

5 – Medição de Vazão



Sub-bacia	Área (km ²)	Vazão (m ³ /s)		
		Q _{95%}	Q _{60%}	Q _{38%}
Rio Iraí	164	0,48	1,82	3,16
Rio Piraquara	102	0,30	1,14	1,97
Rio Atuba	14	0,04	0,15	0,27
Rio Palmital	29	0,09	0,33	0,57
Rio Barigui	64	0,19	0,71	1,23
Alto Iguacu	1285	2,82	10,68	18,49

Fonte: Plano da Bacia do Alto Iguacu e afluentes do Ribeira

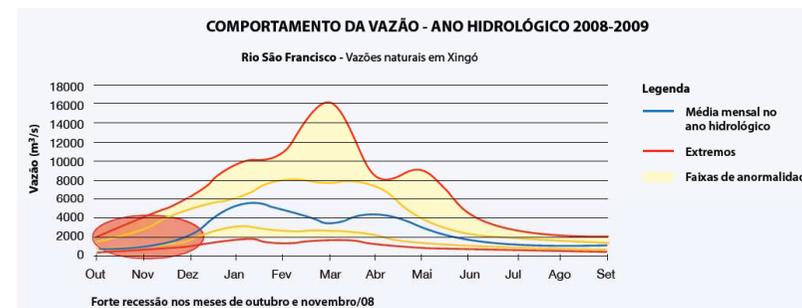


Figura 3– Efeito das chuvas nas vazões naturais em Xingó (rio São Francisco).

ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2010

Métodos de Medição de Vazão

Diversos métodos e formas:

- Método volumétrico
- Vertedores
- Calha Parshall
- Método da área e velocidade
 - Molinete
 - Ftuadores
- Método químico
- ADCP

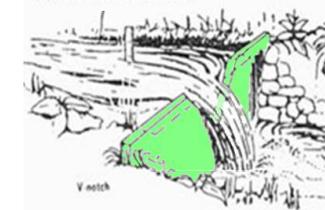
Vertedores



PLATE 26 A non-standard weir in Java on a stream carrying a very heavy bed load

Measuring streamflow with sharp-crested weirs

(a) 90° V-notch weir



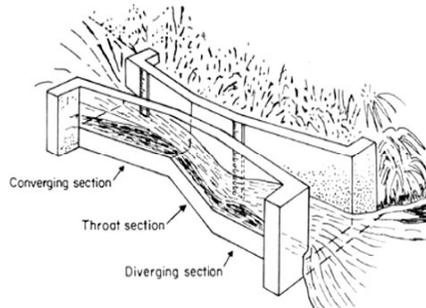
(b) rectangular notch weir



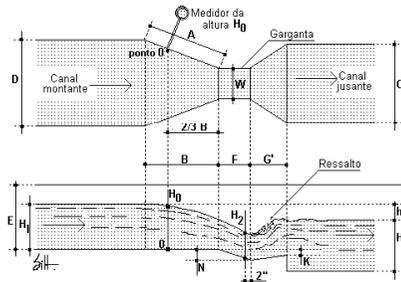
<http://www.fao.org/docrep/t0848e/t0848e-09.htm>

Calha Parshall

A Parshall flume (redrawn from Scott and Houston 1959)



<http://www.fao.org/docrep/t0848e/t0848e-09.htm>



ESQUEMA DE UMA CALHA PARSHALL CONVENCIONAL

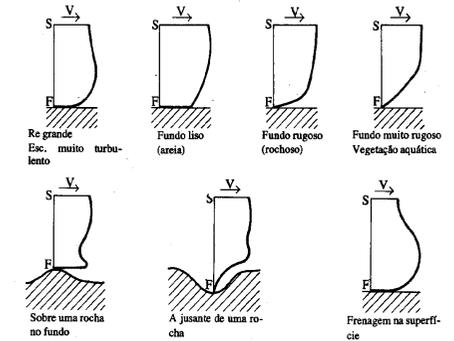
Carlos Fernandes em:
<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/PARSHALL.html>

Vazão – Método da área e velocidade

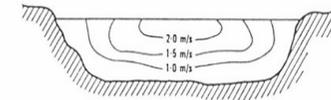
$$Q = v A$$

Velocidade

Seção transversal



Variation of velocity in a stream

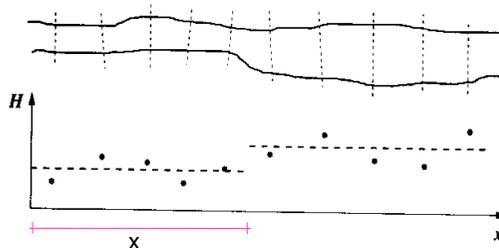


Fonte: Santos et al. Hidrometria Aplicada.

