

CURVA-CHAVE SOB EFEITO DE ASSOREAMENTO E DRAGAGEM TRAÇADA E AJUSTADA PELO SiADH

Francisco F. N. Marcuzzo¹

Resumo – O convertimento de dados de alturas de nível d'água de rios em vazão pode ser um processo complexo quando ocorre assoreamento e erosão, além de dragagem do leito do rio. O objetivo foi traçar e ajustar curva-chave, com instabilidade nas medições, sob efeito de assoreamento e, posterior, dragagem, de modo a se analisar e discutir a otimização do ajuste frente às restrições da equação potencial, para curva-chave, e as limitações das ferramentas disponíveis para o ajuste de curva-chave do tipo “vassoura”. A estação fluviométrica com medição de descarga líquida (FD) utilizada neste estudo (Linha Gonzaga – código: 87150000) esta localizada no município de Caxias do Sul/RS, bem no limite com Nova Petrópolis/RS, no rio Caí cuja bacia leva o mesmo nome, bacia do rio Caí, pertencente à sub-bacia 87. Verificou-se que o desvio médio absoluto dos sete tramos da curva foi de 5,82% e a percentagem de desvios positivos em relação aos negativos (“posicionamento” da curva em relação a dispersão das medições) foi de 51%, o que são números qualitativos da curva muito bons. Nota-se que a continuidade (ligação dos tramos) mostra vazão gerada com diferença menor que 0,04% entre um tramo e outro para a mesma cota.

Abstract – The conversion of water level heights from flowing rivers can be a complex process when sedimentation and erosion occurs, as well as dredging of the river bed. The objective was to trace and adjust curve rating, with instability in the measurements, under the effect of silting and, later, dredging, in order to analyze and discuss the optimization of the adjustment against the constraints of the potential equation, for the curve rating, and the limitations of the tools available for broom-type curve rating fitting. The fluviometric station with discharge measurement (FD) used in this study is located in the city of Caxias do Sul/RS, at the border with Nova Petrópolis/RS, in the Caí River, The mean absolute deviation of the seven sections of the curve was 5.82% and the percentage of positive deviations from the negative ones ("positioning" of the curve in relation to the dispersion of the measurements) was 51%, which are very good qualitative numbers of the curve. It is observed that the continuity (linkage of the sections) shows a flow generated with a difference of less than 0.04% between one section and another for the same dimension.

Palavras-Chave – Erosão, Assoreamento, Curva-Chave Vassoura.

1. INTRODUÇÃO

A conversão de dados de elevadas de alturas de nível d'água de rios em vazão, em alguns casos, pode ser um processo complexo que engloba várias situações de contorno, como no caso de assoreamento e erosão, além de dragagem do leito do rio na área de posicionamento da estação fluviométrica com medição de descarga líquida. Além do correto traçado e ajuste de curvas-chave sob instabilidade, entende-se que o total controle sob as ferramentas computacionais disponíveis e a inteira compreensão das metodologias matemáticas que envolvem os limites físicos da equação potencial que exprime a relação cota versus descarga líquida, são fundamentais para se obter os melhores resultados no traçado e ajuste de curvas-chave.

Gamaro *et al.* (2014) relatam 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

1) SGB /CPRM - Serviço Geológico do Brasil / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial. Rua Banco da Província, nº 105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - CEP 90.840-030, Tel.:(51) 3406-7300, francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

pelo padrão internacional ISO 748:2007. Diversos tipos de erros, mais localizados ou não, 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. Conforme 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. No estudo de Bartels *et al.* (2010) verifica-se 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. 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 (MARCUZZO 2014; 2015; 2016, 2017).

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. As incertezas envolvidas nos dados medidos de precipitação, evaporação, nível de rio (cotas), descargas líquidas e sólidas, parâmetros de qualidade de água, etc., muito raramente, podem ser desprezadas sem passarem, pelo menos, por análises preliminares. Adicionalmente, dependendo da finalidade dos estudos que estejam sendo desenvolvidos com a utilização desses dados, mais análises e processamentos tornam-se necessários para diminuir, minimizar ou eliminar os possíveis erros existentes nas séries de dados coletados, aumentando a confiabilidade desses estudos e diminuindo os impactos negativos que as incertezas produziriam nos seus resultados. Os autores também citam que as ferramentas computacionais que auxiliem a padronizar, sistematizar e facilitar as análises de dados hidrológicos é bastante útil e devem ser prioritariamente utilizadas.

O objetivo deste estudo foi traçar e ajustar uma curva-chave com instabilidade nas medições, sob efeito de assoreamento e dragagem, de modo a se analisar e discutir a otimização do ajuste frente às restrições da equação potencial, para curva-chave, e as limitações das ferramentas disponíveis na montagem do problema para o traçado e ajuste de curva-chave do tipo “vassoura”.

