

A UTILIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE MEDIÇÃO ACÚSTICO DOPPLER E FLUTUADOR COMO FERRAMENTA PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO E VELOCIDADE EM CORPOS HÍDRICOS – NOTAS DE UMA EXPERIÊNCIA DE CAMPO

The use of doppler and floating acoustic methods as a tool for flow and speed measurement in water bodies - notes from an field research

La utilización de los métodos de medición acústica doppler y flotante como herramienta para medición de vaciación y velocidad en cuerpos hídricos - notas de una experiencia de campo

Thiago Oliveira dos Santos
Universidade do Estado Amazonas
t.santos.22@hotmail.com

Joecila Santos da Silva
Universidade do Estado Amazonas
jsdsilva@uea.edu.br

Gisely Pereira de Souza Ventura
Universidade do Estado Amazonas
gdss.eng@uea.edu.br

Gabriely da Silva e Silva
Universidade do Estado Amazonas
gdss.eng@uea.edu.br

Larissa de Jesus Oliveira Vieira
Universidade do Estado Amazonas
ljob.eng@uea.edu.br

Resumo

A presente comunicação visa abordar as atividades desenvolvidas durante um trabalho de campo realizado com alunos do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) pelo UEA. As atividades desenvolvidas foram: medição de vazão em corpos hídricos utilizando o método acústico doppler e flutuador. Os respectivos corpos hídricos em questão estão localizados no balneário do Miriti no município de Manacapuru e outro no Sítio Girassol, Igarapé do Acajutuba, localizado no ramal Uga-Uga, Km 28 da rodovia AM-352 no município de Novo Airão. Nesta comunicação é abordada a forma de medição de vazão utilizando os dois métodos onde o método acústico doppler é testado em um corpo hídrico de maior extensão e o método flutuador em um de menor extensão. O presente trabalho descreve as principais características dos dois métodos (acústico doppler e flutuador) e suas aplicações.

Palavras-chave: Método; Vazão; Recursos hídricos; Acústico doppler; Flutuador.

Abstract

This communication aims to address the activities developed during a field work carried out with students of the Professional Masters in Water Resources Management and Regulation (PROFÁGUA). The activities developed were: flow measurement in water bodies using the acoustic doppler and float method. The respective water bodies are located in Miriti beach resort in the municipality of Manacapuru and another in Sítio Girassol, Igarapé do Acajutuba, located at the Uga-Uga branch, Km 28 of the AM-352 highway in the

municipality of Novo Airão. In this paper the method of flow measurement is discussed using the two methods where the acoustic Doppler method is tested in a larger water body and the float method in a smaller one. The present work describes the main characteristics of the two methods (acoustic doppler and float) and their applications.

Keywords: Method; Flow rate; Water resources; Doppler acoustic; Float.

Resumen

La presente Comunicación tiene por objeto abordar las actividades desarrolladas durante un trabajo de campo realizado con alumnos del Máster Profesional en Gestión y Regulación de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) por la UEA. Las actividades desarrolladas fueron: medición de caudal en cuerpos hídricos utilizando el método acústico doppler y flotador. Los respectivos cuerpos hídricos en cuestión están ubicados en el balneario del Miriti en el municipio de Manacapuru y otro en el sitio Girasol, Igarapé del Acajutuba, ubicado en el interno Uga-Uga, Km 28 de la carretera AM-352 en el municipio de Novo Airão. En esta comunicación se aborda la forma de medición de flujo utilizando los dos métodos donde el método acústico doppler es probado en un cuerpo hídrico de mayor extensión y el método flotador en uno de menor longitud. El presente trabajo describe las principales características de los dos métodos (acústico doppler y flotador) y sus aplicaciones.

Palabras-clave: Método; Flujo; Recursos hídricos; Acústico doppler; flotador.