Medida da Velocidade - Flutuadores

Estimativa do trecho: (efetivo para sistemas rasos)
Largura do trecho varia menos que a profundidade

Largura do trecho ≈ constante L



Tempo de percurso: traçador
(tempo para atravessar o trecho)

Velocidade média: $U = \frac{x}{t_p}$

Medida da velocidade - Molinete



<http://www.fao.org/docrep/t0848e/t0848e-09.htm>



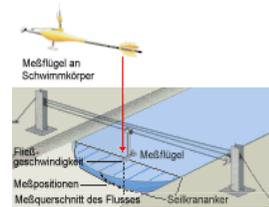
<http://www.hydro.tuwien.ac.at/print/forschung/projekte/der-loehnersbach/verbindung-zur-lehre-exkursionen.html>



UNESP Ilha Solteira



<http://www.geologyeducation.com/hydrology/>



http://www.hnd.bayern.de/wir/wir_datenerfassung.htm

Estimativa pontual:

Medição com molinete hidrométrico:

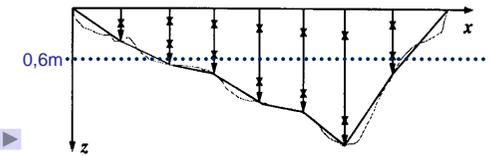
Medição em um número significativo de verticais (ver tabela 1).

A velocidade média em cada vertical pode ser medida de várias formas (ver tabela 2).

Método simplificado:

$h(x) > 0,6m$: média das velocidades medidas a 20% e 80% da profundidade.

$h(x) < 0,6m$: velocidade medida a 60% da profundidade.



\bar{u} Velocidade média na vertical

Seção transversal:

Vazão:
$$Q = \int_0^L \bar{u}(x) z(x) dx$$

Velocidade média:
$$U = \frac{Q}{A}$$



Tabela 1: Distância recomendada entre verticais

Largura do rio (m)	Distância entre verticais (m)
≤ 3,00	0,30
3,00 – 6,00	0,50
6,00 – 15,00	1,00
15,00 – 50,00	2,00
50,00 – 80,00	4,00
80,00 – 150,00	6,00
150,00 – 250,00	8,00
≥ 250,00	12,00

Fonte: Parigot, 1948

Tabela 2: Cálculo da velocidade média na vertical (método detalhado)

Nº de pontos	Posição na vertical (*) em relação à prof. "h"	Cálculo da velocidade média, na vertical	Profundidade (m)
1	0,6 h	$\bar{v} = V_{0,6}$	0,15 – 0,6
2	0,2 e 0,8 h	$\bar{v} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2$	0,6 – 1,2
3	0,2; 0,6 e 0,8 h	$\bar{v} = (V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}) / 4$	1,2 – 2,0
4	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 h	$\bar{v} = (V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + V_{0,8}) / 6$	2,0 – 4,0
5	S; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 h e F	$\bar{v} = [V_S + 2(V_{0,2} + V_{0,4} + V_{0,6} + V_{0,8}) + V_F] / 10$	> 4,0

(*) S – superfície; F – fundo

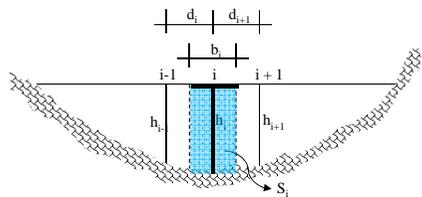
Fonte: Dnaee, 1977

Cálculo da vazão na seção do rio

$$Q = \sum q_i = \sum v_i S_i$$

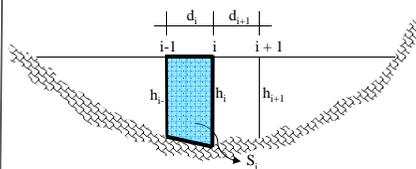
S_i – elemento de área da seção transversal
 q_i –vazão parcial no elemento de área i
 v_i - velocidade média da água no elemento de área S_i

Método da meia seção



Elemento de área: Retângulo = $b_i h_i$
Velocidade: média na vertical i

Método da seção média



Elemento de área: Trapézio = $(h_i + h_{i-1}) d_i / 2$
Velocidade: média das velocidades nas verticais i e $i-1$