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 (Linha Gonzaga – código: 87150000) esta localizada no município de Caxias do Sul/RS, bem no limite com Nova Petrópolis/RS, no rio Caí cuja bacia leva o mesmo nome, bacia do rio Caí (Figuras 1 e 2), pertencente a sub-bacia 87. A bacia do rio Caí 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 (MARCUZZO, 2017). A estação está com o zero da régua na altitude de 129,66m, possui uma área de drenagem de aproximadamente 1.350km². Considerando que a bacia do rio Caí possui 4.974km² (MARCUZZO, 2018), a área de drenagem da estação 87150000 consiste em aproximadamente 27% da área total de drenagem total da bacia. A precipitação pluviométrica média anual na bacia do rio Caí varia de 1.437 a 1.928mm.ano⁻¹, segundo os dados publicados por Pinto *et al.* (2011) e utilizados neste estudo (Figura 1). Fotos do local da estação podem ser observados na Figura 3. Os perfis transversais dos últimos quatro anos e mais dados do inventário da estação podem ser observados na Figura 4 e 3. O perfil transversal utilizado na extrapolação da curva-chave pode ser observado na Figura 4. A Figura 5 mostra o diagrama unifilar com a estação estudada. Neste seguinte link pode-se obter diagramas unificares de toda sub bacia 87: <https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLR05QESkMtMzldGZvTTQ>. O mapa de localização da estação (Figura 1) pode ser baixado, em melhores resoluções, em: <https://drive.google.com/drive/folders/1G5xTgxOJQ8SpCcss7zwLnNm5YKts1tT7b?usp=sharing>.

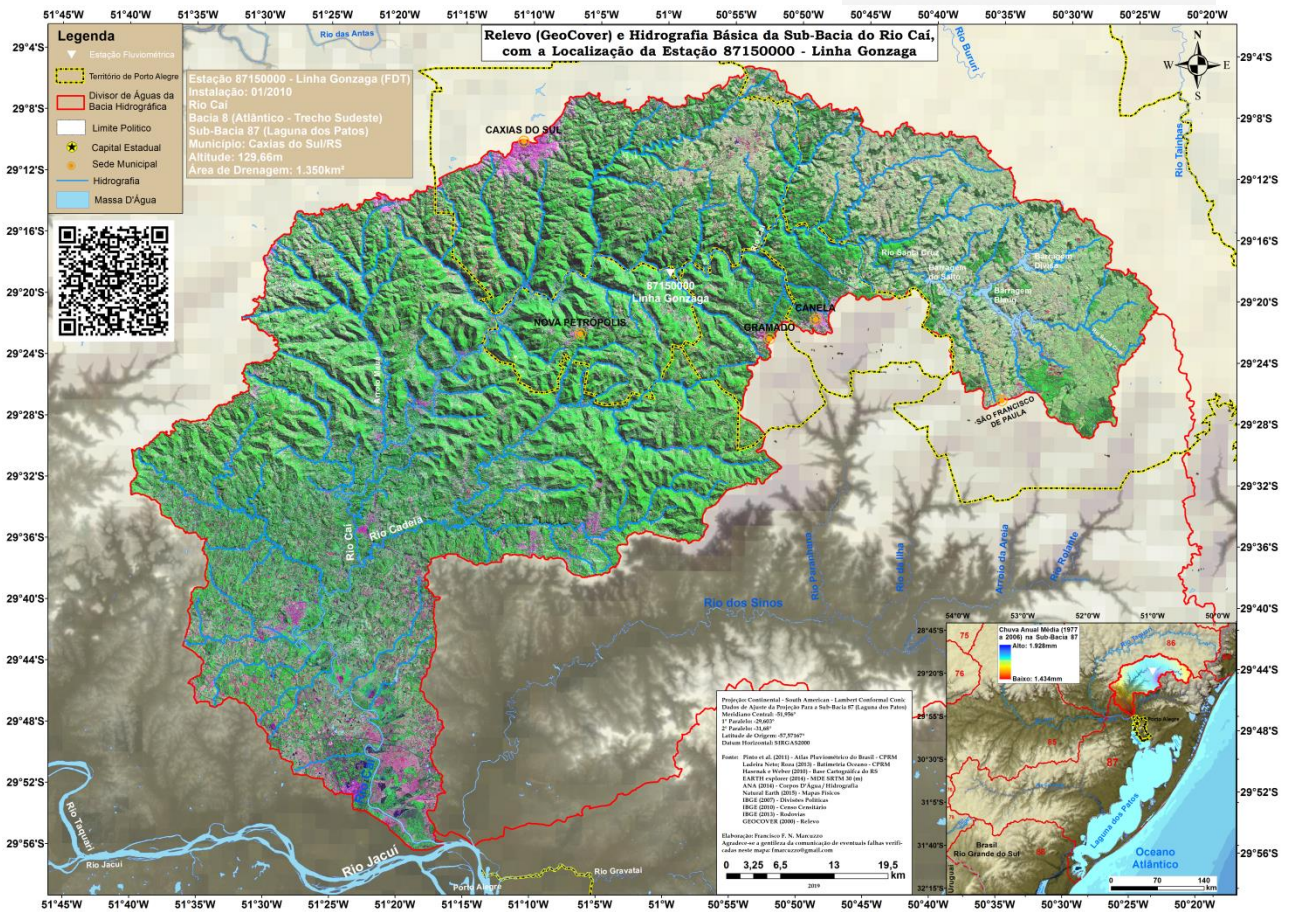


Figura 1 – Localização da estação 87150000 (Linha Gonzaga) na bacia do rio Caí, pertencente à sub-bacia 87.

