Versão. Manual desenvolvido durante estágio no projeto de regionalização de vazões na CPRM PA/GEHITE. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B5VdV_LrE05QEeGw4MHN3b2V6b2s/view?usp=sharing>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- LEMOS, G. M.; LOPES, W. T. A.; SILVA, L. R. S.; DE PISCOYA, R. de C. C. C.; DA SILVA, M. C. A.; REITZ, K. Análise de consistência de dados fluviométricos de estações localizadas na sub-bacia 12 (rios Solimões, Juruá e Japurá). In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1 a 8. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20131119_PAP013828_05.pdf>. Acesso: 29 jun. 2017.
- LOPES, W. T. A.; LEMOS, G. M.; SARMENTO SILVA, L. R.; DA SILVA, M. C. A. M.; DE PISCOYA, R. de C. C.; GOMES, A. de O.; DOS SANTOS, A. G. Sistema para análise de dados hidrológicos - SiADH. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1 - 8. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20131118_PAP013844.pdf>. Acesso em: 28 Jan. 2018.
- MALDONADO, L. H. Validação experimental de metodologias para quantificação contínua de vazão no Ribeirão da Onça. 2009. **Dissertação** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-27042010-154503/>>. Acesso: 29mar.2017.
- MALDONADO, L. H.; GAMARO, P. E.; SANTOS, J. M.; SANTOS, F. A. M. Alteração de curva-chave devido a assoreamento: caso da Estação de Flórida, MS. In: XI ENES, 2014, **Anais...** João Pessoa. XI ENES, 2014. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/5017322205a6ee548ab306876bfd35fb_fc8e1745328977f048ed9ebab8685ee6.pdf>. Acesso: 28Jan.2017.
- MALDONADO, L. H.; GAMARO, P. Métodos de correção de vazões em tramos superiores de curvas-chaves e para o caso de histerese. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1 a 8. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=155&SUMARIO=3362&ST=metodos_de_correcao_de_vazoes_em_tramos_superiores_de_curvas_chaves_e_para_o_caso_de_histerese>. Acesso: 5 mar. 2017.
- MALDONADO, L. H.; WENDLAND, E. Aplicação de medidores de vazão não-convencionais em rios: eletromagnético e vertedor circular móvel. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1-8. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/e62af33544f06382bbefac354d6cc03f_26c78165c859500fad1245dab3f44617.pdf>. Acesso em: 28 Jan. 2017.
- MARCUZZO, F. F. N. Algoritmos genéticos e programação matemática não linear na otimização de curva-chave. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21, 2015, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABRH, 2015. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15054>>.
- MARCUZZO, F. F. N. Bacias hidrográficas e regiões hidrográficas do Brasil: cálculo de áreas, diferenças e considerações. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22. 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18492>>.
- MARCUZZO, F. F. N. Curva-chave com três tramos consecutivos ajustada com uma única função objetivo não linear. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2017. p. 1 a 8. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18484>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- MARCUZZO, F. F. N. Curva-chave traçada pelo MATLAB com diferentes tipos de equações suportadas pelo programa HIDRO In: Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 26.; encontro técnico AESABESP, 26., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AESABESP, 2015. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15127>>. Acesso em: 29 mar. 2017.
- MARCUZZO, F. F. N. **Mapa das regiões hidrográficas, bacias e sub/bacias hidrográficas do Brasil.** Escala 1cm:79 m. Porto Alegre: 2017. Disponível em: <https://drive.google.com/folderview?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1lmSXB3ZUE&usp=sharing>. Acesso em: 01 jan. 2017.
- MARCUZZO, F. F. N. Modelagem Hidrológica Utilizando Regressão: Conceituação Matemática, Logaritmização e Avaliação. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal.

- Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1 a 10. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17447>>. Acesso em: 28 Jan. 2017.
- MARCUZZO, F. F. N. Sistema de otimização hidráulica e econômica de rede de irrigação localizada usando algoritmos genéticos. **Tese de doutorado**. EESC/USP, São Carlos, 361 p. 2008. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/304>>. Acesso: 12 fev. 2018.
- MARCUZZO, F. F. N. Traçado de curva-chave unívoca utilizando a regressão simples e robusta do MATLAB. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016, Aracaju. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2016. p. 1-9. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17188>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. Efeito da variação na tarifação pelo uso da água no dimensionamento otimizado de rede de irrigação localizada usando algoritmos genéticos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 15, 109 a 118. 2010. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/603>>. Acesso em 12 fev. 2018.
- MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. The Optimization of irrigation networks using genetic algorithms. **Journal of Water Resource and Protection**, 2014, 6, 1124-1138. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.612105>>. Acesso em 12 fev. 2018.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo de Perfis de Estações Fluviométricas: Transcrições de Campo, Ajuste de Escritório e Efeito nos Atributos Hidráulicos. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1-10. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17448>>. Acesso em: 28 Jan. 2018.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. de A. Correlação e regressão. In: NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007b. cap. 9, p. 355-400. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Livro-%22Hidrologia-Estatistica%22-981.html>>. Acesso em: 3 jan. 2017.
- PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Da Costa, Margarida Regueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; Melo, De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; De Rezende, Denise C.; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre Moreira; Machado, Érica C.; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; SIG - versão 2.0 - atualizada em 11/2011; Levantamento da Geodiversidade.
- PORTO, R. de M. **Hidráulica básica**. 4. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. Disponível em: <<http://www.edusp.com.br/detlivro.asp?ID=600571>>. Acesso em: 23 ago. 2017.
- RANTZ, S.E. **Measurement and computation of streamflow**: volume 2, computation of discharge. [S.l.]: U.S. Government Printing Office, 1982. (Water supply paper series, 2175). Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2175/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.
- REITZ, K.; DIAS, S. F. Calibragem de curva-chave de estação instável pelo método do desnível normal. Estudo de caso: Estação Bacaba, código 13886000, no Rio Tapauá, na bacia hidrográfica do Rio Amazonas. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1 - 8.
- SAAD, J. C. C.; MARCUZZO, F. F. N. Distribuição da carga hidráulica em linhas de derivação otimizadas por programação linear. **Engenharia Agrícola**. ABEA, v. 26, n. 2, p. 406-414, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/5160>>. Acesso em: 10 Jan. 2018.
- SEFIONE, A. L. Estudo comparativo de métodos de extrapolação superior de curvas-chave. **Dissertação de Mestrado**. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2001. 96p.
- SEFIONE, A. L.; MEDEIROS, J. D.; DORNELLES, A. M.; GOLDENFUM, J. A. Metodologia de pseudo-extrapolação para avaliação de métodos de extrapolação superior de curvas-chave. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 1-13.