Introdução

A gestão hídrica feita de maneira adequada requer planejamento e organização na sua execução. O gestor precisa dispor de importantes ferramentas e informações para auxiliar na tomada de decisão. Segundo Pinto et al (2008, p.38), "a vazão pode ser definida como o volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção de um curso de água". O monitoramento das vazões fornece dados importantes que permite analisar a disponibilidade hídrica, além do comportamento de um determinado corpo hídrico possibilitando a formulação de projeções futuras no que diz respeito a gestão de recursos hídricos.

O presente trabalho trata-se de uma visita de campo datada do dia 23 e 24 de setembro de 2017, realizada em dois locais, município de Manacapuru no balneário do Miriti na estrada Manoel Urbano e o outro no Sitio Girasol localizado no ramal Uga-Uga, Km 28 da rodovia AM-352 no município de Novo Airão.

O trabalho de campo teve como objetivo realizar a medição de vazão e velocidade dos corpos hídricos (Balneário do Miriti e Igarapé Acajutuba), abordados no estudo utilizando dois diferentes métodos de medição de vazão que são: Método Acústico Doppler e Método do flutuador, visando descrever os dois métodos e suas aplicações.

Delimitação da seção do corpo hídrico

Durante o período da manhã do dia 23 de setembro foi realizado o reconhecimento do corpo hídrico localizado no balneário do Miriti assim como também a medição de sua velocidade e vazão, utilizando o método acústico doppler. Durante o período da tarde do mesmo dia, foi realizado o reconhecimento do Igarapé Acajutuba, o método de medição utilizado para o cálculo de vazão neste igarapé foi o método indireto associado ao método do flutuador. O método indireto realiza o registro de diferentes velocidades em diferentes pontos da seção do corpo hídrico. A figura 1 representa o curso do rio dividido em seções para realização da medição das velocidades.

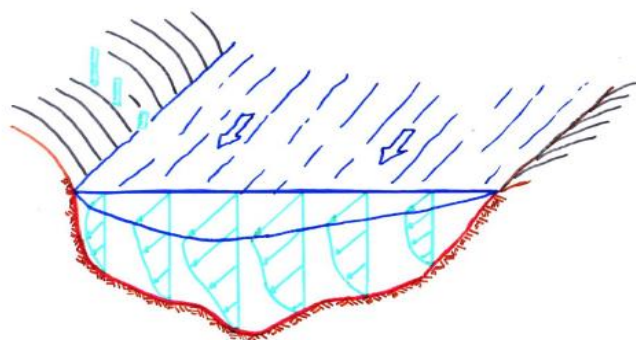


Figura 1: Método de medição indireta.

Para iniciar o processo de medição da vazão no igarapé, foi necessário estabelecer a quantidade de pontos adequada, com base na largura, comprimento e profundidade do corpo hídrico (igarapé) estudado. Na determinação das verticais foi realizada a divisão em sete pontos relativos à profundidade (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7) com as seguintes distâncias entre as verticais, (D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7), as distâncias foram medidas com a utilização de uma trena de medição. Foi utilizado como ponto de marcação das distâncias um tronco de árvore que se encontrava localizado na transversal do igarapé, facilitando desta forma a marcação dos pontos de medida de uma margem a outra. A distância do tronco de árvore até o ponto de referência utilizado para medição do comprimento da área trabalhada foi de 13 metros de comprimento. O quadro 1 representa as distâncias de cada ponto encontrada através da medição com a trena métrica.

Quadro 1: Valores das distâncias entre as verticais juntamente com os valores das profundidades medidas na seção analisada no igarapé.

Distância entre as verticais (m)	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
Profundidade (m)	0,02	0,35	0,56	0,74	0,82	1,08	1

O local escolhido no igarapé foi de fácil acesso, com trecho retilíneo facilitando a determinação dos pontos e suas respectivas medições. Existe algumas recomendações que devem ser levadas em consideração em relação ao método detalhado e simples como: velocidade média e profundidade do corpo hídrico.