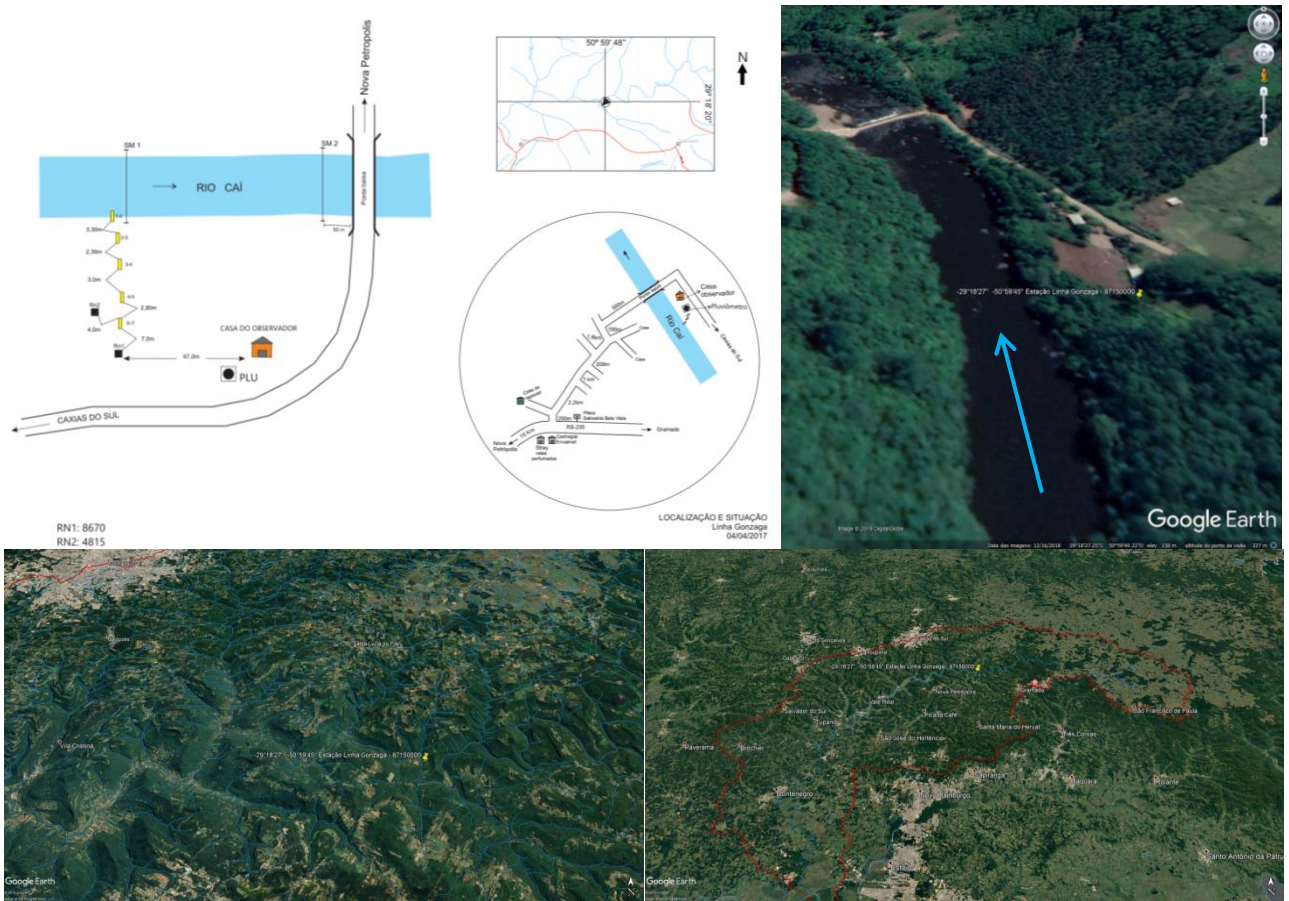


Figura 2 – Croqui de localização e imagem de satélite (GOOGLE EARTH, 2019) da localização da estação 87150000.



Figura 3 – Fotos do rio Caí e da seção de réguas da estação fluviométrica 87150000.