Vazão - ADCP

Acoustic Doppler Current Profilers

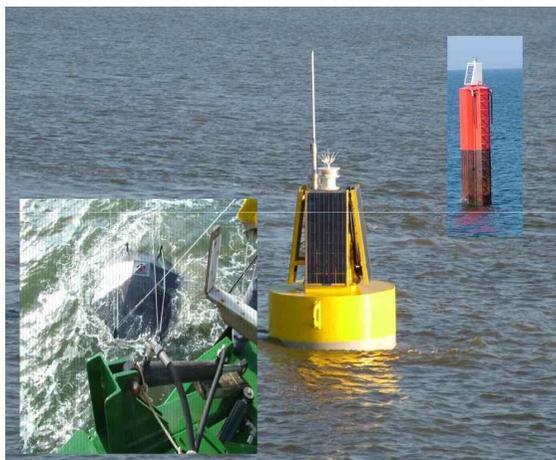
Para águas rasas
 Teledyne - RD Instruments



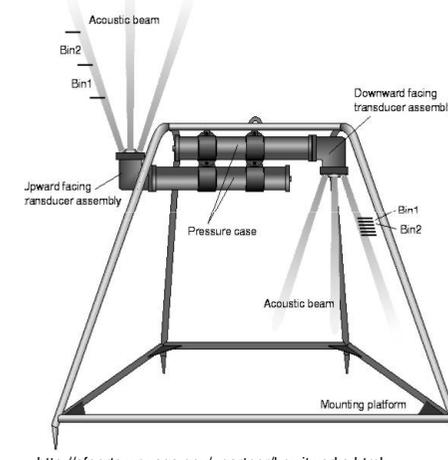
Para águas profundas



ADCP on line

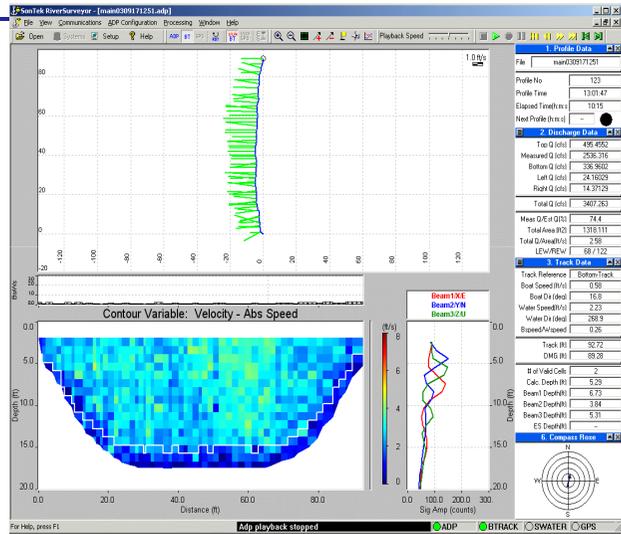


http://www.jebo-elektronik.de/ADCP_Online.html

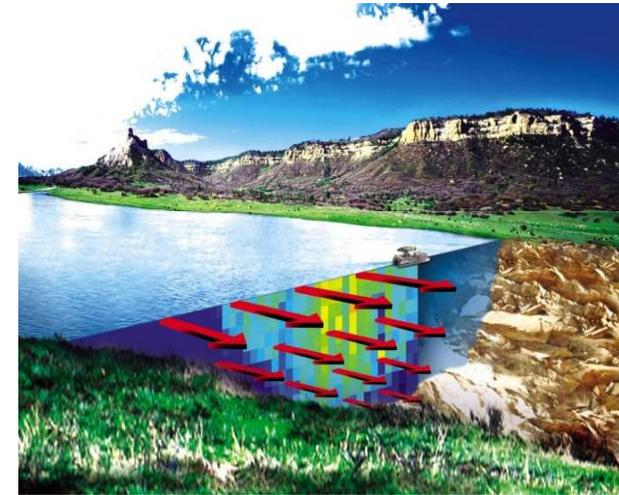


<http://sfports.wr.usgs.gov/~gartner/howitworks.html>

“ADCPs measure water motion by transmitting sound at fixed frequency. The instrument measures the Doppler-shifted echoes backscattered from scatterers (plankton and sediment) in the water and converts the echoes to along (acoustic) beam velocity components. The ADCP then converts the along beam velocities to north/south, east/west, and vertical velocity components. Velocity profiles are determined by range gating echoes so that velocities are determined at preset intervals along the acoustic path (called bins). Velocity measurements with as little as 5 cm bin size are possible with the Broad Band version of the ADCP operating in certain high resolution modes.”



17



<http://www.sontek.com/product/rsadp/rsvec.jpg>

18