

HidroSedimentos 4.0 – um programa para cálculos de hidrossedimentologia





Governador do Estado
Jorginho dos Santos Mello

Secretário de Estado da Agricultura e Pecuária
Carlos Chiodini

Presidente da Epagri
Dirceu Leite

Diretores

Andréia Meira
Ensino Agrotécnico

Jurandi Teodoro Gugel
Desenvolvimento Institucional

Fabírcia Hoffmann Maria
Administração e Finanças

Gustavo Gimi Santos Claudino
Extensão Rural e Pesqueira

Reney Dorow
Ciência, Tecnologia e Inovação



ISSN 2674-9513 (*On-line*)
ISSN 1413-960X (Impresso)
Janeiro/2026

BOLETIM TÉCNICO Nº 229

HidroSedimentos 4.0 – um programa para cálculos de hidrossedimentologia

Álvaro José Back
Autor



**Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Florianópolis
2026**

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Fone: (48) 3665-5000
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (Epagri/DEMC)

Assessoria técnico-científica: Dra. Claudia Weber Corseuil
Dra. Nilza Maria dos Reis Castro

Editoração técnica: Andrey Martinez Rebelo
Revisão textual: Maria Luíza Chaves
Diagramação: Vilton Jorge de Souza

Assessoria técnico-científica: Leandro do Prado Ribeiro, José Alexandre Freitas Barrigossi,
Elisangela Gomes Fidelis

Tiragem: 300 exemplares

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica

B126h Back Álvaro José

HidroSedimentos 4.0: um programa para cálculos de
hidrossedimentologia/Álvaro José Back. - Florianópolis:
Epagri, 2026.

132 p.: il., color. (Boletim técnico, 229).

Inclui Bibliografia

ISSN 2674-9513 (*On-line*)

ISSN 1413-960X (Impresso)

1. Climatologia. 2. *Software* HidroSedimentos 4.0. 3.
Molinete hidrométrico. 4. Hidrometria. 5. Epagri. I. Back, Álvaro
José. II. Título.

CDD: 551.6

SUMÁRIO

1 Introdução	5
2 Métodos de medição da vazão	6
2.1 Método convencional com molinetes hidrométricos	7
2.1.1 Números de verticais	11
2.1.2 Velocidade média	11
2.1.3 Técnicas de medição de vazão	14
2.1.4 Cálculo da vazão	17
2.2 Medição de vazão com equipamentos FlowTracker	22
2.3 Medição de vazão com equipamentos ADCP	22
3 Sedimentometria	25
3.1 Medidas da descarga sólida em suspensão	26
3.2 Amostradores de sedimentos em suspensão	28
3.3 Recipientes para a coleta	36
3.4 Bicos	37
3.5 Volume da amostra	38
3.6 Quantidade de verticais	39
3.7 Amostragem isocinética	40
3.8 Tipos de amostragem	41
3.8.1 Amostragem Pontual	41
3.8.2 Amostragem por integração na vertical	42
3.9 Métodos de amostragem	53
3.9.1 Amostragem por Igual Incremento de Largura (IIL)	54
3.9.2 Amostragem por Igual Incremento de Descarga (IID)	57
3.10 Eficiência de amostragem	62
3.11 Avaliação da medição	64
3.12 Volume mínimo da amostra	65
3.13 Tempo restante para amostra complementar	65
3.14 Tempo máximo	66
3.15 Calibração do amostrador	66

3.16 Correção da profundidade em função do ângulo de arraste.....	67
3.17 Peso aproximado do lastro	70
4 O programa HidroSedimentos	71
4.1 Tela Entrada de Dados	73
4.1.1 Opção Ler arquivo do M9 ou RS5	74
4.1.2 Opção Ler dados do WinRiver	81
4.1.3 Opção Ler dados do FlowTracker.....	89
4.1.4 Ler dados Nortek	94
4.1.5 Opção Digitar dados	97
4.1.6 Opção Calcular a vazão com HidroMolinetes	98
4.1.7 Opção Ler dados de planilha do Excel	103
4.2 Tela Gráficos	105
4.3 Tela Configuração	107
4.4 Tela IID	109
4.5 Tela Figura IID	111
4.6 Tela ILL	112
4.6.1 Procedimentos para opção Ler dados M9 /S5 ou RDI ou Nortek.....	112
4.6.2 Procedimentos para a opção Ler dados FlowTracker, Digitar dados ou Calcular com HidroMolinetes	114
4.7 Figura ILL	116
4.8 Relatórios.....	117
4.9 Tela Curva-Chave	120
4.10 Tela Gráfico USGS	123
4.11 Tela Cálculo do Tmin, Tmax, Ea	124
4.12 Tela Ângulo de arraste	125
4.13 Tela Colar do M9/RS5	126
4.14 Tela Sobre	127
Considerações finais	128
Referências	129

1 Introdução

A metodologia para a determinação de concentração e descarga de sedimentos em suspensão de um curso d'água foi desenvolvida a partir dos métodos convencionais de medição de vazão com molinetes hidrométricos. Dessa forma, na primeira etapa do trabalho de sedimentometria era necessário realizar a medição de velocidade e profundidade em um determinado número de verticais (aproximadamente entre 15 e 20 verticais) e na segunda etapa, coletar a amostra. Para essa coleta é necessário calcular o tempo de enchimento (ou entrada de água na garrafa) em função do diâmetro do bico do equipamento, do volume da garrafa, profundidade e da velocidade de água na vertical.

Atualmente existem vários equipamentos para medição da descarga líquida com base na tecnologia Doppler ADP - “Acoustic Doppler Profiler”/ADCP - “Acoustic Doppler Current Profiler”. Estes equipamentos apresentam como vantagens em relação aos métodos tradicionais de medição de vazão com molinetes a maior rapidez para execução da medição, redução de riscos de acidentes, principalmente em cotas altas, a melhor determinação do perfil da seção transversal e determinação da área da seção, além da possibilidade da determinação de um número grande de verticais.

Por outro lado, há algumas desvantagens, como o custo relativamente alto dos equipamentos, a medição da velocidade de uma parte da seção e a extrapolação dos dados próximos das margens, ao fundo e na superfície. Com a evolução das tecnologias Doppler e a incorporação de GPS “Global Positioning System” percebe-se uma evolução crescente nestes equipamentos e a tendência de substituição dos molinetes.

No entanto, quando se necessita coletar amostras para determinação de sedimentos em suspensão, os equipamentos Doppler e seus softwares não permitem processar os dados e calcular os tempos de coleta de amostras. Para suprir essa dificuldade foi elaborado o programa HidroSedimentos, que já vem sendo usado há mais de uma década, em diferentes versões. O HidroSedimentos importa os dados medidos com o ADCP e calcula os tempos de coleta, além de permitir o cálculo dos tempos com medições realizadas com molinete.

Este Boletim Técnico tem como objetivo apresentar uma revisão sobre as técnicas de Hidrossedimentologia, visando à coleta de sedimentos em suspensão e apresentar o programa HidroSedimentos na sua versão 4.0, mais atualizada para os cálculos de vazão e de coleta de amostras de sedimentos em suspensão.

2 Métodos de medição da vazão

A determinação da vazão em cursos d'água, variando de pequeno a grande porte, é baseada na equação da continuidade:

$$Q = A V \quad (1)$$

Em que:

Q = vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

A = área da seção transversal (m^2);

V = velocidade média de escoamento ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

A medida da área da seção é obtida com base no levantamento batimétrico e a medida de velocidade de escoamento pode ser realizada por meio dos molinetes hidrométricos ou com medidores acústicos ou ainda por meio de flutuadores.

O método dos flutuadores deve ser empregado somente quando não há necessidade de precisão das medidas. O método convencional de medição de vazão consiste na utilização de molinetes hidrométricos, que podem ser colocados em diversos pontos, e por integração permitem obter a velocidade média de escoamento com grande precisão. O método de medição de vazão com molinetes hidrométricos, quando empregado corretamente, permite obter estimativas da vazão com erros inferiores a 2%.

Os métodos acústicos, devido ao custo relativamente alto dos equipamentos, eram indicados para a medição de vazão em grandes rios, principalmente em condições de cheias, onde há maiores riscos para os hidrometristas. Estes equipamentos vêm substituindo os molinetes hidrométricos no monitoramento da Rede Hidrométrica Nacional, embora os molinetes continuem sendo usados por várias empresas.

A determinação da vazão envolve medidas de uma série de grandezas geométricas da seção e de medidas de velocidade em pontos com as coordenadas conhecidas. As medidas são realizadas em um local denominado de seção de medição e as coordenadas de posicionamento são referidas a uma linha reta materializada por dois pontos (um em cada margem do rio) denominados de Ponto Inicial (PI) e Ponto Final (PF), sendo as distâncias verticais medidas a partir da superfície livre. Na determinação da vazão são realizadas medidas das profundidades em vários pontos ao longo da seção transversal (denominados verticais) e em cada vertical é medida a velocidade de escoamento em uma ou mais profundidade (Figura 1).

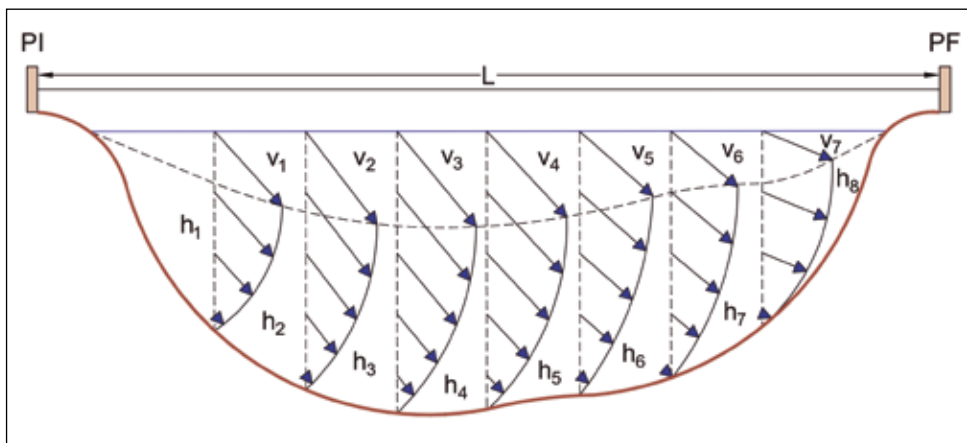


Figura 1. Representação do escoamento em rios

Fonte: Elaborado por Engenheiro Agrimensor Gabriel da Silva Souza (2025)

2.1 Método convencional com molinetes hidrométricos

Os molinetes hidrométricos são aparelhos que permitem a determinação da velocidade do escoamento. Existem duas categorias de molinetes: os de eixo horizontal (hélices) e os de eixo vertical, também chamados de diferenciais (de conchas). No Brasil têm sido mais utilizados os molinetes de eixo horizontal (Figura 2)

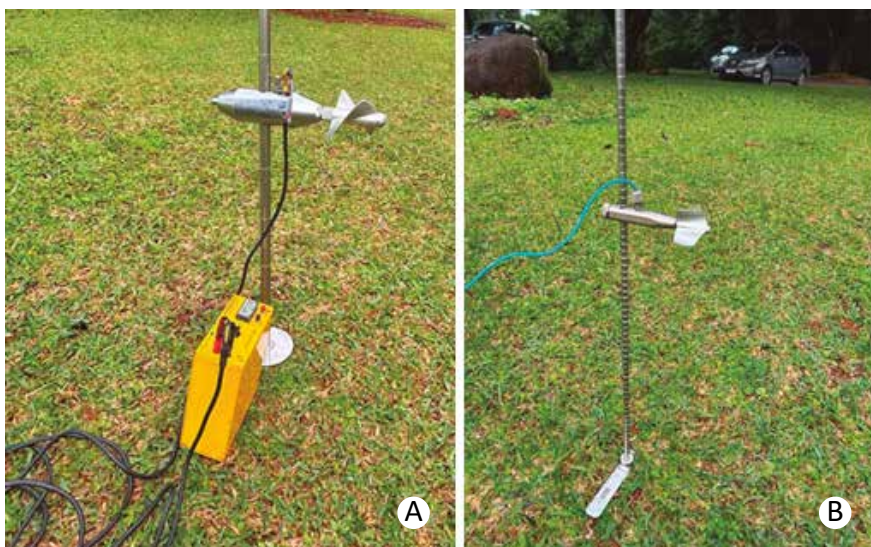


Figura 2. Molinete Hidrométrico de eixo horizontal modelo Hidromec com contador automático de pulsos (A) e micromolinete JCTM (B)

Fonte: Do autor (2025)

Um equipamento indispensável que acompanha o molinete é o contador de rotação, que recebe o impulso do molinete e emite um sinal para contagem do número de rotações. O sinal emitido pode ser sonoro, luminoso, mecânico ou sinal eletrônico totalizador. O contador eletrônico possui também um contador digital de tempo pré-programado com parada automática, sendo que os demais exigem um cronômetro para o controle do tempo.

A velocidade angular da hélice é transmitida a um mecanismo de contagem do número de giros (mecânico ou eletromagnético) que emite um sinal para cada número de rotações efetuadas. Marca-se o tempo entre esses sinais, e pode-se calcular o número de rotações por segundo pela expressão:

$$N = \frac{R}{T} \quad (2)$$

Em que:

N = número de rotações por segundo;

R = número de rotações registradas durante intervalo de tempo;

T = intervalo de tempo de medição da velocidade (s).

Como tempo de medição da velocidade geralmente adotam-se valores na faixa de 40 a 60 segundos, porém podem-se usar até 120 segundos. A medida do tempo pode ser feita com um cronômetro de precisão mínima de 1/10 segundo.

Um molinete pode possuir mais de uma hélice, uma para cada diferente faixa de velocidade. A velocidade da água é diretamente proporcional ao número de rotação da hélice (n) e os valores podem ser obtidos por regressão linear entre as variáveis velocidade (V) e rotação (n).

O molinete é aferido em laboratórios especializados para determinar a equação de calibração (Figura 3), geralmente da forma:

$$V = a \cdot N + b \quad (3)$$

Em que:

V = velocidade;

a = passo da hélice;

b = inércia da hélice;

N = número de rotações por segundo.

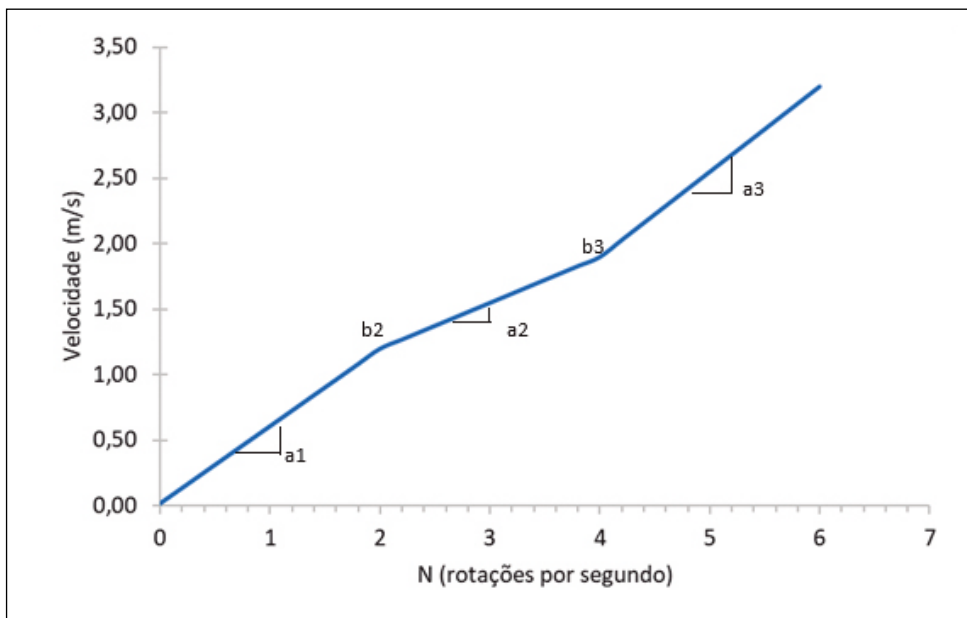


Figura 3. Relação entre velocidade e rotação do molinete

Fonte: Do autor (2025)

O valor do coeficiente **a** representa o percurso de um elemento da corrente líquida que vai determinar uma rotação completa de hélice, chamado de passo da hélice. Os valores teóricos do passo da hélice (**a**) para velocidade de $1,0\text{m.s}^{-1}$ são:

a = 0,125m com 8 rotações por segundo;

a = 0,25m com 4 rotações por segundo;

a = 0,50m com 2 rotações por segundo;

a = 1,00m com 1 rotação por segundo.

No entanto, o valor de **a** engloba todas as características do aparelho e o atrito mecânico. O valor do coeficiente **b** representa a velocidade mínima de partida da hélice do aparelho, também chamada de velocidade de atrito. Geralmente os valores de **a** e **b** são determinados para diferentes faixas de velocidade, podendo então uma certa hélice de um molinete possuir mais de uma equação, conforme a faixa de velocidade. É recomendável realizar aferições periódicas do molinete, pois o desgaste com o uso nos rios e canais naturais e a substituição do óleo lubrificante são algumas das causas que podem descalibrar o molinete. Na Figura 4 consta um exemplo do laudo de aferição de um molinete.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

MOLINETE HIDROMÉTRICO

CLIENTE: EPAGRI	
CALIBRAÇÃO Nº: 802/2012	DATA: 17/04/2012
MARCA do MOLINETE: HC	
Nº. DO MOLINETE: 2375	Nº. da HÉLICE: 2-133
MÉTODO de FIXAÇÃO: Haste Rígida	TEMP. da ÁGUA: 18°C
MANUTENÇÃO PRÉVIA: Limpeza e Lubrificação	ÓLEO: Singer

(dados experimentais e gráfico no verso)

O instrumento acima identificado foi aferido seguindo a norma ISO-3455 de 1976, exceto no que diz respeito à determinação da velocidade mínima de resposta. A incerteza do processo de aferição é de 0,01m/s ou 1% (o que for maior). Os limites de calibração são de 0,10m/s a 4,00m/s.

NOTA: não foi determinada a velocidade mínima de resposta.

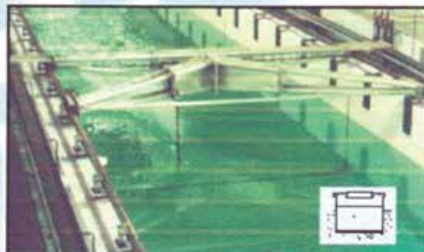
Posição do Molinete no Canal:

Seção transversal: 2,20m x 3,00m

Comprimento do canal: 64,00m

Distância utilizada: 5,00m até 45,00m

Profundidade do instrumento: 0,30m



EQUAÇÃO:

$$V \text{ (m/s)} = 0,26466N \text{ (rps)} + 0,00885 \text{ de } 0,298\text{rps a } 12,46\text{rps}$$

ATENÇÃO: Relação básica 1:1

Figura 4. Laudo de calibração de molinete hidrométrico

Fonte: Do autor (2025)

2.1.1 Números de verticais

O número de verticais depende das características geométricas do leito do rio e das condições de escoamento. Quanto mais irregular for o fundo do rio e/ou o escoamento, maior o número de verticais necessárias para a estimativa da vazão com boa precisão. Em geral, adotam-se entre 15 e 20 verticais, e a distância entre as verticais pode ser estimada dividindo-se a largura do rio pelo número de verticais. É importante observar que a distância entre as diversas verticais não necessita ser a mesma, podendo-se usar distâncias menores nos trechos com fundo mais irregular, embora, por praticidade, costuma-se adotar a mesma distância. Tem sido recomendado um número de verticais tal que a vazão parcial resultante em cada faixa não seja superior a 10% da vazão total. Para fins práticos podem-se utilizar os valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Distância recomendada entre as verticais

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

Fonte: DNAEE (1977)

2.1.2 Velocidade média

A velocidade de escoamento varia com a profundidade e com a rugosidade do leito do rio, mas em geral apresenta distribuição parabólica, embora esta curva possa ser alterada na presença de obstáculos ou irregularidades na seção de medição. A velocidade varia de zero no fundo do canal a um valor máximo próximo à superfície (em geral em

torno de 20% da profundidade) e reduz até a superfície (Figura 5). A velocidade média pode ser obtida por integração, medindo-se as velocidades em várias profundidades e desenhando-se o perfil da velocidade com relação à profundidade. Mede-se a área (com auxílio de um planímetro ou ferramentas tipo CAD) e divide-se pela profundidade obtendo-se a velocidade média. Diversos trabalhos mostram que, para as condições normais de escoamento, a velocidade média corresponde à velocidade medida a 60% da profundidade ou à média das velocidades medidas a 20 e 80% da profundidade.

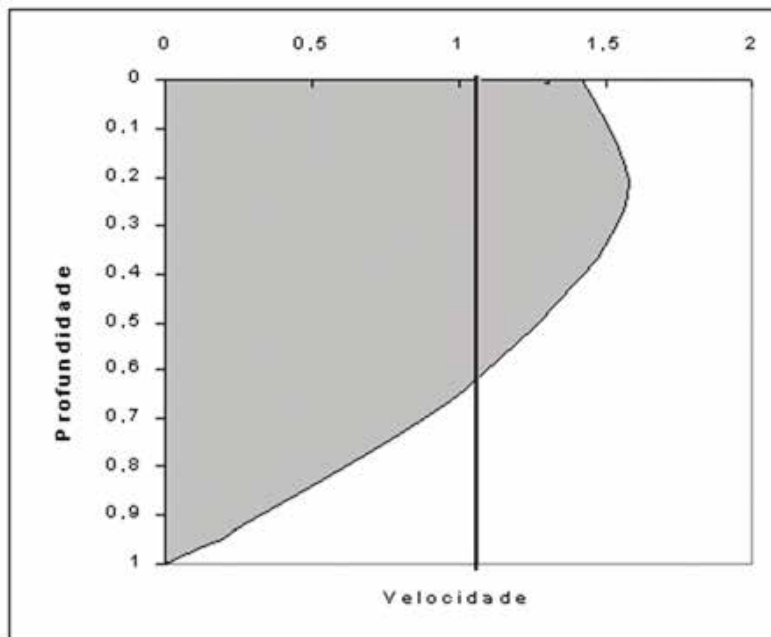


Figura 5. Exemplo de um perfil da velocidade (m.s^{-1}) em função da profundidade (m)
 Fonte: Do autor (2025)

Para se obter a velocidade média em uma determinada vertical pode-se utilizar um dos métodos descritos na Tabela 2. É importante observar que a velocidade superficial é na prática medida a 10cm de profundidade para que a hélice do molinete fique totalmente submersa, e a velocidade do fundo é medida numa distância de 15 a 25cm acima do fundo, em função da distância do lastro ao eixo do molinete.

No Brasil costuma-se chamar de “método detalhado” o método em que o número de pontos em cada vertical é o máximo em função da profundidade, conforme a Tabela 2. Chama-se de “método simplificado” o método de dois pontos (0,2 e 0,8p) para profundidades acima de 0,6m e de um único ponto (0,6p) para profundidades de até 0,6m.

O ideal é que o hidrometrista, quando da instalação de uma nova seção de medição, faça um levantamento bem detalhado para verificar como se comporta o perfil de distribuição de velocidades. Quanto mais irregular for o perfil, maior número de pontos deverá ser realizado.

Tabela 2. Métodos de cálculo da velocidade média da vertical

Nº de pontos	Posição e	Velocidade média (m.s ⁻¹)	Profundidades (m)
1	0,6p	$\bar{v} = \frac{(v_{0,2p} + v_{0,8p})}{2}$	< 0,6
2	0,2 e 0,8p	$\bar{v} = \frac{(v_{0,2p} + v_{0,8p})}{2}$	0,6 – 1,2
3	0,2; 0,6 e 0,8p	$\bar{v} = \frac{(v_{0,2p} + 2v_{0,6p} + v_{0,8p})}{4}$	1,2 – 2,0
4	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8p	$\bar{v} = \frac{(v_{0,2p} + 2v_{0,4p} + 2v_{0,6p} + v_{0,8p})}{6}$	2,0 – 4,0
6	S 0,2; 0,4; 0,6; 0,8p e F	$\bar{v} = \frac{[v_s + 2(v_{0,2p} + v_{0,4p} + v_{0,6p} + v_{0,8p}) + v_F]}{10}$	> 4,0

S = superfície; F = fundo

Fonte: DNAEE (1977)

Wanielista, Kersten e Eaglin (1997) citam ainda o método dos 5 pontos para ser aplicado para profundidades superiores a 6m (20 pés).

$$\bar{V} = \frac{(v_t + 3v_{0,2} + 2v_{0,6} + 3v_{0,8} + v_b)}{10} \quad (4)$$

Em que:

$\bar{V}$ = velocidade média;

$V_{0,2}$; $V_{0,6}$; $V_{0,8}$ = velocidades medidas respectivamente a 20%, 60% e 80% de profundidade;

V_t é a velocidade medida a 1pé ($\cong 0,30m$) abaixo da superfície;

v_b é a velocidade medida a 1 pé ($\cong 0,30m$) acima do fundo.

2.1.3 Técnicas de medição de vazão

Dependendo da profundidade, da velocidade e da largura do rio podem-se utilizar diferentes técnicas de medição de vazão com molinetes, como por exemplo:

Medição a vau: Indicada para rios de pequena largura, e com profundidade inferior a 1,0m e velocidade inferior a $1,0\text{m.s}^{-1}$. Neste método, estica-se um cabo graduado ou uma trena entre o PI e PF. O molinete é preso numa haste metálica graduada, que permite obter as profundidades. O hidrometrista atravessa o curso d'água segurando o molinete preso à haste e o contador de rotações, repassando os valores para o auxiliar que fica na margem fazendo as anotações e os cálculos (Figura 6).



Figura 6. Medição a vau

Fonte: Foto de Renan Boaroli (2025)

Medição a partir de pontes: Neste método, o molinete pode estar preso a uma haste, no caso de pontes próximas ao leito do rio, ou o molinete é suspenso por guincho sobre a ponte (Figura 7), e colocado na profundidade desejada para a medição. Quando suspenso em cabo de aço, usa-se um lastro com peso, variável de 25 a 100kg, conforme a velocidade do fluxo, para manter o aparelho na posição vertical. Este método é indicado em condições de vazão alta, onde há risco para medição a vau ou com barco. É mais indicado para as pontes que não tenham pilares dentro da área molhada do rio, pois tanto a contração próxima ao pilar da ponte, que altera a velocidade de escoamento, quanto a área ocupada pelo pilar, implicam em erros na estimativa da vazão.



Figura 7. Medição de vazão a partir de pontes
Fonte: Foto de Renan Boaroli (2025)

Medição com barco preso a um cabo: Muito usada para rio com até 300m de largura. Prende-se uma corda (para rios de até 150m de largura) ou um cabo de aço no PI e PF e, posteriormente, o barco é preso neste cabo e posicionado nas verticais onde se pretende fazer a medição da velocidade (Figura 8A). O molinete é suspenso com auxílio do guincho hidrométrico (Figura 8B). Para manter o cabo na vertical deve-se utilizar o lastro (Figura 9) com peso variando de 25 a 100kg, de acordo com a velocidade de escoamento.



Figura 8. Medição de vazão com barco preso a um cabo (A) e molinete com guincho (B)
Fonte: Do autor (2025)



Figura 9. Guincho hidrométrico e molinete com lastro de 15kg

Fonte: Do autor (2025)

Medição com sistema de teleférico: O molinete é preso num cabo e é acionado a partir da margem do rio e transportado para o ponto desejado (Figura 10). Tem um custo inicial mais alto, porém oferece mais segurança para o hidrometrista, especialmente para as grandes vazões.

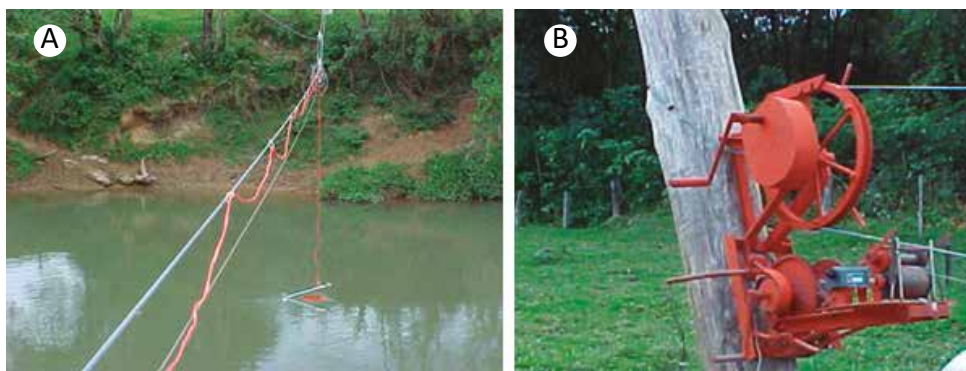


Figura 10. Molinete transportado por teleférico (A) e detalhe do acionamento de teleférico (B)

Fonte: Do autor (2025)

Medição com barco ancorado: Neste método, o barco fica ancorado no fundo do rio e as distâncias são medidas a partir da margem do rio com teodolitos ou outros distanciômetros eletrônicos. As profundidades e velocidades de escoamento são medidas da mesma forma que no caso do barco preso a um cabo. A maior dificuldade deste método está justamente em ancorar o barco na vertical desejada, principalmente em rio com grande profundidade (profundidade maior de 30m) e grande velocidade, além do risco que oferece em épocas de enchentes devido ao arraste de madeiras e outros detritos que podem se prender no cabo do molinete. Este método quando bem empregado permite obter vazões com erro relativo inferior a 10%.

Medição com barco em movimento: Para rios com mais de 300m de largura o barco é mantido em movimento com aceleração suficiente para vencer a velocidade de deslocamento da água. Requer uma equipe de apoio em terra com equipamento topográfico para auxiliar na manutenção da direção e tomadas de distâncias. Maiores detalhes de medições em grandes rios encontram-se em Jacon e Cudo (1984) e Filizola, Guyot e Boaventura (1999).

2.1.4 Cálculo da Vazão

A vazão pode ser calculada por métodos aritméticos (métodos da seção média e método da meia seção) e por procedimentos gráficos (métodos das isotacas).

2.1.4.1 Método da seção média

Consideram-se setores triangulares (nos extremos) e trapezoidais, com velocidade média igual à média aritmética das verticais extremas (Figura 11).

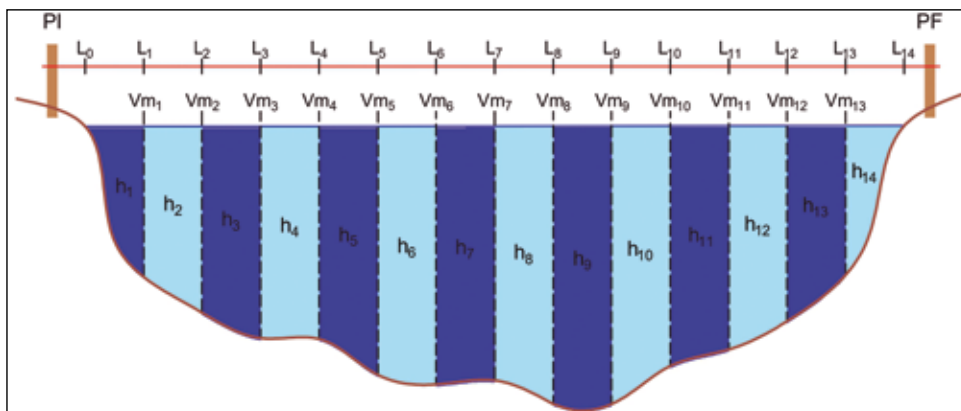


Figura 11. Método da Seção Média

Fonte: Elaborado por Engenheiro Agrimensor Gabriel da Silva Souza (2025)

A área de cada seção é calculada por:

$$A_i = (L_i - L_{i-1}) \left(\frac{h_i + h_{i-1}}{2} \right) \quad (5)$$

Em que:

h_i = profundidade da vertical i (m);

L_i = distância a partir do PI até a vertical posterior (m);

A velocidade média em cada seção parcial i é dada pela média aritmética das velocidades das verticais adjacentes, calculada por:

$$Vm_i = \left(\frac{v_i + v_{i-1}}{2} \right) \quad (6)$$

A vazão na seção i é calculada por:

$$q_i = Vm_i A_i \quad (7)$$

Em que:

q_i = é a vazão na seção i ($m^3.s^{-1}$);

Vm_i = velocidade média na vertical i ($m.s^{-1}$);

A vazão total é dada por:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (8)$$

A profundidade média é dada por:

$$\bar{h} = \frac{A}{L} \quad (9)$$

Para o cálculo do perímetro molhado pode-se considerar com boa aproximação:

$$Pm = \sum_{i=1}^n \sqrt{(h_i - h_{i-1})^2 + (d_i - d_{i-1})^2} \quad (10)$$

O Raio Hidráulico (Rh) é dado pela relação entre a área molhada e o perímetro molhado, isto é:

$$Rh = \frac{A}{Pm} \quad (11)$$

A Tabela 3 contém um exemplo do cálculo da vazão pelo método da seção média.

Tabela 3. Cálculo da vazão pelo método da seção média

vertical PI	Dist.	Prof.	Pontos de amostragem						Vel.	Método da seção média		
	(m)	(m)	80%	Da Prof	60%	Prof	20%	Prof.	média	Vel.	Área	Vazão
	0		R	V	R	V	R	V	m.s ⁻¹	m.s ⁻¹	m ²	m ³ .s ⁻¹
1	3,5	0	-	-	-	-	-	-	0,000	0,038	0,963	0,036
2	6	0,77	8	0,043	-	-	20	0,107	0,075	0,143	2,625	0,376
3	9	0,98	26	0,139	-	-	53	0,283	0,211	0,369	3,225	1,191
4	12	1,17	86	0,459	-	-	112	0,597	0,528	0,653	3,630	2,372
5	15	1,25	135	0,719	143	0,762	164	0,874	0,779	0,922	3,705	3,415
6	18	1,22	166	0,884	207	1,103	219	1,166	1,064	1,145	3,855	4,412
7	21	1,35	202	1,076	225	1,198	268	1,427	1,225	1,292	4,095	5,292
8	24	1,38	229	1,220	256	1,363	280	1,491	1,359	1,314	4,335	5,694
9	27	1,51	201	1,071	234	1,246	283	1,507	1,268	1,258	4,725	5,946
10	30	1,64	189	1,007	233	1,241	283	1,507	1,249	1,216	4,800	5,835
11	33	1,56	192	1,023	219	1,166	258	1,374	1,182	1,118	4,560	5,098
12	36	1,48	174	0,927	190	1,012	237	1,262	1,053	0,978	5,780	5,654
13	40	1,41	124	0,661	174	0,927	206	1,097	0,903	0,882	5,640	4,973
14	44	1,41	140	0,746	165	0,879	176	0,938	0,860	0,824	5,260	4,333
15	48	1,22	128	0,682	148	0,789	167	0,890	0,787	0,743	4,880	3,624
16	52	1,22	111	0,592	129	0,687	155	0,826	0,698	0,707	3,540	2,504
17	55	1,14	125	0,666	-	-	144	0,767	0,717	0,653	3,300	2,154
18	58	1,06	95	0,506	-	-	126	0,671	0,589	0,536	2,985	1,599
19	61	0,93	65	0,347	-	-	116	0,618	0,482	0,455	2,085	0,948
20	64	0,46	-	-	80	0,427	-	-	0,427	0,213	0,230	0,049
21	65	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
PF	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soma											74,218	65,505
Média											0,883	

Fonte: Do autor (2025)

Resultados dos cálculos

L - Largura do rio: $65,0 - 3,5 = 61,5,0\text{m}$ Área molhada: $74,2180\text{m}^2$ Vazão total: $65,746\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ Velocidade média: $65,507 / 74,218 = 1,207\text{m}.\text{s}^{-1}$ Profundidade média: $74,218/61,5 = 1,207\text{m}$

2.1.4.2 Método da meia seção

O Método da Meia seção (Figura 12) é o valor padrão e o mais comumente usado. Este método é usado pela Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS) e está descrito em padrões ISO 748 (1997) e 9196 (1992).

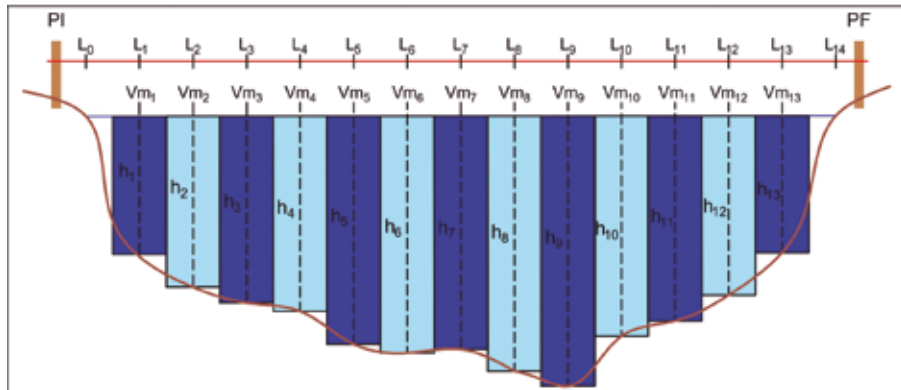


Figura 12. Método da Meia Seção

Fonte: Elaborado por Engenheiro Agrimensor Gabriel da Silva Souza (2025)

A área de cada seção é calculada considerando-se os setores retangulares definidos pelas profundidades médias entre duas verticais adjacentes:

$$A_i = h_i \left(\frac{L_i - L_{i-1}}{2} \right) \quad (12)$$

Em que:

h_i = profundidade da vertical i (m);

L_{i+1} = distância a partir do PI até a vertical posterior (m);

L_{i-1} = distância a partir do PI até a vertical anterior (m).