A quantidade de verticais também foi levada em consideração com base na largura e distância existente entre as verticais.

Medição de vazão e velocidade pelo método acústico Doppler no balneário do Miriti

Segundo Gamaro (1993, p.3), "o acoustic doppler current profile (ADCP) é um equipamento acústico de medição de vazão que utiliza o efeito Doppler (mudança observada na frequência de uma onda qualquer resultante do movimento relativo entre a fonte e o observador) transmitindo pulsos sonoros de frequência

fixa e escutando o eco que retorna das partículas em suspensão (sedimento e plâncton). Estes materiais, na média, movem-se com a mesma velocidade da massa da água em que se encontram".



Figura 2: Rio Miriti

O primeiro ponto analisado no trabalho está localizado no Balneário do Miriti na estrada Manoel Urbano, foi utilizado para medição de vazão e velocidade da água o método acústico Doppler, que se trata de um Perfilador Doppler em um flutuador (Hidroboard) não tripulado acionado por cabos. Foi estabelecida uma área de uma margem a outra para o percurso do hidroboard visando a coleta dos dados de vazão e velocidade do corpo hídrico. Ao final do trajeto estabelecido o hidroboard equipado com o ADCP gerou através do software um relatório contendo os mais diversos dados hidrológicos da área analisada.

Relatório da Medição										Data Medido: sábado, 23 de setembro de 2017										
Detalhes do Local					Informações da Medição															
Nome do Local: Miriti					Participantes: Prof.Água - UEA															
Código da Seção: 00000000					Barco/Motor: Hidroboard															
Localização: Montante da ponte do Miriti					Nº da Medição: 01															
Informações do Sistema					Configurações do Sistema					Unidades										
Tipo do Sistema: RS-M9					Prof. dos Transdutores (m): 0,25					Dist.: m										
Número de Série: 4682					Região Filtrada (m): 0,00					Velocidade: m/s										
Versão do Firmware: 3.92					Salinidade (ppt): 0,0					Área: m2										
Versão do Software: 4.0					Declinação Mag. (graus): 0,0					Vaz.: m3/s										
										Temperatura: graus C										
Configurações da Medição					Resultados de Vazão															
Ref. para Trajeto: Bottom-Track					Método Margem Esq.:					Margem Gradual					Largura (m): 9,438					
Ref. para Prof.: Faixe Vertical					Método Margem Dir.:					Margem Gradual					Área (m2): 7,390					
Sist. de Coord.: ENU					Tipo Extrapolação Superf.:					Lei Exponencial					Vel. Abs. Média (m/s): 0,469					
					Cota Inicial (m): 0,00					Lei Exponencial					Vaz. Total (m3/s): 3,468					
					Cota Final (m): 0,00										Profundidade máxima medida: 0,932					
															Velocidade máxima medida: 0,821					
Resultados das Medições																				
Nº da Trav.	Hora	Dist.	Vel. Méd.	Vaz.		%														
#	Hora	Duração	Temp.	Trajeto	DMG	Larg.	Área	Emb.	Água	Esq.	Dir.	Superf.	Melo	Fundo	Total	LCTotal	Medido			
3 M	12:08:40	0:01:34	30,2	8,53	2,87	9,372	2,368	0,093	0,472	0,02	0,13	1,38	1,57	0,29	3,480	-	48,1			
4 M	12:10:22	0:01:42	30,2	8,26	8,00	9,503	2,411	0,097	0,466	0,06	0,06	1,38	1,57	0,29	3,457	-	48,2			
				Média		8,70	2,94	9,438	2,390	0,089	0,469	0,04	0,09	1,38	1,57	0,29	3,468	0,000	48,2	
			Desvio Padrão			0,0	0,16	0,07	0,065	0,022	0,002	0,003	0,02	0,04	0,00	0,00	0,01	0,012	0,000	0,1
			CV			0,0	0,019	0,008	0,007	0,003	0,022	0,006	0,476	0,393	0,002	0,002	0,024	0,003	0,000	0,001
Tempo de Exposição: 0:03:16																				
Nº da trav.20170923120844r.rivr; Nº da trav.20170923121021r.rivr;																				
Coment.																				
Nº da trav.20170923120844r.rivr - ; Nº da trav.20170923121021r.rivr - ;																				
Calibração da Bússola																				
Calibração com sucesso																				
Duração da calibração = 90 s																				
M14,00 = Influência magnética tolerável																				
Q9 = Campo magnético é uniforme																				
H9 = Rotação horizontal completa																				
V1 = Pitch/Roll Baixos																				
Recomendações:																				
As travessias devem ser feitas com baixa inclinação, ou, repetir a calibração com pitch/roll mais elevados se possível																				
Evite mudanças na configuração e orientação entre o sistema e as influências magnéticas detectadas durante a calibração da bússola.																				
A localização da travessia deve ter as mesmas propriedades magnéticas de onde a bússola foi calibrada.																				
Testar Sistema																				
Resultado: Sistema está operando normalmente																				

