

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**
07/02/2012



HidroSedimentos

República Federativa do Brasil

Dilma Vana Rousseff
Presidenta

Ministério do Meio Ambiente (MMA)

Izabella Mônica Vieira Teixeira
Ministra

Agência Nacional de Águas (ANA)**Diretoria Colegiada**

Vicente Andreu Guillo (Diretor-Presidente)

Dalvino Troccoli Franca

Paulo Lopes Varella Neto

João Gilberto Lotufo Conejo

Paulo Rodrigues Vieira

Superintendência de Regulação (SRE)

Francisco Lopes Viana

Superintendência de Fiscalização (SFI)

Flávia Gomes de Barros

Estado de Santa Catarina**Governador do Estado**

João Raimundo Colombo

Secretário de Estado da Agricultura e da Pesca

João Rodrigues

Epagri**Presidente**

Luiz Ademir Hessmann

Diretores**Extensão Rural**

Ditmar Alfonso Zimath

Ciência, Tecnologia e Inovação

Luiz Antonio Palladini

Administração e Finanças

Paulo Roberto Lisboa Arruda

Desenvolvimento Institucional

Eduardo Medeiros Piazero

Agência Nacional de Águas
Ministério do Meio Ambiente

**Empresa de Pesquisa Agropecuária e
Extensão Rural de Santa Catarina**
Secretaria de Estado da Agricultura
e da Pesca
Governo do Estado de Santa 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 - 07/02/2012)

Brasília - DF
ANA
2012

© **Agência Nacional de Águas - ANA, 2012**
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3,
Blocos B, L, M e T. CEP: 70610-200, Brasília - DF.
PABX: (61) 2109-5400 (61) 2109-5252
www.ana.gov.br

© **Empresa de Pesquisa Agropecuária
e Extensão Rural de Santa Catarina -
EPAGRI, 2012**
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa
Postal 502, CEP:88034-901 Florianópolis - SC.
Fone: (48) 3239-5500, fax: (48) 3239-5597
www.epagri.sc.gov.br

Comitê de Editoração

João Gilberto Lotufo Conejo
Diretor

Reginaldo Pereira Miguel
Representante da Procuradoria Geral

Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Ricardo Medeiros de Andrade
Joaquim Guedes Correa Gondim Filho
Superintendentes

Mayui Vieira Guimarães Scafura
Secretária-Executiva

Equipe editorial

Supervisão de Edição:
Superintendência de Gestão da Rede
Hidrometeorológica-SGH
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão
Rural de Santa Catarina - EPAGRI

Elaboração dos originais:
Álvaro José Back

Revisão dos originais:
Pedro Cunha

"As figuras contidas nesta publicação foram
elaboradas no âmbito da EPAGRI, exceto aquelas
onde outra fonte encontra-se indicada."

Todos os direitos reservados.
É permitida a reprodução de dados e de
informações contidos nesta publicação, desde
que citada a fonte. Comitê de Editoração

Catálogo na fonte - CEDOC/Biblioteca

E55h Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

HidroSedimentos: um programa para cálculo de tempo de amostra-
gem de sedimentos em suspensão a partir da medição de vazão com equi-
pamentos acústicos Doppler: versão 2.0 - 07/02/2012 / Empresa de Pesquisa
Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, elaboração dos originais:
Álvaro José Back. – Brasília: ANA, 2012.

70 p.: il. + 1 CD-ROM

ISBN: 978-85-8210-013-4

1. Sedimentos 2. Computação Hidrológica I. Agência Nacional de
Águas II. Back, Álvaro José III. Título

CDU 556.04(076)

Organizador e Programador:

Álvaro José Back

Engenheiro Agrônomo, Dr. Engenharia Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Pesquisador Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural e Santa Catarina - Epagri
Professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc
ajb@epagri.sc.gov.br, ajb@unesc.net

Colaboradores:

José Luiz Rocha Oliveira

Engenheiro Sanitarista e Ambiental, MSc Engenharia Ambiental
Pesquisador Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural e Santa Catarina - Epagri

Alan Henn

Engenheiro Sanitarista e Ambiental, MSc Engenharia Ambiental
Pesquisador Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural e Santa Catarina - Epagri

Anderson Vendelino Bonetti

Técnico Agrícola, Acadêmico do curso de Engenharia de Agrimensura da Unesc.
Assist. de Pesquisa Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural e Santa Catarina - Epagri