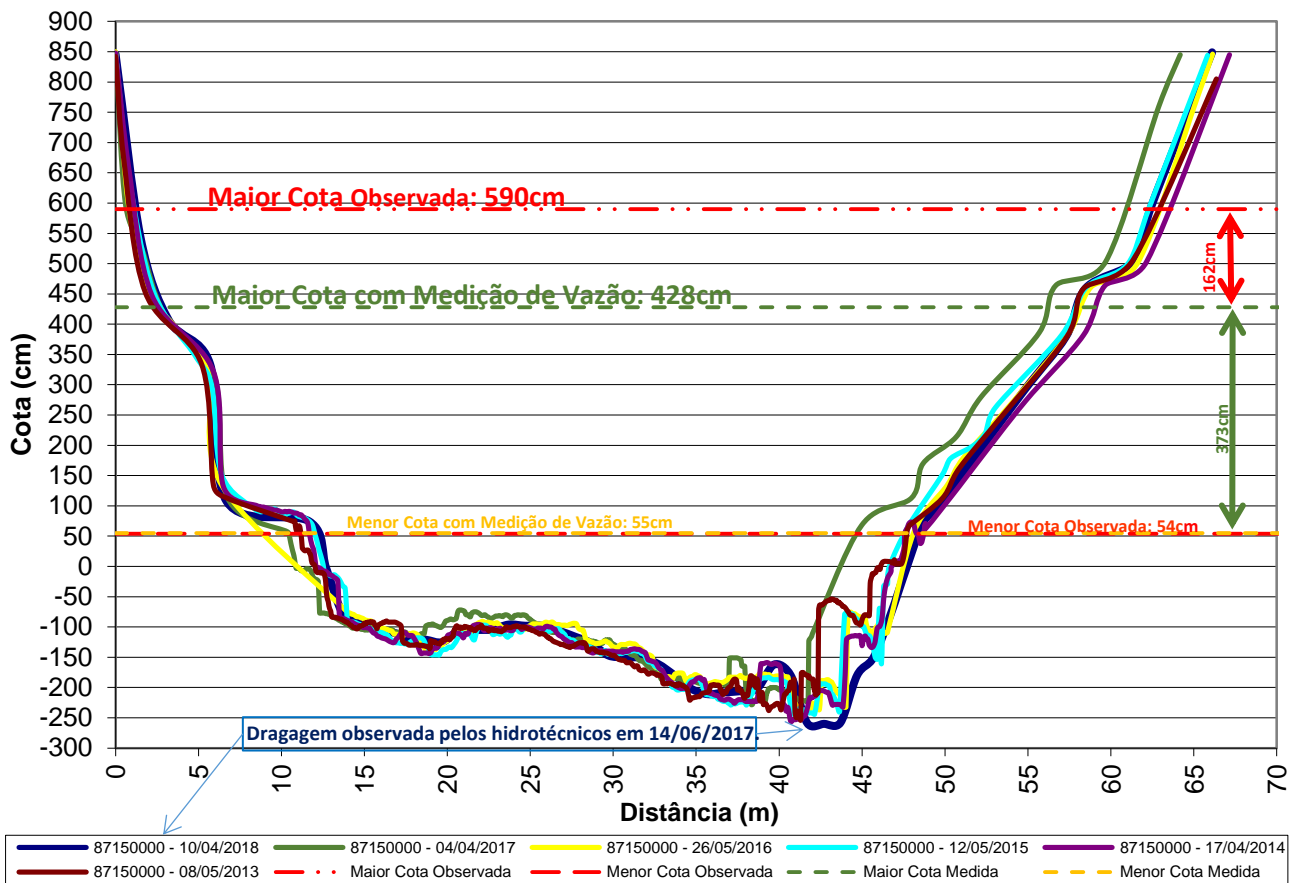


Figura 4 – Perfis transversais da seção de medição de 2014 a 2017 e da seção de réguas de 2018 (87150000).

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/1cNRvMyMyuQuruUxP3NpkSs-BhqUrfmIh/view?usp=sharing
Apresentação Deste Artigo - Oral	https://drive.google.com/file/d/1QQQG8ZYLhF1YEw6aDp-SIkNRjSoh79RH/view?usp=sharing
Figura 1 - Mapa Localização da Estação, Precipitação, etc.	https://drive.google.com/drive/folders/1G5xTgxOJQ8SpC8s7zwLnNm5YKts1tT7b?usp=sharing
Google Earth - Localização da Estação 87150000	https://drive.google.com/file/d/1cZd6GvENQ1i0HOPyngQ2BusR8j3I9tPd/view?usp=sharing
Planilha de Traçado e Ajuste da Curva-Chave	https://drive.google.com/file/d/1z56TjL--CI8wwN72CPI3Q-Tfa4JcEGcm/view?usp=sharing
Mapas das Bacias do Brasil – 100 a 2000dpi	https://drive.google.com/folder?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1ImSXB3ZUE&usp=sharing
Diagramas Unifilares da Bacia do Rio Caí e da Sub-Bacia 87	https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QESkMtMzIzdGZvTTQ
Mapas de Sub-Bacias e Altimetria do Rio Grande do Sul	http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19906
Trabalhos Sobre Curva-Chave Publicados no SGB/CPRM	http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/simple-search?query=curva-chave