A vazão na seção i é calculada por:

$$q_i = V_i A_i \quad (13)$$

Em que:

q_i = é a vazão na seção i ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

V_i = velocidade média na vertical i ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

A vazão total é dada por:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (14)$$

Neste método, parte da área junto de cada margem é desprezada, assim deve-se diminuir ao máximo a distância entre a primeira e a última vertical com as margens do rio. Na Tabela 5 constam os cálculos da vazão pelo método da meia seção, da mesma seção

utilizada no método da seção média (Tabela 4), onde se observa que os dados de área e consequentemente da vazão, utilizando os dois métodos, são muito semelhantes.

Tabela 5. Cálculo da vazão pelo método da meia seção

	Dist.	Prof.	Pontos de amostragem						Vel.	Cálculo por meia seção			
vertical	(m)	(m)	80%	Prof.	60%	Prof.	20%	Prof.	média	V	A	Q	
PI	0		R	V	R	V	R	V	m.s ⁻¹	m.s ⁻¹	m ²	m.s ⁻¹	
1	3,5	0	-	-	-	-	-	-	0,000	0,000	-	-	
2	6	0,77	8	0,043	-	-	20	0,107	0,075	0,075	2,118	0,159	
3	9	0,98	26	0,139	-	-	53	0,283	0,211	0,211	2,940	0,620	
4	12	1,17	86	0,459	-	-	112	0,597	0,528	0,528	3,510	1,852	
5	15	1,25	135	0,719	143	0,762	164	0,874	0,779	0,779	3,750	2,922	
6	18	1,22	166	0,884	207	1,103	219	1,166	1,064	1,064	3,660	3,894	
7	21	1,35	202	1,076	225	1,198	268	1,427	1,225	1,225	4,050	4,961	
8	24	1,38	229	1,220	256	1,363	280	1,491	1,359	1,359	4,140	5,628	
9	27	1,51	201	1,071	234	1,246	283	1,507	1,268	1,268	4,530	5,742	
10	30	1,64	189	1,007	233	1,241	283	1,507	1,249	1,249	4,920	6,145	
11	33	1,56	192	1,023	219	1,166	258	1,374	1,182	1,182	4,680	5,534	
12	36	1,48	174	0,927	190	1,012	237	1,262	1,053	1,053	5,180	5,456	
13	40	1,41	124	0,661	174	0,927	206	1,097	0,903	0,903	5,640	5,093	
14	44	1,41	140	0,746	165	0,879	176	0,938	0,860	0,860	5,640	4,853	
15	48	1,22	128	0,682	148	0,789	167	0,890	0,787	0,787	4,880	3,842	
16	52	1,22	111	0,592	129	0,687	155	0,826	0,698	0,698	4,270	2,981	
17	55	1,14	125	0,666	-	-	144	0,767	0,717	0,717	3,420	2,451	
18	58	1,06	95	0,506	-	-	126	0,671	0,589	0,589	3,180	1,873	
19	61	0,93	65	0,347	-	-	116	0,618	0,482	0,482	2,790	1,346	
20	64	0,46	-	-	80	0,427	-	-	0,427	0,427	0,920	0,392	
21	65	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	
PF	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Soma												74,218	65,746
Média											1,206		

Fonte: do Autor (2025)

Resultados dos cálculos:

L - Largura do rio: $65,0 - 3,5 = 61,50\text{m}$

Velocidade média: $1,206\text{m.s}^{-1}$

Área molhada: $74,218\text{m}^2$

Vazão total: $65,746\text{m}^3.\text{s}^{-1}$

Profundidade média: $74,218/61,5 = 1,207\text{m}$

2.2 Medição de vazão com equipamentos FlowTracker

O FlowTracker (Figura 13 A) é um medidor acústico de vazão utilizado para medir vazões em locais com baixa profundidade, em que a medição pode ser realizada a vau. A medição de vazão com este equipamento segue basicamente os mesmos passos da medição de vazão com molinetes hidrométricos.

O equipamento é montado em uma haste de regulagem e de um suporte adaptador especial. Pelo princípio Doppler, se uma fonte de som está se movendo com relação ao receptor (Figura 13 B), a frequência do som no receptor é diferente da frequência de transmissão. No equipamento FlowTracker, o transmissor gera um pulso curto de som numa frequência conhecida. Quando o pulso passa através do volume de amostragem, o som é refletido em todas as direções da matéria particulada (sedimento, organismos pequenos, bolhas). Os receptores acústicos captam o sinal refletido.

Os equipamentos mais modernos armazenam os dados das velocidades médias em um *logger* e calculam a vazão com os dados de distância e profundidade medidos pelo operador e inseridos no software. Ao final da medição já é disponibilizado o valor da vazão.

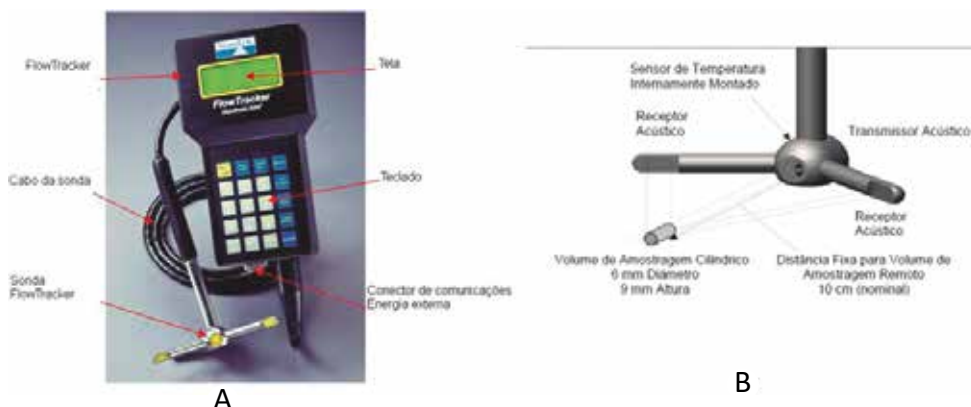


Figura 13. FlowTracker
Fonte: Adaptado de Sontek (2007)

2.3 Medição de vazão com equipamentos ADCP

Os equipamentos *Acustic Doppler Current Profiler* (ADCP) utilizam a tecnologia Doppler para medir vazões. Essas medições são realizadas por meio de um perfil formado

por células - que são áreas em vez de pontos e verticais - e são realizadas centenas de medidas em cada área, em vez de medidas pontuais.

No Brasil destacam-se os equipamentos RS5 ou M9 da SonTek (Figura 14) e RDI Teledyne (Figura 15). Os equipamentos ADP RiverSurveyor M9 ou S5 da Sontek vêm sendo bastante difundidos no Brasil e podem ser empregados em medições de vazão em rios de pequeno a grande porte. É um sistema Perfilador Acústico Doppler (ADP) projetado para medir vazões fluviais, fluxos de água tridimensionais, profundidades e batimetria por meio de uma embarcação em movimento ou estacionária.



Figura 14. ADCP RS5 (A) e M9 (B) e Hidroboard (C) da Sontek
Fonte: Do autor (2025)

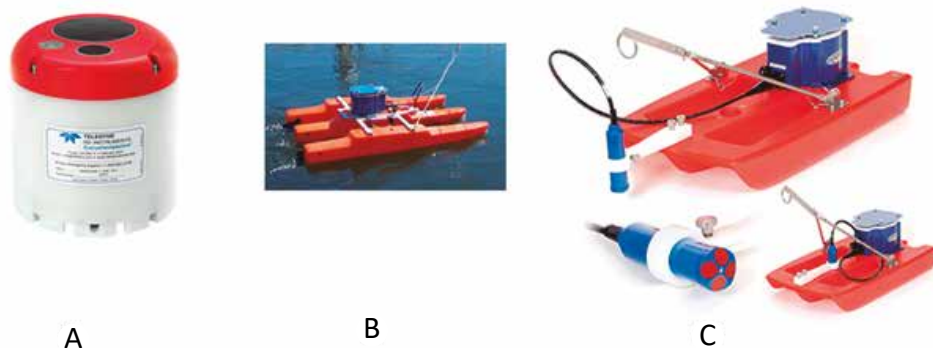


Figura 15. ADCP RiverRay (A), Riverboat SP (B) e StremPro ADCP (C) da Teledyne Marine
Fonte: Do autor (2025)

Ao posicionar o equipamento (Hidroboard) na margem inicial, é informada ao software sua distância até essa margem. Inicia-se a medição até se observar pelo menos dez tomadas de verticais com um mínimo de duas células aprovadas. Em seguida, o barco se movimenta ao longo da trajetória prevista e gravam-se os dados obtidos até o final da travessia (margem oposta), na qual é repetida a operação para extrapolação da margem. Verifica-se, em tempo real, a evolução do perfil batimétrico do rio, bem como as áreas e as vazões acumuladas e o perfil de velocidade (Figura 16).

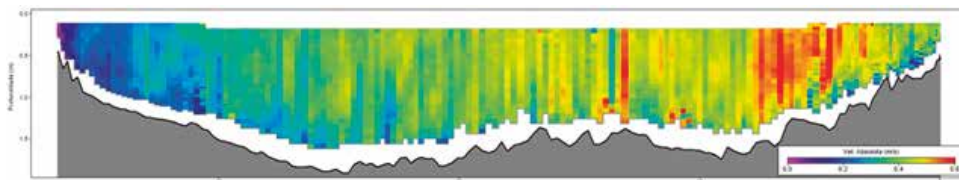


Figura 16. Perfil de velocidade e profundidade medido com ADCP

Fonte: Do autor (2025)

Mais recentemente, a Nortek lançou um ADCP que pode ser usado para medição da vazão de rios. O Vessel-mounted VM Coastal (Figura 17) pode operar nas frequências de 1000, 500 e 250 KHz, que apresentam alcances de profundidade máxima de 30, 70 e 200m, respectivamente.



Figura 17. Equipamento ADCP Vessel-Mounted VM da Nortek

Fonte: Adaptado de Nortek (2025)

3 Sedimentometria

As medidas de transporte de sedimentos dos rios são de grande importância nos cálculos de assoreamento de reservatórios e no monitoramento da erosão em bacias hidrográficas, bem como do leito fluvial. A capacidade de o rio transportar sedimentos depende da velocidade de escoamento e do volume escoado, pois quanto maior a vazão, maior a energia para transporte de sedimentos. Depende ainda do tamanho das partículas transportadas (pedregulho, areia, silte, argila).

Os sedimentos podem ser divididos em quatro tipos (Figura 18):

Sedimentos dissolvidos: Alguns minerais constituintes de rocha e solo são solúveis e estão dissolvidos na água do rio, sendo transportados a jusante na forma de solução;

Sólidos suspensos: Materiais finos como silte e argila são pequenos o suficiente para se manterem em suspensão no rio, devido à turbulência gerada pelo movimento da água e, em geral, não se depositam no leito do rio. Esses materiais são carregados a jusante pela massa líquida e somente são depositados onde existem grandes obstáculos como barragens ou onde a declividade do rio é drasticamente reduzida;

Sólidos saltantes: Partículas maiores, tipo areia e pedregulhos, assim como outros materiais de tamanho similar, permanecem junto ao leito do rio devido ao seu peso. O movimento por saltação pode ser considerado como uma fase intermediária entre o transporte por arraste e por suspensão. As partículas, que não são suficientemente grandes para se manter sobre o leito, sofrendo arraste, nem suficientemente pequenas para ser transportadas em suspensão, podem ser momentaneamente levantadas, movendo-se para diante, em uma série de saltos e avanços sucessivos;

Material de arraste de fundo: O material do leito é composto de uma variedade grande de fragmentos mais grosseiros, do tamanho de cascalhos e pedregulhos. Quanto maior o tamanho dos fragmentos menor é a distância em que podem ser arrastados pela água corrente. O transporte por arraste ou por tração é também função da forma, tamanho e densidade das partículas maiores. Partículas mais densas e de menor esfericidade são deixadas para trás. O movimento das partículas por arraste, pelo fato de estar restrito ao leito fluvial, é mais limitado e sensível às condições de variação de velocidade e de turbulência do que o transporte de materiais suspensos.

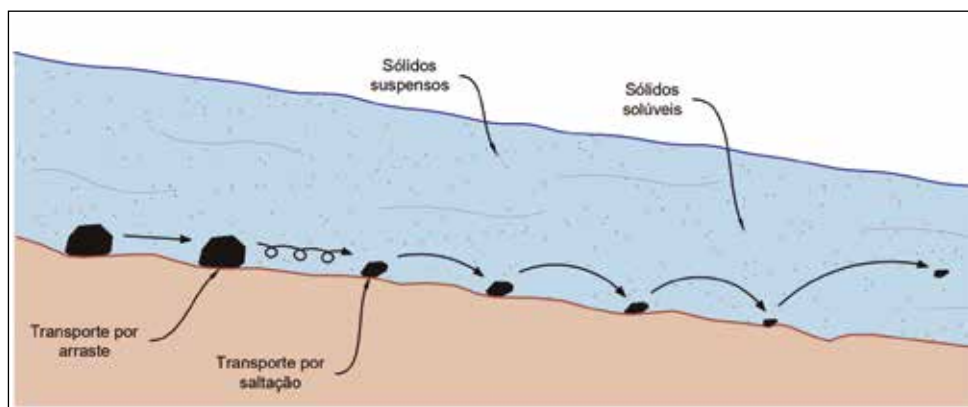


Figura 18. Transporte de sedimentos no rio

Fonte: Elaborado pelo Engenheiro Agrimensor Gabriel da Silva Souza (2025)

Geralmente, os sedimentos dissolvidos e os sólidos suspensos são medidos em conjunto e a soma é chamada de sólidos totais em suspensão. Como a determinação da descarga sólida está diretamente relacionada com a descarga líquida, as medições destas são realizadas em conjunto nas estações fluviométricas.

3.1 Medidas da descarga sólida em suspensão

Existem diferentes técnicas de amostragem que podem ser empregadas para a coleta de sedimentos em suspensão, dependendo do tipo de equipamento disponível. Os métodos mais comuns são a amostragem pontual e a amostragem por integração vertical.

Amostragem por integração vertical é a técnica mais utilizada nas medições rotineiras e permite uma boa precisão nos resultados. Neste método, o amostrador é deslocado ao longo da vertical de amostragem com uma velocidade constante tanto na descida como na subida.

Na determinação das descargas em suspensão procura-se obter uma amostra representativa com relação à concentração e à granulometria dos sedimentos dissolvidos e em suspensão transportada pelo rio. Para evitar que os amostradores toquem o leito do rio e ressuspendam os sedimentos de fundo, a amostragem é realizada deixando junto ao fundo uma faixa não amostrada, cuja dimensão varia com o tipo do amostrador e a natureza do fundo, ficando geralmente entre 10 e 15cm (Figura 19).

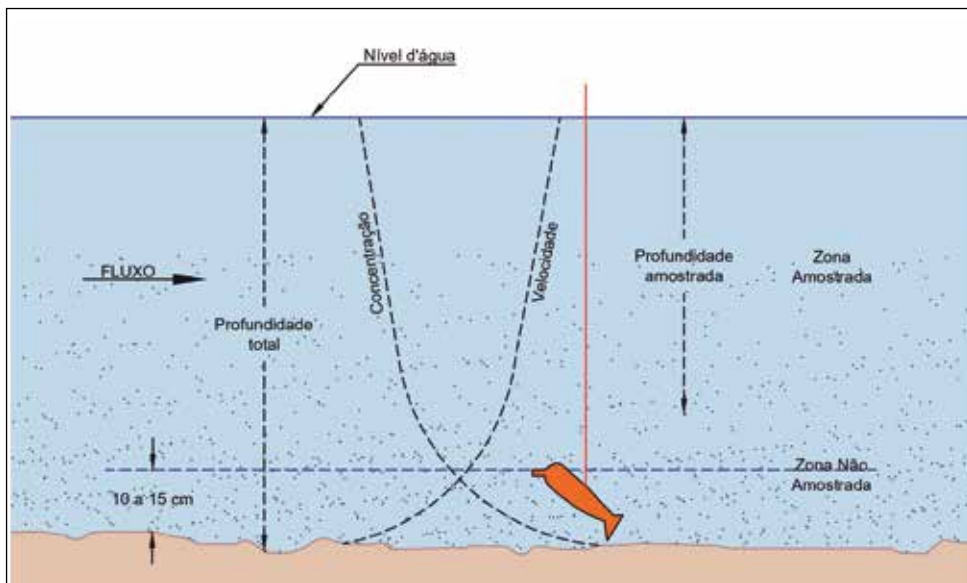


Figura 19. Representação da amostragem por integração na vertical
 Fonte: Elaborado por Gabriel da Silva Souza (2025), adaptado de Carvalho (2008)

O *Federal Interagency Sedimentation Project* (FISP) foi criado em 1939 para unificar e padronizar as pesquisas e o desenvolvimento de atividades das Agências Federais dos Estados Unidos envolvidas nos estudos de sedimentos fluviais. Os órgãos participantes são: U. S. Department of Agriculture (USDA), U.S. Bureau of Reclamation (USBR), o U. S. Geological Survey (USGS), U. S. Army Corps of Engineers (USACE), U. S. Bureau of Land Management (BLM) e U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

Os sedimentos que podem ser amostrados usando equipamentos aprovados pelos FISP são divididos em três categorias, dependendo do local no curso d'água.

Sedimentos suspensos: são os sedimentos que são carregados em suspensão no fluxo do curso d'água por apreciável intervalo de tempo, ficando neste estado pelo componente ascendente do fluxo turbulento ou movimento Browniano;

Sedimento transportado pelo leito: definido como a parte da carga sedimentar do fluxo que é movida quase sempre em contato contínuo com o leito do rio, sendo por rolamento ou saltação ao longo do fundo do rio pela força trativa da água em movimento;

Material do leito: são sedimentos no leito que estão em repouso, mas podem ser ressuspensos e mover-se como sedimentos suspensos grosseiros ou como fundo móvel.

No projeto e na construção dos amostradores de sedimentos devem ser observados alguns critérios, entre os quais se destacam:

- Permitir que a água entre no bico do amostrador de maneira isocinética¹;
- Permitir que o bico do amostrador alcance a profundidade mais próxima possível do leito do rio;
- Minimizar perturbações locais no fluxo do rio, especialmente no bico do amostrador;
- Ser adaptável aos equipamentos de suporte já em uso para as medições de descarga líquida;
- Ser o mais simples possível, resultando em pouca manutenção;
- Acomodar garrafas de volumes-padrão nos Estados Unidos como a garrafa de vidro de leite (1 pint), garrafa de vidro de maionese (1 quarter) e garrafas plásticas de 1 litro.

A nomenclatura do FISP para amostradores de sedimentos denota a série, o tipo e o ano de desenvolvimento. A nomenclatura do FISP pode ser explicada por:

US: série dos Estados Unidos (United States);

D: Integração na Vertical (*Deph integrating*);

P: Integração Pontual (*Point integrating*);

H: Medição a vau (*Hand hel or hand line*);

00: Ano de início do desenvolvimento (*numeric*);

BL: Sedimento de leito (*Bed Load*);

BM: material do leito (*Bed Material*).

3.2 Amostradores de sedimentos em suspensão

Os amostradores de sedimentos em suspensão do FISP são desenvolvidos e calibrados para realizar a amostragem isocineticamente. A amostra de água e sedimento coletada é proporcional à velocidade no local da entrada do bico e por isso é representativa da carga de sedimento naquele ponto. A maioria dos amostradores de sedimento em suspensão aprovados pelo FISP coleta a amostra isocinética com velocidade mínima do fluxo de $1,5\text{ft.s}^{-1}$ até $2,0\text{ft.s}^{-1}$ ($0,46$ a $0,60\text{m.s}^{-1}$). Quando a velocidade for inferior a $0,46\text{m.s}^{-1}$, os amostradores que usam contêiner rígido têm uma pequena carga estática entre o exaustor do ar e o bico, de tal forma que o amostrador ainda coletará a amostra devido a esta carga.

Amostradores de sedimentos em suspensão isocinéticos são divididos em duas categorias: por integração na vertical ou por integração pontual. Amostradores por integração na vertical são preenchidos à medida que são baixados e levantados na coluna

¹Uma amostragem isocinética coleta a amostra de água e sedimento do fluxo a uma taxa tal que a velocidade na entrada do bico é igual à velocidade incidente do curso d'água na entrada do bico.

de água e podem ainda ser divididos em duas categorias gerais, aqueles que usam garrafa rígida para coletar amostra e aqueles que usam saco plástico. Os amostradores usando garrafas rígidas são limitados à profundidade de 15ft (4,6m) ou menos, dependendo do bico e recipiente de coleta. A profundidade de amostragem dos amostradores de saco é limitada de acordo com o volume do saco e o diâmetro do bico.

Os amostradores por integração pontual têm válvula de operação remota para iniciar e parar a coleta da amostra. O amostrador é baixado até a profundidade desejada na coluna de água, a amostra é coletada abrindo e fechando remotamente a válvula e então o amostrador é trazido à superfície para remover o recipiente com a amostra.

Amostradores de qualidade de água são amostradores de sedimentos em suspensão especialmente revestidos para não contaminar o material com partes que entram em contato com a amostra. Todos os amostradores FISP para qualidade da água podem ser usados para coletar sedimentos em suspensão, porém a recíproca não é verdadeira, nem todos os amostradores de sedimentos em suspensão podem ser usados na coleta de amostras de qualidade da água. Todos os amostradores de integração na vertical projetados após 1980 podem servir ao duplo propósito de coletar amostragens de sedimentos em suspensão e de qualidade da água.

A Figura 20 estabelece um guia para ser usado na seleção do processo para determinar o tipo de equipamento baseado no tipo de amostragem a ser realizada e na profundidade da vertical.

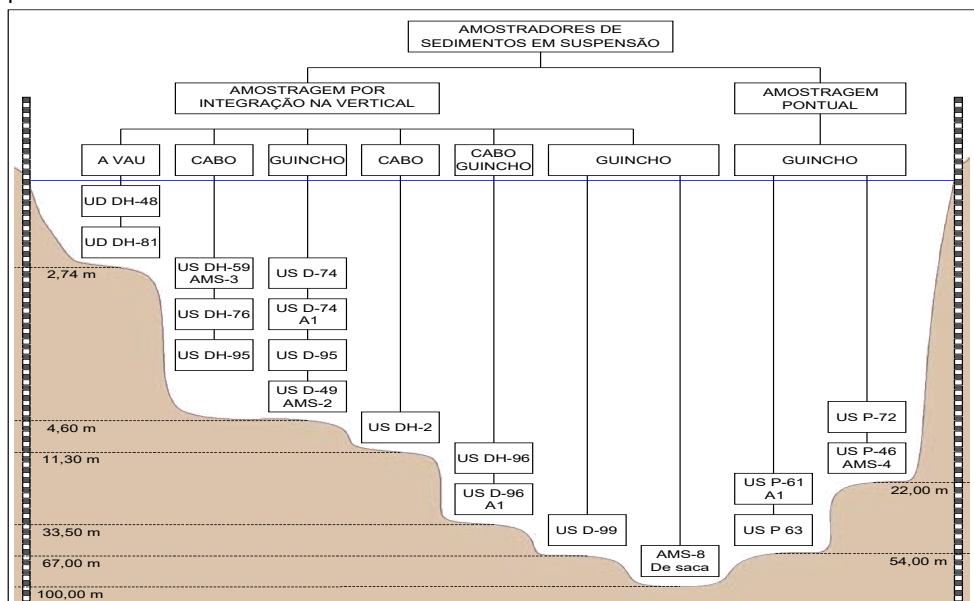


Figura 20. Diagrama auxiliar para seleção dos amostradores de sedimentos em suspensão
Fonte: Elaborado pelo Engenheiro Agrimensor Gabriel da Silva Souza (2025)

As principais características de cada amostrador são:

US DH-48: É um amostrador de sedimentos em suspensão por integração na vertical, do tipo leve, para ser operado com haste ou cabo, sendo aplicado para medição a vau, ou de pontes ou com barco (Figura 21). O US DH-48 foi um dos primeiros amostradores projetados por FISP. O amostrador é feito de alumínio em forma hidrodinâmica, usa garrafa presa por mola, pesando o conjunto cerca de 3kg. A haste é graduada e serve para suspensão do amostrador.



Figura 21. Amostrador US DH-48
Fonte: USGS (2025)

No Brasil é denominado por AMS-1. O recipiente usado para a coleta da amostra é uma garrafa de leite (pint) com volume de 470ml. Uma mola tensionada na parte traseira do amostrador mantém o frasco pressionado contra uma junta de borracha selada. A entrada da amostra de água e sedimento se dá pelo bocal com bico de latão com diâmetro interno de $\frac{1}{4}$ polegada, que se estende horizontalmente a partir do nariz do amostrador. Um orifício de escape de ar permite que o ar do frasco escape à medida que a amostra entra no recipiente.

Uma haste padrão com diâmetro de $\frac{1}{2}$ polegada é rosqueada na parte superior do corpo para permitir a suspensão do amostrador. Para coletar amostras em profundidades maiores que um metro podem ser adicionadas extensões no local onde se insere a haste, de forma a permitir a coleta a partir de uma ponte ou de um barco.

A zona não amostrada é de 8,9cm (3,5 in). O amostrador pode ser utilizado em velocidades que variam de $0,46\text{m.s}^{-1}$ a $2,7\text{m.s}^{-1}$.

US DH-59: Este amostrador foi fabricado para coleta de sedimentos em suspensão. É do tipo leve, usa garrafa, tendo sido fabricado para uso com cabo de suspensão, podendo ser usado a vau, de uma ponte ou barco, em rios com velocidades de até $1,5\text{m.s}^{-1}$. É utilizado para amostragem por integração na vertical, com profundidades até 4,6m, tendo três bicos calibrados para $\frac{1}{8}$ ", $\frac{3}{16}$ " e $\frac{1}{4}$ "



Figura 22. Amostrador US DH-59
Fonte: USGS (2025)

que são usados conforme as profundidades e velocidades da corrente.

O amostrador é fundido em bronze (Figura 22), tendo uma forma hidrodinâmica, e o recipiente para a coleta é a garrafa de 1 pint. O peso aproximado é de 10kg. No Brasil recebe a denominação de AMS-3. Uma diferença na pressão estática de $\frac{1}{2}$ polegada entre a entrada e a exaustão facilita a amostragem em condições de velocidades muito baixas.

US DH-81: É um amostrador de sedimentos suspensos usado para coletar amostras por integração na vertical a vau. Utilizado também para coletar amostras para determinar a qualidade da água, sendo que, neste caso, as peças são fabricadas de diferentes materiais como tetrafluoretileno (Figura 23). O amostrador de US DH-81 irá coletar amostras com boa eficiência em velocidades de entrada no bico, que vão de $0,61\text{m.s}^{-1}$ a $1,9\text{m.s}^{-1}$ com bico de $\frac{3}{16}\text{pol}$; de $0,46\text{m.s}^{-1}$ a $2,3\text{m.s}^{-1}$ com o bico de $\frac{1}{4}$; e $0,61$ a $2,1\text{m.s}^{-1}$ com um bico de $\frac{5}{16}$.



Figura 23. Amostrador US DH-81
Fonte: USGS (2025)

Tendo como base o volume máximo recomendado de 800ml, o amostrador US DH-81 irá coletar amostras a uma profundidade máxima recomendada de 3,66m. Utilizando o volume de 1 litro o amostrador pode ser usado para uma profundidade de 4,6m. Podem-se usar extensões da haste, e assim fazer as coletas a partir de uma ponte baixa ou de barco. A zona não amostrada do US DH-81 é de 10,2cm.

US D-49: É um amostrador de sedimentos em suspensão por integração na vertical que pode utilizar as garrafas de 1 pint ou 1 quarter e bicos de $\frac{1}{8}$, $\frac{3}{16}$ ou $\frac{1}{4}$ de polegada (Figura 24). Com peso de 28kg tem sido usado no Brasil em condições de maiores velocidades, de até $2,0\text{m.s}^{-1}$, sendo denominado de AMS-2. Não está sendo mais indicado pelo FISP.



Figura 24 Amostrador US D-49
Fonte: USGS (2025)

US DH-95: Realiza a amostragem por integração na vertical usando garrafa de 1 litro e é, portanto, indicado para profundidades de até 4,6m (Figura 25). Quando usado bico de 1/8" a velocidade mínima é de $0,52\text{m.s}^{-1}$ e a máxima é de $1,9\text{m.s}^{-1}$ e para os bicos de 1/4 ou 3/16 as velocidades mínimas e máximas são de $0,61$ e $2,0\text{m.s}^{-1}$, respectivamente. O peso do amostrador é de 29kg.



Figura 25. Amostrador US DH-95
Fonte: USGS (2025)

US DH-2: É um amostrador de saca com volume de 1,0L que permite coletar amostras a profundidades de até 10,7m quando usado o bico de 3/16, ou 6,1m de profundidade para bico de 1/4, e 4,0m de profundidade para o bico 5/16". A velocidade máxima de amostragem é de $1,8\text{m.s}^{-1}$ e a zona não amostrada é de 9cm. O peso do amostrador é de 13,6kg, permitindo amostragem manual com um cabo (Figura 26).



Figura 26. Amostrador US DH-2
Fonte: USGS (2025)

US D-74: é um amostrador confeccionado com o corpo de bronze e pode utilizar as garrafas de um pint ou quarter, e assim limitado a profundidades de 4,6m. O peso é de aproximadamente 28kg sendo operado por guincho, e a zona não amostrada é de 10,4cm. Para trabalhar com a eficiência entre 90 e 110% devem ser obedecidos os limites de velocidade de $0,46$ a $2,01\text{m.s}^{-1}$ (Figura 27).

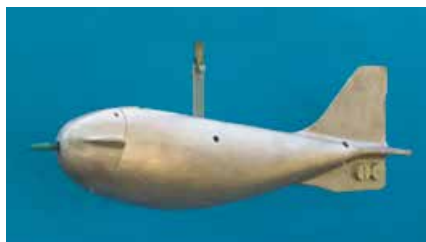


Figura 27. Amostrador US D-74
Fonte: USGS (2025)

US D74-AI: Este amostrador tem o corpo fabricado em alumínio que reduz o peso para 19,1kg (Figura 28). Para trabalhar com a eficiência entre 90 e 110% devem ser obedecidos os limites de velocidade de $0,46$ a $1,8\text{m.s}^{-1}$.



Figura 28. Amostrador US D74-AI
Fonte: USGS (2025)

US D-95: É um amostrador por integração na vertical que utiliza o frasco de 1 litro, assim limitado à profundidade de 4,6m (Figura 29). Podem-se usar os bicos 3/16, ¼ ou 5/16. A zona não amostrada é de 12cm e o peso do amostrador é de 29kg. É um amostrador por integração na vertical que utiliza o frasco de 1 litro, assim limitado à profundidade de 4,6m.



Figura 29. Amostrador US D-95
Fonte: USGS (2025)

US D-96: É um amostrador de saca com volume de 3 litros, e tem peso de aproximadamente 60kg (Figura 30). A zona não amostrada é de 10,2cm. Podem-se usar os bicos 3/16, ¼ ou 5/16 com velocidade variando de 0,61 a 3,8m.s⁻¹. A profundidade máxima de amostragem é de 33,5m para o bico 3/16, 18m para o bico ¼ e 12m para o bico 5/16.



Figura 30. Amostrador US D-96
Fonte: USGS (2025)

US D-96 A1: É um amostrador de saca com volume de 3 litros, confeccionado com bronze e parte em alumínio e tem peso de aproximadamente 36,3kg (Figura 31). A zona não amostrada é de 10,2cm. Podem-se usar os bicos 3/16", ¼" ou 5/16" com velocidade variando de 0,61 a 1,83m.s⁻¹. A profundidade máxima de amostragem é de 33,5m para o bico 3/16", 18m para o bico ¼ e 12m para o bico 5/16".



Figura 31. Amostrador US D-96 A1
Fonte: USGS (2025)

US D-99: É um amostrador de saca com capacidade de 3 ou 6 litros, e peso de aproximadamente 124,7kg (Figura 32). A zona não amostrada é de 24cm e a faixa de velocidade para manter a eficiência entre 90 e 110% varia de 0,91 a 4,6m.s⁻¹.



Figura 32. Amostrador US D-99
Fonte: USGS (2025)

US P61-A1: É um amostrador pontual, confeccionado em bronze com peso de 47,6kg (Figura 33). O amostrador pode utilizar as garrafas de 1 *pint* ou 1 *quarter* com bico 3/16 polegadas.



Figura 33. Amostrador US P-61-A1
Fonte: USGS (2025)

USP63: É um amostrador pontual, confeccionado em bronze com peso de 90,7kg (Figura 34). O amostrador pode utilizar as garrafas de 1 *pint* ou 1 *quarter* com bico 3/16 polegadas. A profundidade máxima de amostragem é de 54,9m, quando usado recipiente de 1 *quarter*, e de 36,6m, quando usado recipiente de 1 *pint*. A zona não amostrada é de 15cm.



Figura 34. Amostrador US P63
Fonte: USGS (2025)

USP72: É um amostrador pontual, confeccionado em bronze com peso de 18,6kg (Figura 35). O amostrador pode utilizar as garrafas de 1 *pint* ou 1 *quarter* com bico 3/16 polegadas. A profundidade máxima de amostragem é de 21,9m quando usado recipiente de 1 *quarter*, 15,5 quando usado recipiente de 1 *pint*. A zona não amostrada é de 10,9cm.



Figura 35. Amostrador US P72
Fonte: USGS (2025)

Amostrador AMS-8 ou amostrador de saca:

O amostrador de sedimento fabricado no Brasil, denominado de amostrador de saca ou AMS-8, possui recipiente em alumínio para alojar a saca com capacidade de até 8 litros (Figura 36). Possui jogos de bico em aço inoxidável de 1/6", 3/16" e 1/4", leme hidrodinâmico com haste para sustentação do lastro para a amostragem pelo processo por integração na vertical.



Figura 36. Amostrador AMS8
Fonte: Hidromech (2025)

A altura não amostrada varia com o tipo de lastro, no entanto, é aproximadamente 40cm. O peso do amostrador é de 14kg e o lastro para ser acoplado pesa 20kg. Na Tabela 5 constam os principais dados dos amostradores usados nos Estados Unidos e Brasil.

Tabela 5. Características dos amostradores (adaptado de USGS)

Denominação		Bico	Volume	Velocidade (m.s ⁻¹)		Profundidade máxima (m)	ho -Zona não amostrada (cm)	Peso (kg)
EUA	Brasil			Mínima	Máxima			
US DH-48	AMS-1	1/4	pint	0,46	2,71	2,74	8,9	1,8
US DH-59		3/16	pint	0,46	1,52	4,57	11,4	10,0
US DH-59	AMS-3	1/4	pint	0,46	1,52	2,74	11,4	10,0
US DH-76		3/16 1/4	quart	0,46	2,01	4,57	8,1	11,3
US DH-81		3/16	liter	0,61	1,89	2,74	10,2	0,5
US DH-81		1/4	liter	0,46	2,32	2,74	10,2	0,5
US DH-81		5/16	liter	0,61	2,13	2,74	10,2	0,5
US DH-95		3/16	liter	0,64	1,89	4,57	12,2	13,2
US DH-95		1/4	liter	0,52	2,13	4,57	12,2	13,2
US DH-95		5/16	liter	0,64	2,26	4,57	12,2	13,2
US DH-2		3/16	liter	0,61	1,83	10,67	8,9	13,6
US DH-2		1/4	liter	0,61	1,83	6,10	8,9	13,6
US DH-2		5/16	liter	0,61	1,83	3,96	8,9	13,6
USD-49	AMS-2	1/8	Pint			4,57	10,0	15,0
USD-49	AMS-2	3/16	Pint			4,57	10,2	15,0
USD-49	AMS-2	1/4	Pint			2,74	10,2	15,0
US D-74		3/16	pint quart	0,46	2,01	4,57	10,4	28,1
US D-74		1/4	pint quart	0,46	2,01	2,74 4,57	10,4	28,1
USD-74AI		3/16	pint quart	0,46	1,80	4,57	10,4	19,1
USD-74AI		1/4	pint quart	0,46	1,80	2,74 4,57	10,4	19,1
US D-95		3/16	liter	0,52	1,89	4,57	12,2	29,0
US D-95		1/4	liter	0,61	2,04	4,57	12,2	29,0
US D-95		5/16	liter	0,61	2,04	4,57	12,2	29,0
US D-96		3/16	3 liters	0,61	3,81	33,53	10,2	59,9
US D-96		1/4	3 liters	0,61	3,81	18,29	10,2	59,9
US D-96		5/16	3 liters	0,61	3,81	11,89	10,2	59,9
USD-96AI		3/16	3 liters	0,61	1,83	33,53	10,2	36,3
USD-6A1		1/4	3 liters	0,61	1,83	18,29	10,2	36,3
USD-6A1		5/16	3 liters	0,61	1,83	11,89	10,2	36,3
US D-99		3/16	6 liters	1,07	4,57	67,06	24,1	124,7

Denominação		Bico	Volume	Velocidade (m.s ⁻¹)		Profundidade máxima (m)	ho -Zona não amostrada (cm)	Peso (kg)
EUA	Brasil			Mínima	Máxima			
US D-99		1/4	6 liters	0,91	4,57	36,58	24,1	124,7
US D-99		5/16	6 liters	0,91	4,57	23,77	24,1	124,7
USP-61A1		3/16	pint quart	0,46	3,05	54,86 36,58	10,9	47,6
US P-63		3/16	pint quart	0,46	4,57	54,86 36,58	15,0	90,7
US P-72		3/16	pint quart	0,46	1,62	21,95 15,55	10,9	18,6
USP-46	AMS-4	3/16				22	12	91
De saca	AMS-8	1,8				152	variável	14,4 (sem lastro)
		3/16				68		
		1/4				68		

3.3 Recipientes para a coleta

Os recipientes para coleta de amostra de água podem ser rígidos ou colapsáveis (sacos plásticos) (Figura 37). Os recipientes rígidos usados nos Estados Unidos foram adaptados para garrafas de leite, com volume de 470ml, denominados de pint, e também para vidros de maionese com volume de 500ml, denominados de quarter. Os amostradores mais modernos usam garrafa plástica com volume de 1250ml, denominados liter. Os sacos plásticos podem ter volume variável de 1 a 6 litros.