A última versão do programa
HidroSedimentos pode ser
encontrada no portal da EPAGRI:
www.epagri.sc.gov.br

Lista de Figuras

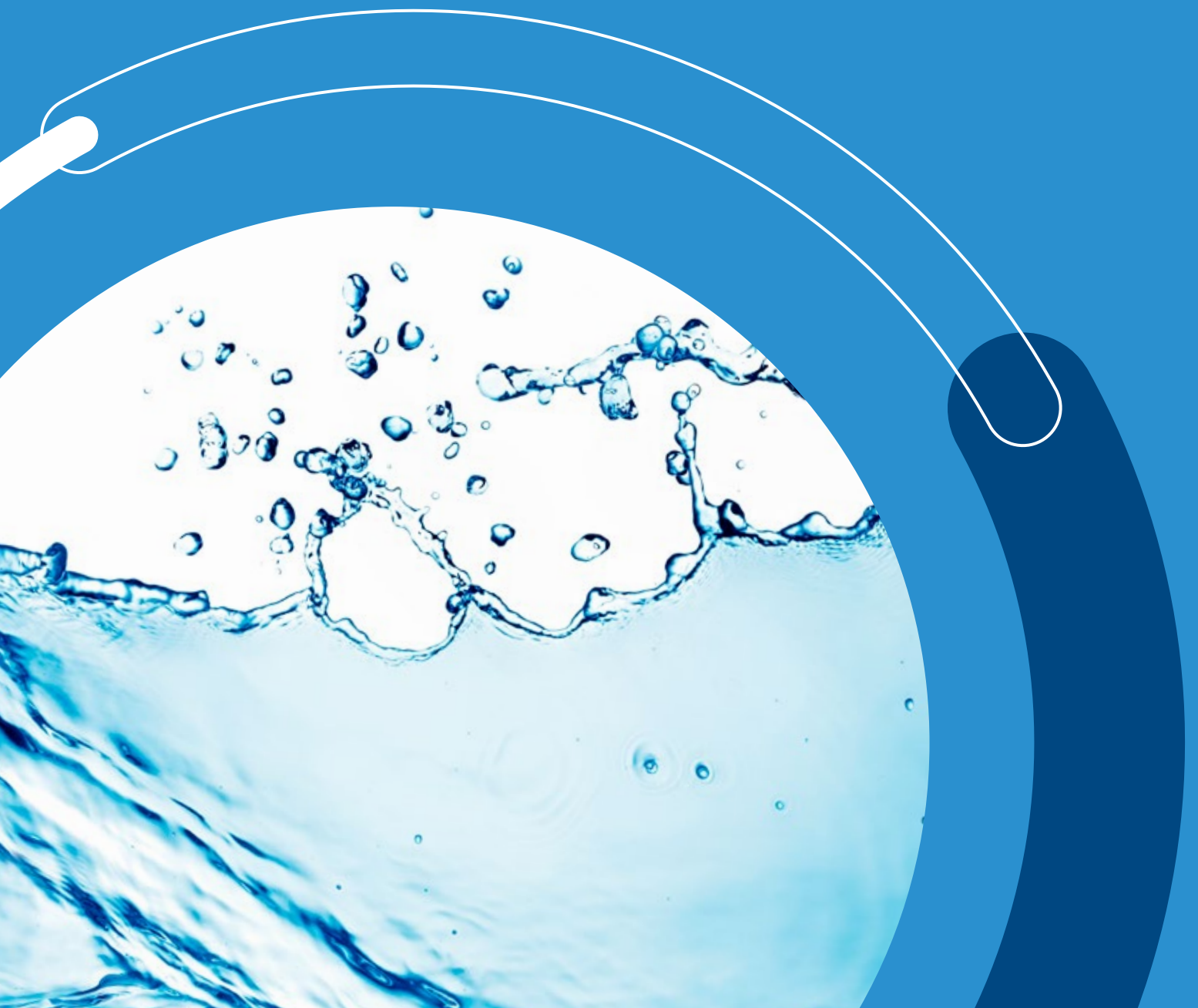
Figura 1. Tela inicial do HidroSedimentos	15
Figura 2. Tela do RiverSurveyor Live®	16
Figura 3. Planilha do RiverSurveyor Live® com as variáveis (colunas) de cada perfil	17
Figura 4. Planilha *.xls com dados extraídos do RiverSurveyor Live®	17
Figura 5. Arquivo gravado como arquivo texto	18
Figura 6. Tela Entrada de dados do HidroSedimentos para opção dados do M9	20
Figura 7. Método da Meia Seção (Adaptado de Sontek, 2011).	21
Figura 8. Método da Seção Média (Adaptado de Sontek, 2011).	21
Figura 9. Método japonês (Adaptado de Sontek, 2011)	22
Figura 10. Tela do Software FlowTracker	24
Figura 11. Exportação de dados FlowTracker	25
Figura 12. Seleção da Tabelas Resultados de Medição FlowTracker	26
Figura 13. Planilha do Excel com resultados de FlowTracker	26
Figura 14. Entrada de dados do FlowTracker.	27
Figura 15. Tela Entrada de dados para opção de Digitar os dados	28
Figura 16. Tela Gráficos do HidroSedimentos.	30
Figura 17. Representação da faixa de volume ideal para coleta.	33
Figura 18. Tela Configuração do HidroSedimentos.	33
Figura 19. Gráfico para determinação da velocidade de trânsito (adaptado de Edwards e Glysson)	37
Figura 20. Relação RT/Vm para recipiente 1 pint e bico 1/8" (Adaptado de Edwards e Glysson).	39
Figura 21. Relação RT/Vm para recipiente 1 pint e bico 3/16" (Adaptado de Edwards e Glysson).	39
Figura 22. Relação RT/Vm para recipiente 1 pint e bico 1/4" (Adaptado de Edwards e Glysson).	40
Figura 23. Relação RT/Vm para recipiente 1 quarter e bico 1/8" (Adaptado de Edwards e Glysson).	40
Figura 24. Relação RT/Vm para recipiente 1 quarter e bico 3/16" (Adaptado de Edwards e Glysson).	41
Figura 25. Relação RT/Vm para recipiente 1 quarter e bico 1/4" (Adaptado de Edwards e Glysson).	41
Figura 26. Configuração do programa para determinação dos tempos de amostragem pelo método	43
Figura 27. Determinação dos tempos de amostragem pelo método da integração vertical geral.	44
Figura 28. Representação da amostragem por Igual Incremento de Largura.	45
Figura 29. Representação do método do Igual Incremento de Descarga.	48
Figura 30. Gráfico Q x L; V x L e P x L para determinação dos pontos de coleta no método IIQ.	50
Figura 31. Tela IID para dados do M9 ou S5.	54
Figura 32. Tela IID para dados do FlowTracker ou digitados.	54
Figura 33. Tela Figura IID do HidroSedimentos.	56
Figura 34. Tela Figura IIL do HidroSedimentos para dados do M9.	59
Figura 35. Tela Figura IIL do HidroSedimentos para entrada de dados nas opções ler dados do	60
Figura 36. Tela Relatórios do HidroSedimentos	63
Figura 37. Exemplo de relatório gerado pelo HidroSedimentos.	63
Figura 38. Tela Gráfico USGS do HidroSedimentos.	65
Figura 39. Tela Cálculo Tmin, Tmax, Ea do HidroSedimentos.	67
Figura 40. Tela Sobre do HidroSedimentos.	69