Figura 3: Relatório final do ADCP.

Medição de vazão e velocidade pelo método flutuador no igarapé Acajitiba

Segundo Santos et al (2001, p.42), "o método do flutuador consiste em determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo do seu deslocamento em um determinado trecho de rio de comprimento conhecido". O uso deste método é recomendado quando em campo não é possível aplicar uma técnica mais sofisticada como: molinete e/ou outros equipamentos de medição de vazão líquida por métodos com maior precisão.

As formas e os tipos dos flutuadores são variados sendo normalmente usados os de formato esférico, ocos ou de metal. Um flutuador de superfície é projetado para mover-se com a mesma velocidade da superfície da água, devido seu leve peso, pode sofrer influência direta do vento.

Este método é indicado para pré-avaliação por ser um método rápido, porém, também precário, devido à necessidade de aplicação de um coeficiente, de determinação incerta, para se obter a velocidade média na seção. O método do flutuador tem simples operação e pode ser aplicado a todos os tipos de vazões, tendo um custo baixo de instalação, e que pode apresentar erros de até 20%.

A medição da vazão pode ser feita escolhendo um trecho reto do curso d'água, preferencialmente com mais de 10 metros de comprimento, cujo leito seja uniforme e onde a água apresente baixa velocidade, marcando o seu início e fim. Em seguida coloca-se o flutuador no meio do leito do corpo hídrico a alguns metros a montante do início do trecho escolhido e observa-se o tempo que o objeto (flutuador) gasta para percorrer o trecho delimitado na área de estudada.

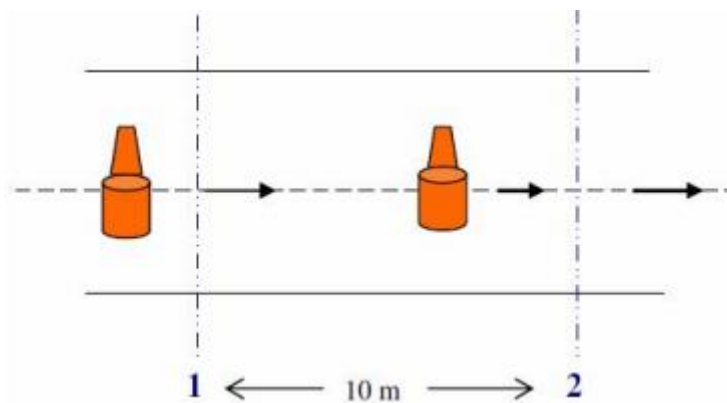


Figura 4: Representação do método flutuador.