Como o amostrador fica inclinado, o volume coletado não corresponde à capacidade máxima. Na Tabela 6 são indicados os valores de volume mínimo e máximo para os diferentes recipientes dos amostradores.

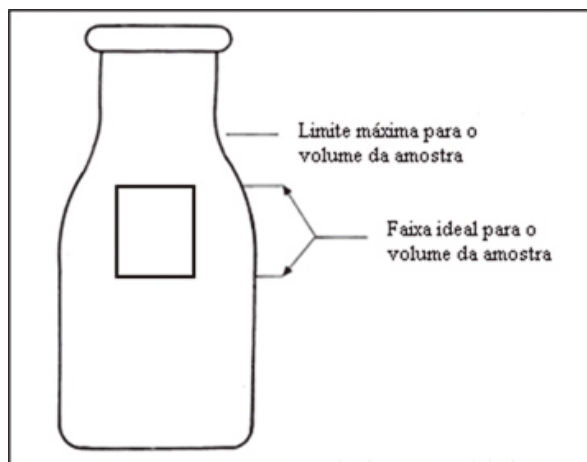


Figura 37. Representação da faixa de volume ideal para coleta
Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2008)

Tabela 6. Volume mínimo, máximo e ideal (esperado) para os recipientes dos amostradores

Recipiente	Capacidade (cm ³)	Volume da amostra (cm ³)		
		mínimo	máximo	esperado
<i>pint</i>	473	300	420	350
<i>quarter</i>	946	650	800	740
<i>liter</i>	1250	700	1000	800

Fonte: Do autor (2025)

O valor máximo se refere ao volume retido quando o amostrador se encontra na posição em que o bico fica inclinado num ângulo de 10° em relação à horizontal. Como existem diferentes fornecedores destes frascos, recomenda-se uma aferição destes valores para cada modelo de frasco usado (Figura 38).

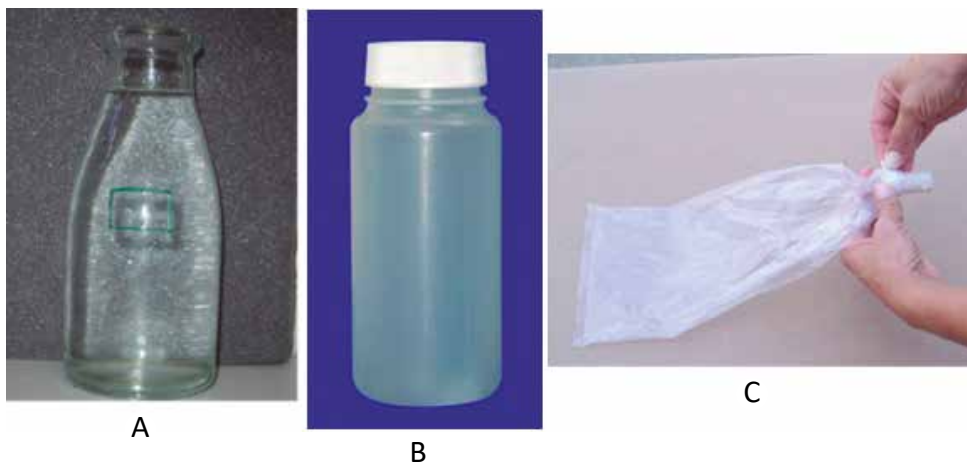


Figura 38. Recipientes para amostradores de sedimentos em suspensão (A – Garrafa de 470ml; B – garrafa plástica; C – saca plástica)

Fonte: Do autor (2025)

3.4 Bicos²

No Brasil, são utilizados bicos com diâmetro de 1/8", 3/16" e ¼". Nos Estados Unidos, o bico 1/8" não é mais usado e foi incluído o bico com 5/16". Na Tabela 7 constam os dados de área e coeficiente Kb para cada bico usado nos cálculos dos tempos de amostragem.

²Embora tecnicamente o termo bocal seja mais adequado, o termo bico vem sendo utilizado entre hidrometristas e também nos principais materiais de referência em hidrossedimentologia (Carvalho et al., 2000; Carvalho, 2008).

Com relação ao material, os bicos podem ser de aço inox, matérias como plástico ou teflon (Figura 39), que são usados quando a amostragem é realizada com objetivo da análise de qualidade da água.

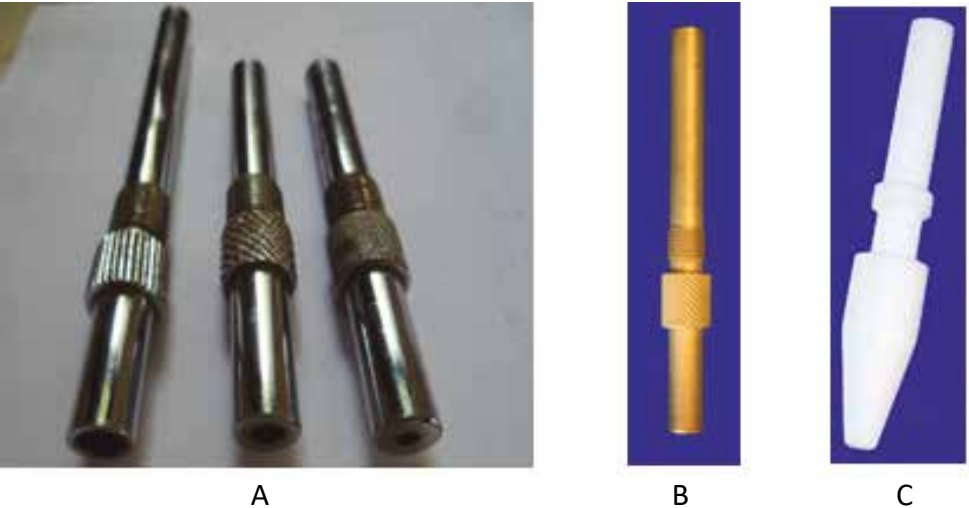


Figura 39. Bicos de amostradores (A– jogo de bico de aço inox; B – Bico de cobre; C– Bico de TFE)
Fonte: Do autor (2025)

Tabela 7. Característica dos bicos usados no Brasil e Estados Unidos

Bico	Diâmetro (mm)	Área (cm²)	Kb
1/8"	3,1750	0,079173	0,2
3/16"	4,7625	0,178139	0,4
¼"	6,3500	0,316692	0,4
5/16"	7,9325	0,4648315	0,4

Fonte: Do autor (2025)

3.5 Volume da amostra

O volume da amostra a ser coletada depende dos objetivos da análise. Na Tabela 8 consta o volume mínimo da amostra água-sedimento para garantir uma quantidade suficiente de sedimentos para análises laboratoriais, conforme WMO (1994).

Tabela 8. Volume de amostra necessário para sedimentos em suspensão

Valor esperado da concentração de sedimentos (g.m ⁻³)	Volume da amostra (Litros)
> 100	1
50 -100	2
20 -30	5
< 20	10

Fonte: WMO (1994)

Na Tabela 9 são apresentados os valores mínimos de amostras de sedimentos em suspensão necessários para avaliações físico-químicas.

Tabela 9. Quantidade mínima de sedimentos em suspensão necessária para realizar as análises

Tipo de análise	Tamanho (mm)	Quantidade mínima (g)
Difratometria a laser	0,00004 – 2,5	0,5
Peneiramento	0,062 – 0,5	0,07
Peneiramento	0,25 – 2,0	0,5
Peneiramento	1,0 – 16	20
Pipetagem	0,002 – 0,062	1,8
Química	0,002	1
Química	0,002 – 0,062	2
Química	0,062 – 2,0	10
Mineralógica	0,002	1
Mineralógica	0,002 – 0,062	2
Mineralógica	0,062 – 2,0	5

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

3.6 Quantidade de verticais

A quantidade de verticais usada numa amostragem de sedimentos deve ser suficiente para representar todo o sedimento transportado no fluxo de água que passa numa dada seção. Segundo Carvalho (2008), considerando ainda questões práticas e econômicas, pode-se determinar a coleta de sedimentos em suspensão como:

- Uma única vertical no meio do rio ou em posição adequadamente estudada;
- Uma única vertical no talveg ou local de maior profundidade;
- Três verticais a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da seção transversal;
- Três verticais a $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{5}{6}$ da seção transversal;
- Quatro ou mais verticais nos centros de segmentos da seção transversal;
- Verticais posicionadas a Igual Incremento de Largura (método ILL);
- Verticais posicionadas no centro de Iguais Incrementos de Descarga (método IID).

3.7 Amostragem isocinética

Os métodos de amostragem e os equipamentos utilizados na amostragem da mistura água e sedimentos devem permitir que a amostra coletada represente a variabilidade espacial do fluxo de sedimentos na seção transversal. Também é importante que o equipamento utilizado seja capaz de coletar uma amostra da mistura água e sedimento sem alterar a direção e o módulo da velocidade de escoamento no momento da coleta (Edwards; Glysson, 1999). Os equipamentos tradicionais têm como princípio que a amostragem ocorre de forma isocinética, isto é, que a velocidade de entrada de água no bico é igual à velocidade do fluxo. Na Figura 40 estão representados três casos possíveis de ocorrer na amostragem da mistura água-sedimento.

Caso A: A amostragem é isocinética, pois a velocidade da solução água-sedimento dentro do bico é igual à velocidade do fluxo fora do bico. Nesta condição a concentração de sedimentos em suspensão da amostra é igual à condição de sedimentos do escoamento.

Caso B: A velocidade de escoamento no bico é inferior à velocidade de escoamento do fluxo, portanto, amostragem não isocinética. Neste caso a concentração de sedimentos na amostra tende a ser maior que a concentração de sedimentos no fluxo.

Caso C: A velocidade de escoamento no bico é maior que a velocidade de escoamento do fluxo (amostragem isocinética), e a concentração de sedimentos na amostra tende a ser menor que a concentração de sedimentos do fluxo.

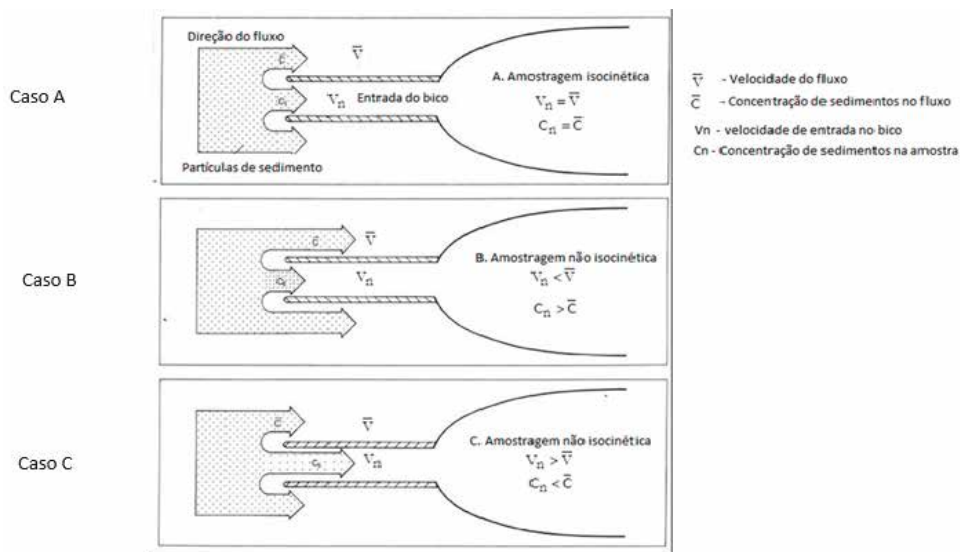


Figura 40. Representação da condição de amostragem isocinética

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

3.8 Tipos de amostragem

A amostragem de sedimentos pode ser feita pelo método pontual ou por integração na vertical.

3.8.1 Amostragem Pontual

Indicada para estudos da distribuição vertical e horizontal da concentração dos sedimentos, bem como da granulometria. Normalmente de 5 a 10 amostras são suficientes para definir a distribuição horizontal da granulometria. Para a determinação da distribuição vertical de sedimentos podem ser coletadas amostras na superfície e a 0,3m do leito e intercalar de 6 a 10 amostragens pontuais entre essas profundidades. Neste caso, cada amostra deve ser analisada individualmente.

Se os amostradores pontuais forem utilizados para determinar a concentração média na seção transversal do rio são necessárias de 5 e 10 amostras por vertical. Neste caso, os tempos de amostragem de cada amostra, ou seja, o tempo com o bico do amostrador aberto deve ser igual. As amostras devem ser misturadas formando uma única amostra composta, a qual será analisada em laboratório.

Caso seja utilizado o método IID para determinar as distâncias das verticais de amostragens em relação ao PI da estação, os tempos de amostragem podem ser diferentes entre as verticais. Se for utilizado o método do IIL, um tempo de amostragem constante deve ser utilizado para todas as verticais de amostragem.

Neste tipo de amostragem deve-se calcular o tempo de amostragem de acordo com a equação:

$$T = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel} \quad (15)$$

Em que:

T = tempo de amostragem (s);

Vol = volume da amostra (cm³);

D = diâmetro do bico (mm);

Vel = velocidade média na vertical (m.s⁻¹).

Segundo Carvalho (2008), os amostradores para coleta pontual e também para coleta por integração na vertical, no Brasil, são os seguintes: P-46, P-61 e P-63.

3.8.2 Amostragem por integração na vertical

Neste método de amostragem, o amostrador é baixado até o fundo do rio a uma velocidade constante e levantado de volta até a superfície também numa velocidade constante. A velocidade de subida e descida não necessariamente precisa ser a mesma. No entanto, para fins práticos procura-se manter as velocidades iguais.

Neste método, segue-se a metodologia descrita em Edwards e Glysson (1970). Este método é indicado para os amostradores com recipiente rígido de volume 474ml (*1 pint*) ou 960ml (*1 quart*) ou garrafa de 1250ml (*liter*).

O método de amostragem a ser usado depende das condições de fluxo e da granulometria do sedimento que está sendo transportado. Segundo Edwards e Glysson (1999), pode-se generalizar as condições em quatro casos:

1º caso: Velocidades baixas ($V < 0,60 \text{ m.s}^{-1}$) com pouca ou nenhuma partícula com granulométrica de areia

Neste caso, o fluxo não transporta areia como sedimento em suspensão, sendo a distribuição de sedimento (argila e silte) relativamente uniforme na vertical, desde o leito até a superfície. Assim, considerando a uniformidade do material fino, a coleta de amostras isocineticamente não é tão importante.

2º caso: Velocidades altas ($0,60 < V < 3,70 \text{ m.s}^{-1}$) e profundidades menores que 4,60m

Devem-se usar os amostradores DH-48, DH-59, DH-75, D-49 e D-74. A amostragem deve ser realizada por integração na vertical, descendo o amostrador em toda a profundidade e depois retornando à superfície utilizando uma velocidade de trânsito constante. Esse deslocamento deverá ser realizado num tempo entre o tempo mínimo e o tempo máximo de amostragem, calculados em função do diâmetro do bico, da profundidade da vertical e da velocidade média do fluxo na vertical.

3º caso: Velocidades altas ($0,60 < V < 3,70 \text{ m.s}^{-1}$) e profundidades maiores que 4,60m

Neste caso, os amostradores por integração na vertical que usam contêineres rígidos (garrafas) não devem ser usados, porque ultrapassa a profundidade máxima admissível para sua utilização. Nestas situações, devem-se utilizar os amostradores de saca ou os amostradores pontuais. Para os amostradores de saca usa-se a mesma técnica descrita na amostragem por integração na vertical.

Carvalho (2008) descreve a técnica para usar os amostradores pontuais para coletar amostras em verticais onde a profundidade for maior que 4,6m (coletando primeiro na subida e depois na descida) como:

- Inserir uma garrafa limpa no amostrador e fechar o cabeçote;
- Descer o amostrador até próximo ao leito do rio, mantendo a válvula de abertura/ fechamento do bico do amostrador fechada e após anotar a profundidade;
- Subir o amostrador até a superfície da água utilizando uma velocidade de trânsito constante;
- Manter a válvula de abertura /fechamento do bico do amostrador aberta até que o bico saia da água. Após a mesma deve ser fechada;
- Remover a garrafa contendo a amostra água-sedimento do amostrador;
- Verificar se o volume está entre os preestabelecidos e anotar as informações necessárias

para a correta identificação da amostra. Se a amostra exceder o volume máximo admissível, descartá-la e repetir a coleta utilizando uma velocidade de trânsito maior do que antes;

- Inserir outra garrafa limpa dentro do amostrador e fechar o cabeçote;
- Abaixar o amostrador até que a cauda toque na água;
- Abrir a válvula de abertura /fechamento do bico do amostrador ao mesmo tempo em que inicia a descida até que o mesmo se aproxime do leito do rio;
- Fechar a válvula de abertura /fechamento do bico do amostrador.

As velocidades de trânsito utilizadas na subida e na descida do amostrador não precisam ser iguais. As amostras devem ser coletadas numa vertical utilizando os dois sentidos (subida e descida), visto que estudos no rio Colorado, Estados Unidos, têm demonstrado diferenças entre os resultados encontrados utilizando somente um dos sentidos (subida ou descida).

Se a profundidade for maior que 9,20m o procedimento é similar ao descrito anteriormente, exceto que a integração na vertical, tanto na subida como na descida do amostrador, é realizada por segmentos não superiores a 9,20m. As subamostras utilizadas nessa técnica são compostas em uma única amostra para análise.

4º caso: Velocidades muito altas ($v > 3,70 \text{ m.s}^{-1}$)

Neste caso, as velocidades são tão elevadas que a utilização de amostradores pontuais ou por integração na vertical é perigosa ou impossível. Carvalho (2008) recomenda que a amostragem seja feita somente na superfície, o que se justifica pelo fato de que os sedimentos (exceto os mais grosseiros) estão misturados no fluxo.

Entende-se por Velocidade de trânsito (V_t) ou Razão de Trânsito (RT) a velocidade de descida ou de subida do equipamento na amostragem por integração na vertical. Cada bico tem os valores máximos e mínimos para a velocidade de trânsito, que dependem da velocidade média do fluxo. A razão de trânsito máxima pode ser expressa por:

$$RT_{max} = K_b V_m \quad (16)$$

Em que:

RT_{max} = razão de trânsito máxima (m.s^{-1});

K_b = coeficiente do bico;

V_m = velocidade média do fluxo (m.s^{-1}).

Nesse método, na razão de trânsito (RT) devem-se respeitar alguns limites:

- A RT deve ser rápida o suficiente para que não ultrapasse o volume máximo do recipiente;
- A RT deve ser lenta o suficiente para permitir a coleta de um volume mínimo;
- A RT deve ser lenta o suficiente para que o ângulo de inclinação do equipamento não exceda o limite permissível e a amostragem seja isocinética. O limite da RT para o bico com diâmetro 1/8" é 20% da velocidade média do fluxo (0,20 V) e para os bicos com diâmetro 3/16" ou 1/4" o limite é 40% da velocidade média do fluxo (0,40 V); e
- A RT deve ser lenta para não exceder o limite de compressão de ar no recipiente.

Se a velocidade de trânsito for muito alta, a taxa de redução do volume de ar

dentro da garrafa do amostrador será menor que a taxa de aumento da pressão hidrostática ao redor, dificultando a entrada de água pelo bico do amostrador, ou dificultando a saída de ar pelo exaustor. Também uma velocidade de trânsito excessiva pode fazer com que a velocidade de passagem da mistura água-sedimentos através do bico do amostrador seja menor que a velocidade de água ao redor do mesmo, devido à inclinação do amostrador, provocando a amostragem de modo não iso-cinética.

As velocidades de trânsito adequadas a uma determinada amostragem podem ser determinadas através dos gráficos apresentados por Carvalho (2008). Esses gráficos mostram que as velocidades de trânsito variam de $0,1V_m$ a $0,4V_m$, sendo os limites em função do diâmetro do bico do amostrador e do volume da garrafa.

As velocidades de trânsito mínimas permitidas são aquelas que evitarão obter um volume de amostra excessivamente grande. Os amostradores DH-48, DH-59 e D-49 com garrafas de 420ml, somente alcançam profundidades até 4,6m. Nos amostradores com garrafas de 1L, a restrição de profundidade se mantém devido à quantidade de ar que deve ser retirado para admissão da amostra, isto é, devido à profundidade limite de compressão do ar. Portanto, a vantagem da garrafa de 1L está na possibilidade de coletar maior volume de água.

As amostragens realizadas com uso do bico 1/8" são muito afetadas pela inclinação do amostrador, como mostrado pelo valor $K_b = 0,2$. Esse bico não é indicado nas condições de areia em suspensão.

Para a definição dos tempos mínimo e máximo de amostragem, obedecendo aos quatro limites acima, devem-se calcular os seguintes dados de acordo com a Figura 41, seguindo as unidades originais. As equações 17 a 21 referem-se à Figura 41.

$$\text{Ponto 1} \quad \frac{RT}{V_m} = \frac{A_n r_b h_1}{V_1} \quad (17)$$

$$\text{Ponto 2} \quad \frac{RT}{V_m} = \frac{A_n r_s h_1}{V_1} \quad (18)$$

$$\text{Ponto 3} \quad d_c = \frac{h_1 (r_s - r_b)}{r_b + 1} \quad (19)$$

$$\text{Ponto 4} \quad \frac{RT}{V_m} = \frac{20 A_n}{Q_{max}} \quad (20)$$

$$\text{Ponto 5} \quad \frac{RT}{V_m} = \frac{20 A_n}{Q_{min}} \quad (21)$$

Em que:

RT = razão de trânsito (ft.s⁻¹);

Vm = velocidade média de escoamento (ft.s⁻¹);

An = área do bico (pol²);

rb = velocidade relativa próximo ao fundo (ft.s⁻¹);

h1 = pressão atmosférica na superfície da água (ft H₂O);

V1 = volume do amostrador (ft³);

rs = velocidade relativa próximo à superfície (ft.s⁻¹);

Qmax = volume máximo da amostra (ft³);

Qmin = volume mínimo da amostra (ft³); e

dc = 15 ft (4,56m) para o perfil de velocidade indicado pelos autores (Tabela 10).

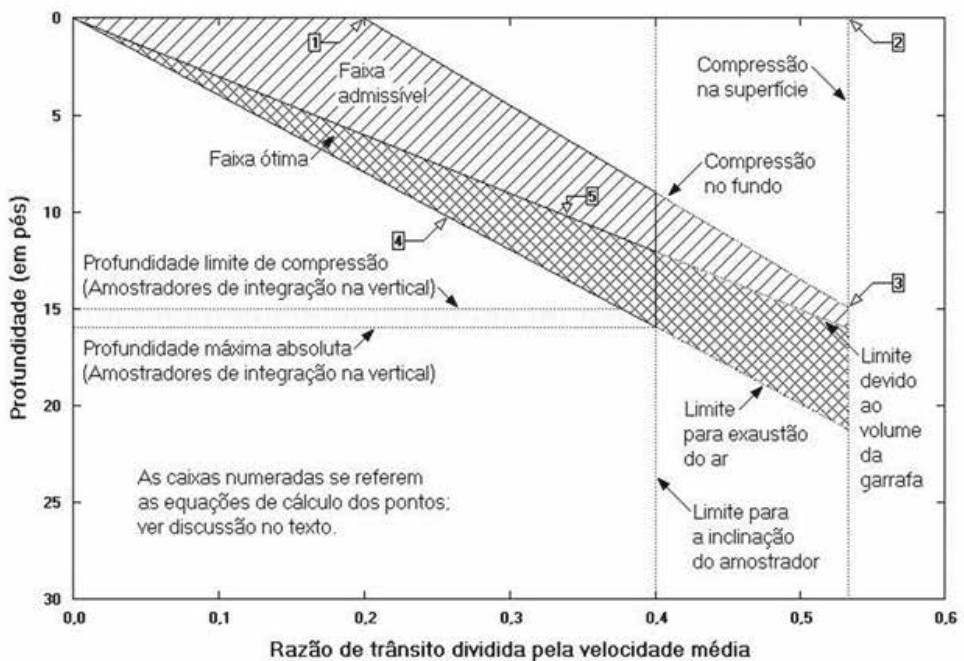


Figura 41. Gráfico para determinação da velocidade de trânsito

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1970)

Tabela 10. Perfil de velocidade adotado no cálculo do método USGS

Profundidade relativa	Velocidade relativa (Vr) ¹
0,0 (Superfície)	1,16 (rs)
0,1	1,17
0,2	1,16
0,3	1,15
0,4	1,10
0,5	1,05
0,6	1,00
0,7	0,94
0,8	0,84
0,9	0,67
1,0 (leito)	0,50 (rb)

Vr = velocidade relativa à velocidade média.

Fonte: Edwards e Glysson (1970)

Nas Figuras 42 a 50 são apresentados os gráficos do método USGS para coletores com recipiente de volume um *pint*, um *quarter* e um litro. Esses valores podem ser estimados pelas fórmulas 29 a 33, tendo como base as seguintes informações:

- Ab = área do bico (Tabela 7);
- rb = velocidade relativa ao leito (Tabela 10);
- rs = velocidade relativa próximo à superfície (Tabela 10);
- Vm = velocidade média de escoamento (velocidade média da vertical);
- V1 = volume do amostrador (Tabela 6);
- Qmax = volume máximo da amostra (Tabela 6);
- Qmin = volume mínimo da amostra (Tabela 6);
- h1 = pressão atmosférica na superfície da água (ft H₂O).

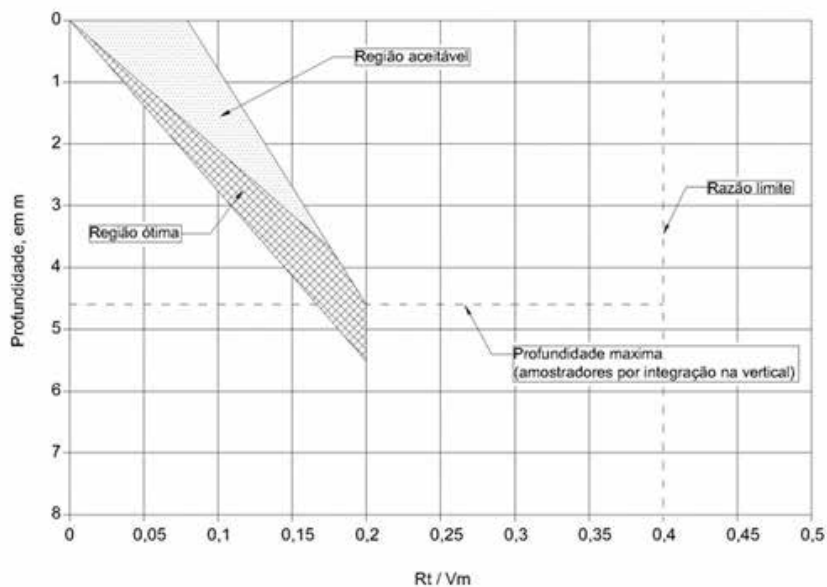


Figura 42. Relação R_t/V_m para recipiente 1 pint e bico 1/8"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

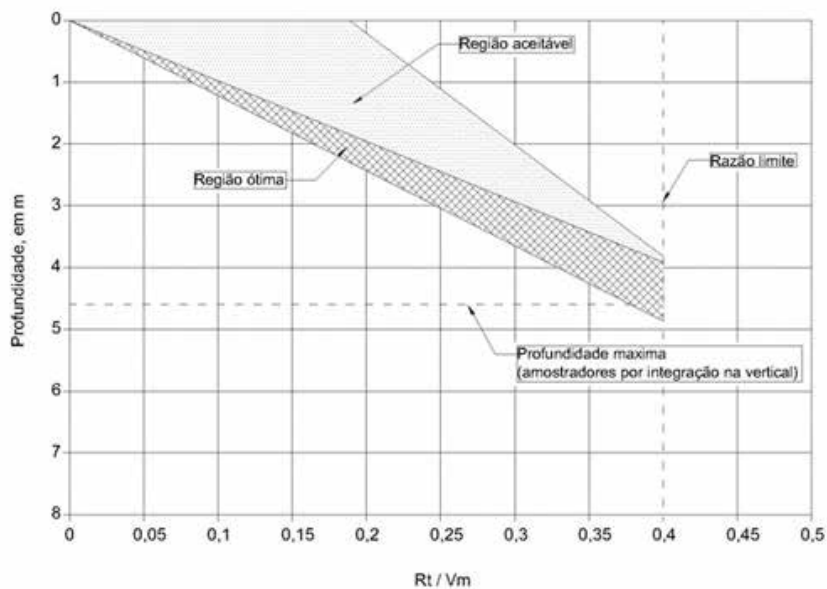


Figura 43. Relação R_t/V_m para recipiente 1 pint e bico 3/16"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

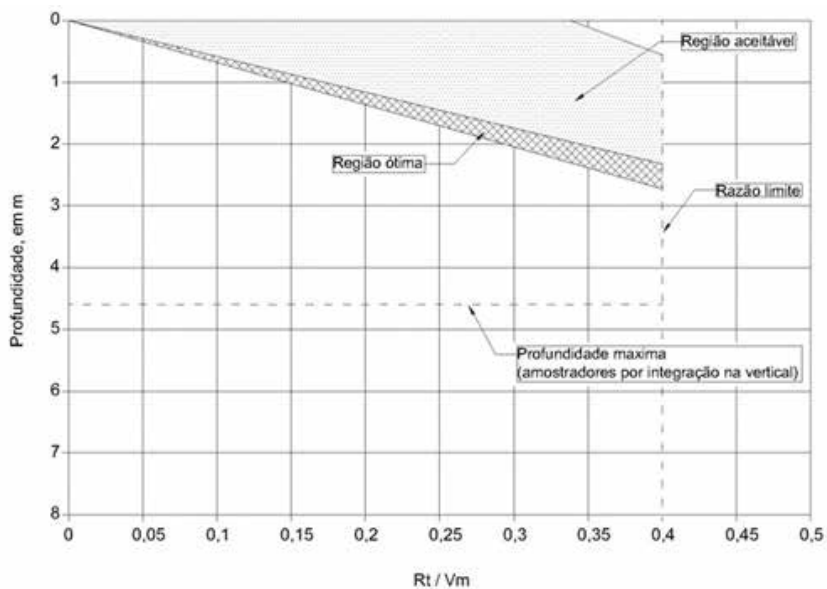


Figura 44. Relação R_t/V_m para recipiente 1 pint e bico 1/4"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

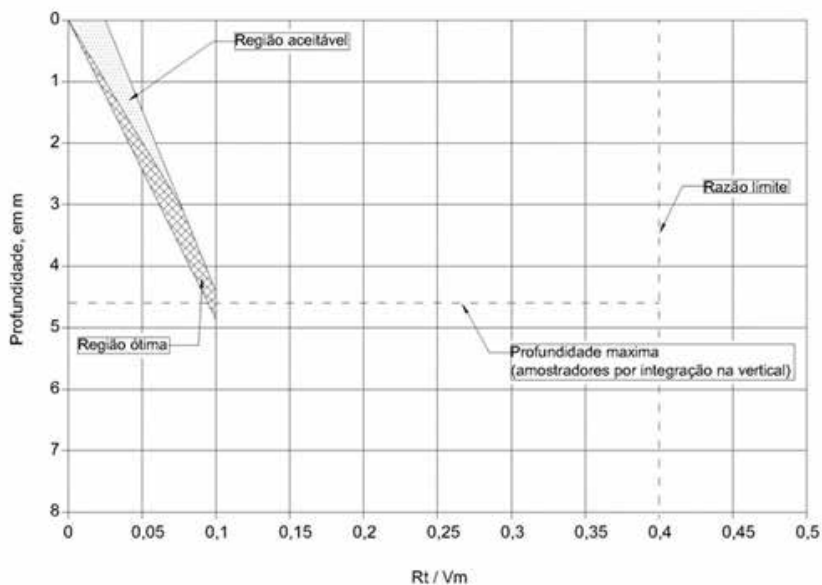


Figura 45. Relação R_t/V_m para recipiente 1 quarter e bico 1/8"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

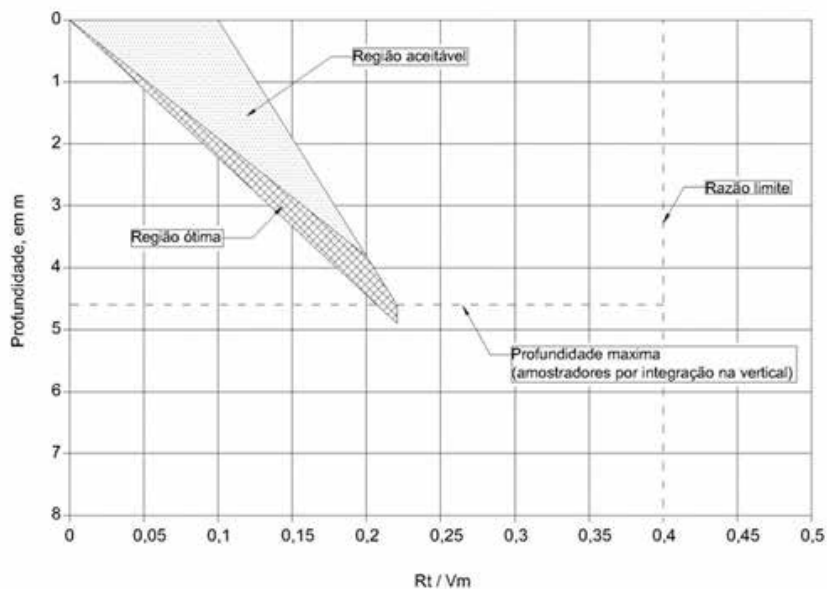


Figura 46. Relação R_t/V_m para recipiente 1 quarter e bico 3/16"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

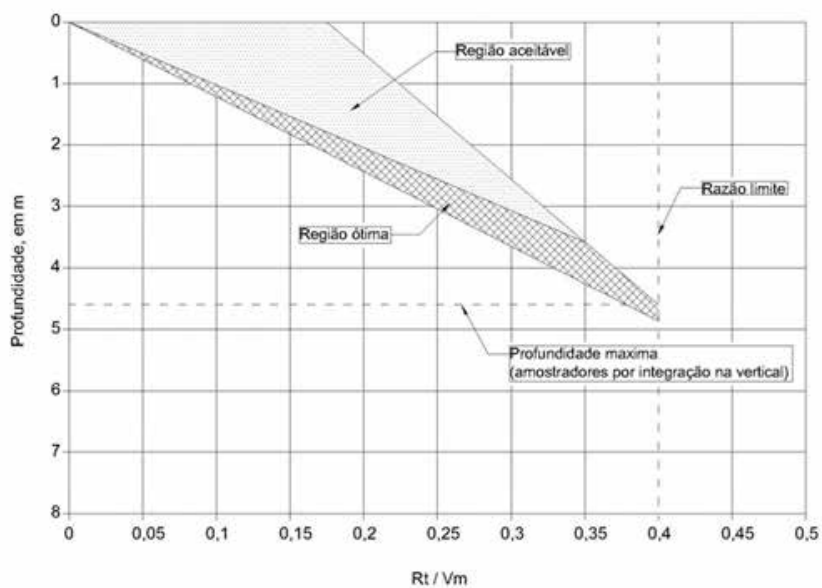


Figura 47. Relação R_t/V_m para recipiente 1 quarter e bico 1/4"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

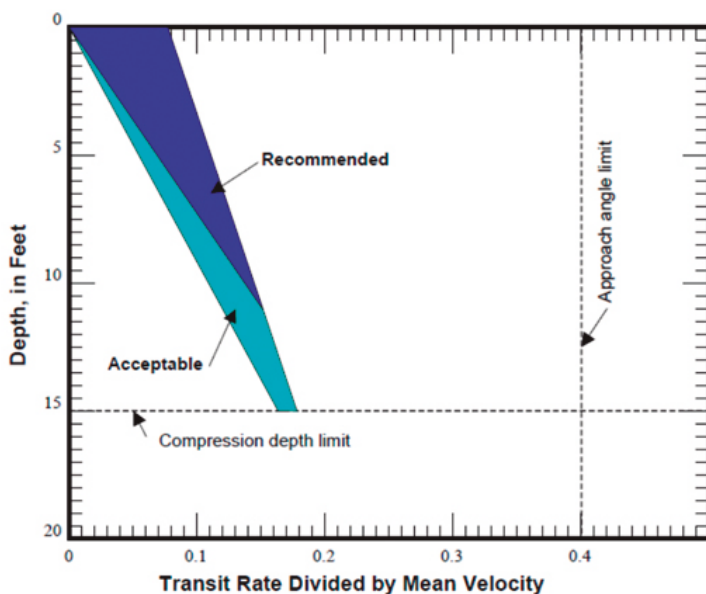


Figura 48. Relação RT/Vm para amostrador USDH-81 com recipiente 1litro e bico 3/16. O volume total do amostrador é de 1215ml, no entanto, o volume máximo recomendado é 800ml e o volume máximo aceitável é de 1000ml e bico 1/4"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

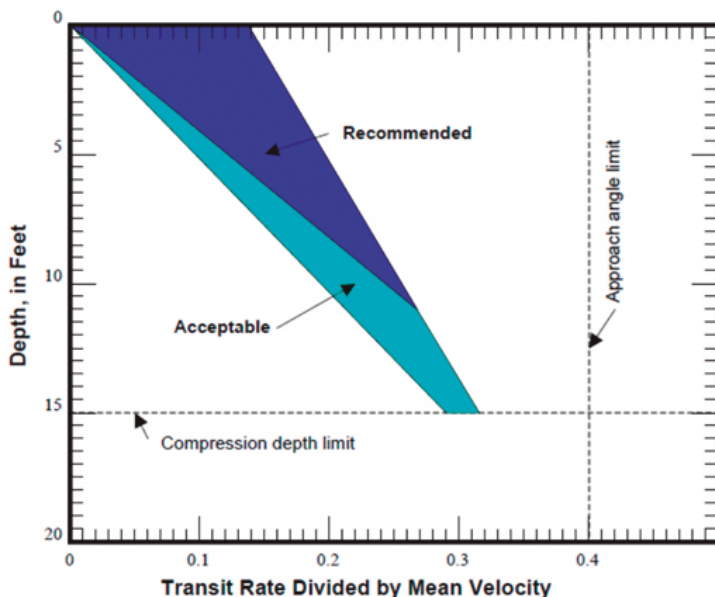


Figura 49. Relação RT/Vm para amostrador USDH-81 com recipiente 1litro e bico 1/4"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

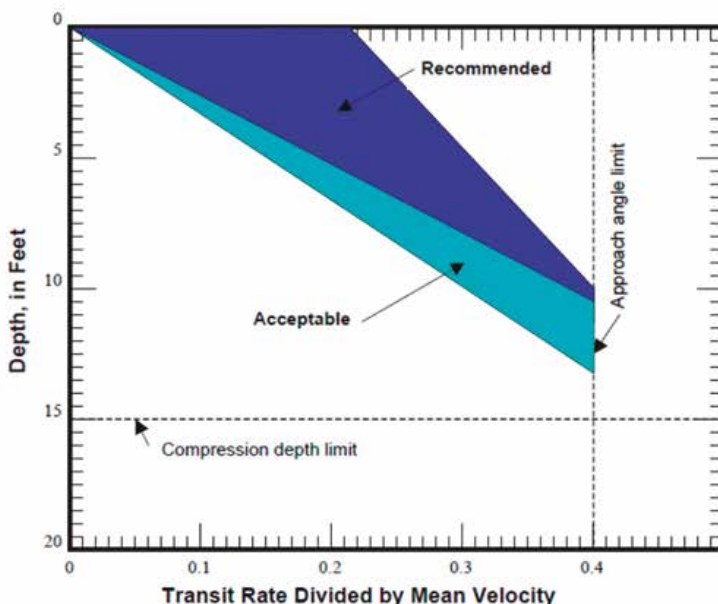


Figura 50. Relação RT/V_m para amostrador USDH-81 com recipiente 1litro e bico 5/16"

Fonte: Adaptado de Edwards e Glysson (1999)

Back e Lopes (2020) avaliaram a influência da pressão atmosférica na amostragem de sedimentos em suspensão com amostradores de contêineres rígidos, onde os autores destacam que o limite de 15 pés (4,6m) foi estabelecido considerando a pressão ao nível do mar. Para diferentes altitudes os valores da profundidade máxima de amostragem são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Pressão atmosférica e profundidade máxima de amostragem

Altitude (m)	Pressão atmosférica			Profundidade máxima de amostragem		
	(kPa)	(ft H_2O)	(m)	(ft)	(m)	
0	101,3	33,89 (34)*	10,33	14,96 (15)*	4,57	
400	96,6	32,34	9,86	14,23	4,33	
800	92,2	30,85	9,40	13,57	4,13	
1200	7,9	29,41	8,96	12,93	3,94	

*Valor considerado nos trabalhos de Edwards e Glysson (1989)

Fonte: Back e Lopes (2020)

Neste método, pode-se estabelecer a razão de trânsito máxima e mínima segundo os limites da Figura 41. O tempo mínimo de amostragem é determinado por:

$$T_{min} = \frac{2P_{ef}}{RT_{max}} \quad (22)$$

$$T_{max} = \frac{2P_{ef}}{RT_{min}} \quad (23)$$

Em que:

T_{min} = tempo mínimo de amostragem (s);

T_{max} = tempo máximo de amostragem (s);

P_{ef} = profundidade efetiva (m);

RT_{max} = razão de trânsito máxima; e

RT_{min} = razão de trânsito mínima ($m.s^{-1}$).