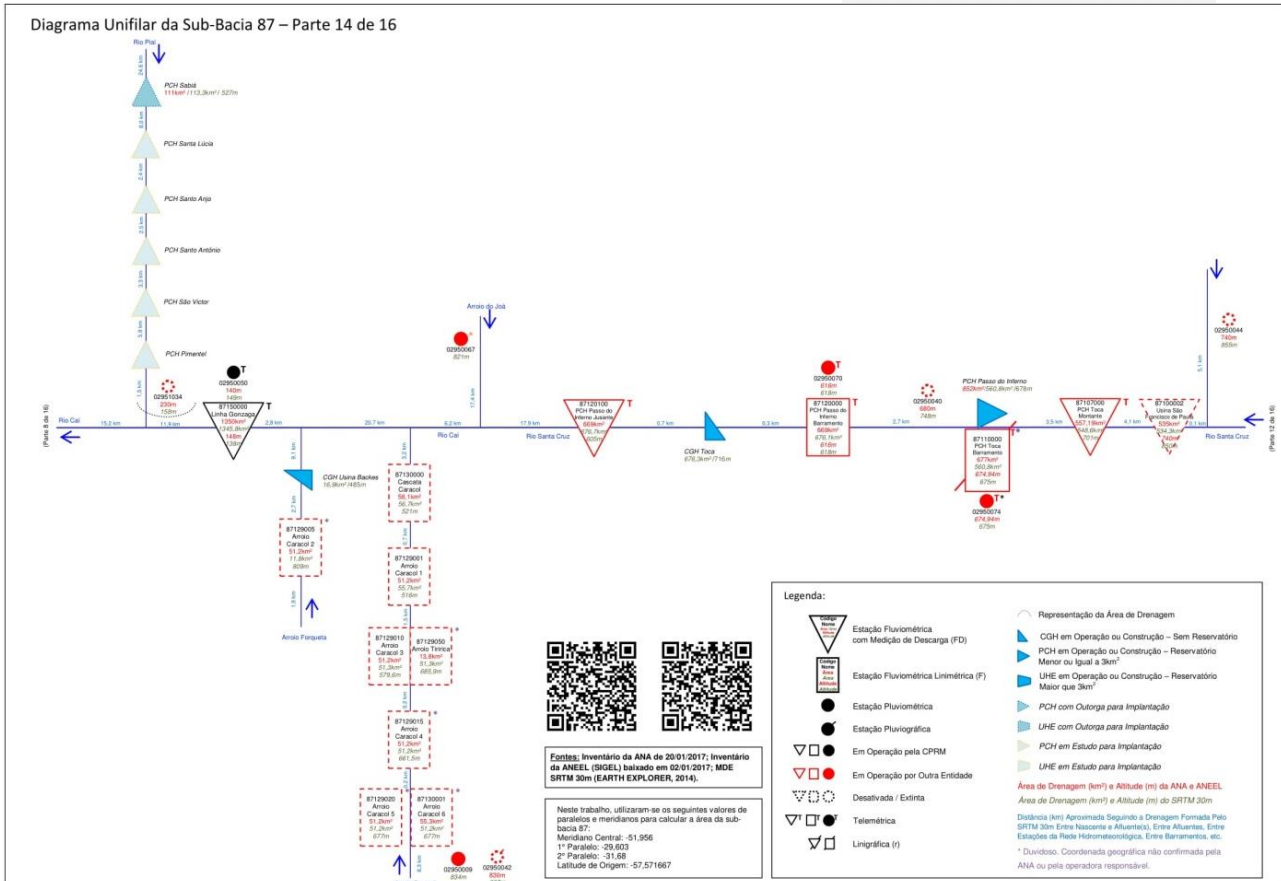


Figura 5 – Diagrama unifilar de parte da bacia do rio Caí com a localização da estação fluviométrica 87150000.

2.2. Equação potencial da curva-chave, ajuste otimizado e o programa SIADH utilizado

Sabe-se que na hidrometria, devido ao formato que se obtêm, das medições de vazão, no gráfico cartesiano da relação cota versus descarga líquida, sendo no Brasil mais comum a cota plotada no eixo da ordenada (y) e a descarga líquida plotada no eixo da abscissa (x), a expressão matemática mais usual para se representar a curva-chave é a equação potencial:

$$Q_{calculada} = a(h - h_0)^n \quad (1)$$

em que, h , em metros, é a cota para a descarga $Q_{calculada}$, em $m^3 \cdot s^{-1}$; h_0 , em metros, é a cota para a descarga Q_0 ; a é a constante que, se não alterada os outros elementos da equação (1), quanto maior for o seu valor, maior será a vazão calculada para todo o intervalo de cotas e que, quanto menor for o seu valor, menor será a vazão calculada para todo o intervalo de cotas.

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).

Para montar a estrutura necessária para um correto traçado e ajuste da curva-chave aqui estudada, optou-se por lançar mão do processo 448 do Sistema Para Análise de Dados Hidrológicos (SiADH) da Agência Nacional de Águas (ANA), melhor descrito na publicação de Lopes *et al.* (2013). Contudo, como se pretende mostrar nos resultados, especificamente para este tipo de curva-chave, “vassoura”, fez-se diversas modificações na planilha gerada pelo SIADH para melhor controle qualitativo e otimizado do seu traçado e ajuste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os intervalos de cotas, períodos de validades e coeficientes dos sete diferentes tramos da curva-chave “vassoura”, sob efeito de erosão de 01/01/2010 a 13/06/2017 e dragagem a partir de 14/06/2017, dividida por cores conforme se observa nas Figuras 6 e 7. A

Tabela 2 mostra a continuidade de um determinado tramo com o tramo posterior, em valores absolutos e em percentagem, os desvios de cada tramo, a percentagem de desvios negativos em relação aos positivos (“balanceamento” do tramo e curva) e dados médios da curva completa

Tabela 1 – Intervalos de cotas, períodos de validades e coeficientes dos sete diferentes tramos da curva-chave “vassoura” (sob efeito de erosão e dragagem), dividida por cores conforme as Figuras 6 e 7.