No segundo ponto analisado no trabalho de campo, foi utilizado como flutuador de superfície uma garrafa plástica na medição de vazão do Igarapé Acajitiba. Para isso foi cronometrado o tempo em que a garrafa plástica percorreu a distância conhecida de 13 metros e assim, foi possível calcular a velocidade. Quanto maior o número de repetições mais precisos serão os resultados obtidos, para o igarapé estudado foi realizado 5 repetições. O resultado do tempo foi a soma dos tempos medidos dividido pelo número de repetições.

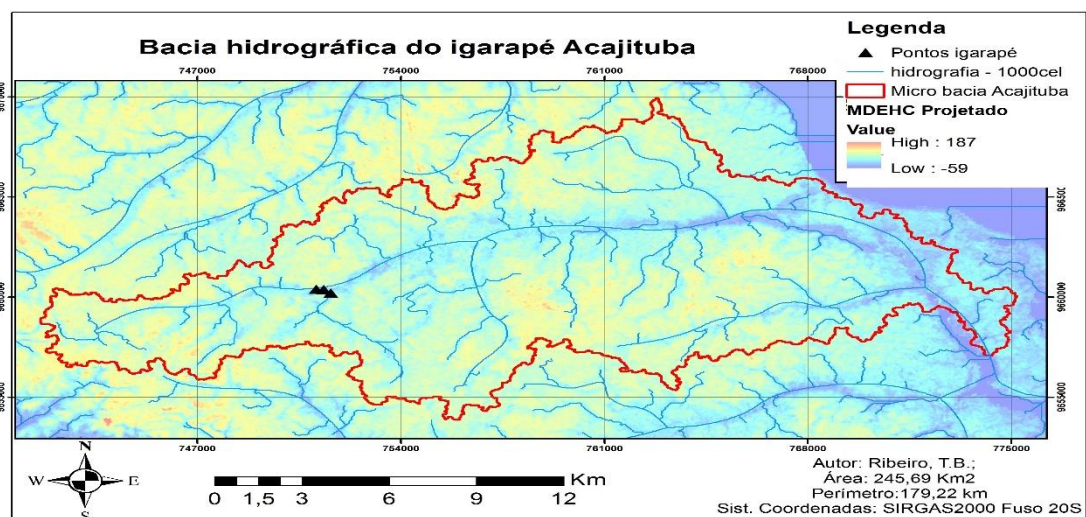


Figura 5: Bacia hidrográfica do igarapé Acajutuba.

O flutuador indica apenas a velocidade da superfície da água, por isso é necessário aplicar um coeficiente de correção para obter a velocidade média na seção. "A velocidade média corresponde de 80 a 90% da velocidade superficial. Multiplicando-se a velocidade média pela área molhada (área da seção transversal por onde está ocorrendo o escoamento) desta forma é possível obter o valor relacionado a vazão do corpo hídrico." (SANTOS et al, 2001, p.51).

A equação 1 abaixo representa o cálculo de vazão pelo método do flutuador, onde (L) é o comprimento do trecho medido em metros, (A) é a média das áreas das seções transversais, levantadas ao longo do trecho, em (m²), (t) é o tempo de percurso do flutuador em segundos, e (C) é o coeficiente de correção de velocidade superficial para velocidade média na seção de medição, 0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios com fundo barrento.

Eq. (1)

$$Q = \frac{C \cdot L \cdot A}{t}$$

O quadro 2 representa os tempos cronometrados de cada passagem do flutuador pelo trecho escolhido assim como o tempo médio calculado após todas as repetições.

Quadro 2: Valores dos tempos cronometrados em cada amostragem.

Número de amostras	Tempo no trajeto (s)	Velocidade (m/s)
Amostra 1	42	0,31
Amostra 2	46	0,28
Amostra 3	42	0,31
Amostra 4	44	0,29
Amostra 5	41	0,32
Tempo médio	42,98 segundos	

Em seguida, aplicando os valores conhecidos na equação 1 descrita anteriormente foi possível obter o valor da vazão do igarapé.

$$Q = \frac{0,8 \times 13 \times 3,763}{42,98} = 0,9105$$

A figura 4 representa os valores da velocidade média, a área molhada e o valor encontrado para a vazão.