Quando forem utilizados amostradores com recipientes não rígidos (tipo amostrador de saca) não é necessário considerar o limite máximo de compressão.

Nesta condição o tempo mínimo é estimado como:

$$T_{min} = \frac{2P_{ef}}{K_b V} \quad (24)$$

Em que K_b é um coeficiente com valor:

$K_b = 0,20$ para o bico 1/8" e

$K_b = 0,40$ para os bicos 3/16" e 1/4" e 5/16".

O tempo máximo é estimado como:

$$T = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel} \quad (25)$$

Em que:

T = tempo (segundos);

Vol = volume da amostra (ml);

D = diâmetro do bico (mm);

Vel = velocidade média na vertical ($m.s^{-1}$).

3.9 Métodos de amostragem

Os métodos mais recomendados para coleta de sedimentos em suspensão são as amostragens por IIL e IID. Esses dois métodos requerem o conhecimento prévio das velocidades e profundidades, e o método do IID requer ainda a distribuição da vazão ao longo da seção. Além disso, tais métodos têm a vantagem de permitir a junção de várias

amostras, originando uma única análise no laboratório. O método de uma única vertical é somente usado em pequenos cursos d'água e os métodos dos três pontos podem ser usados em seções em que se conhece a distribuição de sedimentos.

3.9.1 Amostragem por Igual Incremento de Largura (IIL)

Neste método, a seção transversal é dividida em vários segmentos de igual largura, de onde serão coletadas subamostras. A velocidade de trânsito deve ser a mesma em cada vertical, e assim as subamostras terão volumes diferentes e proporcionais à vazão do segmento (Figura 51).

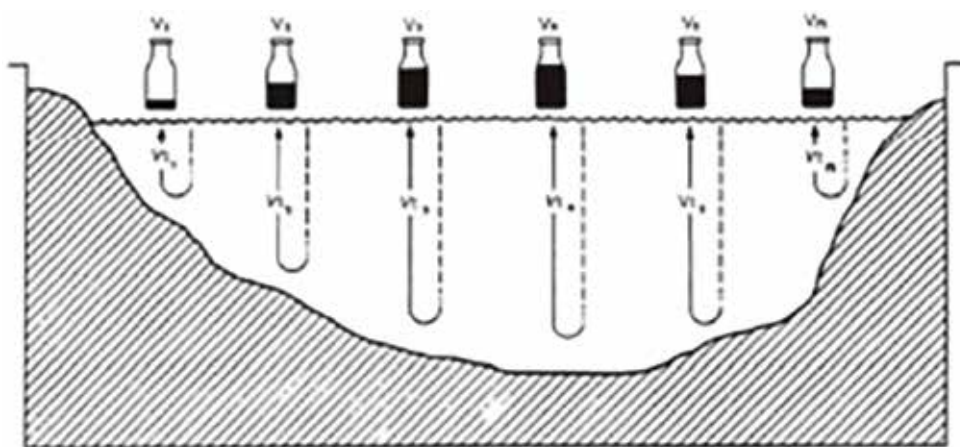


Figura 51. Representação da amostragem por igual incremento de largura

Fonte: Edwards e Glysson (1988)

No Guia de Práticas Sedimentométricas (Carvalho *et al.*, 2000) é recomendado que as amostragens de sedimentos sejam realizadas em um mínimo de 10 verticais e no máximo 20 verticais.

Para a definição da amostragem de sólidos em suspensão deve-se antes efetuar uma medição da descarga líquida (vazão). Com os dados da medição de vazão procedem-se aos seguintes passos:

- 1) Definir as verticais de amostragem. Em geral usa-se a metade das verticais usadas no cálculo da vazão. Como os amostradores de garrafa possuem um limite de profundidade de 4,5m e a medição deve deixar uma zona não amostrada, considera-se a profundidade efetiva como:

$$P_{ef} = P - h_o \quad (26)$$

Onde:

P_{ef} = profundidade efetiva (m);

P = profundidade da vertical (m);

h_o = profundidade não amostrada (m) (Tabela 5);

Sendo $P_{ef} \leq P_a$

Onde

P_a = profundidade de amostragem (m).

2) Calcular o índice J dado por:

$$J = P_{ef} V \quad (27)$$

3) Escolher entre as verticais definidas a de maior índice J.

No exemplo da tabela 12 é a vertical 10.

4) Calcular a razão de trânsito máxima em função do limite de inclinação.

$$RT_{\max} = K_b V_m \quad (28)$$

No exemplo, para bico 3/16" e velocidade de 1,374 m.s⁻¹:

$$RT_{\max} = 0,4 \times 1,374 = 0,55 \text{ m.s}^{-1}$$

5) Calcular a razão de trânsito máxima em função do limite de compressão (Figura 43).

Para profundidade de 1,58 a relação V_t/V_m é de 0,32.

6) Calcular a razão de trânsito máxima em função do volume mínimo (Figura 43).

Para profundidade de 1,58 a relação V_t/V_m é de 0,16.

Neste exemplo, a razão de trânsito máxima é limitada pelo volume mínimo (menor relação V_t/V_m), então a razão de trânsito máxima é calculada como:

$$RT_{\max} = V_t/V_m * V_m = 0,16 * 1,374 = 0,22$$

7) Calcular o tempo mínimo de amostragem para a vertical selecionada:

$$T_{\min} = \frac{2 P_{ef}}{RT_{\max}} = \frac{2 * 1,58}{0,22} = 14,3 \text{ s}$$

Calcular a razão de trânsito mínimo em função do volume máximo (Figura 43).

Para profundidade de 1,58 a relação V_t/V_m é de 0,135.

$$RT_{\min} = 0,135 \times 1,374 = 0,185$$

8) Calcular o tempo máximo de coleta em função da razão de trânsito mínima:

$$T_{\max} = \frac{2 P_{ef}}{RT_{\min}} = \frac{2 * 1,58}{0,185} = 17,1$$

O tempo máximo também pode ser calculado pela fórmula:

$$T_{max} = \frac{4 Vol}{\pi D_b^2 V_m} = \frac{4 * 420}{\pi (4,762)^2 1,374} = 17,1s$$

9) Medir o tempo gasto para a coleta da amostra na vertical escolhida como padrão (tp):

Exemplo tp = 16 s

10) Para as demais verticais os tempos máximos e mínimos serão dados pela equação 29:

$$T_{min} = \frac{P_{ef}}{P_{ef_p}} t_p \quad (29)$$

Em que:

ti = tempo de amostragem da vertical i (s);

Pefi = profundidade efetiva da vertical i (m);

Pef_p = profundidade efetiva da vertical padrão (m);

tp = tempo de amostragem da vertical padrão (s);

t_{máximo} = t_{mínimo} x 1,0

11) O volume esperado de cada amostra é estimado por:

$$Vol = \frac{Vol_{vp} P_{ef} V}{P_{ef_{vp}} V_{vp}} \quad (30)$$

Em que:

Vol = volume esperado (ml);

Vol_{vp} = volume coletado na vertical padrão (ml);

Pef = profundidade efetiva da vertical (m);

V = velocidade média na vertical;

P_{vp} = profundidade efetiva da vertical padrão (m);

V_{vp} = velocidade média da vertical padrão (m.s⁻¹).

No exemplo, sendo coletado o volume de 400ml na vertical padrão, o volume esperado para a vertical 8 é dado por:

$$Vol = \frac{400 * 1,33 * 1,456}{1,58 * 1,374} = 359,8 ml$$

Tabela 12. Exemplo de aplicação do método IIL

PI	Dist. (m)	Prof. (m)	Vel (m.s ⁻¹)	Pef (m)	J (m ² .s ⁻¹)	Tmin (s)	Tmax (s)	Vol esperado (ml)
1	3	0	0	0	0,00	-	-	-
2	6	0,82	0,155	0,71	0,11	7,2	7,9	20,6
3	9	1,05	0,233	0,94	0,22	9,5	10,5	40,4
4	12	1,23	0,532	1,12	0,60	11,3	12,5	109,8
5	15	1,32	0,764	1,21	0,92	12,3	13,5	170,3
6	18	1,28	1,156	1,17	1,35	11,8	13,0	249,2
7	21	1,41	1,322	1,3	1,72	13,2	14,5	316,7
8	24	1,44	1,456	1,33	1,94	13,5	14,8	356,8
9	27	1,58	1,238	1,47	1,82	14,9	16,4	335,3
10	30	1,69	1,374	1,58	2,17	16,0	17,6	400,0
11	33	1,72	1,285	1,61	2,07	16,3	17,9	381,2
12	36	1,53	1,153	1,42	1,64	14,4	15,8	301,7
13	39	1,48	0,942	1,37	1,29	13,9	15,3	237,8
14	42	1,38	0,873	1,27	1,11	12,9	14,1	204,3
15	45	1,28	0,785	1,17	0,92	11,8	13,0	169,23
16	48	1,32	0,722	1,21	0,87	12,3	13,5	161,0
17	51	1,2	0,684	1,09	0,75	11,0	12,1	137,4
18	54	1,12	0,621	1,01	0,63	10,2	11,3	115,6
19	57	0,92	0,488	0,81	0,40	8,2	9,0	72,8
20	60	0,45	0,422	0,34	0,14	3,4	3,8	26,4
21	63	0,42	0,384	0,31	0,12	3,1	3,5	21,9
22	65	0	0,000			0,0	0,0	0,0
Soma								3828,0

Fonte: Do autor (2025)

3.9.2 Amostragem por Igual Incremento de Descarga (IID)

O método do IID exige o conhecimento prévio da velocidade e das vazões em cada subamostra. Consiste em subdividir a vazão total em partes iguais, de acordo com o número de verticais de onde se pretende retirar a amostra. Cada amostra representa uma parte igual da vazão e o volume amostrado será igual em todas as verticais (Figura 52).

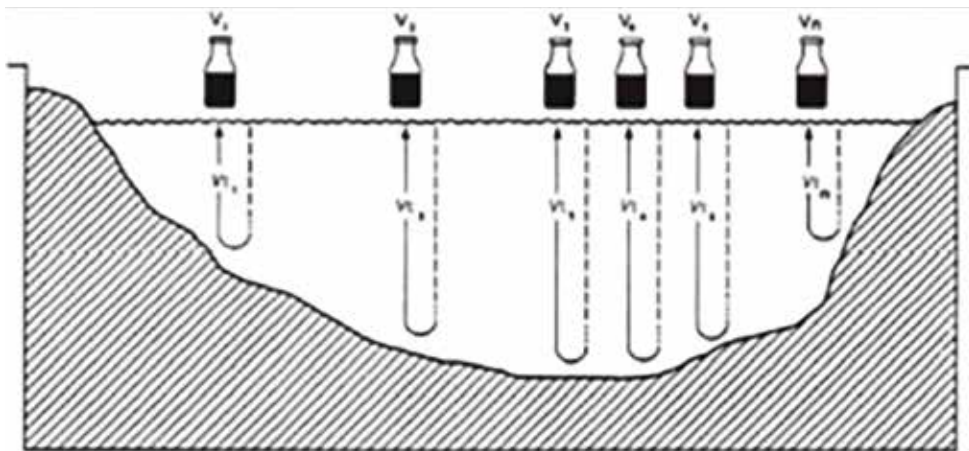


Figura 52. Representação do método do Igual Incremento de Descarga

Fonte: Edwards e Glysson (1988)

Para cada amostra deverá ser ajustada a razão de trânsito em função da velocidade de escoamento e profundidade. As amostras poderão ser misturadas no laboratório e constituir uma única análise.

Para este método, Edwards e Glysson (1999) recomendam a coleta de um mínimo de quatro e no máximo nove verticais. No Brasil, tem-se utilizado o mínimo de cinco verticais e o número máximo de verticais varia em função da largura do rio e das exigências do laboratório, em relação ao volume das amostras. Para a determinação da análise de concentração de sedimentos é suficiente coletar amostra em cinco verticais, porém, para a determinação da granulometria deve-se aumentar o número de verticais.

O procedimento para a coleta pode ser resumido nos seguintes passos:

- 1) Determinar a análise de descarga líquida. Recomenda-se calcular a vazão pelo método da seção média (Tabela 13).
- 2) Elaborar gráfico (Figura 53) com a profundidade (m), a vazão acumulada (%) e a velocidade (m.s^{-1}) em função da distância (m).
- 3) Determinar o número de amostras a ser adotado. Com a relação entre a vazão total e o número de amostras obtém-se a percentagem acumulada da vazão. Para cada semi-intervalo obtém-se no gráfico as posições de amostragem com as respectivas velocidades e profundidades.

Tabela 13. Vazão pelo método da Seção Média

Vertical	Dist. (m)	Prof. (m)	Vel (m.s ⁻¹)	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	Vazão (%)	Vazão acumulada (%)
1	3	0	0	0,000	0,0	0,0
2	6	0,82	0,155	0,095	0,1	0,1
3	9	1,05	0,233	0,544	0,8	0,9
4	12	1,23	0,532	1,308	1,9	2,9
5	15	1,32	0,764	2,479	3,7	6,6
6	18	1,28	1,156	3,744	5,6	12,1
7	21	1,41	1,322	4,999	7,4	19,5
8	24	1,44	1,456	5,938	8,8	28,4
9	27	1,58	1,238	6,102	9,1	37,4
10	30	1,69	1,374	6,406	9,5	46,9
11	33	1,72	1,285	6,800	10,1	57,0
12	36	1,53	1,153	5,943	8,8	65,8
13	39	1,48	0,942	4,729	7,0	72,8
14	42	1,38	0,873	3,893	5,8	78,6
15	45	1,28	0,785	3,308	4,9	83,5
16	48	1,32	0,722	2,939	4,4	87,9
17	51	1,2	0,684	2,657	3,9	91,8
18	54	1,12	0,621	2,271	3,4	95,2
19	57	0,92	0,488	1,697	2,5	97,7
20	60	0,45	0,422	0,935	1,4	99,1
21	63	0,42	0,384	0,526	0,8	99,9
22	65	0	0,000	0,081	0,1	100,0
Soma				67,394	100	

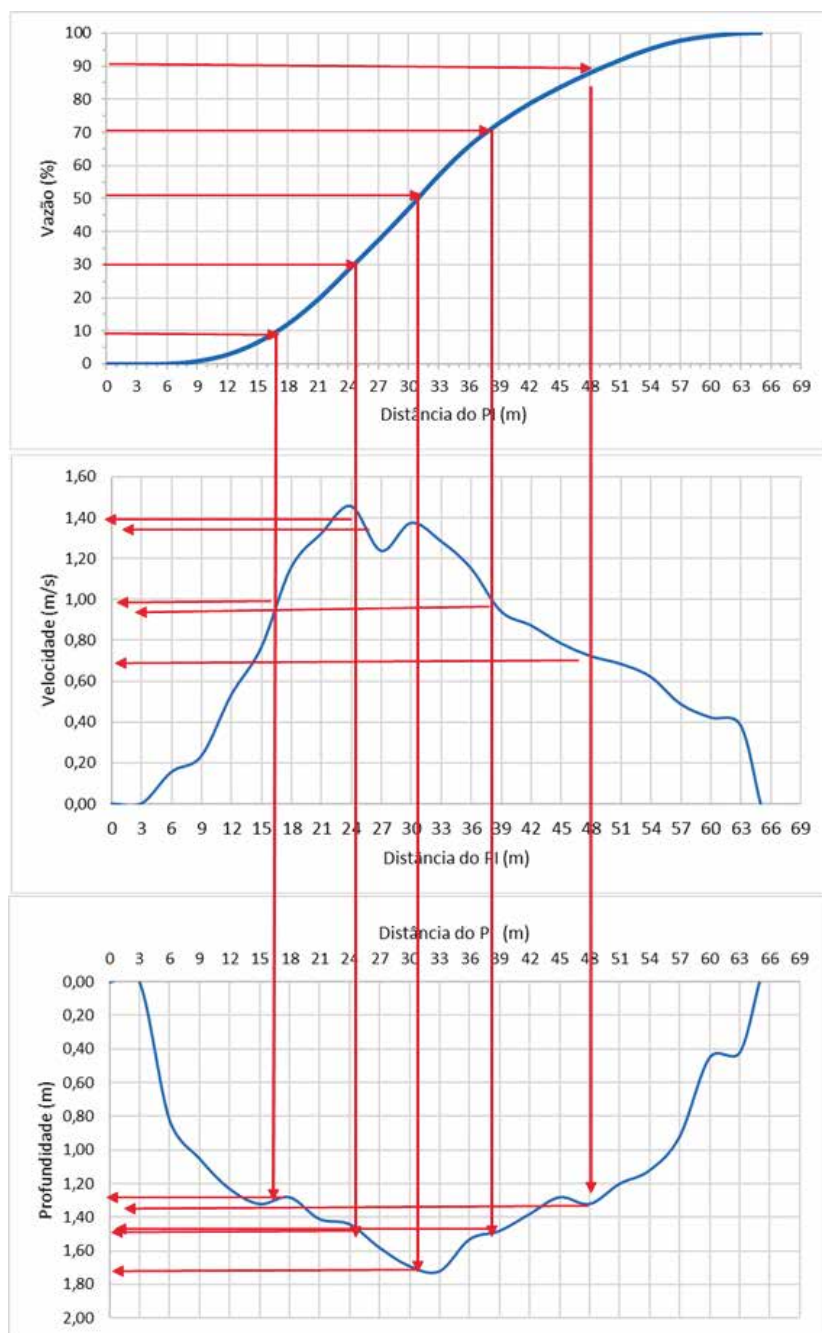


Figura 53. Gráfico Q x L; V x L e P x L para determinação dos pontos de coleta no método IIQ
Fonte: Do autor (2025)

No exemplo, pretende-se coletar 5 amostras correspondendo a 20 % da vazão, assim, entrando com as vazões acumuladas de 10, 30, 50, 70 e 90 % no gráfico obtêm-se as respectivas distâncias, velocidades e profundidades de amostragem, conforme Tabela 14.

Tabela 14. Exemplo do método IID

Amostra	Vazão (%)	Distância do PI (m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Profundidade (m)
1	10	16,8	0,98	1,30
2	30	24,5	1,42	1,46
3	50	30,9	1,35	1,70
4	70	37,8	1,00	1,50
5	90	49,6	0,70	1,26

Fonte: Do autor (2025)

4) Com base na velocidade média das verticais de amostragem define-se a razão de trânsito máxima e com os dados de profundidade determina-se o tempo mínimo de amostragem.

5) Considerando a amostra 1 com amostrador e garrafa com volume máximo de 420ml e volume mínimo de 350ml e bico de 3/16 tem-se:

- Calcular a razão de trânsito máxima em função do limite de inclinação;

$$RT_{\max} = Kb Vm = 0,4 \times 0,984 = 0,392 \text{ m.s}^{-1}$$

- Calcular a razão de trânsito em função do limite de compressão (Figura 43);

Para profundidade efetiva de 1,19 a relação Vt/Vm é de 0,29

- Calcular a razão de trânsito máxima em função do volume mínimo (Figura 43).

Para profundidade de 1,19 a relação Vt/Vm máximo é de 0,12

Neste caso, o limitante é o volume mínimo, então a razão de trânsito máxima é calculada como:

$$RT_{\max} = Vt/Vm * Vm = 0,12 * 0,98 = 0,1176$$

6) Calcular o tempo mínimo de amostragem para a vertical selecionada:

$$T_{\min} = \frac{2P_{ef}}{RT_{\max}} = \frac{2 * 1,19}{0,1176} = 20,2s$$

7) Calcular a razão de trânsito mínima em função do volume máximo (Figura 43).

Para profundidade de 1,19 a relação Vt/Vm mínima é de 0,10

$$RT_{\min} = 0,10 \times 0,98 = 0,098$$

$$T_{max} = \frac{2Pe_f}{RT_{min}} = \frac{2 * 1,19}{0,098} = 24,2s$$

Ou

$$T_{max} = \frac{4 Vol}{\pi D_b^2 V} = \frac{4 * 420}{\pi (4,762)^2 0,98} = 24,1s$$

Procedendo para as demais verticais obtêm-se os valores conforme a Tabela 1.

Tabela 15. Exemplo do método IID

Amostra	Vazão (%)	Distância (m)	Velocidade (m.s ⁻¹)	Profundidade (m)	Tempo mínimo (s)	Tempo máximo (s)
1	10	16,8	0,98	1,30	20	24
2	30	24,5	1,42	1,46	14	17
3	50	30,9	1,35	1,70	15	18
4	70	37,8	1,00	1,50	19	23
5	90	49,6	0,70	1,26	28	34

Fonte: Do autor (2025)

Com o tempo mínimo de amostragem escolhe-se o bico a ser utilizado, que não precisa necessariamente ser o mesmo para todas as verticais. As amostras devem ser coletadas contendo aproximadamente 400cm³.

3.10 Eficiência de amostragem

No desenvolvimento dos amostradores e dos bicos é levada em conta a eficiência de amostragem. Essa eficiência varia de acordo com a velocidade do fluxo no ponto de coleta, por isso, para cada amostrador é definida uma velocidade máxima e mínima de operação. Estes valores são baseados em testes de laboratório e considerando os limites de tolerância da eficiência de 90 a 110%. Na Figura 54 está representado um resumo destes testes.

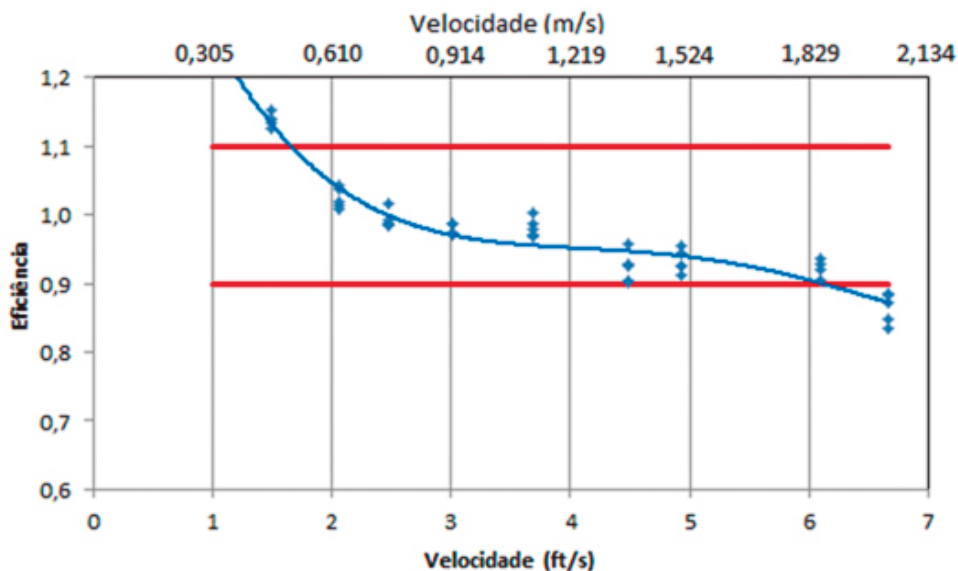


Figura 54. Eficiência do amostrador D-95, 3/16"

Fonte: Adaptado de (USGS)

A eficiência da amostragem pode ser avaliada pela relação entre a velocidade de entrada da solução água-sedimento no bico e a velocidade média na vertical.

A velocidade de entrada da solução água-sedimento no bico pode ser calculada, conforme a equação 31:

$$V_b = \frac{V_{col}}{A_b t 100} \quad (31)$$

Em que:

V_b = velocidade de entrada no bico ($m.s^{-1}$);

V_{col} = volume coletado (ml);

A_b = área do bico (mm^2);

t = tempo gasto na coleta (s).

A eficiência de amostragem é calculada como:

$$E_a = \frac{V_b}{v} 100 \quad (32)$$

Em que:

E_a = eficiência de amostragem (%);

V_b = velocidade de entrada no bico ($m.s^{-1}$);

V = velocidade média na vertical ($m.s^{-1}$).

Exemplo: Considerando que foi coletada a amostra da vertical 8 do exemplo da Tabela 13 com 14 segundos e volume de 400ml, a eficiência e amostragem é:

$$V_b = \frac{400}{\left(\frac{\pi 4,762^2}{4}\right) 14 \cdot 100} = 1,26 m.s^{-1}$$
$$E_a = \frac{1,26}{1,33} 100 = 94,7\%$$

3.11 Avaliação da medição

No método do Igual Incremento de Largura (IIL), a velocidade de trânsito em cada uma das verticais deve ser a mesma. Assim, também pode-se avaliar a amostragem calculando a velocidade de trânsito de cada vertical conforme:

$$V_T = \frac{2 P_{ef}}{T_g} \quad (33)$$

Em que:

V_T = velocidade de trânsito ($m.s^{-1}$);

P_{ef} = profundidade efetiva da vertical (m);

T_g = tempo gasto na vertical (s).

A diferença da velocidade de trânsito da vertical em relação à velocidade de trânsito da vertical padrão é calculada por:

$$Dif = \left(\frac{V_T - V_{Tvp}}{V_{Tvp}} \right) 100 \quad (34)$$

Em que:

Dif = diferença da velocidade de trânsito na vertical em relação a velocidade de trânsito da vertical padrão (%);

V_T = velocidade de trânsito ($m.s^{-1}$);

V_{Tvp} = velocidade de trânsito na vertical padrão ($m.s^{-1}$);

O coeficiente K é calculado por:

$$K = \frac{V_t}{V_{tvp}} \quad (35)$$

Em que:

V_t = velocidade de trânsito ($m.s^{-1}$);

V_{tvp} = velocidade de trânsito na vertical padrão ($m.s^{-1}$).

3.12 Volume mínimo da amostra

Volume mínimo da amostra coletada em função da profundidade na vertical pode ser calculado por:

$$Vol_{min} = \frac{\pi D_b^2}{4} V_m \frac{2 P_{ef}}{V_{Tmax}} \quad (36)$$

$$Vol_{min} = \frac{\pi D_b^2}{4} V_m \frac{2 P_{ef}}{K_b V_m} \quad (37)$$

$$Vol_{min} = \frac{\pi D_b^2}{4} \frac{2 P_{ef}}{K_b} \quad (38)$$

Exemplo: Para a profundidade de 3,0m e usando o bico 1/4" o volume mínimo da amostra coletada é de:

$$Vol_{min} = \frac{\pi(4,762)^2}{4} \frac{2 * 3}{0,40} = 475 \text{ cm}^3$$

Observe que este valor é superior ao volume máximo da garrafa de 1 *pint*, e portanto, não poderia ser usado.

3.13 Tempo restante para amostra complementar

Em algumas situações, principalmente quando se utilizam amostradores de saca em baixa velocidade, o volume da amostra obtido pode ser muito inferior ao desejado. Nestes casos, pode-se descartar a amostra e coletar uma nova amostra ou coletar uma amostra complementar. O tempo de amostragem da amostra complementar (tempo restante) é proporcional ao tempo gasto na coleta da amostra e o volume coletado, isto é:

$$T_{rest} = \frac{Vol_{col}}{Vol_{des}} t_{gasto} \quad (39)$$

Em que:

T_{rest} = tempo restante (segundos);

Vol_{col} = volume coletado da amostra (ml);

Vol_{des} = volume desejado da amostra (ml);

t_{gasto} = tempo gasto na coleta (segundos).

3.14 Tempo máximo

O tempo máximo de uma coleta é o tempo que leva para encher o volume do amostrador e pode ser estimado por:

$$T_{max} = \frac{4Vol}{\pi (D_b)^2 V} \quad (40)$$

Em que:

T_{max} = tempo máximo (segundos);

Vol = volume da amostra (ml);

D_b = diâmetro do bico (mm);

V = velocidade média na vertical ($m.s^{-1}$).

3.15 Calibração do amostrador

O amostrador deve ser calibrado no campo periodicamente. Para esta calibragem deve-se ter um molinete, um cronômetro e uma proveta de 1000ml. O processo de calibragem pode ser descrito nos seguintes passos:

- 1) Medir a velocidade de escoamento num ponto conhecido. Para isso posiciona-se o molinete a uma profundidade conhecida, por exemplo, a 20cm, deixando um tempo de t segundos. Com os valores de rotações e a equação do molinete determina-se a velocidade de escoamento;

Exemplo: Adotando $t = 60$ segundos obteve-se 125 rotações

$$N = 125/60 = 2,0833$$

Para a equação do molinete $V = 0,0034 + 0,26257 N$

$$V = 0,0034 + 0,2657 (2,0833) = 0,5569 (m.s^{-1}).$$

- 2) Posicionar o amostrador no mesmo ponto onde foi medida a velocidade;

- 3) Calcular o tempo máximo previsto para o enchimento do recipiente;

Por exemplo, para o bico 3/16", com velocidade de $0,5569 m.s^{-1}$ o tempo máximo para o volume de $400 cm^3$ é dado por:

$$T_{max} = 4V/\pi D^2 V = 40,33 \text{ segundos.}$$

- 4) Fixar um tempo T de coleta inferior ao tempo máximo, por exemplo, $t = 35$ segundos;

- 5) Medir o volume V coletado no tempo t, por exemplo, volume medido $338 cm^3$;

- 6) Calcular a velocidade no bico V_b como:

$$V_b = \frac{Vol}{A_b T 100} \quad (41)$$

Em que:

V_b = velocidade no bico ($m.s^{-1}$);

Vol = volume coletado (cm^3);

A_b = área do bico (cm^2);

T = tempo de amostragem (segundos).

A eficiência hidráulica é dada pela expressão:

$$E_a = \frac{V_b}{V} \quad (42)$$

De acordo com Carvalho (1994), o valor da eficiência hidráulica deve estar próximo de 0,95 para um bom amostrador. Se a eficiência hidráulica ficar abaixo de 0,90 é necessário verificar se o bico tem defeito na entrada ou alguma irregularidade interna. Neste caso, deve ser substituído.

No exemplo:

$$V_b = \frac{338}{0,178139 * 35 * 100} = 0,5421 \text{ m.s}^{-1}$$

$$E_a = \frac{0,5121}{5569} = 0,973 = 97,3\%$$

3.16 Correção da profundidade em função do ângulo de arraste

Quando a velocidade do fluxo é alta e o amostrador (ou molinete) não tem o lastro com o peso adequado, este tende a ser arrastado pela água, medindo-se profundidades maiores (d_{ob}) do que as profundidades reais (d). Pode-se corrigir este valor em função do ângulo de arraste ou ângulo de inclinação do cabo (φ) (Figura 55).

O fator de correção que se aplica leva em conta tanto o ângulo de inclinação com a vertical como a curvatura da parte submersa, devido à pressão da massa de água em movimento.

O procedimento consiste em medir o ângulo de arraste (φ) e as correções são aplicadas quando o ângulo é superior a 8° , arredondado para números inteiros, e tendo em conta que, de maneira nenhuma, este ângulo deve ser superior a 30° .

A relação entre a profundidade real (d) e a profundidade medida (d_{ob}) baseado no ângulo de arraste (φ) medida e a distância entre a superfície a água e o ponto de suspensão da linha de sondagem (AS) é dada por:

$$d = [d_{ob} - x(\sec(\varphi) - 1)](1 - k) \quad (43)$$

Em que:

d = profundidade corrigida (m);

d_{ob} = profundidade medida (m);

x = distância do ponto de suspensão até o nível d'água (m);

φ = ângulo de arraste (°);

k = fator de correção devido ao ângulo de curvatura (Tabela 16).

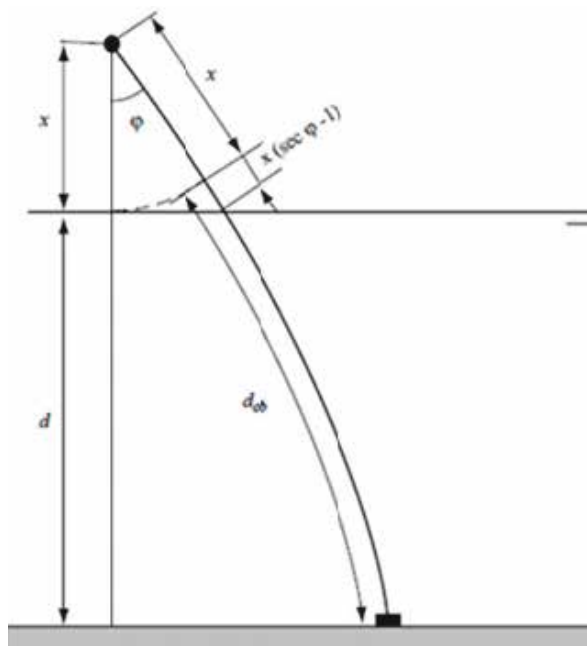


Figura 55. Ângulo de arraste
Fonte: Adaptado de WMO (1994)

Tabela 16. Valores para correção da profundidade em função do ângulo de arraste (φ)

φ (°)	Sec (φ)	$C1 = 1 - \sec(\varphi)$	k	φ (°)	Sec (φ)	$C1 = 1 - \sec(\varphi)$	k
4	1,0024	0,0024	0,0006	22	1,0785	0,0785	0,0248
6	1,0055	0,0055	0,0016	24	1,0946	0,0946	0,0296
8	1,0098	0,0098	0,0032	26	1,1126	0,1126	0,0350
10	1,0154	0,0154	0,0050	28	1,1326	0,1326	0,0408
12	1,0223	0,0223	0,0072	30	1,1547	0,1547	0,0472
14	1,0306	0,0306	0,0098	32	1,1792	0,1792	0,0544
16	1,0403	0,0403	0,0128	34	1,2062	0,2062	0,0620
18	1,0515	0,0515	0,0164	36	1,2361	0,2361	0,0698
20	1,0642	0,0642	0,0204	-	-	-	-

Fonte: Do autor (2025)

Procedimento de campo:

- 1) Zerar o contador de profundidade. Descer o guincho até o amostrador (ou molinete) tocar na superfície da água e anotar a leitura do guincho. Essa leitura corresponde à altura de suspensão (x);
- 2) Zerar novamente o contador do guincho. Submergir o amostrador (ou o molinete) até a profundidade desejada (ou até que o lastro do molinete toque o fundo), o que pode ser observado pela diminuição da tensão do cabo. Anotar o valor que corresponde à distância observada (d_{ob}). Nesta posição se mede o ângulo formado pelo cabo com a respectiva vertical (φ) (Figura 56);

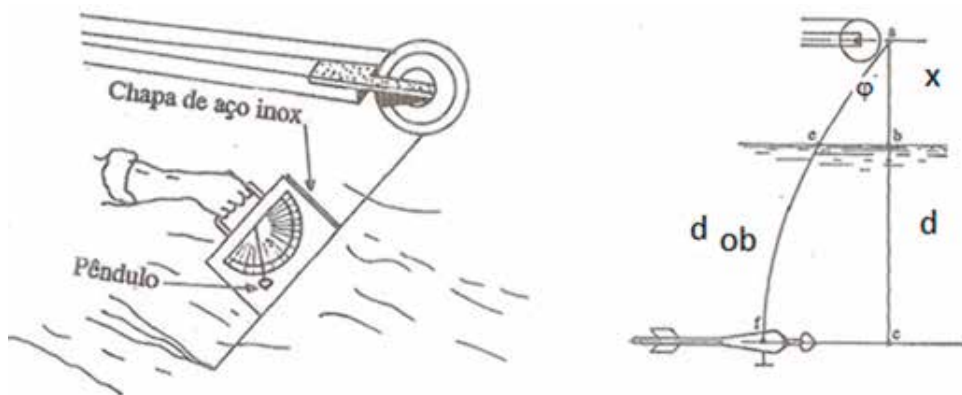


Figura 56. Detalhe da medição de ângulo de arraste
Fonte: Adaptado de Carvalho (2008)

- 3) Com o ângulo de arraste obtêm-se os valores de k e $\sec(\varphi)$ da Tabela 16;
- 4) Calcular a profundidade corrigida pela fórmula 43.