Tramo	Intervalo de Cota de Validade		Período de Validade		Coeficientes das Equações Potenciais		
	Início	Fim	Início	Fim	<i>a</i>	<i>h₀ (m)</i>	<i>n</i>
01/07 Marrom	87	136	01/01/2010	31/01/2012	11,3322	0,33	1,771
02/07 Azul Claro	98	136	01/02/2012	31/05/2013	31,1941	0,77	1,821
03/07 Roxo	110	136	01/06/2013	13/06/2017	47,7225	0,86	1,999
04/07 Verde	136	295	01/01/2010	13/06/2017	43,5627	0,86	1,868
05/07 Amarelo	40	295	14/06/2017	29/03/2019	33,8481	0,29	1,666
06/07 Azul Escuro	295	429	01/01/2010	29/03/2019	47,4970	1,03	1,979
07/07 Laranja Escura	429	650	01/01/2010	29/03/2019	149,1100	2,12	1,542

Tabela 2 – Continuidade com o tramo posterior, desvios de cada tramo e da curva completa.

Verificações em Cada Tramo	Tramos							Curva-Chave Completa
	01/07	02/07	03/07	04/07	05/07	06/07	07/07	
Continuidade m.s ⁻¹	0,0071	0,0001	0,0048	-0,0681	0,0270	-0,0044		
Continuidade	0,06%	0,00%	0,04%	0,04%	0,02%	0,00%		
Desvio Absoluto	6,26%	15,39%	6,72%	6,87%	3,39%	0,63%	0,48%	5,82
Desvio Relativo	-0,70%	-0,12%	1,18%	1,37%	-1,13%	0,6%	0,20%	0,33
% de Desvios Positivos / Negativos	33%	50%	43%	50%	63%	67%	50%	51%

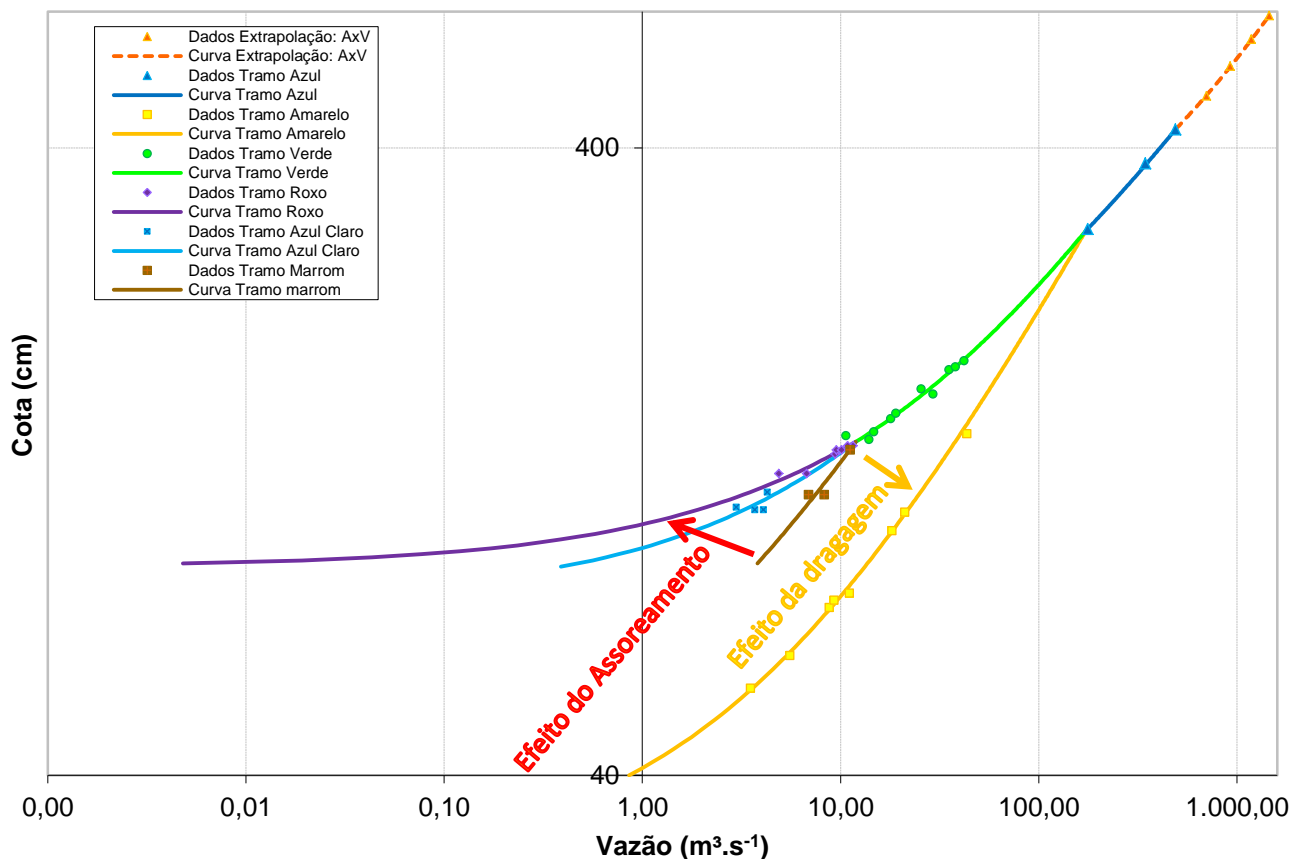


Figura 6 – Curva-chave da estação 87150000, dividida em tramos, em escala logarítmica.

