

## PÓS-PROCESSAMENTO DE DADOS DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE MÉDIA E VAZÃO DE UM CURSO D'ÁGUA COM MÉTODO ACÚSTICO DOPPLER

ALESSANDRA MAGNUS LAZUTA<sup>1</sup>; GEORGE MARINO SOARES GONCALVES<sup>2</sup>;  
GUILHERME KRUGER BARTELS<sup>3</sup>; GILBERTO LOGUERCIO COLLARES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [alessandra.lazuta@gmail.com](mailto:alessandra.lazuta@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [george.marino.goncalves@gmail.com](mailto:george.marino.goncalves@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [guilhermehartels@gmail.com](mailto:guilhermehartels@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [gilbertocollares@gmail.com](mailto:gilbertocollares@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Em 1992, ocorreu no Brasil a primeira medição de vazão utilizando medidores acústicos por efeito Doppler (*Acoustic Doppler Current Profiler* - ADCPs), com iniciativa do setor de geração de energia (GAMARO, 2012). Esses equipamentos possuem como princípio de funcionamento a emissão e recepção de pulsos acústicos de frequência conhecida na coluna d'água, que se chocam com as partículas presentes na água (sedimentos, bolhas de ar e matéria orgânica) causando o seu desvio, absorção, ou retorno para a fonte emissora. Essa interação permite que o equipamento identifique a velocidade de deslocamento dessas partículas utilizando-se do princípio do *efeito Doppler*, uma vez que a velocidade de movimento das partículas é a mesma que a velocidade da água, assim tornando possível estimar esta última pelo equipamento acústico (GONÇALVES, 2020).

Segundo GAMARO (2012), os ADCPs possuem diversas áreas para sua aplicação, como a calibração de modelos hidrodinâmicos, monitoramento de correntes em reservatórios, perfis de velocidade em uma seção, velocidade indexada e estudos de hidráulica. Além de suas diversas aplicações, os ADCPs se mostram mais rápidos, seguros e precisos comparado com o uso de molinetes hidrométricos, para medidas de velocidades e estimativas de vazões em cursos d'água. No entanto, apresentam desvantagens com relação ao custo que é alto e necessita de mão de obra especializada para realização das medições e tratamento dos dados (SCHUCK, 2013).

Medições de velocidade e estimativa de vazão a partir de ADCPs podem também apresentar alguns erros devido a fatores que intervêm no processo. Esses são classificados em erros sistemáticos, que não podem ser reduzidos, tais como a geometria do feixe e temperatura; erros aleatórios de fatores internos como, comprimento, frequência, razão sinal-ruído e ângulo do pulso acústico; e fatores externos como, turbulências, ondas internas e movimentação do instrumento (GAMARO, 2012). Além disso, ADCPs apresentam algumas limitações de medição como, nas margens e próximo ao leito, causado pela presença dos sedimentos de fundo, assim como, pela limitação física da onda acústica emitida. O equipamento também não é capaz de medir a camada logo abaixo de seus sensores, devido ao tempo mínimo entre a emissão de um pulso e a recepção do retorno, chamado de *blanking distance*. Essas interferências, distúrbios e limitações do equipamento podem ser corrigidas posteriormente, no pós-processamento dos dados, utilizando rotinas e softwares apropriados à tarefa (GONÇALVES, 2020).

Este trabalho tem o objetivo de avaliar os dados originais e pós-processados de medida da velocidade e estimativa vazão média do curso d'água obtidos com um

ADCP do tipo dinâmico RiverSurveyor® M9 da fabricante Sontek, coletados em Santa Isabel do Sul, RS, na seção do Canal São Gonçalo.

## 2. METODOLOGIA

As medições de vazão e velocidade média foram realizadas nos dias 26/06, 09/07, 16/10 e 06/11 de 2019. O equipamento utilizado foi um ADCP do tipo dinâmico RiverSurveyor® M9 da Sontek (Figura 1). A seção escolhida está localizada em Santa Isabel do Sul (Figura 2), município de Arroio Grande, RS, coordenadas UTM Norte 6445306,32 e Leste 349704,71 na margem esquerda, e Norte 6445117,21 e Leste 349769,61 na margem direita, com uma largura média de 175 metros. Esse local possui um posto de monitoramento do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Hidrometria e Sedimentologia para o Manejo de Bacias Hidrográficas – NEPE HIDROSEDI e da Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (ALM).