Exemplo: Altura de suspensão 10,27m

Ângulo de arraste 22°

$$d_{ob} = 8,64 \text{ m}$$

Com o ângulo de 22° obtêm-se da tabela 16 os valores:

secante (φ) = 1,0785

$k = 0,0248$

A distância corrigida será:

$$d = [8,64 - 10,27(1,0785 - 1)](1 - 0,0248) = 7,64 \text{ m}$$

3.17 Peso aproximado do lastro

O peso aproximado do lastro pode ser estimado por:

$$P = V \text{ Prof} \quad (44)$$

Em que:

P = peso do lastro (libras);

Vel = velocidade média do fluxo na vertical (ft.s^{-1});

Prof = profundidade média (ft).

Pode-se obter boa aproximação com a equação:

$$P = 5 \times \text{Vel} \times \text{Prof} \quad (45)$$

Em que:

P = peso do lastro (kg);

Vel = velocidade média do fluxo na vertical (m.s^{-1});

Prof = profundidade média (m).

Exemplo: estimar o peso do lastro para a medição de sedimentos em um rio com profundidade de 15m e velocidade de $1,8\text{m.s}^{-1}$.

$$P = 5 \times 1,8 \times 15 = 135 \text{ kg}$$

4 O programa HidroSedimentos

O programa HidroSedimentos 4.0 foi elaborado em linguagem Delphi 12.3, e consta dos seguintes arquivos e pastas (Figura 57):

HidroSedimentos4.0.exe – programa executável.

Pasta Ajudas – Contém os arquivos de ajuda que são usados nas diferentes telas do programa.

Pasta Auxiliares – Contém os arquivos que o programa lê quando executados e também modelos de arquivo para relatórios em formato Excel. Os arquivos auxiliares são:

Rios.txt – arquivo auxiliar para cadastro dos rios, utilizado para geração dos relatórios.

Este arquivo é o mesmo usado no programa Hidromolinetes (Back, 2006), elaborado para medições de vazão com molinetes hidrométricos.

Molinetes.txt – arquivo auxiliar com as equações de calibração dos molinetes hidrométricos.

CurvaChave.txt – arquivo com as curvas-chave para visualização das relações entre cota x vazão. Este arquivo é opcional. (Ver item 4.9).

Pasta Figuras – nesta pasta estão as figuras Logo1.jpg e Logo2.jpg usadas nos relatórios. Algumas figuras que são usadas nos relatórios são gravadas nesta pasta (Ver item 4.8).

Pasta Manual – com o manual do programa.

Pasta Medições – contendo as subpastas com exemplos de arquivos para entrada de dados.

Pasta Relatórios – nesta pasta serão gravados os relatórios.

Pasta Últimas medições – nesta pasta constam os arquivos (opcionais) das últimas medições salvas. (Ver item 4.9).

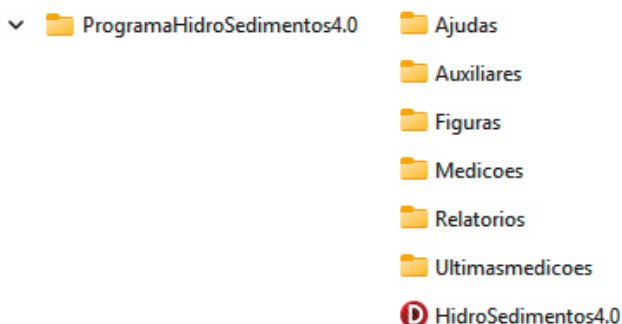


Figura 57. Arquivos e pastas do programa HidroSedimentos 4.0

Fonte: Do autor (2025)

Este programa não necessita instalação, podendo ser executado diretamente a partir do computador ou qualquer dispositivo de memória. A partir da versão 3.0, o programa identifica o separador decimal usado no computador ("," ou ".") e adota este, não necessitando que o usuário altere a configuração do computador. O programa HidroSedimentos está organizado em 14 telas (Figura 58).

“O programa está disponível para download em
<https://docweb.epagri.sc.gov.br/pub/HidroSedimentos.zip>. “

Os arquivos *rios.txt* e *molinetes.txt* são arquivos auxiliares que o programa carrega automaticamente na sua execução. Estes arquivos, em formato texto, podem ser manipulados pelo usuário, excluindo ou acrescentando informações conforme seu interesse. No arquivo *rios.txt* estão relacionados os dados das estações fluviométricas e tem a seguinte sequência, por linha do arquivo:

Código
Nome da Estação
Nome do Rio
Bacia Hidrográfica
Município de localização

Pode-se alterar o arquivo *rios.txt*, acrescentando ou eliminando dados que não tenham interesse. Porém, deve-se manter a mesma sequência das linhas para todos os dados do arquivo.

No arquivo *molinetes.txt* estão incluídos os dados dos molinetes utilizados, sendo que na primeira linha do arquivo deve constar o nome do molinete com a hélice. Na linha abaixo do nome do molinete devem ser fornecidos valores dos coeficientes **a** e **b** e o limite máximo das rotações para três equações. Caso o molinete tenha somente uma ou duas equações, deve-se repetir os valores.

O arquivo *molinetes.txt* original contém os seguintes dados:

Molinete SEBA hélice 250.1074

0.0123 0.2743 1.74 -0.0042 0.2568 2.0 -0.0042 0.2568;

Molinete SEBA hélice 50.373

0.0154 0.0642 2.08 0.0308 0.0568 7.22 0.0539 0.0536;

Molinete SEBA hélice 500.314

0.0167 0.4943 0.66 0.0046 0.5127 3.90 -0.0883 0.5365;

Molinete Hidromec

0.003445 0.26257 1.19 0.003445 0.26257 2 0.003445 0.26257.

Observe que o molinete SEBA com hélice 250.1074 apresenta três equações:

$$V = 0,0123 + 0,2743N \text{ para } N \leq 1,74$$

$$V = -0,0042 + 0,2568N \text{ para } 1,74 < N \leq 1,74$$

$$V = -0,0042 + 0,2568N \text{ para } N > 2,0$$

Já o molinete Hidromec possui somente uma equação, e por isso os coeficientes foram repetidos.

4.1 Tela Entrada de Dados

O programa HidroSedimentos foi inicialmente elaborado para ser utilizado nas medições de vazão com os equipamentos ADP RiverSurveyor M9 ou S5 da Sontek, que vêm sendo bastante difundidos no Brasil. A versão 4.0 do programa HidroSedimentos apresenta as seguintes opções para entrada de dados:

- Ler arquivo do M9 ou S5;
- Ler dados do WinRiver;
- Ler dados do FlowTracker;
- Ler dados Nortek;
- Digitar os dados;
- Calcular a vazão com HidroMolinetes;
- Ler dados de planilha Excel.

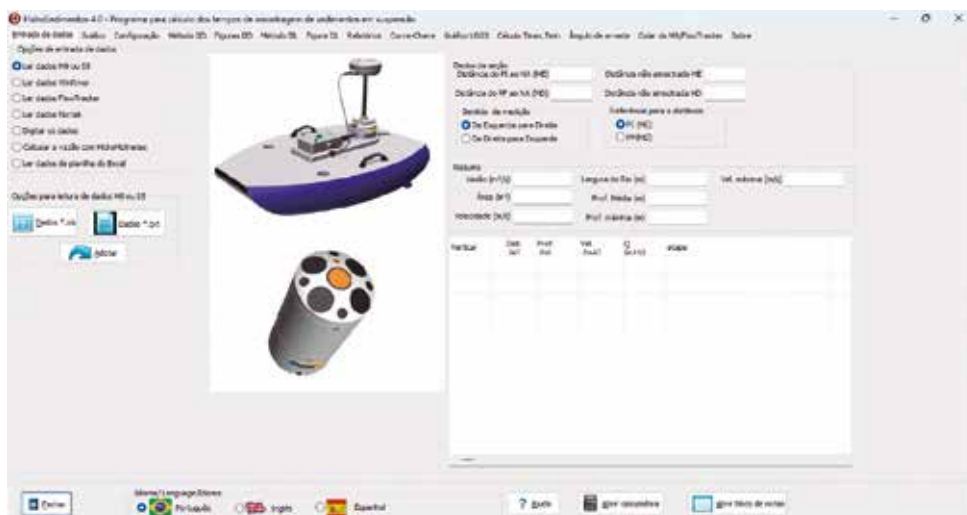


Figura 58. Tela inicial do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

4.1.1 Opção Ler arquivo do M9 ou RS5

No processo de medição de vazão é recomendado fazer várias travessias na seção transversal, e o programa RiverSurveyor Live® e RSQ da Sontek fornecem um resumo das medições, com valores de média e desvio padrão, e indicação das medições com baixa qualidade (Figura 59). Dessas medições pode-se escolher uma para a determinação do perfil da seção com dados de velocidade e vazão para realizar os cálculos do tempo de amostragem das amostras de sedimentos em suspensão. Na seleção das travessias, recomendamos usar os dados de uma travessia com valor de vazão próximo à média obtida nas várias travessias válidas, ou de boa qualidade.

No caso do RS5, uma vez selecionada a travessia, pode-se clicar com o botão direito do mouse e na sequência clicar em “Copiar Tabela para Área de Transferência” (Figura 60).

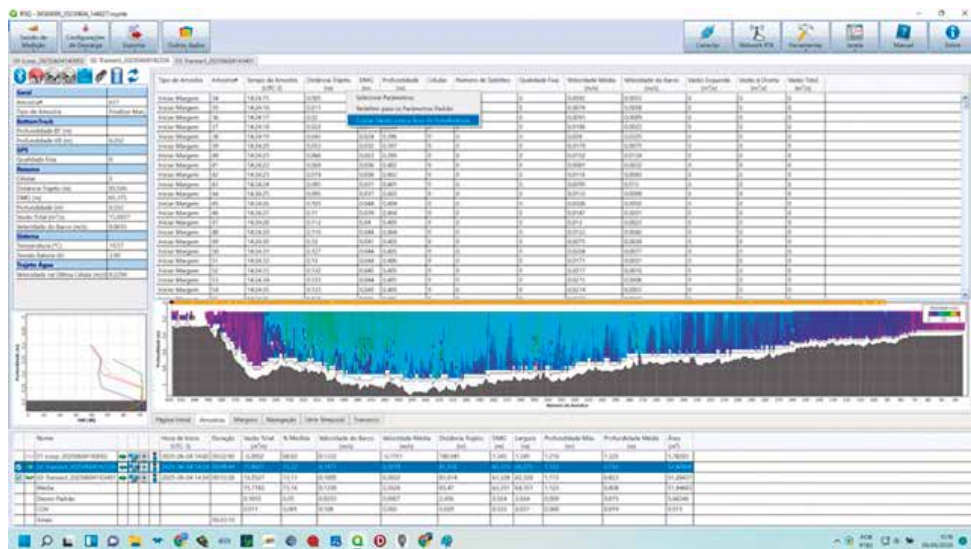


Figura 59. Tela do programa RiverSurveyor Live com seleção de medição realizada com RS5
Fonte: Do autor (2025)

Distância Trajeto (m)	DMG (m)	Profundidade (m)	Células	Número de Satélites	Qualidade Fixa
0,005					0
0,011					0
0,02					0
0,022					0
0,045	0,024	0,396	9	0	0
0,053	0,032	0,397	9	0	0
0,066	0,033	0,399	9	0	0
0,069	0,036	0,402	9	0	0
0,074	0,036	0,402	9	0	0

Selecione Parâmetros
Redefinir para os Parâmetros Padrão
Copiar Tabela para a Área de Transferência

Figura 60. Detalhe da opção Copiar Tabela para Área de Transferência
Fonte: Do autor (2025)

No caso específico do M9, os procedimentos são muito semelhantes, usando o programa RiverSurveyor Live, com a travessia selecionada deve-se clicar com o botão direito do mouse, e na sequência clicar em “Salvar para a prancheta” (Figura 61).

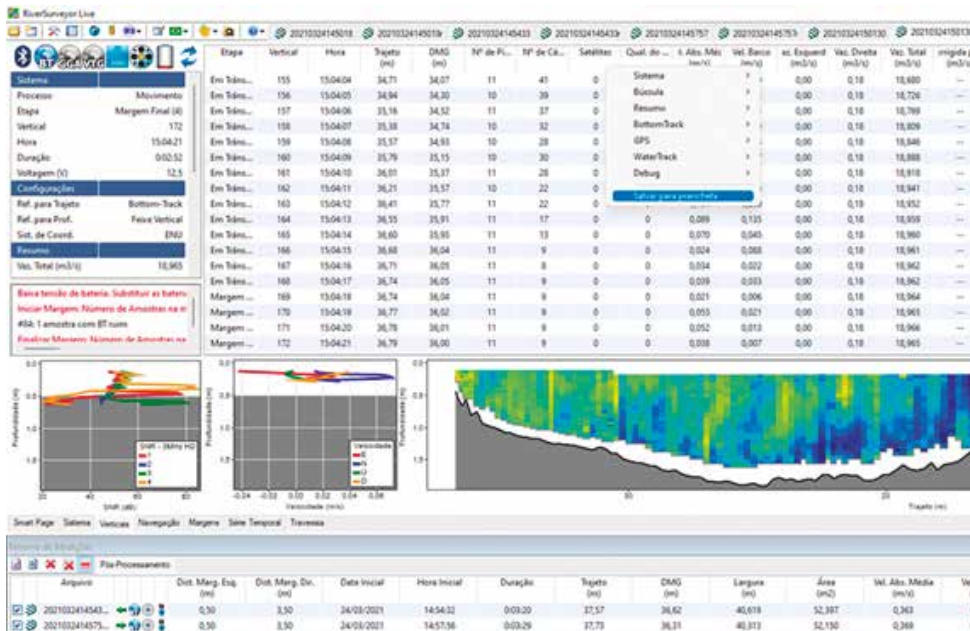


Figura 61 - Tela do RiverSurveyor Live®
Fonte: Do autor (2025)

Com os dados copiados, existem três possibilidades de fazer a importação no HidroSedimentos, que são:

1) Salvar os dados em uma planilha Excel:

Estes dados, após copiados do RiverSurveyor Live®, devem ser colados na célula 'A1' da planilha eletrônica Excel, conforme a Figura 62.

A1	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Etapa	Profundidade	Nº de Ping	Nº de Cél	Satélites	Qual	do s	Vel	Abs	fVel	Barco	Vaz	Esqu	Vaz	Diret	Vaz	Total	UTM X
	m						m/s		m/s		m³/s	m³/s	m³/s			m	UTM Y
1	0,01	0,01	1,41	39	4	8	1	0,164	0,009	0	0	0	0	0	0	0	696 622,81
2	0,04	0,03	1,38	39	4	8	1	0,341	0,027	0	0	0	0	0	0	0	696 622,81
3	0,09	0,02	1,45	39	4	8	1	0,042	0,05	0	0	0	0	0	0	0	696 622,79
4	0,11	0,04	1,4	39	4	8	1	0,117	0,027	0	0	0	0	0	0	0	696 622,79
5	0,13	0,04	1,55	39	4	8	1	0,119	0,013	0	0	0	0	0	0	0	696 622,81
6	0,17	0,01	1,55	39	4	8	1	0,06	0,045	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
7	0,2	0,03	1,54	39	4	8	1	0,128	0,025	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
8	0,21	0,02	1,55	39	4	8	1	0,188	0,009	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
9	0,24	0,05	1,39	39	4	8	1	0,132	0,032	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
10	0,28	0,02	1,39	39	4	8	1	0,048	0,043	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
11	0,32	0,04	1,41	39	4	8	1	0,213	0,042	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
12	0,34	0,04	1,41	36	4	8	1	0,156	0,017	0	0	0	0	0	0	0	696 622,83
13	0,37	0,06	1,41	40	4	8	1	0,182	0,028	0	0	0	0	0	0	0	696 622,81
14	0,38	0,07	1,46	39	4	8	1	0,126	0,013	0	0	0	0	0	0	0	696 622,81
15	0,4	0,05	1,42	39	4	8	1	0,241	0,016	0	0	0	0	0	0	0	696 622,79
16	0,41	0,07	1,41	39	4	8	1	0,221	0,016	0	0	0	0	0	0	0	696 622,78
17	0,43	0,07	1,41	39	4	8	1	0,11	0,017	0	0	0	0	0	0	0	696 622,78
18	0,48	0,09	1,41	39	4	8	1	0,133	0,046	0	0	0	0	0	0	0	696 622,76
19	0,5	0,11	1,43	39	4	7	1	0,065	0,026	0	0	0	0	0	0	0	696 622,74
20	0,52	0,11	1,46	39	3	7	1	0,098	0,018	0	0	0	0	0	0	0	696 622,74
21	0,53	0,12	1,45	39	3	7	1	0,086	0,007	0	0	0	0	0	0	0	696 622,73
22	0,55	0,12	1,46	40	3	7	1	0,18	0,019	0	0	0	0	0	0	0	696 622,72
23	0,57	0,09	1,41	39	4	7	1	0,143	0,027	0	0	0	0	0	0	0	696 622,71

Figura 62 - Planilha *.xls com dados extraídos do RiverSurveyor Live®
Fonte: Do autor (2025)

2) Salvar os dados em um arquivo txt (bloco de notas):

Abrir o bloco de notas (Notepad) ou outro editor de texto e colar os dados (Figura 63). Em seguida, deve-se salvar na pasta desejada, como, por exemplo, na pasta Medições do HidroSedimentos.

Perfil	Hora	Trajeto	DMG	Profundidade	Vel. Abs.	Média Vaz.	Total	Etapa
1	09:46:13	0,01	0,01	0,36	0,342	0	Margem Inicial	(1)
2	09:46:14	0,03	0,01	0,36	0,166	0	Margem Inicial	(2)
3	09:46:15	0,05	0,03	0,37	0,322	0	Margem Inicial	(3)
4	09:46:16	0,07	0,03	0,37	0,319	0	Margem Inicial	(4)
5	09:46:17	0,09	0,02	0,36	0,116	0	Margem Inicial	(5)
6	09:46:18	0,12	0,04	0,36	0,164	0	Margem Inicial	(6)
7	09:46:19	0,14	0,03	0,35	0,192	0	Margem Inicial	(7)
8	09:46:20	0,17	0,03	0,36	0,151	0	Margem Inicial	(8)
9	09:46:21	0,21	0,06	0,35	0,216	0	Margem Inicial	(9)
10	09:46:22	0,23	0,04	0,35	0,122	0	Margem Inicial	(10)
11	09:46:23	0,25	0,04	0,36	0,139	0	Margem Inicial	(11)
12	09:46:24	0,26	0,04	0,35	0,339	0	Margem Inicial	(12)
13	09:46:25	0,28	0,03	0,34	0,328	0	Margem Inicial	(13)
14	09:46:26	0,29	0,02	0,35	0,124	0	Margem Inicial	(14)
15	09:46:27	0,31	0,04	0,36	0,312	0	Margem Inicial	(15)
16	09:46:28	0,36	0,02	0,37	0,156	0	Margem Inicial	(16)
17	09:46:29	0,39	0,05	0,35	0,131	0	Margem Inicial	(17)
18	09:46:30	0,4	0,06	0,35	0,242	0	Margem Inicial	(18)
19	09:46:31	0,41	0,05	0,34	0,254	0	Margem Inicial	(19)
20	09:46:32	0,42	0,04	0,34	0,191	0	Margem Inicial	(20)
21	09:46:33	0,46	0,03	0,36	0,312	0	Margem Inicial	(21)
22	09:46:34	0,02	0,02	0,36	0,163	0	Em Trânsito	
23	09:46:35	0,1	0,01	0,36	0,325	0	Em Trânsito	
24	09:46:36	0,1	0,07	0,36	0,085	0	Em Trânsito	
25	09:46:37	0,12	0,09	0,34	0,063	0	Em Trânsito	
26	09:46:38	0,14	0,11	0,35	0,072	0	Em Trânsito	
27	09:46:39	0,15	0,12	0,34	0,34	0	Em Trânsito	
28	09:46:40	0,18	0,14	0,34	0,127	0	Em Trânsito	
29	09:46:41	0,24	0,19	0,34	0,238	0	Em Trânsito	
30	09:46:42	0,25	0,19	0,33	0,512	-0,01	Em Trânsito	
31	09:46:43	0,27	0,17	0,35	0,374	-0,01	Em Trânsito	
32	09:46:44	0,33	0,11	0,33	0,547	0	Em Trânsito	
33	09:46:45	0,34	0,13	0,34	0,244	0	Em Trânsito	
34	09:46:46	0,37	0,14	0,34	0,138	0	Em Trânsito	
35	09:46:47	0,39	0,14	0,34	0,2	0	Em Trânsito	
36	09:46:48	0,42	0,11	0,38	0,061	0	Em Trânsito	
37	09:46:49	0,55	0,05	0,35	0,222	0	Em Trânsito	
38	09:46:50	0,92	0,41	0,49	0,518	0,1	Em Trânsito	
39	09:46:51	1,43	0,91	0,61	0,641	0,28	Em Trânsito	
40	09:46:52	1,86	1,33	0,92	0,745	0,53	Em Trânsito	

Figura 63. Arquivo gravado como arquivo texto

Fonte: Do autor (2025)

3) Colar diretamente na Aba **Colar do M9** (Figura 64):

Colar na primeira célula da tabela desta tela e depois clicar em **Transferir dados do M9 para a tela Entrada de dados**.

Etapa	Vertical	Hora	Trajeto	DMG	Profundidade	Velocidade	Vazão	Direção	Queda de nível	Vel. Alta Média	Vel. Baixa
Margem Inicial (1)	1	07:22:24	3,81	9,24	0,22	7	26	8	1	0,142	0,006
Margem Inicial (2)	2	07:22:25	3,82	9,23	0,28	7	36	8	1	0,222	0,026
Margem Inicial (3)	3	07:22:26	3,87	9,22	0,34	8	36	8	1	0,292	0,039
Margem Inicial (4)	4	07:22:27	3,89	9,21	0,21	8	28	8	1	0,202	0,028
Margem Inicial (5)	5	07:22:28	3,25	9,27	0,22	8	28	8	1	0,288	0,038
Margem Inicial (6)	6	07:22:29	3,34	9,16	0,30	8	36	8	1	0,136	0,033
Margem Inicial (7)	7	07:22:30	3,27	9,28	0,2	8	28	8	1	0,127	0,02
Margem Inicial (8)	8	07:22:31	3,22	9,22	0,11	8	34	8	1	0,132	0,042
Margem Inicial (9)	9	07:22:32	3,38	9,17	0,19	7	34	8	1	0,137	0,064
Margem Inicial (10)	10	07:22:33	3,44	9,11	0,17	8	33	8	1	0,1	0,086
Margem Inicial (11)	11	07:22:34	3,48	9,23	0,11	8	23	8	1	0,223	0,024
Da Trilheira (12)	12	07:22:35	3	9	0,17	8	33	8	1	0,112	0,004
Da Trilheira (13)	13	07:22:36	3,02	9,11	0,17	8	33	8	1	0,116	0,002
Da Trilheira (14)	14	07:22:37	3,08	9,14	0,28	8	23	8	1	0,242	0,009
Da Trilheira (15)	15	07:22:38	3,1	9,08	0,18	8	33	8	1	0,128	0,011

Figura 64. Tela Colar do M9/RS5

Fonte: Do autor (2025)

Os *softwares* RiverSurveyor Live® e RSQ exibem uma planilha com uma série de colunas, contendo perfil, hora, trajeto, DMG, profundidade, velocidade, vazão, direção e outras variáveis, permitindo ainda que o usuário configure a sequência de colunas de diferentes formas. O arquivo *.xls ou *.xlsx deverá ser gravado contendo no mínimo as seguintes colunas: vertical, velocidade, profundidade, DMG, vazão, etapa, independente da ordem, necessárias para os cálculos dos tempos de amostragem.

Para a leitura do arquivo gravado em formato Excel ou texto (Figura 65) no programa HidroSedimentos, deve-se clicar no botão **Dados*.xls (2)** para abrir o arquivo salvo em Excel, ou **Dados*.txt (3)** para abrir o arquivo salvo no bloco de notas. Os dados de vertical, distância, profundidade, velocidade e vazão são mostrados na planilha **(4)**. O programa irá fazer a leitura dos dados até que o valor da etapa seja “Margem Final (5)”.

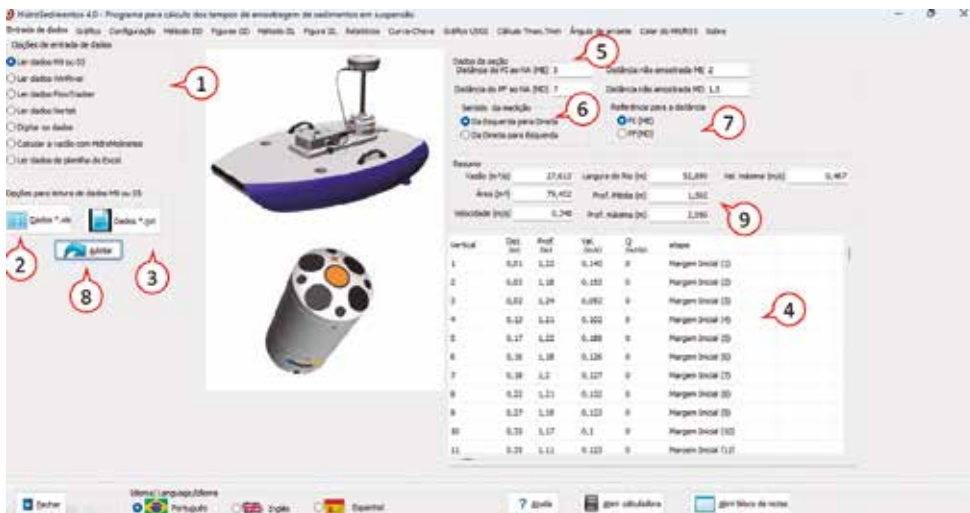


Figura 65. Tela Ler dados M9 ou S5 do HidroSedimentos 4.0
Fonte: Do autor (2025)

A coluna DMG mostra a distância de cada perfil a partir do início da medição. Como na medição com ADP/ADCP existe uma área não amostrada em cada margem, o usuário deverá informar a largura da faixa não amostrada de cada margem, com tamanhos iguais aos utilizadas na medição, e ainda as distâncias das margens em relação ao PI e PF (Figura 66).

No quadro **Dados da Seção (5)** informe os seguintes dados:

Distância PI – NA (ME): É a distância em metros entre o ponto inicial (PI) até o nível da água (NA) localizado na margem esquerda do rio (Figura 66).

Distância não amostrada ME: É a distância em metros não amostrada na margem esquerda, referente à distância entre a margem e o centro do equipamento.

Distância PF – NA (MD): É a distância em metros entre o ponto inicial (PI) até o nível da água (NA) localizado na margem esquerda do rio.

Distância não amostrada ME: É a distância em metros não amostrada na margem esquerda, referente à distância entre a margem e o centro do equipamento.

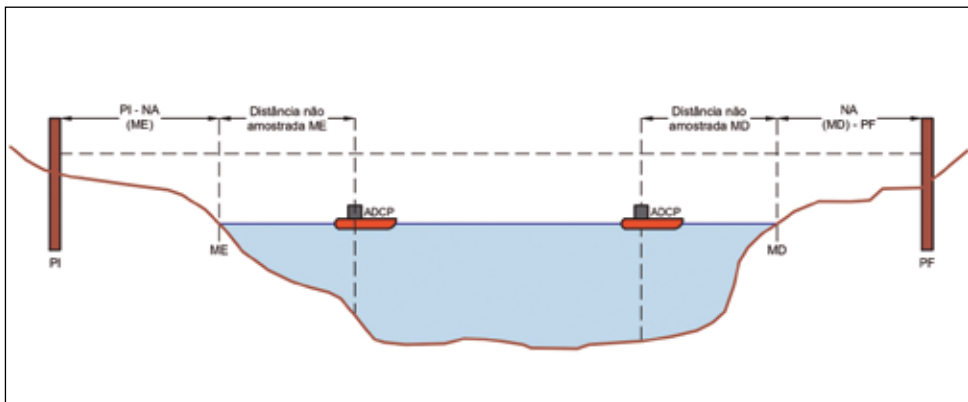


Figura 66. Representação das variáveis para leitura com ADCP

Fonte: Elaborado pelo Engenheiro Agrimensor Gabriel da Silva Souza (2025)

Esses valores serão utilizados nos gráficos gerados nas telas seguintes.

No quadro **Sentido da Medição (6)** o usuário deverá optar por uma das alternativas abaixo:

- Da esquerda para a direita, caso a travessia escolhida tenha sido feita da margem esquerda para a direita;
- Da direita para a esquerda, caso a travessia escolhida tenha sido feita da margem direita para a esquerda.

No quadro **Referência para a coleta (7)** o usuário deverá informar qual a referência a ser usada na definição das distâncias das verticais para a coleta de sedimentos em suspensão. As opções são:

- PI – Margem esquerda;
- PI – Margem direita.

Após informar os dados clique no botão **Adotar (8)** para que o programa transfira os dados para as telas seguintes. O programa exibe um resumo da medição com dados de vazão, velocidade, e profundidade máxima (9) que deve ser observada para definição dos equipamentos de amostragem.

No quadro **Referência para a coleta** o usuário deverá informar qual a referência a ser usada na definição das distâncias das verticais para a coleta de sedimentos em suspensão. As opções são:

- PI – Margem esquerda;
- PI – Margem direita.

O HidroSedimentos faz a seleção das colunas a serem importadas no programa pelo cabeçalho, sendo, portanto, importante observar na configuração do RiverSurveyor o idioma adotado. A partir da versão HidroSedimentos 3.1, além do idioma em português, o programa também reconhecerá os idiomas inglês e espanhol, conforme Tabela 16.

Tabela 16. Denominação das colunas de acordo com o idioma do RiverSurveyor

Coluna	Idioma		
	Português	Inglês	Espanhol
Vertical	Perfil ou vertical	Sample	Muestra
Distância	DMG	DMG	DMG
Profundidade	Profundidade	Depth	Profundidad
Velocidade	Vel. Abs. Média	Mean Speed	Velocidad promedio
Vazão	Vaz. Total	Total Q	Q Total
Etapas	Etapas	Step	Passo

Fonte: Do autor (2025)

Como o deslocamento do equipamento ADP/ADCP deve ser realizado em velocidades relativamente baixas (recomenda-se que a velocidade de deslocamento seja inferior à velocidade média da água), o equipamento poderá, em alguns casos, retroceder pequenas distâncias. Em uma análise mais detalhada da coluna DMG, observa-se que nem sempre as distâncias são crescentes. Assim, deve-se clicar no botão **Adotar (8)** para que o programa HidroSedimentos ordene todos os dados de acordo com a coluna DMG. Também é mostrado um resumo da medição de vazão com os de vazão, área, velocidade média, largura do rio, profundidade média, profundidade máxima e velocidade máxima. Estes dados são úteis para a definição do equipamento e do bico a serem usados na coleta de amostras de sedimentos em suspensão. Na tela **Gráficos** é mostrado o perfil da seção e de velocidades, e os dados ordenados são disponibilizados para as telas **IID** e **IIL**.

4.1.2 Opção Ler dados do WinRiver

Os dados dos ADCP da RDI são obtidos pelo programa WinRiver II, que permite exportar os dados no arquivo ASCII. O procedimento para essa leitura dos dados consiste em, após a medição de vazão, exportar o arquivo ASCII seguindo os passos:

- 1º) Abrir os dados da medição de vazão:

No WinRiver - clicar em Arquivo/Abrir medição (Figura 67)

2º) Escolher um trajeto e reprocessar o trajeto:

No WinRiver - Reproduzir/Reprocessar o trajeto selecionado (F5)

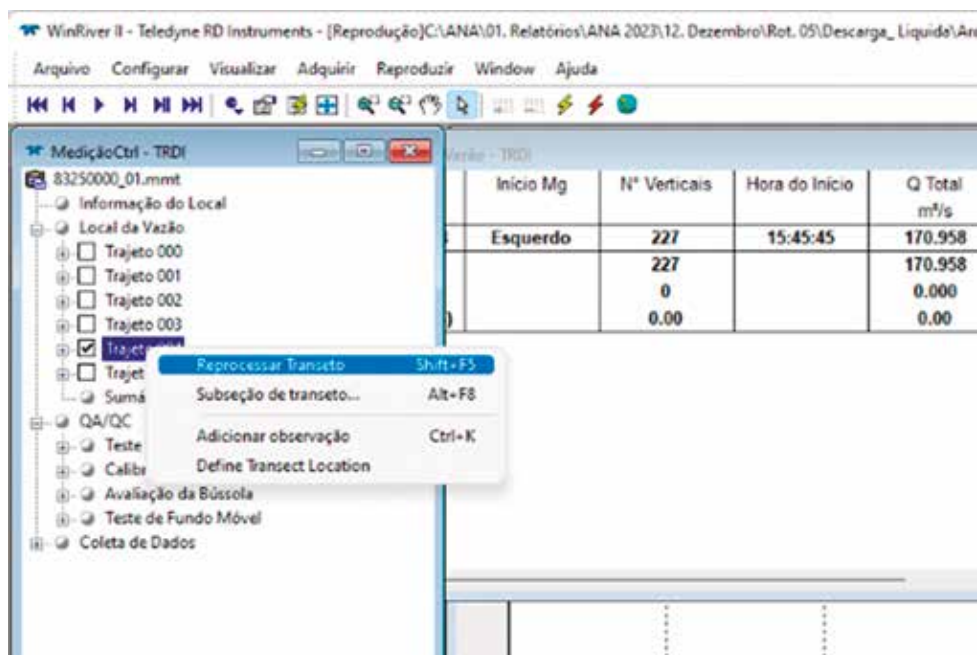


Figura 67. Opção para reprocessar trajeto selecionado no WinRiver

Fonte: Do autor (2025)

3º) Configurar a saída (Figura 68):

No WinRiver - configurar/SaídaASCII/ClassicASCII Saída/Saída de intensidade/Final (Figura 69).

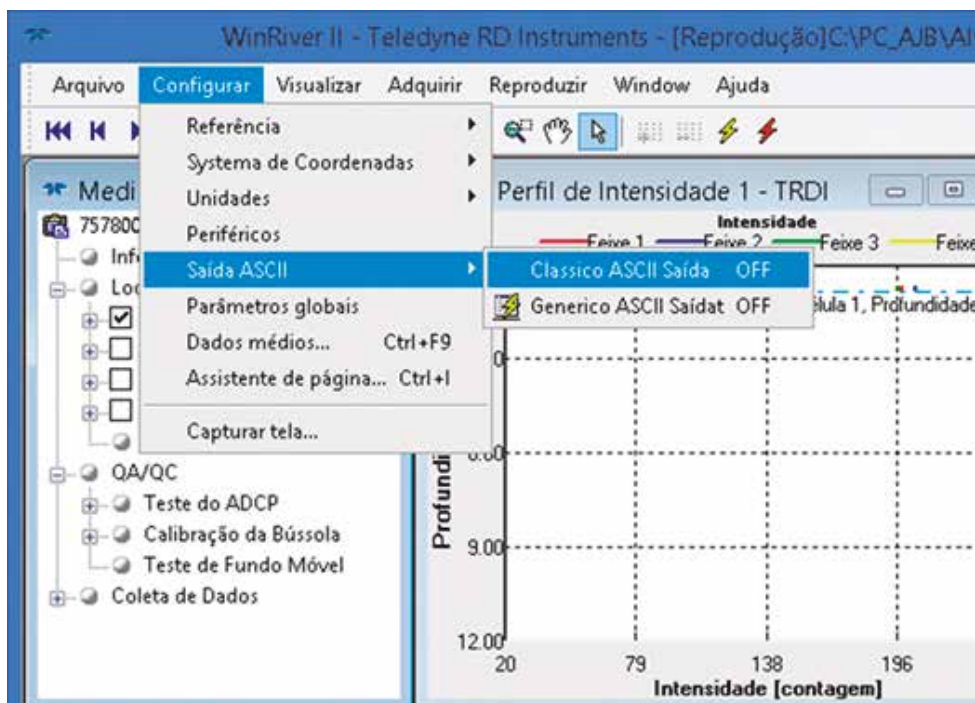


Figura 68. Detalhes da opção Configurar Saída ASCII no WinRiver
Fonte: Do autor (2025)

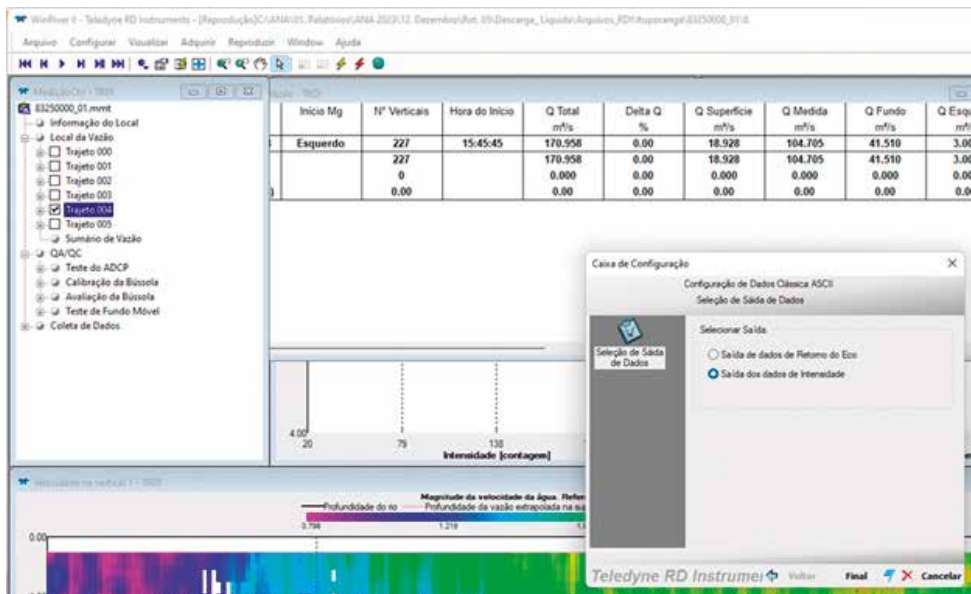


Figura 69. Caixa de configuração de Dados de Saída no WinRiver
Fonte: Do autor (2025)

Dessa forma, o WinRiver grava o arquivo com o nome da medição + _ASC.TXT.