Seção:	3	Velocidade média no trajeto (m/s):	0.303		
Data:	23-set-17	Comprimento do trajeto (m):	13	Vazão (m³/s):	
Hora:	15:00	Área molhada (m²):	3.763	0.9105	

Figura 6: Resultados obtidos.

A figura 5, representa o gráfico da relação entre o comprimento e a profundidade do igarapé através de um desenho do seu contorno.

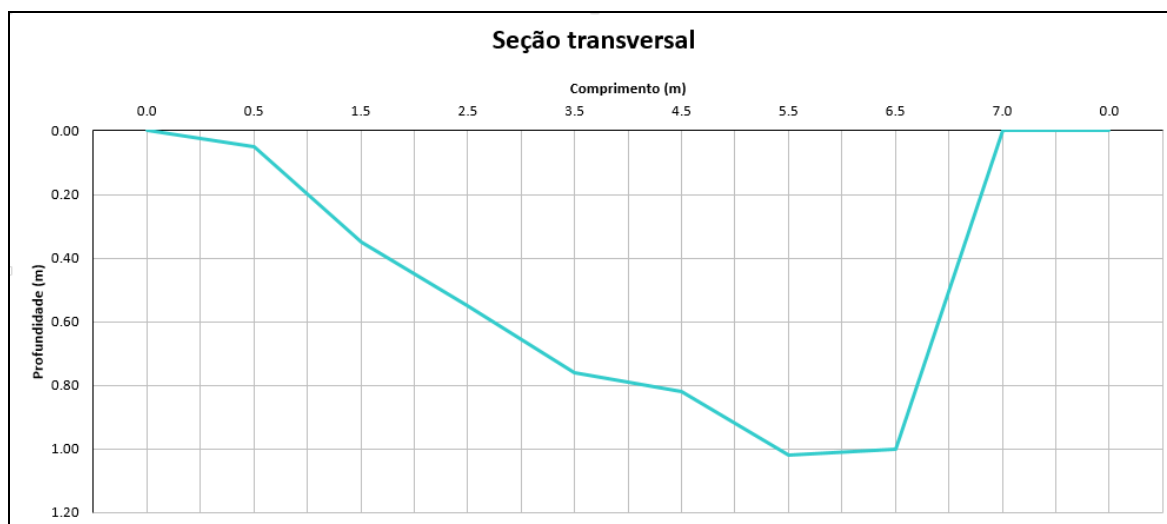


Figura 7: Contorno do igarapé.

Considerações finais

O estudo de técnicas que envolvem a medição de vazões em corpos hídricos são de fundamental importância por se tratar de um importante instrumento para os estudos hidrológicos. Através da obtenção de dados oriundos da medição de vazões em corpos hídricos o gestor de recursos hídricos tem em mãos um importante conjunto de dados que lhe permitirá avaliar melhor a sua tomada de decisão no que diz respeito à disponibilidade hídrica sem prejudicar os mais diversos usos ou usuários de uma bacia hidrográfica. O presente trabalho de campo permitiu colocar em prática parte de algumas das principais técnicas de medição de velocidade e vazão, atingindo o objetivo da referida atividade, no que visa amadurecer os conceitos de hidrometria previamente trabalhados em sala de aula bem como a importância de cada instrumento na medida das variáveis de velocidade e vazão em corpos hídricos.

Referências

- GAMARO, P.E. **Medição de Vazão pelo Método Acústico Doppler (ADCP)-Avançado**. 2008. p.44.
- PINTO, N.; HOLTZ, A.; MARTINS, J.; GOMIDE, F. **Hidrologia Básica**. Edgard Blucher, 1976. p.204.
- SANTOS, IRANI.; FILL, H.D.; SUGAI, M.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba-PR, 2001.p.372.