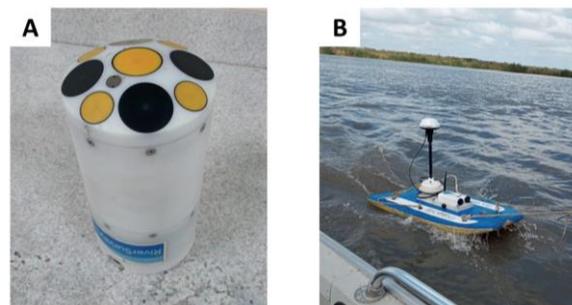


Figura 1 - ADCP dinâmico RiverSurveyor® M9 a) vista dos transdutores, b) instalado em plataforma flutuante e em operação.  
Fonte: Próprio autor.

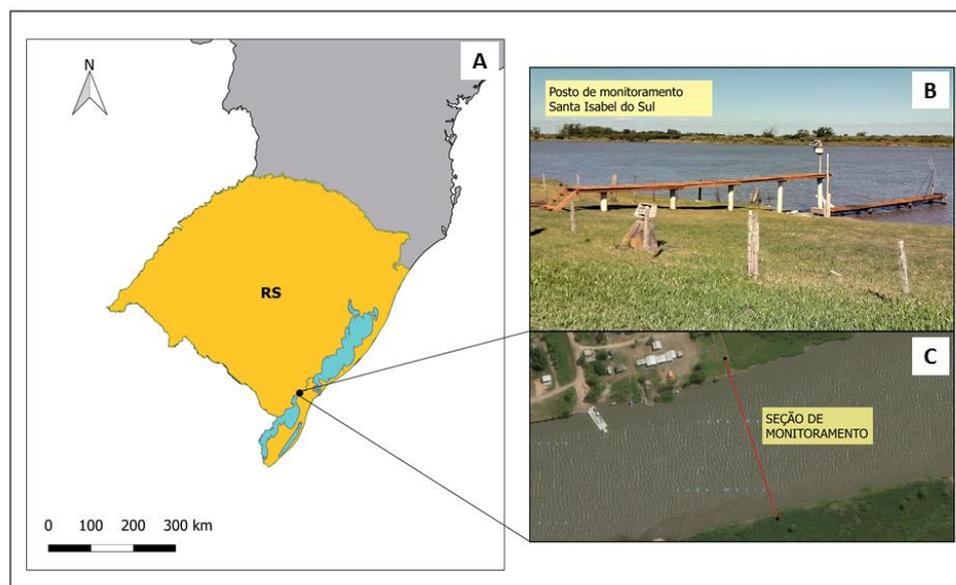


Figura 2 – A) Localização da seção de monitoramento; B) Imagem lateral do posto de monitoramento em Santa Isabel do Sul, RS; C) Vista superior da seção de monitoramento.  
Fonte: Próprio autor.

Para cada medição foram realizadas, no mínimo, 4 travessias (ida ou volta) na seção. Em cada travessia o equipamento obteve a batimetria da seção, a velocidade instantânea, discretizada em células, e realizou o cálculo da vazão, utilizando área e velocidade de todas as células medidas, bem como extrapolações nas regiões que o equipamento não possui capacidade de realizar as medições, como mostra a Figura 3.

O *Software RiverSurveyor Live* foi utilizado para o processamento dos dados originais, este é da própria empresa SONTEK, fabricante do ADCP utilizado. Para o pós-processamento, que serviu para corrigir algumas limitações do equipamento, foi utilizado o *Software QRev 4.16* (MUELLER, 2016), desenvolvido pelo Serviço Geológico Americano (U.S. Geological Survey - USGS).

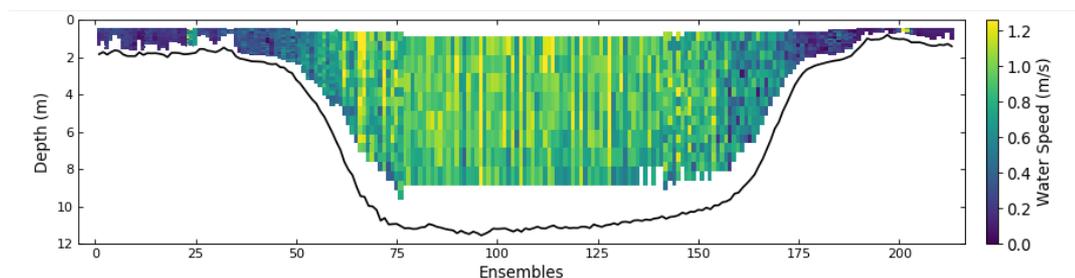


Figura 3 – Travessia 3, realizada em 16/10/2019, com vazão de  $1106,46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , e velocidade média de  $0,74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Dados corrigidos através do *Software QRev 4.16*.  
Fonte: Próprio autor.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios das 4 travessias realizadas em cada medição, resultando em área da seção, vazão total original (Q1), vazão total corrigida (Q2), a diferença entre as vazões, a velocidade média original ( $V_{m1}$ ), a velocidade média corrigida ( $V_{m2}$ ) e a diferença encontrada entre elas. Para diferença percentual negativa associa-se aos valores corrigidos maiores que aos originais, e para positiva o contrário.