O formato deste arquivo é descrito abaixo:

Linha 1

Linha 2

```
25 25 20 72 1 9 1
15 6 5 11 45 43 36 468 1 -4.950 -2.910 345.330 20.040
-39.71 59.28 -0.50 -0.40 0.00 0.00 0.00 0.00 10.57 10.99 10.67 11.31
314.31 438.96 266.53 -137.11 299.73
30000.0000000 30000.0000000 -32768 -32768 0.0
992.1 120.5 130.4 0.3 7.0 12.4 5.0 0.82 9.57
72 cm BT counts 1.00 0.332
0.82 70.07 243.97 -63.0 -30.7 -4.7 -2.5 169.0 173.0 172.0 167.0 100 0.22
1.07 65.63 250.52 -61.9 -21.9 -3.8 21.8 171.0 173.0 170.0 172.0 100 0.20
1.32 88.85 259.59 -87.4 -16.1 -2.6 -3.6 167.0 169.0 168.0 170.0 100 0.26
-
```

Na Tabela 18 consta a descrição dos principais dados do arquivo ASCII do WinRiver.

Tabela 18. Descrição do relatório padrão ASCII do WinRiver

Linha	Campo	Descrição	Valor no exemplo
1	1	Comentário	{vazio}
2	1	Comentário	{vazio}
3	1	Prof de célula (cm)	25
	2	Blank após transmissão (cm).	25
	3	Prof do ADCP (cm)	20
	4	Número de células	72
	5	Número de Pngs por vertical	1
	6	Tempo por vertical (centésimo de segundo)	9
	7	Modo de perfilação	1
3	1	Ano (no início da vertical)	15
	2	Mês	6
	3	Dia	9
	4	Hora	11
	5	Min	45
	6	Seg	43
	7	Centésimo de segundo	36
	8	Número da vertical	468
	9	Número da vertical no segmento	1
	10	Pitch – média para essa vertical (graus)	-4,95
	11	Roll – média para essa vertical (graus)	-2,910
	12	<i>Corrected heading</i>	345,33
	13	Temperatura-média para essa vertical	20,04
3	1	Velocidade do Botton-Track Leste (+)Oeste (-)	-39,71
	2	Norte (+)Sul (-)	59,28
	3	Vertical (up[+] down[-])	-0,50
	4	Err0	-0,40
	5	GPS/DEPH S0under	0,00
	6	GGA altitude	0,00
	7	GGA ΔAltitude	0,000
	8	GGA HDOP x 10	0,00
	9	<i>Depth Reading (Use River DEpth) /Beam 1</i>	10,57
	10	Beam 2	10,99
	11	Beam 3	10,67
	12	Beam 4	11,31
4	1	<i>Total elapsed distance (em m ou ft)</i>	314,31
	2	<i>Total elapsed time (em segundos)</i>	438,36
	3	<i>Total Distance traveled North</i>	266,53
	4	<i>Total Distance traveled East</i>	-137,11
	5	<i>Total Distance made Good</i>	299,73
6	1	<i>Navigation Data</i>	
	1	Latitude (graus e décimos)	30000,0000000
	2	Longitude (graus e décimos)	30000,0000000

Linha	Campo	Descrição	Valor no exemplo
7	3	GGA ou VTG Velocidade leste (m/s ou ft/s)	-32768
	4	GGA ou VTG Velocidade norte (m/s ou ft/s)	-32768
	5	Distância percorrida em m ou ft referenciado ao GGA ou VTG	0
	1	Vazão no meio da vertical (m³/s ou ft³/s)	992,1
	2	Vazão do topo (estimada)	120,3
	3	Vazão do fundo (estimada)	130,4
	4	Estimativa da vazão não medida no início	0,3
	5	Distância não medida no início (Barco ao nível d'água)	7,0
	6	Estimativa da vazão não medida no final	12,4
	7	Distância não medida no final (Barco ao nível d'água)	5,0
	8	Profundidade inicial	0,82
	9	Profundidade final	9,57
8	1	Numero de bins	72
	2	Unidade de medida –cm ou ft	Cm
	3	Velocidade de referência – BT, GGA, VTG ou NONE	BT
	4	Unidade da Intensidade –dB ou counts	Counts
	5	Fator de escala da intensidade- –dB /counts	1,00
	6	Fator de absorção do som -dB /counts	0,322
9 a NC	1	Profundidade	0,82
	2	Magnitude da velocidade	70,07
	3	Direção da velocidade	243,97
	4	Componente Leste da velocidade	-63,00
	5	Componente Norte da velocidade	-30,7
	6	Componente Vertical da velocidade	-4,7
	7	Erro na velocidade	-2,5
	8	<i>Backscatter Beam 1</i>	169,0
	9	<i>Backscatter Beam 2</i>	173,0
	10	<i>Backscatter Beam 3</i>	172,0
	11	<i>Backscatter Beam 4</i>	167,0
	12	Percentual - Bom	100
	13	Vazão	0,22

Fonte: Do autor (2025)

A profundidade é calculada como a média aritmética das profundidades dos quatro Beans, isto é:

$$Prof = \frac{DB1 + DB2 + DB3 + DB4}{4} = \frac{10,57 + 10,99 + 10,67 + 11,31}{4} = 10,885$$

Em que:

Prof = profundidade média na vertical;

DBi = Profundidade do Bean i.

Observação: Quando ocorre um erro na medição, o valor de DB é apresentado com

valores negativos. Dessa forma, foi incluída uma condição para somente calcular a média dos valores de profundidade dos Beans que apresentem valores maiores ou iguais a zero (≥ 0).

A vazão total é calculada como a soma da vazão medida com a vazão do topo e fundo, isto é:

$$Q_{ac} = Q_m + Q_{top} + Q_{bot} + Q_{ini} = 992,1 + 120,3 + 130,4 + 0,3 = 1243,1$$

Em que:

Q_{ac} = vazão acumulada até a vertical i ;

Q_m = vazão medida;

Q_{top} = vazão estimada para a superfície;

Q_{bot} = vazão estimada para o fundo;

Q_{ini} = vazão não medida no início.

Para fazer a leitura dos dados deve-se clicar em **Dados*ASC.TXT**. O HidroSedimentos fará a leitura do arquivo e introduzirá os dados de Vertical, Distância, Profundidade e Vazão na planilha de entrada de dados (Figura 70).

O dado de velocidade não é exportado pelo WinRiver e, por isso, o programa HidroSedimentos calcula para cada vertical a área e a vazão parcial e, com esses dados, estima a velocidade média da seção.

A Área é calculada como:

$$A_i = \left(\frac{P_i + P_{i-1}}{2} \right) (d_i - d_{i-1})$$

A vazão é calculada por:

$$Q_i = (Q_{ac_i} - Q_{ac_{i-1}})$$

A Velocidade média é calculada por:

$$V_i = \frac{Q_i}{A_i}$$

Da mesma forma que na leitura dos equipamentos M9, deve-se informar a distância do PI ao nível d'água, e a distância do PF ao nível d'água. Os valores das distâncias não amostradas da margem esquerda e da margem direita são obtidos com a leitura do arquivo **ASC.TXT**.

No HidroSedimentos clique no botão **Dados *.ASC.txt (2)** para abrir o arquivo. Os dados de vertical, distância, profundidade, velocidade e vazão são mostrados na planilha **(3)**.

No quadro **Dados da Seção (4)** informe os seguintes dados:

Distância PI – NA (ME): É a distância em metros entre o ponto inicial (PI) até ao nível da água (NA) localizado na margem esquerda do rio.

Distância não amostrada ME: É a distância em metros não amostrada na margem esquerda, referente à distância entre a margem e o centro do equipamento.

Distância PF – NA (MD): É a distância em metros entre o ponto inicial (PI) até ao nível da água (NA) localizado na margem esquerda do rio.

Distância não amostrada ME: É a distância em metros não amostrada na margem esquerda, referente à distância entre a margem e o centro do equipamento.

No quadro **Sentido da Medição (5)**, o usuário deverá optar por uma das alternativas abaixo:

- Da esquerda para a direita, caso a travessia escolhida tenha sido feita da margem esquerda para a direita.
- Da direita para a esquerda, caso a travessia escolhida tenha sido feita da margem direita para a esquerda.

No quadro **Referência para a coleta (6)**, o usuário deverá informar qual a referência a ser usada na definição das distâncias das verticais para a coleta de sedimentos em suspensão. As opções são:

- PI – Margem esquerda
- PI – Margem direita.

Após informar os dados, clique no botão **Adotar (7)** para que o programa transfira os dados para as telas seguintes. O programa exibe um resumo da medição com dados de vazão, velocidade e profundidade máxima (8), que deve ser observada para definição dos equipamentos de amostragem.

WinRiver 4.2 - Programa para cálculo dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão

Entrada de dados | Gráfico | Configuração | Histórico | Página 01 | Histórico 01 | Página 02 | Relatórios | Curva-Chave | Gráfico 0100 | Cálculo Vazão, Prof. | Ângulo de arraste | Cota do PI/NA/00 | Salvar

Opções de entrada de dados

☐ Ler dados PI ou 00
☐ Ler dados Verticais
☐ Ler dados Fluvialiter
☐ Ler dados Horais
☐ Digitar os dados
☐ Calcular a vazão com Hidrogammetry
☐ Ler dados de planilha do Excel

Opções para leitura de dados de verticais

Opções de filtro

☐ Filtrar as Vel. > m/s
☐ Filtrar as Vel. < m/s
☐ Filtrar as Vel. > m/s
☐ Filtrar as Vel. < m/s
☐ Filtrar as Vel. > m/s
☐ Filtrar as Vel. < m/s
☐ Filtrar as Prof. > m
☐ Filtrar as Prof. < m

Centro de angulação
 Distância do PI ao NA (ME) 0
 Distância do PI ao NA (MD) 0
 Distância não amostrada ME 0.00
 Distância não amostrada MD 0.00

Sentido da medição
☒ Da Esquerda para a Direita
☐ Da Direita para a Esquerda

Referência para a distância
☒ PI (ME)
☐ PP (MD)

Resumo
 Vazão (m³/s) 274.500 Compr. do fio (m) 55.700 Vel. máxima (m/s) 0.300
 Área (m²) 274.500 Prof. Média (m) 5.000
 Velocidade (m/s) 0.000 Prof. máxima (m) 7.040

Vertical

Vertical	Vel. (m/s)	Prof. (m)	Vel. (m/s)	Q (m³/s)
1	0.00	2.10	0.00	0.00
2	0.00	2.70	0.00	0.00
3	0.12	3.30	0.00	0.00
4	0.18	3.90	0.00	0.00
5	0.24	4.50	0.00	0.00
6	0.30	5.10	0.00	0.00
7	0.32	5.70	0.00	0.00
8	0.31	6.30	0.00	0.00
9	0.28	6.90	0.00	0.00
10	0.28	7.50	0.00	0.00
11	0.21	8.10	0.00	0.00

Idioma: Português | Inglês | Espanhol

7.040 55.700 0.300 0.000

Figura 70. Tela para opção de leitura dos dados salvos pelo WinRiver
 Fonte: Do autor (2025)

Para eliminar alguns problemas de inconsistência de velocidade ou profundidade foram incluídas opções de filtro (Figura 71), em que o dado da vertical é substituído pela média dos dados da vertical anterior e posterior. Para usar o filtro estão disponíveis as seguintes opções:

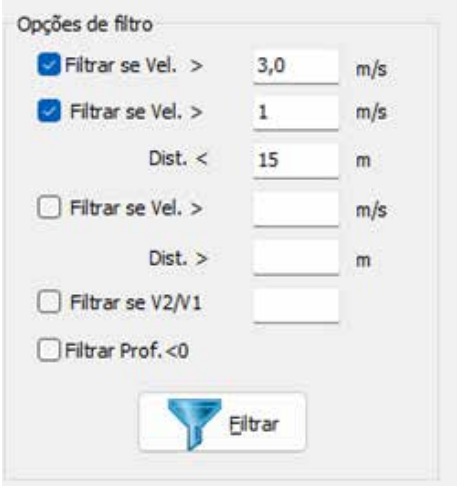
Filtrar se Vel > __ Marque a opção e entre com o valor limite de velocidade de tal forma que velocidades maiores serão substituídas. Filtrar se Vel > __ : Dist < ____ Marque a opção e entre com o valor limite de velocidade e a distância máxima para a substituição dos valores de velocidade. Filtrar se Vel > __ : Dist > ____ Marque a opção e entre com o valor limite de velocidade e a distância a partir da qual serão substituídos os valores de velocidade. Filtrar se V2/V1 > __ : Filtra a velocidade em que a relação é maior que a informada. Filtrar Prof <0. Marque a opção para eliminar valores de profundidade negativa.	
---	--

Figura 71. Opções de filtro no HidroSedimentos 4.0
 Fonte: Do autor (2025)

Ao clicar em **Filtrar**, os valores de velocidade ou profundidade são alterados. Pode-se visualizar na Tela **Gráfico**.

Observação: A cada alteração clique em **Adotar**.

4.1.3 Opção Ler dados do FlowTracker

O software do *FlowTracker* foi projetado para ser autoexplicativo. O software pode ser obtido no website da SonTek/YSI em www.sontek.com. Documentação adicional está disponível no software e no *Manual Técnico do FlowTracker*.

Para baixar os arquivos usando a memória deve-se seguir os passos seguintes:

- Conecte o FlowTracker com uma porta COM no seu computador e clique em **Connect**;
- Na opção **Memória** selecionar os arquivos a serem baixados do equipamento e a pasta destino (Figura 72).

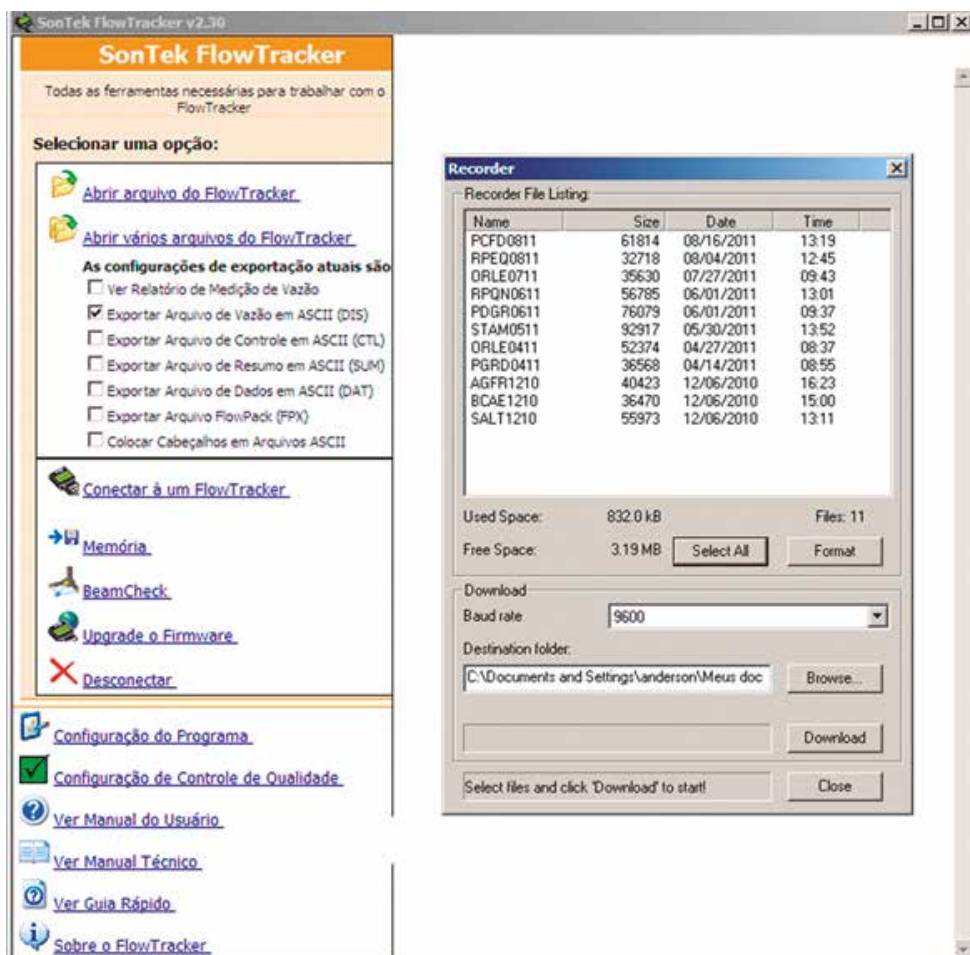


Figura 72. Tela do Software FlowTracker
Fonte: Do autor (2025)

- Para exportar arquivos de dados e gerar relatórios use a opção **Abrir vários arquivos do FlowTracker**;

Vários resultados estarão disponíveis:

- **HTML Report**: Um relatório formatado para fácil visualização e impressão;
- **Arquivo de Vazão em ASCII (.DIS)**: Resultados finais numa forma que seja fácil de integrar com utilidades de banco de dados;
- **Arquivo de Resumo em ASCII (.SUM)**: Dados de resumo de velocidade e de controle de qualidade de todas as medições;

- **Arquivo de Dados em ASCII (.DAT):** Dados brutos de velocidade de um segundo e SNR;
 - **Arquivo de Controle em ASCII (.CTL):** Dados da configuração do sistema.
- Selecionar a opção **Arquivo de Vazão em ASCII (.DIS)** e clicar **Abrir vários arquivos** (Figura 73). O software FlowTracker abre o arquivo selecionado e também grava um arquivo *.dis na pasta indicada nas configurações do programa.

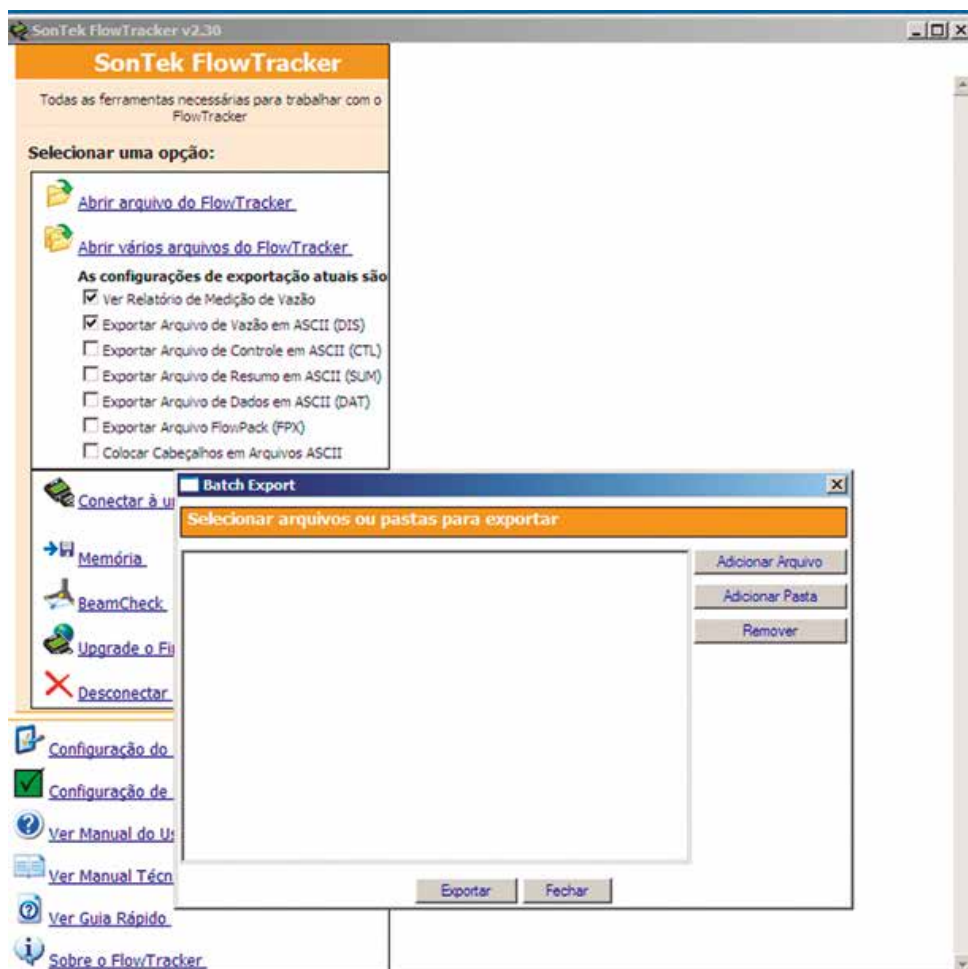


Figura 73. Exportação de dados FlowTracker
Fonte: Do autor (2025)

Outra opção de importação de dados do FlowTracker para o HidroSedimentos é selecionar a Tabela **Resultados da Medição** no relatório de medição do FlowTracker (Figura 74) e copiar com Ctrl+C e colar com Ctrl+V na célula A1 de uma planilha do Excel. Esta planilha deverá ser salva como *.xls ou *.xlsx como representado na Figura 75.

SonTek FlowTracker v2.30

Todas as ferramentas necessárias para trabalhar com o FlowTracker

Selecionar uma opção:

- [Abrir arquivo do FlowTracker](#)
- [Abrir vários arquivos do FlowTracker](#)
- As configurações de exportação atuais são**
 - ☒ Ver Relatório de Medição de Vazão
 - ☒ Exportar Arquivo de Vazão em ASCII (DTS)
 - ☐ Exportar Arquivo de Controle em ASCII (CTL)
 - ☐ Exportar Arquivo de Resumo em ASCII (SUM)
 - ☐ Exportar Arquivo de Dados em ASCII (DAT)
 - ☐ Exportar Arquivo FlowPad (FPK)
 - ☐ Colocar Cabeçalhos em Arquivos ASCII
- [Conectar a um FlowTracker](#)
- [Memória](#)
- [BeamCheck](#)
- [Upgrade o Firmware](#)
- [Desconectar](#)
- [Configuração do Programa](#)
- ☒ [Configuração de Controle de Qualidade](#)
- [Ver Manual do Usuário](#)
- [Ver Manual Técnico](#)
- [Ver Guia Rápido](#)
- [Sobre o FlowTracker](#)

PCFD0811.WAD

Margem Inicial	Margem Esquerda	Largura Total	31.900
SIR Médio	23.5 dB	Área Total	21.065
Temp Média	17.84 °C	Prof Média	0.660
Eq. de Vaz.	Secção-Meio	Velocidade Média	0.6746
		Vazão Total	14.2112

Dados Extras (Variação de nível = 0.000m)

#	Hora	Local	Nível	Vazão pela Curva-Chave	Comentários
1	Tue Aug 16 13:20:25 UTC-0300 2011		0.000 1.940		
2	Tue Aug 16 14:00:30 UTC-0300 2011		0.000 1.940		

Resultados da Medição

Est	Hora	Loc	Met	Prof	NºPnts	P Média	Vc	FatCor	VMédia	Área	Vazão	NºVazão	
1	13:21	2.80	NonHum	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0	
1	13:21	3.00		0.6	0.600	0.6	0.240	0.4036	1.00	0.4036	0.660	1.9	
2	13:21	5.00		0.6	0.600	0.6	0.224	1.0926	1.00	1.0926	1.120	1.2237	
3	13:24	7.00		0.6	0.600	0.6	0.184	1.2168	1.00	1.2168	0.920	1.1195	
4	13:26	9.00		0.20	0.8	0.600	0.320	0.9030	1.00	0.8040	1.320	1.0613	
4	13:27	9.00		0.20	0.8	0.660	0.132	0.7550					
5	13:29	11.00		0.80	2.0	0.660	0.528	1.2279	1.00	0.9999	1.320	1.3189	
5	13:28	11.00		0.80	2.0	0.660	0.132	0.7704					
6	13:30	13.00		0.20	0.8	0.900	0.6	0.720	0.9278	1.00	0.6794	1.800	1.7204
6	13:32	13.00		0.20	0.8	0.900	0.6	0.680	0.4277				
7	13:33	15.00		0.6	0.600	0.6	0.240	1.0301	1.00	1.0300	1.700	1.2361	
8	13:35	17.00		0.20	0.8	0.800	0.6	0.640	1.2830	1.00	0.7808	1.600	1.2107
8	13:36	17.00		0.20	0.8	0.800	0.6	0.600	0.2296				
9	13:38	19.00		0.6	0.600	0.6	0.240	0.8078	1.00	0.8078	1.200	0.9830	
10	13:40	21.00		0.20	0.8	0.820	0.6	0.656	0.9973	1.00	0.4943	1.640	0.8107
10	13:42	21.00		0.20	0.8	0.820	0.6	0.164	0.3973				
11	13:45	23.00		0.60	2.0	0.780	0.6	0.624	0.8984	1.00	0.5402	1.500	0.9422
11	13:44	23.00		0.60	2.0	0.780	0.6	0.750	0.2210				
12	13:46	25.00		0.20	0.8	0.700	0.6	0.360	0.7711	1.00	0.6334	1.400	0.8868
12	13:48	25.00		0.20	0.8	0.700	0.8	0.140	0.4658				
13	13:51	27.00		0.80	2.0	0.700	0.6	0.560	0.4592	1.00	0.4340	1.400	0.6088
13	13:50	27.00		0.80	2.0	0.700	0.8	0.140	0.4105				
14	13:53	29.00		0.20	0.8	0.800	0.6	0.640	0.4251	1.00	0.3551	1.600	0.5682
14	13:54	29.00		0.20	0.8	0.800	0.8	0.160	0.3832				
15	13:56	31.00		0.80	2.0	0.700	0.6	0.560	0.3350	1.00	0.2740	1.400	0.3836
15	13:55	31.00		0.80	2.0	0.700	0.8	0.140	0.2130				
16	13:58	33.00		0.6	0.500	0.6	0.200	0.5244	1.00	0.5244	0.925	0.4851	
17	13:58	34.70	NonHum	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0	

Pieras em itálica indicam aviso de Controle de Qualidade (CQ). - Vide página de CQ desse relatório para maiores informações.

10 ■ <3.0%

Figura 74. Seleção da Tabela Resultados de Medição do FlowTracker
Fonte: Do autor (2025)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Est	Hora	Loc	Mét	Prof	%Prof	PMedid	Vel	FatCor	VMédia	Área	Vazão	%Vazão
2	0	13:21	2.80	Nenhum	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0
3	1	13:21	3.00	0.6	0.600	0.6	0.240	0.4026	1.00	0.4026	0.660	0.2657	1.9
4	2	13:23	5.00	0.6	0.660	0.6	0.224	0.9326	1.00	0.9326	1.120	12.237	8.6
5	3	13:24	7.00	0.6	0.480	0.6	0.184	12.168	1.00	12.168	0.920	11.195	7.9
6	4	13:26	9.00	0.2/0.8	0.660	0.2	0.528	0.9030	1.00	0.8040	1.320	10.613	7.5
7	4	13:27	9.00	0.2/0.8	0.660	0.6	0.132	0.7080					
8	5	13:29	11.00	0.8/0.2	0.660	0.2	0.528	12.279	1.00	0.9991	1.320	13.189	9.3
9	5	13:28	11.00	0.8/0.2	0.660	0.8	0.132	0.7704					
10	6	13:30	13.00	0.2/0.8	0.900	0.2	0.720	0.9278	1.00	0.6774	1.800	12.194	8.6
11	6	13:31	13.00	0.2/0.8	0.900	0.8	0.160	0.4271					
12	7	13:33	15.00	0.6	0.600	0.6	0.240	10.301	1.00	10.301	1.200	12.361	8.7
13	8	13:35	17.00	0.2/0.8	0.800	0.2	0.640	12.820	1.00	0.7608	1.600	12.173	8.6
14	8	13:36	17.00	0.2/0.8	0.800	0.8	0.160	0.2396					
15	9	13:38	19.00	0.6	0.600	0.6	0.240	0.8029	1.00	0.8029	1.200	0.9635	6.8
16	10	13:40	21.00	0.2/0.8	0.820	0.2	0.656	0.5913	1.00	0.4943	1.640	0.8107	5.7
17	10	13:42	21.00	0.2/0.8	0.820	0.8	0.164	0.3973					
18	11	13:45	23.00	0.8/0.2	0.780	0.2	0.624	0.6484	1.00	0.5402	1.560	0.6427	5.9
19	11	13:44	23.00	0.8/0.2	0.780	0.8	0.156	0.2310					
20	12	13:46	25.00	0.2/0.8	0.700	0.2	0.560	0.7711	1.00	0.6334	1.400	0.8868	6.2

Figura 75. Planilha do Excel com resultados de FlowTacker

Fonte: Do autor (2025)

O HidroSedimentos permite a leitura dos dados do arquivo de vazão em ASCII (*.DIS). Ao clicar no botão **Dados*.DIS** o usuário deverá localizar o arquivo e confirmar a leitura. Outra opção é abrir o arquivo ***.DIS** salvo como planilha do Excel. Neste caso, deverá clicar no botão **Dados *.xlsx**, escolher o arquivo e confirmar (Figura 76).

Para baixar os arquivos do FlowTracker usando a memória:

- Conecte o FlowTracker com uma porta COM no seu computador e clique em **Connect**;
- Na opção **Memória** selecionar os arquivos a serem baixados do equipamento e a pasta destino;
- Selecionar a opção **Arquivo de Vazão em ASCII (.DIS)** e clicar em **Abrir vários arquivos**.

Outra opção de importação de dados do FlowTracker para o HidroSedimentos é selecionar a Tabela **Resultados da Medição** no relatório de medição do FlowTracker (Figura 76) e copiar com Ctrl + C e colar na célula A1 de uma planilha do Excel. Esta planilha deverá ser salva em uma pasta especificada.

O HidroSedimentos permite a leitura dos dados do arquivo de vazão em ASCII (*.DIS) ao clicar no botão **Dados*.DIS (2)** e no botão **Dados *.xlsx (3)**, exibindo os dados na planilha **(4)**.

No quadro **Opção para dados de vazão (5)** pode-se definir usar os dados de vazão importados (Digitar dados) ou recalculer com base nos valores de profundidade, distância e velocidade.

No quadro **Método de Cálculo (6)** pode-se selecionar entre as opções Método da meia seção ou Método da seção média.

Clique em **Calcular (7)** para obter o resumo da vazão (8).

Clique em **Adotar (9)** para transferir os dados para as telas seguintes.



Figura 76. Entrada de dados do FlowTracker
Fonte: Do autor (2025)

4.1.4 Ler dados Nortek

Para exportar os dados do Nortek **Signature VM** para o HidroSedimentos recomendam-se os seguintes passos:

Passo 1. Abrir o Nortek VM Review:

- No menu **Browser**, navegue até o diretório onde os arquivos de dados (.SigVM) estão armazenados;
- Localize o arquivo desejado e **clique duas vezes** para abri-lo.

Após a abertura, duas visualizações principais serão exibidas:

- Mapa com a trajetória da embarcação e vetores de corrente média (Figura 77);

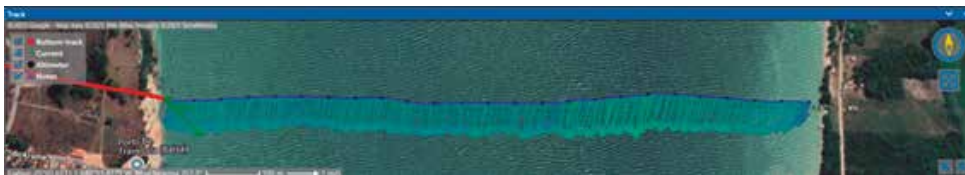


Figura 77. Mapa com trajetória da embarcação no Nortek VM Review
Fonte: Do autor (2025)

- Corrente ao longo do tempo e profundidade (Figura 78).

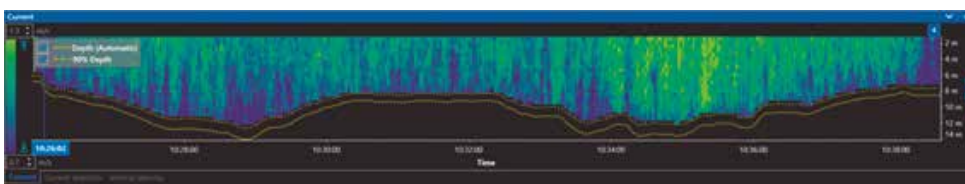


Figura 78. Representação vertical dos perfis no Nortek VM Review
Fonte: Do autor (2025)

Passo 2. Processamento dos Dados (opcional, se necessário): Caso os dados ainda não tenham sido processados, é possível aplicar correções nos seguintes parâmetros:

- Velocidade do barco (*Boat speed correction*);
- Pitch e Roll;
- Alinhamento (*Heading offset*).

Para orientações detalhadas sobre esses ajustes, clique no botão , no canto superior direito, para abrir o manual do software.

Passo 3. Configuração Específica para o HidroSedimentos. Antes de exportar os dados, é essencial configurar o parâmetro de média (averaging) (Figura 79):

- Acesse Processing > Filtering > Averaging;
- Defina o valor para:
 - Averaging = 0.0 s (destacado em vermelho):



Figura 79. Configuração dos dados no Nortek VM Review
Fonte: Do autor (2025)

- ✓ Isso garante que não seja aplicada média nos dados.

Passo 4. Exportando os Dados:

- Acesse a aba Exports no menu superior;
- Marque a caixa correspondente ao tipo de exportação desejada:
 - Full track – exporta toda a trajetória;
 - Current selection – exporta apenas a parte selecionada na visualização;
 - Transects – divide o percurso automaticamente em trechos com base nas mudanças de direção da embarcação.

Ideal para trajetos em formato de “8”, **retângulo** ou **círculo**:

- Escolha o formato **CSV** (compatível com o HidroSedimentos);
- Após selecionar a opção de exportação, o botão **Export** ficará habilitado;
- Clique em **Export**;
- O diretório no qual o arquivo é salvo pode ser definido ao se clicar no ícone de pasta/diretório (Figura 80).

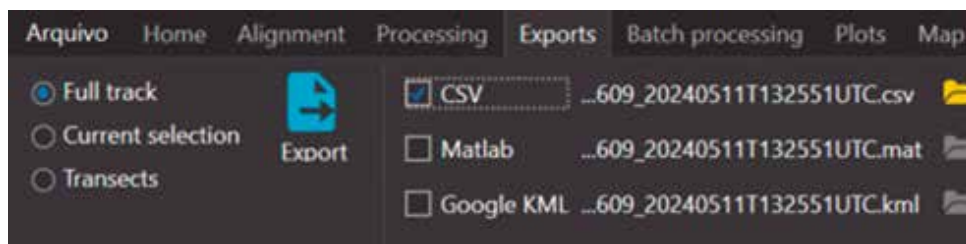


Figura 80. Tela para exportar dados no Nortek VM Review
Fonte: Do autor (2025)

⚠ Observação:

- A exportação respeita as configurações de processamento vigentes no momento (ex: averaging, correções aplicadas);
- Caso esteja trabalhando com múltiplos arquivos, considere usar a função **Batch Processing** para exportar em lote com as mesmas configurações;
- Caso necessário, valide os dados no próprio HidroSedimentos ou edite o CSV manualmente.

No HidroSedimentos 4.0 (Figura 81) no quadro **Opções de entrada de dados**, ao selecionar **Ler dados Nortek (1)** e clicar em **Arquivo *.csv (2)**, o programa importa os dados para a tabela **(3)**. Da mesma forma que nas leituras de dados do M9, podem-se informar as distâncias não medidas (ME e MD) **(4)**, distâncias das margens aos PI e PF, bem como definir o sentido da medição **(5)** e a referência **(6)**.

- Clicar em **Adotar (7)** para obter o **Resumo (8)** e transferir os dados para as abas seguintes.