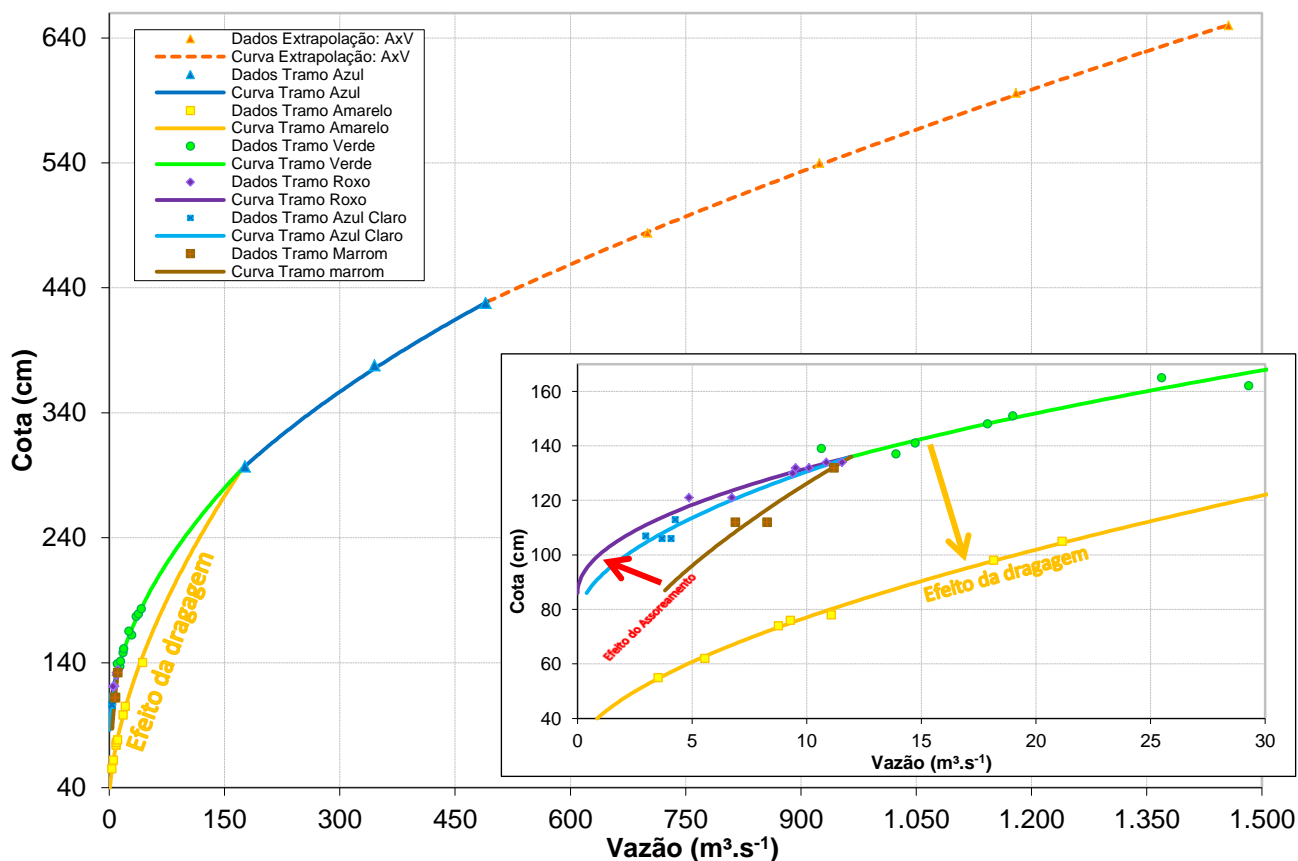


Figura 7 – Curva-chave da estação 87150000, dividida em tramos, com os eixos em escala real.

A estação Linha Gonzaga, que é utilizada no Sistema de Alerta da CPRM (SACE - http://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php#), foi instalada em 01/2010, possui uma área de drenagem de 1.350km² segundo o inventário da ANA, e 1.345,8km² (GUIMARÃES *et al.*, 2017) segundo cálculo com SRTM30, altitude de 148m segundo o inventário da ANA e 138m extraído do SRTM30 (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

A curva-chave, dividida em sete tramos, foi traçada com 35 medições de descarga líquida, do ano de 2010 a 29/03/2019. Os Levantamentos de Seção Transversal (LST) ultrapassa a maior cota observada o que gera menos incerteza na extrapolação utilizando os parâmetros hidráulicos da seção. Conforme mostram a Tabela 1 e as Figuras 6 e 7, os tramos da curva-chave tipo “vassoura” foram divididos em: Tramo Marrom, tem validade entre as cotas 87 e 136cm, para o período de 01/01/2010 a 31/01/2012; Tramo Azul Claro, tem validade entre as cotas 98 e 136cm, para o período de 01/02/2012 a 31/05/2013; Tramo Roxo, tem validade entre as cotas 112 e 136cm, para o período de 01/06/2013 a 13/06/2017; Tramo Verde, tem validade entre as cotas de 136 a 295cm, para o período de 01/01/2010 a 13/06/2017; Tramo Amarelo, tem validade entre as cotas de 40 a 295cm, para o período de 14/06/2017 a 29/03/2019; Tramo Azul, tem validade entre as cotas de 295 a 429cm, para o período de 01/01/2010 a 29/03/2019 (toda série histórica); Tramo Laranja (extrapolação ajustada pela área versus velocidade), tem validade entre as cotas de 429 a 650cm, para o período de 01/01/2010 a 29/03/2019 (toda série histórica). Utilizou-se os critérios de restrições de coeficientes da equação potencial clássicos e as observações comuns no traçado de curva-chave, descritos em India (1999), ANA (2011), Lemos *et al.* (2013) e Marcuzzo (2017).