Tabela 1 – Valores medidos da área, vazões totais (originais e corrigidas), velocidades médias (originais e corrigidas) e as diferença encontradas no pós-processamento.

Data/Medição	Área (m <sup>2</sup> )	Q1 (m <sup>3</sup> /s)	Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Diferença Q (%)	$V_{m1}$ (m/s)	$V_{m2}$ (m/s)	Diferença $V_m$ (%)
26/06/2019 (1)	1236,82	798,03	814,63	-2,08%	0,645	0,657	-1,78%
09/07/2019 (2)	1270,77	728,65	732,93	-0,59%	0,574	0,573	0,17%
16/10/2019 (3)	1494,12	1115,33	1133,59	-1,64%	0,747	0,738	1,21%
06/11/2019 (4)	1630,47	1361,75	1359,06	0,20%	0,835	0,833	0,33%

Fonte: próprio autor.

Considerando que as medições (2) e (4) tiveram diferenças próximas de zero, pode-se concluir que foram bem executadas e com poucas interferências. Contudo, a maior diferença encontrada foi na medição (1) com mais de 2% e 1,78% para estimativa de vazão total e velocidade média, respectivamente. Outra medição que apresentou diferença significativa foi a medição (3) 1,64% na vazão total e 1,21% na

velocidade média de fluxo. Essas mudanças podem ser atribuídas às extrapolações do perfil de velocidade, obtidas pelo *Software* QRev 4.16, que ajusta a melhor forma possível de extrapolação, comparado aquela programada pelo próprio fabricante, que emprega um padrão próprio.

O *Software* QRev 4.16 identifica e quantifica os erros da medição com base em análises estatísticas embarcadas no software. De acordo com as análises, apenas a medição (3) apresentou estimativa de erro considerável a ser melhor compreendida (7,1%) (Tabela 2), sendo que, a faixa aceitável é de até 7%. Os erros aleatórios e dados inválidos (células de velocidade descartadas) foram igualmente elevados, 4,8 e 2,9%, respectivamente. Os principais erros identificados foram: 1) falta de medições válidas de velocidade em mais de 10% das células; 2) mais de 25% das amostras na margem foram inválidas; e, 3) deslocamento excessivo do barco nas medições das margens. Os dois primeiros erros normalmente ocorrem quando os sensores do equipamento não ficam submersos devido a uma movimentação e/ou turbulência brusca do ADCP. O terceiro erro é causado pelo operador, e deve ser evitado.

Tabela 2 - Dados estatísticos do *Software* QRev 4.16.

Medição	Estimativa de erro (%)	Erros aleatórios (%)	Dados inválidos
(1)	4,8	1,7	0,4
(2)	4,4	0,3	0,1
(3)	7,1	4,8	2,9
(4)	4,8	2	0,1

Fonte: próprio autor.

#### 4. CONCLUSÕES

Evidenciamos a importância de executar as medições com o equipamento ADCP dinâmico RiverSurveyor M9 com profissionais capacitados, para que os erros sejam minimizados assim como as interferências para confiabilidade dos dados obtido e resultados gerados. O pós-processamento dos dados mostrou-se eficiente para corrigir erros próprios do equipamento e alguns erros aleatórios, como a movimentação e turbulência do equipamento durante a obtenção dos dados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GAMARO, P.E. **Medidores acústicos Doppler de vazão**. Foz do Iguaçu – Paraná: Itaipu Binacional, 2012. 164p.
- GONÇALVES, G.M.S. **Estimativa da Concentração de Sedimentos em Suspensão no Canal São Gonçalo a partir de equipamentos acústicos**. 2020. 105f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas.
- SCHUCK, A. **UTILIZAÇÃO DO ACOUSTIC DOPPLER PROFILER (ADP) PARA ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO (CSS) E TURBIDEZ**. 2013. 107f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria.
- MUELLER, D.S. **QRev—Software for computation and quality assurance of acoustic Doppler current profiler moving-boat streamflow measurements - User's manual for version 2.8**: U.S. Geological Survey Open-File Report, 2016. 50p.