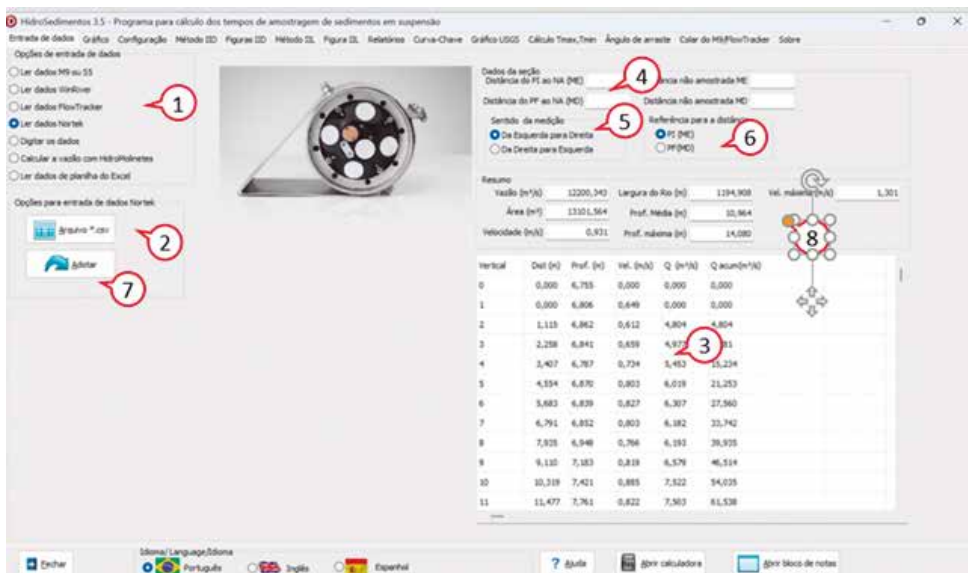


Figura 81. Tela Ler dados Nortek
Fonte: Do autor (2025)

4.1.5 Opção Digitar dados

Esta opção foi incluída caso o usuário utilize algum equipamento diferente dos anteriores (M9, RDI, Nortek, FlowTracker) para a medição da vazão e assim possa utilizar o HidroSedimentos para efetuar os cálculos dos tempos de amostragem. No quadro **Entrada de dados** (Figura 82) selecione a opção **Digitar dados** (1) e informe o número de verticais (2).

O usuário poderá optar por digitar a vazão ou digitar somente as distâncias, profundidades e velocidades médias de cada vertical (3) e posteriormente, calcular a vazão. Na opção para calcular a vazão (4) o programa permite calcular a vazão pelos métodos da seção média ou meia seção (5). Após a digitação dos dados o usuário deverá clicar em **Calcular** (6) para o programa efetuar os cálculos de vazão e fornecer os dados de vazão total, área molhada e velocidade média no quadro **Resumo** (7).

O botão **Limpas** (8) apaga todos os valores existentes na planilha, preparando-a para digitação de dados. Ao clicar no botão **Adotar** (9) o programa envia os dados digitados para as planilhas de cálculo do tempo de amostragem e também exibe os gráficos na tela **Gráficos**.

Figura 83. Tela Constantes de HidroMolinetes
Fonte: Do autor (2025)

Na tela **Constantes** o usuário deve escolher o molinete. O valor que aparece ao executar o programa (1) é do primeiro molinete colocado no arquivo *molintes.txt*, de forma que o usuário pode deixar em primeiro lugar no arquivo *molinetes.txt* o molinete default do programa. Selecionando-se um molinete o programa exibe automaticamente os respectivos coeficientes **a** e **b** (2).

Também se deve informar o tempo de medição da rotação sendo padrão do programa o valor de 50 segundos (3). O usuário poderá escolher entre o método de cálculo da seção média ou meia seção (4) e entre o processo simplificado ou o detalhado (5).

Definido o processo de cálculo, o programa permite ainda alterar os critérios de profundidade para as medidas de velocidade em 1 ponto ou 2, 3, 4 ou 6 pontos (6). Alteram-se somente os limites superiores e o programa altera automaticamente o limite inferior.

Na tela **Dados Descritivos** (Figura 84) o usuário deverá fornecer os dados sobre a estação hidrométrica (1). Estes dados são opcionais e somente serão utilizados para o relatório gerado. A estação mostrada é a primeira do arquivo *rios.txt*. Para facilitar a busca de estações cadastradas pode-se digitar o código da estação no campo **Procura** (2) e o programa irá posicionar na primeira estação que coincidir com a sequência de caracteres digitados, exibindo as informações cadastradas (3).

É possível ainda, informar no quadro **Dados da medição** a data (4), hora de início (5) e final (6), nível de régua inicial (7) e final (8) e também o nome do hidrometrista (9).

HidroSedimentos - Medidas de vazão com Molinete Hidrométrico

Constantes Dados Descritivos Planilha de cálculo Perfil do Rio Gráficos

Dados da estação

Procura

Código da estação 84005000

Nome da estação Foz Do Rio Pequeno

Rio Rio Pequeno

Bacia Atlântico - Inchoo Sudeste

Município Angelina

Dados da medição

Data 01/07/2025

Dados do início da medição

Hora 08:43:25

Nível da régua cm

Dados do final da medição

Hora 08:43:23

Nível da régua cm

Hidrometrista

Nome

Lançar

Figura 84. Tela Dados descritivos do HidroMolinetes
Fonte: Do autor (2025)

Na tela **Planilha de cálculo** (Figura 85) deverão ser digitados os dados levantados a campo. Preferencialmente, os dados devem ser digitados todos no campo identificado por **Entrada de dados (1)**, e o programa irá solicitar os dados de acordo com o processo de cálculo escolhido na tela **Constantes**. Assim, se o processo escolhido for o simplificado, o programa irá solicitar para cada vertical a distância do PI, a profundidade da vertical (em centímetros) e o número de rotações na profundidade de 60cm, se a profundidade for menor que o valor estabelecido na tela **Constantes** ou o número de rotação a 80% e a 20% da profundidade. Cada vez que a tecla **Enter** é acionada, o programa confirma a entrada de dados, colocando o valor no campo adequado da planilha e, ao se informar as rotações, o programa calcula a velocidade no ponto e exibe o resultado ao lado do valor das rotações.

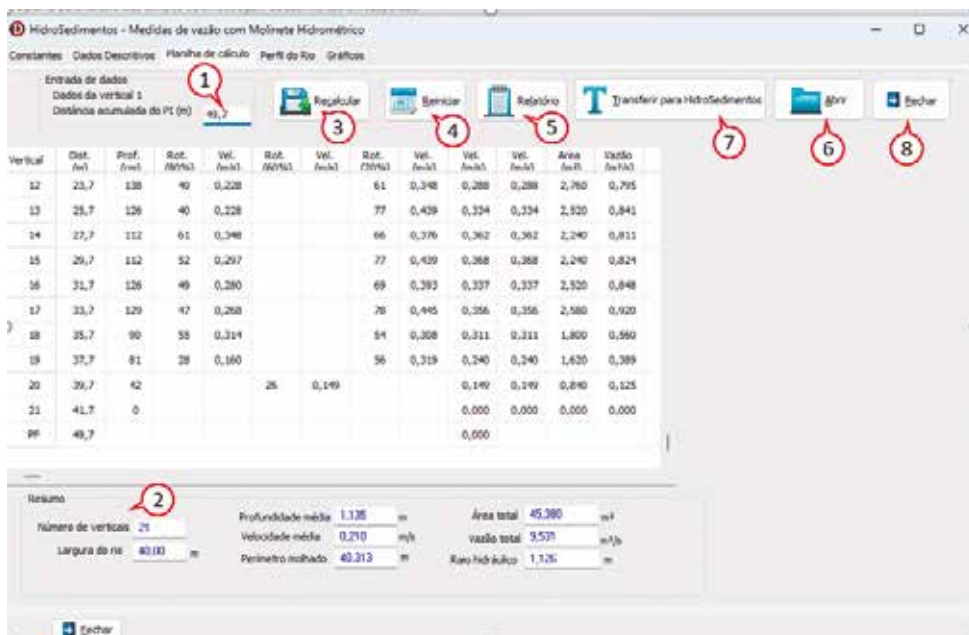


Figura 85. Tela Planilha de cálculo HidroMolinetes

Fonte: Do autor (2025)

O programa irá solicitar novos valores acrescentando linhas na planilha até que seja informada a profundidade 0 (zero), correspondendo à distância da margem oposta. Neste ponto o programa solicita a distância até o PF e, ao ser acionada a tecla **Enter**, ele realiza os cálculos e exibe no quadro **Resumo (2)** os valores de número de verticais, largura do rio, profundidade média, velocidade média, perímetro molhado, área total, vazão total e raio hidráulico.

Caso algum valor tenha sido digitado de forma incorreta, pode-se posicionar o cursor na respectiva célula e corrigir o valor, e, ao acionar o botão **Recalcular (3)** os cálculos são refeitos. Neste ponto é interessante observar que, no processo detalhado, o programa recalcula a velocidade média da vertical conforme o número de pontos com informações do número de rotações.

Para realizar o cálculo de outra estação ou reiniciar o cálculo deve-se clicar no botão **Reiniciar (4)**.

Para salvar os dados deve-se clicar no botão **Relatório (5)** que será exibido em uma tela padrão do Windows com o caminho para o arquivo a ser gravado. O programa grava um arquivo texto que posteriormente pode ser visualizado no bloco de notas ou em outro editor de texto. Este arquivo contém todos os dados do rio, do molinete, métodos e processos de cálculo adotados, dados descritivos e a planilha de cálculo. Para abrir

um arquivo salvo pode-se clicar no botão **Abrir (6)** e informar o caminho e o nome do respectivo arquivo.

Para transferir os dados para a tela entrada de dados do HidroSedimentos deve-se clicar no botão **Transferir para HidroSedimentos (7)**.

Para fechar esta janela e retornar ao HidroSedimentos clique em **(8)**.

Na tela **Perfil do rio** é representado o perfil do rio com os dados fornecidos na planilha de cálculo (Figura 86). Esta tela é útil para verificação de possíveis erros de digitação. No quadro **Formatação do gráfico** podem-se alterar alguns valores como:

- **Altura do gráfico:** a altura padrão é de 180, o usuário pode alterar, recomenda-se valor máximo de 350 como limite da tela;

- **Divisão da profundidade:** representa os incrementos de valores da escala vertical da profundidade;

- **Início do eixo X:** informar o segmento que se deseja representar, o valor zero corresponde ao PI;

- **Fim do eixo X:** informar até que distância deseja representar, normalmente adota-se a distância do PF;

- **Mostrar o valor da profundidade:** ao acionar esta tecla são exibidos ou ocultos os valores de profundidade de cada vertical.

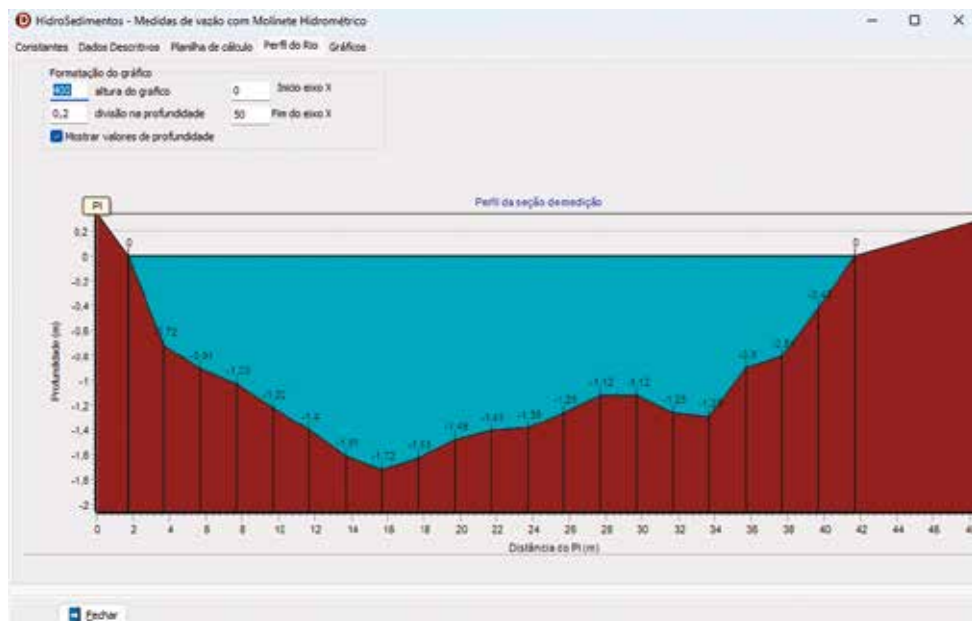


Figura 86. Tela Perfil do Rio do HidroMolinetes
Fonte: Do autor (2025)

Na tela **Gráficos** são apresentados dois gráficos, o primeiro mostra a variação da velocidade média ao longo do perfil e o segundo mostra a distribuição da vazão unitária ao longo do rio (Figura 87). A vazão unitária representa a vazão por metro de largura do rio. Esta tela também é útil para identificar erros grosseiros na digitação dos dados bem como para analisar o comportamento da velocidade e da vazão na seção estudada.

Ao acionar a tecla **Mostrar valor** são exibidos os valores de velocidade e vazão unitária no gráfico. Os valores de **Início do eixo X** e **Fim do eixo X** representam o segmento que se deseja representar. O programa adota os valores de PI e PF, porém permite a alteração.

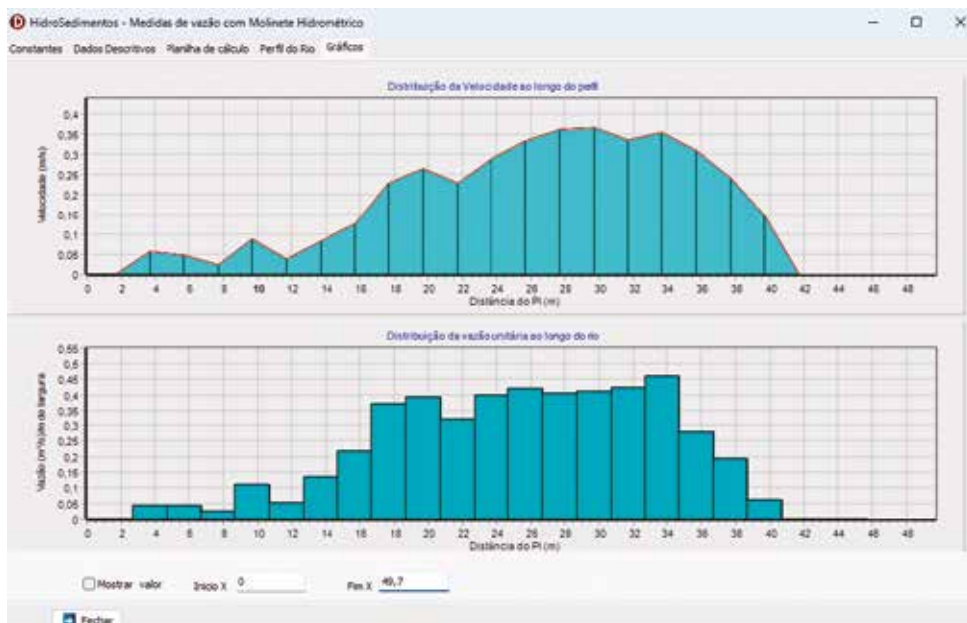


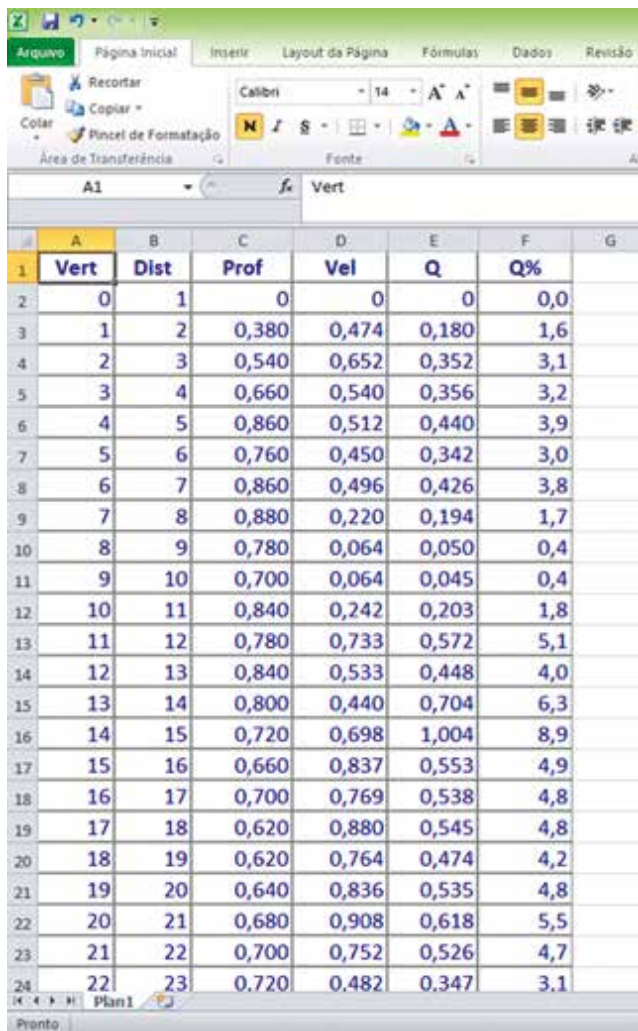
Figura 87. Tela Gráficos de HidroMolinetes
Fonte: Do autor (2025)

4.1.7 Opção Ler dados de planilha do Excel

A opção **Ler dados de planilha do Excel (1)** possibilita atender casos genéricos em que os dados podem ser organizados na planilha Excel para posteriormente serem lidos pelo HidroSedimentos. Na Figura 88 consta um modelo de planilha com os dados que deve conter o seguinte:

- Primeira linha o rótulo das colunas;
- Coluna A: o número das verticais;

- Coluna B: as distâncias (em metros) das verticais a partir do PI;
- Coluna C: a profundidade de cada vertical (m);
- Coluna D: a velocidade média de cada vertical (m.s^{-1});
- Coluna E: a vazão parcial de cada vertical ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$). Esta coluna é opcional, pois o programa permite calcular a vazão pelo método da meia seção ou da seção média;
- Coluna F: a vazão em percentual (%), também é opcional pois ao clicar em **Calcular** o programa calcula as colunas E e F.



	A	B	C	D	E	F	G
1	Vert	Dist	Prof	Vel	Q	Q%	
2	0	1	0	0	0	0,0	
3	1	2	0,380	0,474	0,180	1,6	
4	2	3	0,540	0,652	0,352	3,1	
5	3	4	0,660	0,540	0,356	3,2	
6	4	5	0,860	0,512	0,440	3,9	
7	5	6	0,760	0,450	0,342	3,0	
8	6	7	0,860	0,496	0,426	3,8	
9	7	8	0,880	0,220	0,194	1,7	
10	8	9	0,780	0,064	0,050	0,4	
11	9	10	0,700	0,064	0,045	0,4	
12	10	11	0,840	0,242	0,203	1,8	
13	11	12	0,780	0,733	0,572	5,1	
14	12	13	0,840	0,533	0,448	4,0	
15	13	14	0,800	0,440	0,704	6,3	
16	14	15	0,720	0,698	1,004	8,9	
17	15	16	0,660	0,837	0,553	4,9	
18	16	17	0,700	0,769	0,538	4,8	
19	17	18	0,620	0,880	0,545	4,8	
20	18	19	0,620	0,764	0,474	4,2	
21	19	20	0,640	0,836	0,535	4,8	
22	20	21	0,680	0,908	0,618	5,5	
23	21	22	0,700	0,752	0,526	4,7	
24	22	23	0,720	0,482	0,347	3,1	

Figura 88. Exemplo de dados em planilha Excel para entrada de dados no HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

Ao clicar em **Abrir a planilha (2)**, o HidroSedimentos executa o Excel, fazendo a leitura e copiando os dados para a tela Entrada de dados (3) e posteriormente fecha o Excel.

No quadro **Opção para dados de vazão (4)** (Figura 89) pode-se definir usar os dados de vazão importados (Digitar dados) ou recalculer com base nos valores de profundidade, distância e velocidade.

No quadro **Método de Cálculo (5)** selecione entre as opções **Método da meia seção** ou **Método da seção média**. Clique em **Calcular (6)** para obter o resumo da vazão (7). Para importar dados de outra medição e reiniciar clique em **Limpar (8)**. Clique em **Adotar (9)** para transferir os dados para as telas seguintes.



Figura 89. Tela Entrada de dados com opção de Ler dados do Excel
Fonte: Do autor (2025)

4.2 Tela Gráficos

Esta tela exibe os gráficos (Figura 90) do perfil transversal (1) bem como a variação da velocidade ao longo da seção (2). É utilizada para verificar se os dados de entrada foram importados ou digitados corretamente. Assim, após clicar no botão **Adotar** de qualquer um dos métodos de entrada de dados, deve-se visualizar a tela **Gráficos** e comparar o perfil transversal representado com o obtido na medição.

Quando a medição da vazão é realizada com os equipamentos ADCP (M9 ou RDI), percebe-se, em alguns casos, uma grande oscilação dos valores de velocidade, diferente

dos perfis obtidos com medições com o molinete ou FlowTracker. Isto se deve ao fato do equipamento ADCP registrar a velocidade instantânea da corrente enquanto que o molinete obtém a velocidade média por um intervalo de tempo, geralmente, de 40 a 60 segundos.

Como o dado de velocidade interfere no cálculo do tempo de amostragem, foi incluída no programa HidroSedimentos uma opção para calcular a velocidade média na vertical, considerando 'k' verticais anterior e posterior à vertical 'i', assim a velocidade média é calculada por:

$$V_m = \frac{\sum_{i=i-k}^{i+k} V_i}{2k+1} \quad (46)$$

Como padrão o programa adota $k = 1$ **(3)**, porém o usuário poderá alterar o valor na tela **Gráficos** (Figura 90) que o programa automaticamente recalcula os valores de velocidade média. Esta opção somente está habilitada para as opções de entrada dos dados "Ler dados M9 ou S5", "Ler dados WinRiver " e "Ler planilha do Excel".

No quadro **Detalhes do gráfico (4)** o usuário poderá definir os limites inicial e final do eixo horizontal dos gráficos de modo a obter um detalhe de algum ponto de interesse. Clicando no botão **Todo Perfil (5)** será representado o gráfico com o perfil definido na tela Entrada de dados.



Figura 90. Tela Gráficos do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

4.3 Tela Configuração

Na tela **Configuração** (Figura 91) o usuário deverá optar pelo método de amostragem (se amostragem pontual ou por integração na vertical), **(1)**, selecionar o amostrador **(2)**, o recipiente **(3)** e o bico **(4)** a ser utilizado, bem como informar os dados necessários para os cálculos de acordo com o método de amostragem.

Para cada combinação de equipamento, amostrador e bico, são apresentados no quadro **Dados do amostrador (5)** os valores de profundidade máxima, velocidade máxima, velocidade mínima, altura da zona não amostrada e volume do recipiente.

Observe que se for selecionada uma combinação que não atenda às recomendações da Tabela 3, os valores do quadro Dados do amostrador ficam em branco e na parte inferior da tela **(6)** será exibida uma informação de recipiente e bico indicados para o amostrador selecionado.

No quadro **Cálculo da pressão atmosférica (7)** o usuário deverá informar a altitude do local em metros e a temperatura do ar em graus Celsius. Deve-se clicar no botão **Calcular (8)** para que o programa calcule o valor da pressão atmosférica, informando o valor em kPa e ft/H₂O.

A pressão é calculada como:

$$P = 101,3 \left(\frac{T - 0,0065Z}{T} \right)^{5,256} \quad (47)$$

Em que:

P = pressão atmosférica (kPa);

T = temperatura do ar (°C);

Z = altitude (m).

Ao clicar no botão **Adotar (9)** o programa transfere o valor para o quadro **Dados para os cálculos do tempo de amostragem**.

No quadro **Converter unidade** o usuário deverá informar o valor da pressão medida e selecionar a unidade. A opção para converter unidades de pressão foi incluída, caso o usuário tenha algum equipamento que meça a pressão atmosférica e assim possa converter esse valor para a pressão em ft/H₂O. No quadro **Converter unidade** o usuário deverá informar o valor da pressão medida e selecionar a unidade. Estão disponíveis as seguintes unidades de pressão:

Pa – Pascal;

hPa – hectoPascal;

kPa – kiloPascal;

MPa – MegaPascal;

N.m⁻² – Newton por metro quadrado;

Atm – atmosfera;

kgf. m⁻² – quilograma força por metro quadrado;

kgf.cm⁻² – quilograma força por centímetro quadrado;

PSI – libra por polegada quadrada;

mca – metros de coluna d'água;

mmHg – milímetro de coluna de mercúrio;

inHg – polegada de coluna de mercúrio;

dyn.cm⁻² – dina por centímetro quadrado;

bar – bar;

mb – milibar.

Ao clicar no botão **Converter (10)** ou selecionando a unidade, o programa informa o respectivo valor da pressão em ft/H₂O. Ao clicar no botão **Adotar (11)** o programa transfere o valor para o quadro **Dados para os cálculos**.

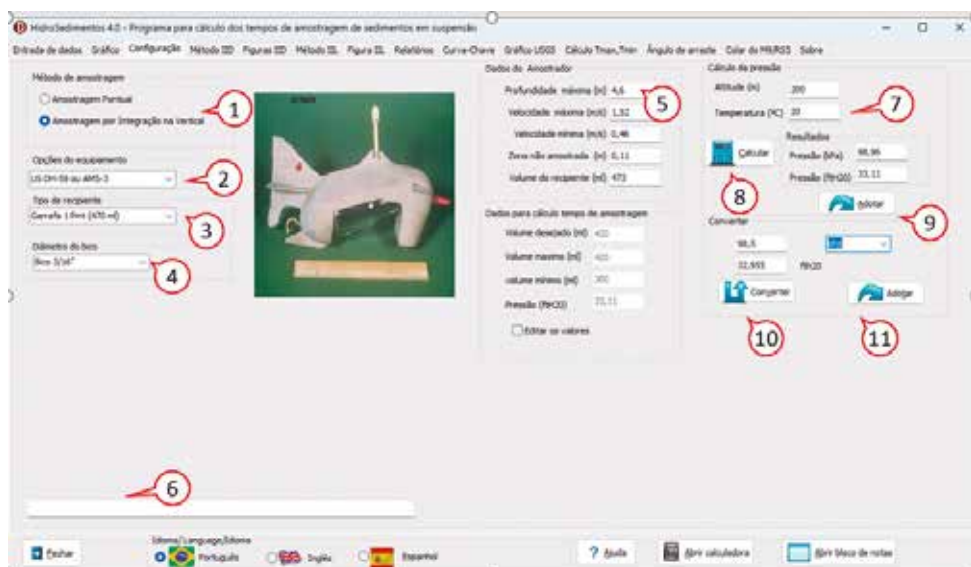


Figura 91. Tela Configuração do HidroSedimentos

Fonte: Do autor (2025)

4.4 Tela IID

A tela IID (Figura 92) apresenta as rotinas de cálculo dos tempos de amostragem usando o método do Igual Incremento de Descarga. Na entrada dos dados, verificam-se variações conforme o tipo de dado de entrada.

Quando o dado foi obtido a partir do M9 ou S5 ou leitura dos dados WinRiver, o HidroSedimentos exibe o quadro **Opções para velocidade (1)** com as seguintes alternativas:

- Velocidade medida pelo equipamento;
- Velocidade média calculada.

Na opção **Velocidade medida pelo equipamento**, o HidroSedimentos usa a velocidade obtida na vertical e na opção **Velocidade média calculada**, o programa irá usar a velocidade média calculada conforme definido na tela **Gráficos**.

vertical	Prof. (m)	Vel. (m/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,0
2	7,00	1,17	0,113	0,077	-0,030	-0,1
3	7,01	1,17	0,119	0,129	-0,074	-0,3
4	7,01	1,22	0,143	0,118	0,090	0,2
5	7,02	1,24	0,092	0,129	0,000	0,0
6	7,03	1,18	0,182	0,129	0,000	0,0
7	7,04	1,18	0,143	0,141	-0,038	-0,1
8	7,06	1,18	0,126	0,124	0,040	0,2
9	7,13	1,21	0,002	0,126	0,000	-0,1
10	7,14	1,17	0,147	0,125	0,044	0,2
11	7,16	1,18	0,126	0,134	0,000	-0,2
12	7,17	1,22	0,188	0,147	0,000	0,0
13	7,18	1,20	0,127	0,149	0,000	0,0
14	7,22	1,21	0,132	0,130	0,000	0,0
15	7,23	1,24	0,131	0,129	0,000	0,3
16	7,27	1,19	0,127	0,126	0,000	-0,2
17	7,33	1,11	0,123	0,115	0,000	0,0

Figura 92. Tela IID para dados do M9 ou S5

Fonte: Do autor (2025)

Para as demais opções de entrada de dados, a coluna velocidade média (1) fica vazia (sem os dados). Para a determinação dos tempos de amostragem pelo método IID devem-se seguir os seguintes passos:

- Informar quantas amostras deseja coletar (geralmente entre 5 e 10) (2);
- Clicar no botão **Calcular** (3). O programa irá determinar os valores de velocidade, profundidade e vazão interpolando entre os valores das verticais medidas com o

equipamento, e definir o tempo mínimo e máximo de amostragem **(4)**;

- Observar a estimativa do volume total de coleta **(5)**. Caso o volume seja insuficiente para as análises desejadas pode-se aumentar o número de amostras.
- Se forem informados os valores de tempo gasto e o volume coletado **(6)** ao clicar no botão **Avaliar a medição (7)**, o programa irá preencher as colunas com a velocidade de trânsito e a eficiência de amostragem **(8)**. Observe que os valores de eficiência de amostragem foram formatados para precisão na casa das dezenas. Caso se deseje maior precisão pode-se efetuar os cálculos individualmente na tela

Cálculo TMax, Tmin.

Em algumas situações, principalmente quando se usam amostradores de saca em baixa velocidade, o volume da amostra obtido pode ser muito inferior ao desejado. Nestes casos pode-se calcular o tempo de amostragem de uma amostra complementar. Ao clicar nas setas indicativas da amostra **(9)** o programa irá informar os respectivos valores dos volumes coletados **(10)**, volume desejado e o tempo gasto e calcular o volume restante e o tempo necessário para coletar este volume conforme:

Volume restante = Volume desejado – Volume coletado

$$\text{Tempo Res tan te} = \frac{\text{Volume coletado}}{\text{Volume desejado}} \times \text{tempo gasto}$$

Ao clicar no botão **Inserir (11)** o HidroSedimentos irá inserir uma linha na tabela com os dados da amostra acrescentando a letra “b” na identificação da amostra.

Quando a operação é feita com equipamento ADCP e têm-se as medidas de velocidade e profundidade, podem-se corrigir os valores digitando diretamente nos campos e clicar em **Recalcular (12)** que o programa refaz o cálculo do tempo mínimo e máximo de amostragem.

Em situações de rios muito largos, onde a medição de vazão é realizada com barco em movimento, pode-se manter o ADCP ligado para obter o ponto de coleta de determinado valor de vazão. Para esta condição foi incluída uma função no HidroSedimentos de forma que ao passar o mouse sobre a coluna Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) o programa exibe a faixa de vazão aceitável, dada pelo limite inferior correspondente à vazão pontual +/- 10 da diferença com as vazões anterior e posterior seguintes.

No exemplo da Figura 93, as vazões correspondentes respectivamente a 50, 70 e 90% da vazão total são 13,8; 19,3 e $24,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Assim, para o ponto 4, a vazão pontual desejada é de $19,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, no entanto, admite-se que podem ser coletados na faixa de 18,8 a $19,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dada por:

$$\text{Limite inferior} = 19,3 - 0,10 (19,3 - 13,8) = 18,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Limite superior} = 19,3 + 0,10 (24,9 - 19,3) = 19,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Nº	Vazão (%)	Vazão (m³/s)	Dist. (m)	Prof. (m)	Pe.f. (m)	Vel. (m/s)	Tmin. (s)
1	10,0	2,8	5,2	1,95	1,84	0,34	49
2	30,0	8,3	12,7	1,89	1,78	0,38	44
3	50,0	13,8	20,1	1,79	1,68	0,45	38
4	70,0	19,3	28,0	1,73	1,62	0,37	46
5	90,0	24,9	39,1	1,30	1,19	0,31	54
			18,8-19,9				

Figura 93. Detalhe da visualização do intervalo aceitável de vazão
Fonte: Do autor (2025)

Podem-se selecionar os dados da tabela (Figura 94) e usar as teclas de atalho Ctrl+c para copiar os dados e Ctrl+v para colar em outro aplicativo.

Nº	Vazão (%)	Vazão (m³/s)	Dist. (m)	Prof. (m)	Vel. (m/s)	Tmin. (S)	Tmáx. (S)	Tgasto (S)	Vol. (m³)	Vt (m/s)	Ea (%)
1	10,0	2,8	5,2	1,95	1,84	0,34	49	69	400	0,06	120
2	30,0	8,3	12,7	1,89	1,73	0,38	44	62	580	0,06	100
3	50,0	13,8	20,1	1,79	1,68	0,45	38	53	400	0,06	92
4	70,0	19,3	28,0	1,73	1,62	0,37	46	64	420	0,05	106
5	90,0	28,9	29,1	1,3	1,29	0,31	54	76	400	0,03	101

Figura 94. Detalhe da utilização do atalho Ctrl+c para copiar os dados da planilha
Fonte: Do autor (2025)

4.5 Tela Figura IID

Na tela **Figura IID** (Figura 95) o programa mostra a distribuição de vazão percentual **(1)** com os pontos de coleta e as respectivas velocidades **(2)** e profundidades **(3)**. Quando o dado é obtido do M9 ou S5 o programa exibe também a velocidade média calculada.

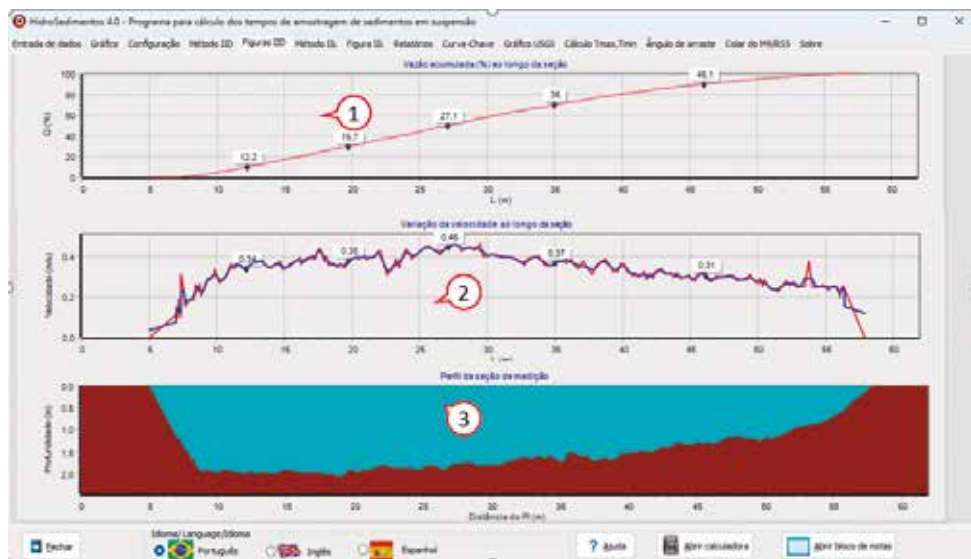


Figura 93 - Tela Figura IID do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

4.6 Tela ILL

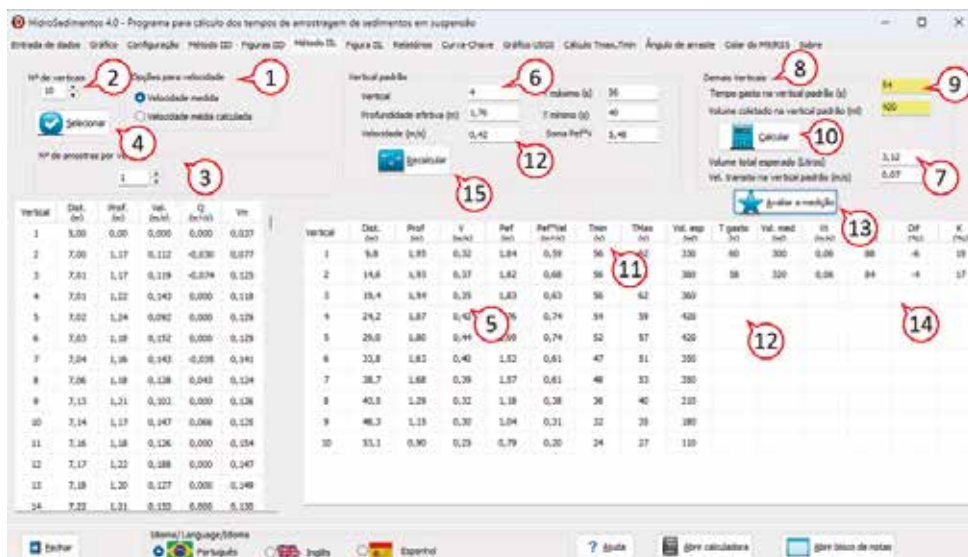
Na tela **III** (Figura 96) o usuário poderá fazer os cálculos de tempo de amostragem usando a técnica do método do igual incremento de largura (ILL). Este método é indicado para as situações em que a medição da vazão foi realizada com verticais igualmente espaçadas. Para sua utilização com os equipamentos M9 ou S5, bem como para RDI e Nortek foram realizadas algumas adaptações, e dessa forma, há pequenas variações na entrada de dados.

4.6.1 Procedimentos para opção Ler dados M9 /S5 ou RDI ou Nortek

Para a condição de entrada de dados com leituras de ADCP o usuário deverá (Figura 96):

- No quadro **Opções para dados de velocidade (1)** optar pelo uso da velocidade medida na vertical ou da velocidade média calculada;
- No quadro **Número de verticais (2)** informar o número de verticais em que pretende coletar amostras de sedimentos em suspensão;
- Informar o número de amostras por vertical **(3)**;
- Clicar no botão **Selecionar (4)**.

Quando a operação é feita com equipamento ADCP e tem-se a medida da velocidade e profundidade podem-se corrigir os valores de velocidade e profundidade digitando diretamente nos campos e clicar em **Recalcular (15)**, que o programa refaz o cálculo do tempo mínimo e máximo de amostragem.