A maior cota observada foi de 590cm e a maior medida de 428cm, sendo a extrapolação de 162cm. Considerando que a menor cota medida foi de 55cm e a maior foi de 428cm, o intervalo de cotas medidas é de 373cm. Na extrapolação pelo método área *versus* velocidade, utilizou-se o último LST disponível, do ano de 2018, e a velocidade das três medições com cota mais altas disponíveis (297, 378 e 428cm) para se traçar a tendência. Considerando a maior cota observada de 590cm, a vazão extrapolada para essa cota é de aproximadamente 1.150m³.s⁻¹.

No histórico da estação, na data de 14/06/2017, os hidrotécnicos responsáveis pela estação relatam a seguinte observação: "Observado dragagem na ponte, mudança no controle hidráulico da estação". Este relato vai ao encontro da conclusão que se chega observando, em um gráfico cartesiano, a dispersão das medições de vazão plotados com as respectivas datas em que foram executadas, conforme fica evidente também na análise da Tabela 1 concomitantemente as Figuras 6 e 7. Nota-se nas Figuras 6 e 7 que antes da dragagem relatada o leito do rio estava sofrendo o processo de assoreamento, ou seja, para uma mesma cota havia menores valores de vazão em relação a medições passadas. Já com o efeito da dragagem, para uma mesma cota há valores de vazão maiores. 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. 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.

Como já relatado, a maior cota observada foi de 590cm e a menor foi de 54cm, contudo se estendeu as extrapolações do tramo superior (área *versus* velocidade) e inferior (logarítmica) até, respectivamente, 650cm e 40cm, devido a série histórica da estação ser relativamente curta, de nove anos, ou seja, é bem provável que as cotas mínima e máxima observadas/registradas sejam superadas em breve. Portanto, como o objetivo prático e central do traçado e ajuste desta curva é também gerar vazões futuras, conforme novas leituras de cotas forem ocorrendo, deixou-se a curva preparada para a geração de vazões futuras, com a superação das cotas observadas/registradas, devendo ser reajustada caso as novas medições de vazão demonstrem um novo traçado.

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. Neste sentido, verifica-se na Tabela 2 que, o desvio médio absoluto dos sete tramos da curva foi de 5,82% e a percentagem de desvios positivos em relação aos negativos ("posicionamento" da curva em relação a dispersão das medições) foi de 51%, o que são números qualitativos da curva muito bons. Nota-se que os tramos analisados separadamente mostram números, na média, muito bons, e mesmo a continuidade (ligação dos tramos) mostra vazão gerada com diferença menor que 0,04% entre um tramo e outro para a mesma cota de ligação.

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. Neste estudo utilizou-se a rotina 448 do SiADH, apresentado por Lopes *et al.* (2013), o que facilitou a "montagem" inicial dos dados para o traçado e ajuste, contudo houve a necessidade de se executar na planilha gerada, pelo 448 do SiADH, uma série de adaptações para se conseguir traçar e ajustar está curva-chave em formato "vassoura".

4. CONCLUSÃO

Entende-se que na hidrologia o traçado e ajuste de curva-chave, também denominada de curva de calibragem, é o ponto chave para transformação de cotas em descargas líquidas. A curva-chave tipo "vassoura" traçada e ajustada neste estudo é considerada de baixa instabilidade, com feixes de curvas para as cotas mais baixas. Isto se deve a seção ou controle instável, ou seja, a existência de uma superfície de calibragem para cotas mais baixas que, comumente, sofrem o processo de assoreamento e/ou erosão, sendo no caso deste estudo assoreamento e dragagem. Neste estudo fica evidente que a variação geométrica da seção transversal do rio, no decorrer do tempo, determinou a não univocidade da curva-chave, por, em um primeiro momento, apresentar deposição de sedimentos (assoreamento) e em um segundo momento uma escavação artificial do leito do rio (dragagem). A deformação do leito do rio, em primeiro momento foi contínua, na fase de assoreamento e, em um segundo momento, repentina, com a dragagem com máquinas.

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.
- 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.
- GUIMARÃES, G. M.; FINCK, J. S.; MARCUZZO, F. F. N. Construção de diagramas unifilares da rede hidrometeorológica nacional e de aproveitamentos hidrelétricos das sub-bacias 85 a 88, na bacia hidrográfica do Atlântico – trecho sudeste. **Geographia Meridionalis** - Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, v. 03, n. 3. p. 276–300, jul-dez. 2017. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18953>>.
- 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 8715000. Disponível em: <<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.
- 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.
- 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. Mapas e opções de divisão territorial do estado do Rio Grande do Sul por bacias hidrográficas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 49., 2018, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 2018. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19906>>. Acesso em: 02 Mai. 2019.
- 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. Modelagem Hidrológica Utilizando Regressão: Conceituação Matemática, Logaritimização 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. Traçado de curva-chave unívoca utilizando a regressão simples e robusta do MATLAB. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016, Aracajú. **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. 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.
- 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. SIG - versão 2.0 - atualizada em 11/2011; Levantamento da Geodiversidade.
- 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.
- 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.