Podem-se selecionar os dados da tabela (Figura 97) e usando os atalhos Ctrl+c para copiar os dados e Ctrl+v (Figura 100) para colar em outro aplicativo. Esta facilidade pode ser útil caso o usuário deseje determinar o perfil da seção e utilizar em outro aplicativo.

Vertical	Dist. (m)	Prof (m)	V (m/s)	Pef (m)	Pef*Vel (m ² /s)	Tmin (s)	TMax (s)
10	23,5	1,80	0,41	1,69	0,69		
11	25,9	1,63	0,37	1,52	0,57		
12	28,2	1,71	0,37	1,60	0,60		
13	30,6	1,70	0,33	1,59	0,53		
14	32,9	1,53	0,36	1,42	0,52		
15	35,3	1,42	0,30	1,31	0,39		
16	37,6	1,34	0,30	1,23	0,37		
17	40,0	1,19	0,30	1,08	0,33		
18	42,3	1,20	0,31	1,09	0,33		
19	44,7	1,05	0,25	0,94	0,23		
20	47,0	0,82	0,25	0,71	0,18		

Figura 95 - Detalhe da utilização do atalho Ctrl+C para copiar os dados da planilha
Fonte: Do autor (2025)

4.6.2 Procedimentos para a opção Ler dados FlowTracker, Digitar dados ou Calcular com Hidromolinetes

Para a condição de entrada de “Ler dados do FlowTracker” ou “Digitar dados” o programa HidroSedimentos exibe na planilha de dados os valores das distâncias, profundidade, velocidade, vazão e o índice J para cada vertical (Figura 98). Os procedimentos a serem seguidos pelo usuário são:

No quadro **Opções (1)** escolher uma das alternativas para seleção de verticais, sendo disponíveis:

- Selecionar todas
- Selecionar pares
- Selecionar ímpares

O procedimento de campo, geralmente adotado, considera o número de verticais para coleta de amostras de sedimentos em suspensão igual à metade do número de verticais usadas para medir a velocidade do fluxo. Assim, observa-se que a vertical com o maior valor J ocorre em vertical par ou ímpar para selecionar as verticais:

- Informe o número de amostras por vertical **(2)**;
- Clicar no botão **Selecionar (3)**.

O HidroSedimentos irá determinar as verticais com as respectivas profundidades e velocidades **(4)**. Para a vertical padrão é informado o tempo mínimo e máximo de amostragem. Esses valores são informados no quadro **Vertical padrão (5)**.

Também é informado o valor da soma do índice J que é usado na estimativa do volume total de amostra esperado **(6)**. Esta informação é importante quando há exigência do volume mínimo de amostra total, pois neste ponto o técnico poderá avaliar a necessidade de coletar maior número de amostras.

No quadro **Demais verticais (7)**, deve-se informar o valor do tempo gasto na vertical padrão e o volume coletado **(8)** e, clicando em **Calcular (9)**, o programa calcula o tempo mínimo e máximo das demais verticais **(10)**.

Deve-se anotar o tempo gasto em cada valor e o volume coletado em cada vertical e digitar os valores nas respectivas colunas (destacadas em amarelo) **(11)**. Ao clicar em **Avaliar medição (12)**, o programa HidroSedimentos calcula os valores de alguns índices que servem para avaliar a medição **(13)**.

Quando a operação é feita com equipamento ADCP e tem-se a medida da velocidade e profundidade podem-se corrigir os valores de velocidade e profundidade digitando diretamente nos campos e clicar em **Recalcular (14)** que o programa refaz o cálculo dos tempos mínimo e máximo de amostragem.

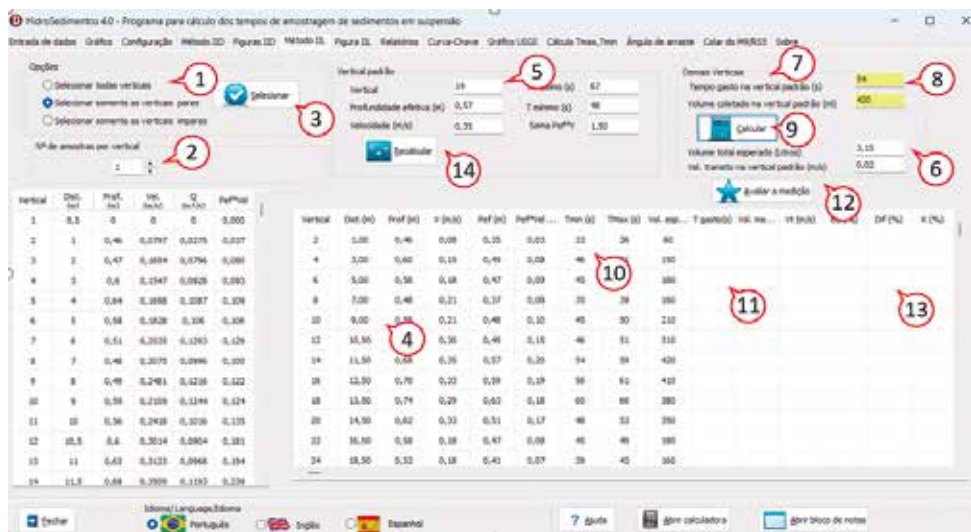


Figura 96 - Tela Figura ILL do HidroSedimentos para entrada de dados nas opções Ler dados do FlowTracker ou Digitar dados
Fonte: Do autor (2025)

4.7 Figura ILL

Na tela Figura ILL (Figura 99) estão representados os pontos de coleta das amostras (1) ao longo do perfil do rio (2). Esta tela poderá auxiliar o técnico ao avaliar se as amostras estão bem representativas. Caso julgue que algum ponto importante do rio necessita de amostragem, o técnico poderá aumentar o número de amostras de modo a incluir uma vertical no ponto desejado.



Figura 97 - Tela Figura ILL do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

4.8 Relatórios

Na tela **Relatório** (Figura 100) o usuário poderá incluir os dados para registrar o relatório. No quadro **Dados da estação** selecione a estação **(2)** ou digite o código no campo procura **(1)** e o programa apresenta os dados cadastrados no arquivo *rios.txt* que seguem o mesmo modelo do programa HidroMolinetes (Back, 2006), em que o usuário poderá gerar um arquivo texto com os dados da estação. Este arquivo deve ser nomeado de *rios.txt*.

Os arquivos *rios.txt* e *molinetes.txt* são arquivos auxiliares que o programa carrega automaticamente na sua execução. Estes arquivos, em formato texto, podem ser manipulados pelo usuário, excluindo ou acrescentando informações conforme seu interesse. No arquivo *rios.txt* estão relacionados os dados das estações fluviométricas e tem a seguinte sequência, por linha do arquivo:

Código;
Nome da estação;
Nome do rio;
Bacia hidrográfica;
Município de localização.

O arquivo original *rios.txt* contém todos os rios constantes no banco de dados Hidros da ANA. Pode-se alterar o arquivo *rios.txt* acrescentando ou eliminando dados que não tenham interesse, porém, deve-se manter a mesma sequência das linhas para todos os dados do arquivo.

Informe o roteiro e o número da medição **(3)**.

Informe os dados solicitados no quadro **Dados da medição (4)**, onde o usuário deverá informar a data da medição, hora e nível da régua no início e final da medição. Foram incluídas várias informações sobre as **Condições hidrológicas**, **Condições do tempo (5)**, **Tipo de material do leito**, **Cor da água**. Selecione as opções adequadas para **Técnica da medição (6)** e **Dos equipamentos (7)**.

Informe os parâmetros de qualidade da água **(8)**.

Se necessário, digite outros comentários para registro no relatório no campo **Observações (9)**.

Para gerar o relatório, após o preenchimento dos dados e seleção das opções adequadas da Tela **Relatórios** deve-se clicar no botão **Relatório Método IID** ou **Relatório Método IIL** de acordo com o método adotado. Para o Método IID **(10)** estão disponíveis relatórios nos formatos *.txt (gerando arquivo em bloco de notas), *.pdf ou ainda *.xls (exportando para a planilha do Excel). Para o Método IIL **(11)** estão disponíveis relatórios nos

formatos *.txt (gerando arquivo em bloco de notas), *.pdf ou ainda em *.xlsx (exportando para a planilha do Excel). O arquivo no formato txt foi incluído para possibilitar a cópia ou importação em outro arquivo como Word ou Excel. O formato pdf permite uma melhor formatação e padronização dos relatórios. O formato Excel permite exportar diretamente para a planilha Excel, conforme modelo FichallID.xlsx ou FichallL.xlsx da pasta **Auxiliares**.

HidroSedimentos 4.0 - Programa para cálculo dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão

Entrada de dados Gráfico Configuração Método ID Figuras ID Método IL Figura IL Relatórios Curva-Chave Gráfico USGS Cálculo T_{max}, T_{min} Ângulo de arraste Color do MRS55 Sobre

Dados da Estação

Procura: 84 (1)

Código: 84005000 (2)

Nome: Foz Do Rio Pequeno

Rio: Rio Pequeno

Bacia: Atlântico - trecho Sudeste

Município: Angelina

Roteiro: RP da medição 1 (3)

Dados da medição

Data: 01/07/2025 (4)

Hora de início: 10:11:11

Hora de término: 10:11:11

Cota no início: cm

Cota no final: cm

Condições Hidráulicas

☐ Estável ☐ Pico ☐ Subindo ☐ Descendo ☐ Vento ☐ Chuva ☐ Nublado

Condições do tempo (5)

☐ Quente ☐ Frio ☐ Rochas ☐ Silte ☐ Matacão ☐ Areia ☐ Cascalho

Tipo de material do leito

☐ Silte ☐ Argila ☐ Areia ☐ Cascalho

Cor da água

☐ Limpa ☐ Marrom ☐ Cinza ☐ Branca ☐ Verde ☐ Outra

Técnica de medição (6)

☐ A vista ☐ Teleférico ☐ Da Ponte ☐ De barco preso a um cabo ☐ Barco ancorado ☐ Barco em movimento

Equipamento: wj - Sonel

Qualidade da água (8)

Temperatura (°C): 14.0 (14)

pH: 7.0

Cond. Elétrica (µS/cm): 100.0

Salinidade (ppt): 0.0

Oxigênio Dissolvido (mg/L): 0.0

Profundidade da sonda (m): 0.0

Distância da ME (m): 0.0

Observações (9)

Relatório ID

Relatório *.txt (10)

Relatório *.pdf

Relatório *.xlsx

Relatório IL

Relatório *.txt (11)

Relatório *.pdf

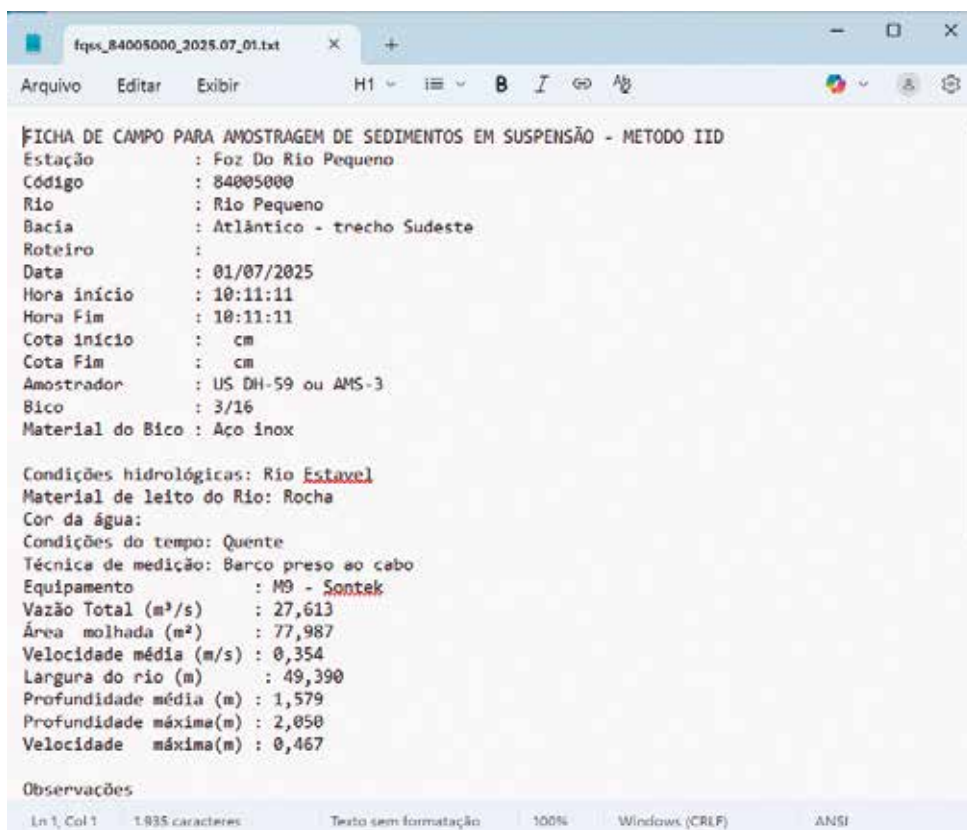
Relatório *.xlsx

Idioma/Language/Idioma: Português, Inglês, Espanhol

Botões: ? Ajuda, Salvar calculadora, Abrir bloco de notas

Figura 98 - Tela Relatórios do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

Na opção **Relatório *.txt** o programa irá abrir um arquivo texto (Figura 101) no Notepad com os dados definidos na tela **Configuração** e dos tempos de amostragem calculados.



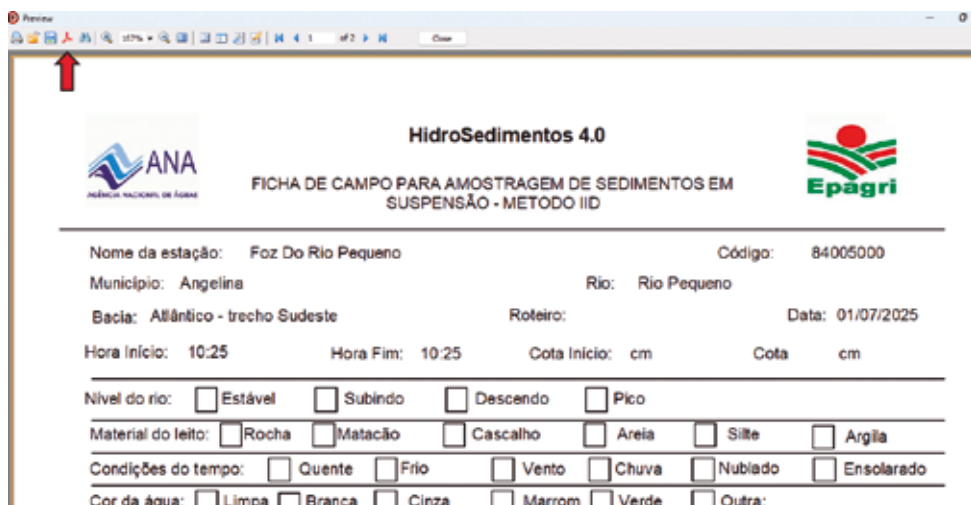
```
tqqs_84005000_2025.07_01.txt
Arquivo  Editar  Exibir  H1  B  I  A
FICHA DE CAMPO PARA AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO - METODO IID
Estação      : Foz Do Rio Pequeno
Código       : 84005000
Rio          : Rio Pequeno
Bacia        : Atlântico - trecho Sudeste
Roteiro      :
Data         : 01/07/2025
Hora início  : 10:11:11
Hora Fim     : 10:11:11
Cota início  : cm
Cota Fim     : cm
Amostrador   : US DH-59 ou AMS-3
Bico         : 3/16
Material do Bico : Aço inox

Condições hidrológicas: Rio Estavel
Material de leito do Rio: Rocha
Cor da água:
Condições do tempo: Quente
Técnica de medição: Barco preso ao cabo
Equipamento : M9 - Sontek
Vazão Total (m³/s) : 27,613
Área molhada (m²) : 77,987
Velocidade média (m/s) : 0,354
Largura do rio (m) : 49,390
Profundidade média (m) : 1,579
Profundidade máxima(m) : 2,050
Velocidade máxima(m) : 0,467

Observações
Ln 1, Col 1  1.935 caracteres  Texto sem formatação  100%  Windows (CRLF)  ANSI
```

Figura 99 - Exemplo de relatório modelo txt gerado pelo HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

Para salvar o arquivo em formato pdf clique no ícone indicado (Figura 102). O HidroSedimentos sugere o nome dos arquivos de acordo com o padrão da ANA, fqss_codigo_ano.mes_01. txt e fqss_codigo_ano.mes_01.pdf.



HidroSedimentos 4.0

FICHA DE CAMPO PARA AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO - METODO IID

Nome da estação: Foz Do Rio Pequeno Código: 84005000
Município: Angelina Rio: Rio Pequeno
Bacia: Atlântico - trecho Sudeste Roteiro: Data: 01/07/2025
Hora Início: 10:25 Hora Fim: 10:25 Cota Início: cm Cota: cm

Nível do rio: ☐ Estável ☐ Subindo ☐ Descendo ☐ Pico
Material do leito: ☐ Rocha ☐ Matacão ☐ Cascalho ☐ Areia ☐ Silte ☐ Argila
Condições do tempo: ☐ Quente ☐ Frio ☐ Vento ☐ Chuva ☐ Nublado ☐ Ensolarado
Cor da água: ☐ Limpa ☐ Branca ☐ Cinza ☐ Marrom ☐ Verde ☐ Outra:

Figura 100 - Relatório formato pdf
Fonte: Do autor (2025)

No relatório tipo PDF pode-se incluir o logo da empresa. Observe que existem dois logos, um da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) à esquerda do cabeçalho da página (Figura 102) e o segundo da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) à direita do cabeçalho da página. Estes logos são denominados respectivamente de logo1.jpg e logo2.jpg, e podem ser alterados de acordo com o interesse do usuário. Os logos estão localizados na pasta HidroSedimentos/Figuras.

4.9 Tela Curva-Chave

No quadro **Equações da curva-chave** (Figura 103) selecione a estação **(1)** e o programa carrega os dados informados no arquivo auxiliar *CurvaChave.txt* exibindo os valores na tabela **(2)**. Se não encontrar os dados, simplesmente o programa ignora e exibe a tabela **(2)** vazia.

Outra opção é informar o número de equações **(3)** e digitar os dados na tabela **(2)**. Com os coeficientes da equação o programa exibe a curva-chave **(4)**.

Existe a opção para salvar as últimas medições realizadas em um arquivo denominado código da estação +UM.txt a ser salvo na pasta **Últimas medições**. Caso exista este arquivo, o programa exibe os dados na tabela **Últimas medições (5)**. Podem-se acrescentar linhas (6), digitar os dados na tabela e salvar os dados (7).

No quadro **Dados da medição** informe a data, cota e vazão medida (8).

Clique em **Calcular** e o programa exibe a vazão estimada pela curva chave e o respectivo desvio (%) (9).

Pode-se selecionar entre as opções de gráfico da curva-chave ou desvios (10).

Clique no botão **Gráficos** (11) para atualizar o gráfico.

Para a formatação do gráfico existem opções de gráfico cota x vazão ou vazão x cota (12), mostrar o valor medido (13), gráfico em escala logarítmica ou aritmética (14).



Figura 101 - Tela Curva-Chave do HidroSedimentos

Fonte: Do autor (2025)

O arquivo *CurvaChave.txt* deve ter a seguinte estrutura:

Primeira linha com o rótulo (título) das variáveis;

Demais linhas: Código Tipo a ho n Min Max

Em que:

Código = é o código da estação;

Tipo = se refere ao modelo de equação. Para tipo 1 tem-se o modelo potência dado por:

$$Q = a(H - h_o)^n \quad (48)$$

Sendo:

Q = vazão (m³.s⁻¹);

H = cota (cm);

A, h_o, n = coeficientes da equação da curva-chave;

Min = cota mínima de validade da equação;

Max = cota máxima de validade da equação.

Na Figura 104 está representado um exemplo do arquivo CurvaChave.txt onde se observa que a estação 82270050 apresenta a equação da curva-chave do tipo 1 com três trechos, sendo um para as cotas de 90 a 136cm, outro para 136 a 256cm e um terceiro para 256 a 300cm.

<i>codigo</i>	<i>Tipo</i>	<i>a</i>	<i>h_o</i>	<i>n</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
82270050	1	22.5	0.46	2.01	90.0	136.0
82270050	1	32.5	0.56	2.58	136.0	256.0
82270050	1	32.5	0.57	2.599	256.0	300.0
82320000	1	21	0.30	3.07	60.0	101.0
82320000	1	17	0.31	2.3	101.0	215.0
82320000	1	14.5	0.50	3.13	215.0	400.0
82350000	1	28.0985	0.07	2.9	50.0	107.0
82350000	1	28.0744	0.07	2.7	107.0	217.0
82350000	1	39	0.03	2.2	217.0	600.0
82549000	1	37.0822	0.48	1.6	50.0	155.0
82549000	1	17.4	-0.23		1.5	155.0 200.0
82769800	1	8	-0.09		1.2	-10.0 16.0
82769800	1	25	-0.07		1.9	16.0 61.0
82769800	1	24	0.05		1.2	61.0 150.0

Figura 102 - Exemplo de arquivo CurvaChave.txt

Fonte: Do autor (2025)

4.10 Tela Gráfico USGS

As telas **Gráfico USGS**, **Cálculo do Tmin e Tmax** podem ser úteis para determinar o tempo de amostragem de uma vertical qualquer. Assim, caso o hidrometrista faça a medição de vazão e depois percorra com o equipamento ADP/ADCP a seção até o ponto de coleta, poderá usar estas telas no cálculo do tempo mínimo e máximo de amostragem.

Na tela **Gráfico USGS** (Figura 105) podem-se visualizar os cálculos usados para a definição dos limites da razão de trânsito (RT), de acordo com Edwards e Glysson (1970).

No quadro **Dados do equipamento (1)** informe os valores de volume máximo, volume mínimo, volume esperado, a pressão atmosférica (fth20) e o diâmetro do bico.

No quadro **Dados da Vertical (2)** informe o valor da profundidade e da velocidade da vertical.

Ao clicar em **Calcular (3)** o programa refaz os cálculos e informa o tempo mínimo e máximo de amostragem.

No quadro **Resultados (4)** são exibidos os valores dos resultados dos cálculos e na figura **(5)** podem-se visualizar os limites de razão de trânsito.

No quadro **Opções do gráfico (6)** o usuário poderá alterar a formatação do gráfico. Estão disponíveis as seguintes opções:

- profundidade em pés (ft), para exibir a profundidade em pés (unidades originais);
- profundidade em metros, para exibir a profundidade em metros;
- linhas de grade eixo X, para visualizar as linhas de grade no eixo horizontal;
- linhas de grade eixo Y, para visualizar as linhas de grade no eixo vertical;

Max RT/Vm: informe o valor da relação máxima para o eixo horizontal. ($0 < RT/Vm \leq 1,0$);

Intervalo escala X: informe o valor do intervalo de escala para o eixo horizontal, e serão exibidas as linhas de grade;

Intervalo escala Y: informe o valor do intervalo de escala para o eixo vertical, e serão exibidas as linhas de grade.

Na tabela com o perfil da velocidade **(7)** é possível alterar os valores caso o usuário tenha a informação de perfil padrão a ser usado.

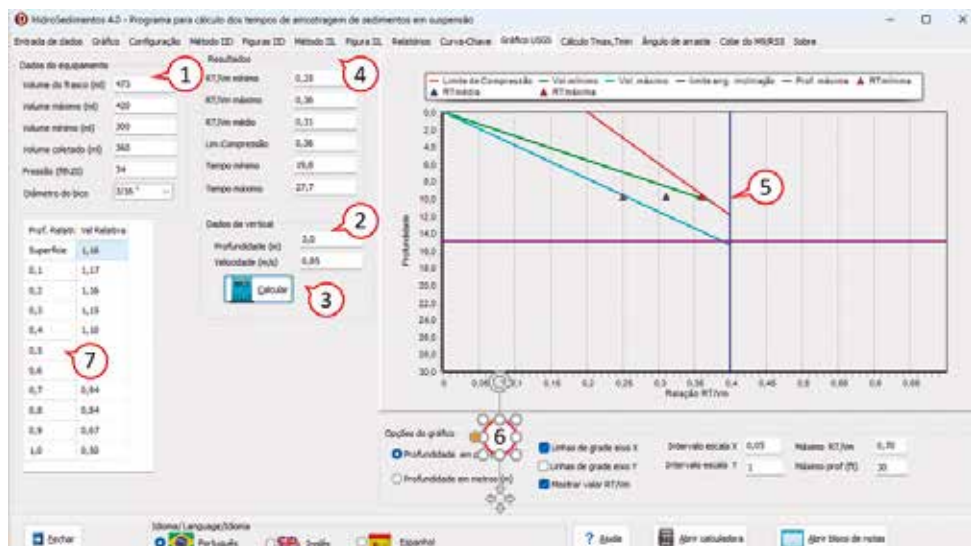


Figura 103 - Tela Gráfico USGS do HidroSedimentos

Fonte: Do autor (2025)

4.11 Tela Cálculo do Tmin, Tmax, Ea

Nesta tela (Figura 106) o usuário poderá calcular os tempos mínimos e máximos de amostragem e a eficiência de amostragem, conforme descrito no item 3.9.

Para o cálculo do Tempo mínimo da amostragem, deve-se no quadro **Tempo Mínimo**:

- Informar a profundidade efetiva (m);
- Informar a velocidade média da vertical ($m \cdot s^{-1}$);
- Selecionar o bico ou informar o valor de Kb;
- Clicar no botão **Calcular**, o programa calcula o tempo mínimo de amostragem de acordo com a fórmula indicada.

Para o cálculo do tempo máximo da amostragem, deve-se no quadro **Tempo Máximo**:

- Informar o volume da amostra (cm^3);
- Informar a velocidade média da vertical ($m \cdot s^{-1}$);
- Selecionar o bico ou informar o valor do diâmetro do bico (mm);
- Clicar no botão **Calcular**, o programa calcula o tempo máximo de amostragem de acordo com a fórmula indicada.

Para a calibração do bico do amostrador, deve-se no quadro **Eficiência do Amostrador**:

- Informar o volume coletado (cm³);
- Informar a velocidade média da vertical (m.s⁻¹);
- Informar o tempo de coleta (s);
- Selecionar o bico ou informar o diâmetro do bico (mm);
- Clicar no botão **Calcular**, o programa exibe no quadro resultados os valores da área do bico, velocidade no bico e da eficiência de amostragem de acordo com as fórmulas indicadas.

The screenshot displays the 'HidroSedimentos 4.0' software interface, which is a program for calculating sediment sampling times. The interface is divided into several panels:

- Tempo Mínimo (T_{min}):** Contains the formula $T_{min} = \frac{2P_{ef}}{K_b V}$. Input fields include 'Prof. Arredondada efetiva (m)', 'V - velocidade média (m/s)', and 'D - Diâmetro do bico (mm)'. A 'Calcular' button is present.
- Tempo Máximo (T_{max}):** Contains the formula $T_{max} = \frac{4Vol}{\pi D^2 V_{vol}}$. Input fields include 'Vol - volume de amostra (cm³)', 'V - velocidade média (m/s)', and 'D - Diâmetro do bico (mm)'. A 'Calcular' button is present.
- Amostragem complementar (T_{rest}):** Contains the formula $T_{rest} = \frac{Vol_{col}}{Vol_{bico}} t_{passo}$. Input fields include 'Vol - volume de amostra (cm³)', 'Vol - volume coletado (cm³)', and 'Tempo Coleta'. A 'Calcular' button is present.
- Calibração do Amostrador:** Contains formulas for $V_b = \frac{Vol}{A_b t 100}$ and $E_b = \frac{V_b}{V} 100$. Input fields include 'Vol - volume coletado (cm³)', 'V - velocidade de amostragem (m/s)', 't - tempo de coleta (s)', and 'D - Diâmetro do bico (mm)'. A 'Calcular' button is present.
- Cálculo do volume mínimo (Vol_{min}):** Contains the formula $Vol_{min} = \frac{\pi D^2 Z P}{4 K_b}$. Input fields include 'Z - Profundidade (m)' and 'D - Diâmetro do bico (mm)'. A 'Calcular' button is present.
- Resultados:** A section at the bottom right displaying calculated values for 'Volume mínimo (m³)', 'K_b', and 'Diâmetro (mm)'.

The interface also includes a menu bar at the top, a toolbar at the bottom with options like 'Arquivo', 'Edição', 'Language/Idioma', and 'Ajuda', and a status bar at the very bottom.

Figura 104 -Tela Cálculo Tmin, Tmax, Ea do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

4.12 Tela Ângulo de arraste

Na Figura 107 pode-se observar a tela **Ângulo de arraste**, onde o usuário poderá calcular a distância corrigida em função do ângulo de arraste. Também tem a opção de cálculo do peso estimado do lastro em função da velocidade e profundidade do escoamento.

Para o ângulo de arraste:

- Selecione entre as opções de “Calcular a distância corrigida” ou a “Distância a ser medida” em função do ângulo de arraste **(1)**;

* Informe os dados solicitados no quadro **Dados de entrada (2)**;

• Clique em **Calcular** par obter os resultados **(3)**;

• Analise os resultados no quadro **Resultados (4)**.

Para a estimativa do peso do lastro em função da velocidade:

• Informe os dados de profundidade e velocidade **(5)**;

• Clique em **Calcular** par obter os resultados **(6)**;

• Analise os resultados no quadro **Resultados (7)**.

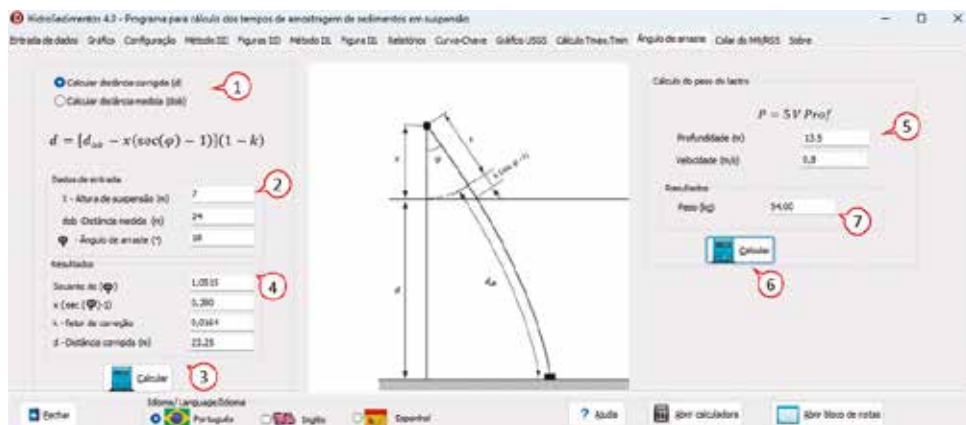


Figura 105 - Tela Ângulo de arraste do HidroSedimentos

Fonte: Do autor (2025)

4.13 Tela Colar do M9/RS5

Esta tela (Figura 108) tem a finalidade de facilitar a entrada de dados e permitir colar os dados salvos na prancheta com os programas dos equipamentos M9 e RS5. Os dados devem ser colados na primeira célula da tabela e, ao clicar em **Transferir dados do M9 para Tela Entrada de dados**, o programa transfere os valores de distância, velocidade, profundidade e vazão para as respectivas colunas da tela **Entrada de dados**, independente da ordem em que foram importadas (Ver item 4.1.1).

HidroSedimentos 4.0 - Programa para cálculo dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão

Entrada de dados Gráfico Configuração Método ISO Figuras ISO Método ISO Figura ISO Relatórios Curva-Chave Gráfico USGS Cálculo Tmax, Tmin Ângulo de amarra Colar do M9/R55 Sobre

Colar (Ctrl+V) os dados na primeira coluna [Transferir dados do ISO para a tela Entrada de dados](#) [Limpar tudo](#)

Etapas	Vertical	Hora	Tratado	DWG	Profundidade	Nº de Pingo	Nº de Células	Satélites	Qual. do sinal	Vel. Abs. Média	Vel. Barco
			m	m	m					m/s	m/s
Margem Inicial (1)	1	07:22:24	0,01	0,01	1,32	7	36	6	1	0,143	0,006
Margem Inicial (2)	2	07:22:25	0,03	0,03	1,38	7	36	6	1	0,152	0,026
Margem Inicial (3)	3	07:22:26	0,07	0,02	1,34	8	36	6	1	0,092	0,039
Margem Inicial (4)	4	07:22:27	0,19	0,13	1,21	8	36	6	1	0,102	0,118
Margem Inicial (5)	5	07:22:28	0,23	0,17	1,32	8	35	6	1	0,188	0,039
Margem Inicial (6)	6	07:22:29	0,24	0,16	1,38	8	35	6	1	0,126	0,015
Margem Inicial (7)	7	07:22:30	0,27	0,18	1,2	8	35	6	1	0,127	0,03
Margem Inicial (8)	8	07:22:31	0,32	0,22	1,21	8	34	6	1	0,132	0,043
Margem Inicial (9)	9	07:22:32	0,38	0,27	1,19	7	34	6	1	0,123	0,064
Margem Inicial ...	10	07:22:33	0,44	0,33	1,17	8	33	6	1	0,1	0,056
Margem Inicial ...	11	07:22:34	0,46	0,33	1,11	8	33	6	1	0,135	0,074

Idioma/Language/Idioma ☒ Português ☐ Inglês ☐ Espanhol [Ajuda](#) [Abrir calculadora](#) [Abrir bloco de notas](#)

Figura 106 - Tela Colar do M9/R55 do HidroSedimentos
Fonte: Do autor (2025)

4.14 Tela Sobre

A tela **Sobre** (Figura 109) contém os dados da versão do programa com as modificações realizadas e as informações para contato com o desenvolvedor do programa.



Figura 107 - Tela Sobre do programa HidroSedimentos 4.0
Fonte: Do autor (2025)

Considerações finais

O HidroSedimentos foi elaborado com a finalidade de facilitar os trabalhos de campo relacionados à coleta de amostras para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão. Foram incluídas as rotinas com os métodos e critérios recomendados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Na última década foram realizados vários cursos e treinamentos com participação de entidades como o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Serviço Geológico do Brasil (SGB), Instituto de Pesquisa Hidráulica da Universidade federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS0), que deram importantes sugestões que contribuíram para o desenvolvimento e aprimoramento do programa.

“O programa está disponível para download em
<https://docweb.epagri.sc.gov.br/pub/HidroSedimentos.zip>.”

Referências

BACK, Á. J. **Medidas de vazão com molinete hidrométrico e coleta de sedimentos em suspensão**. Florianópolis, EPAGRI, 56 p. 2006.

BACK, Á. J.; LOPES, W. T. A. **Influência da pressão atmosférica na amostragem de sedimentos em suspensão com amostradores de contêineres rígidos**. In: XIV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. ABRH, 2020.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2 ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2008.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL. 154 p. 2000.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.

DNAEE, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Manual para serviços de hidrometria**. Ministério das Minas e Energia. Brasil. São Paulo, DNAEE, 1977. 99 p.

EDWARDS, T. K; GLYSSON, D. Techniques of water-resources investigations of the U.S. Geological Survey. Book 3. Applications Hydraulics. Chapter C2 Field Methods for measurement of fluvial sediment. USCS publications. 89 p. 1970.

EDWARDS, T. K.; GLYSSON, G. D. **Field methods for measurement of fluvial sediment**: Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, Book 3, Applications of Hydraulics, Chapter 2, 1999. 63p. Disponível em <http://pubs.usgs.gov/twri/twri3-c2/>). Acesso: 01 Jul 2020.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANA CATARINA. **HidroSedimentos**: Um programa para cálculo de tempo de amostragem de sedimentos em suspensão a partir da medição de vazão com equipamentos acústicos Doppler. Versão 2.0 Brasília: ANA, 2013. 61 p.

FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION PROJECT. **Operator's Manual for the US DH-81 Depth- Integrating Suspended-Sediment Sampler**. water.usgs.gov/fisp/docs/Instructions_US_DH-81_010612.pdf Acesso em: 8 de jun. 2020.

FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION PROJECT. (FISP). **A study of methods used in measurement and analysis of sediment loads in stream.** Report No. 6. The Design of improves types of suspended sediment samplers. 1952.

FILIZOLA, N.P.; GUYOT, J.L.; BOAVENTURA, G. **Fluxo de sedimentos em suspensão na Amazônia** – uma análise a partir da base de dados da ANEEL. In: Proceedings of the Hydrological and geochemical process in large-scale river basins. Manaus: HyBAm Publ. (Cd-Rom). 1999.

HIDROMECH. Amostrador AMS-8 (Saca). Disponível em <https://www.hidromechc.com.br/amostradorsaca> Acesso em 15 março de 2025.

JACCON, G. & CUDO, K. J. **Curso sobre técnicas de medição de descarga líquida em Manaus.** Publicação DNAEE, Brasília, 1984. 48 p.

NORTEK. **Vessel-mounted systems.** Disponível em <https://www.nortekgroup.com/products/signatures-vm-coastal>. Acesso em 15 de março de 2025.

SONTEK. **Manual do usuário do ADV® de mão do FlowTracker®.** San Diego: Sontek, 2011. 33 p.

SONTEK/YSI Inc. **FlowTracker Handheld ADV Technical Manual.** San Diego, 2007. 126 p.
USGS. **FISP Sampler Catalog** Disponível em https://water.usgs.gov/fisp/catalog_index.html. Acesso em: 15 de março de 2025.

VANIELISTA, M.; KERSTEN, R.; EAGLIN, R. **Hydrology, Water Quantity and Quality Control**, 2nd Edition, John Wiley & Sons. 1997.

WORD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Hydrological Practices** –Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications. Fifth Edition, WMO n°168. Geneva. 1994.



www.epagri.sc.gov.br



www.youtube.com/epagritv



www.facebook.com/epagri



www.instagram.com/epagri



linkedin.com/company/epagri



<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>



www.x.com/EpagriOficial