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 ESTRUTURA DO PROGRAMA	13
3 TELA ENTRADA DE DADOS	15
3.1 Opção Ler arquivo do M9 ou S5	16
3.2 Opção Ler dados do FlowTracker	20
3.3 Opção Digitar dados	27
4 TELA GRÁFICOS	30
4.1 Perfil de velocidade	31
5 TELA CONFIGURAÇÃO	32
5.1 Métodos de amostragem:	34
5.1.1 Amostragem pontual	34
5.1.2 Amostragem por integração vertical	34
5.1.2.1 Método USGS	34
5.1.2.2 Amostragem por integração vertical geral	44
5.2 Quantidade de verticais	45
5.2.1 Amostragem por Igual Incremento de Largura	45
5.2.2 Amostragem por Igual Incremento de Descarga (IID)	48
5.3 Calibração do amostrador	51
6 TELA IID	54
7 TELA FIGURA IID	56
8 TELA ILL	58
8.1 Procedimentos para opção Ler dados M9 ou S5	58
8.2 Procedimentos para opção Ler dados FlowTracker ou Digitar dados	59
9 RELATÓRIOS	62
10 TELA GRÁFICO USGS	65
11 TELA CÁLCULO DO TMIN, TMAX, EA	67
12 TELA SOBRE	69
13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1

Introdução



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

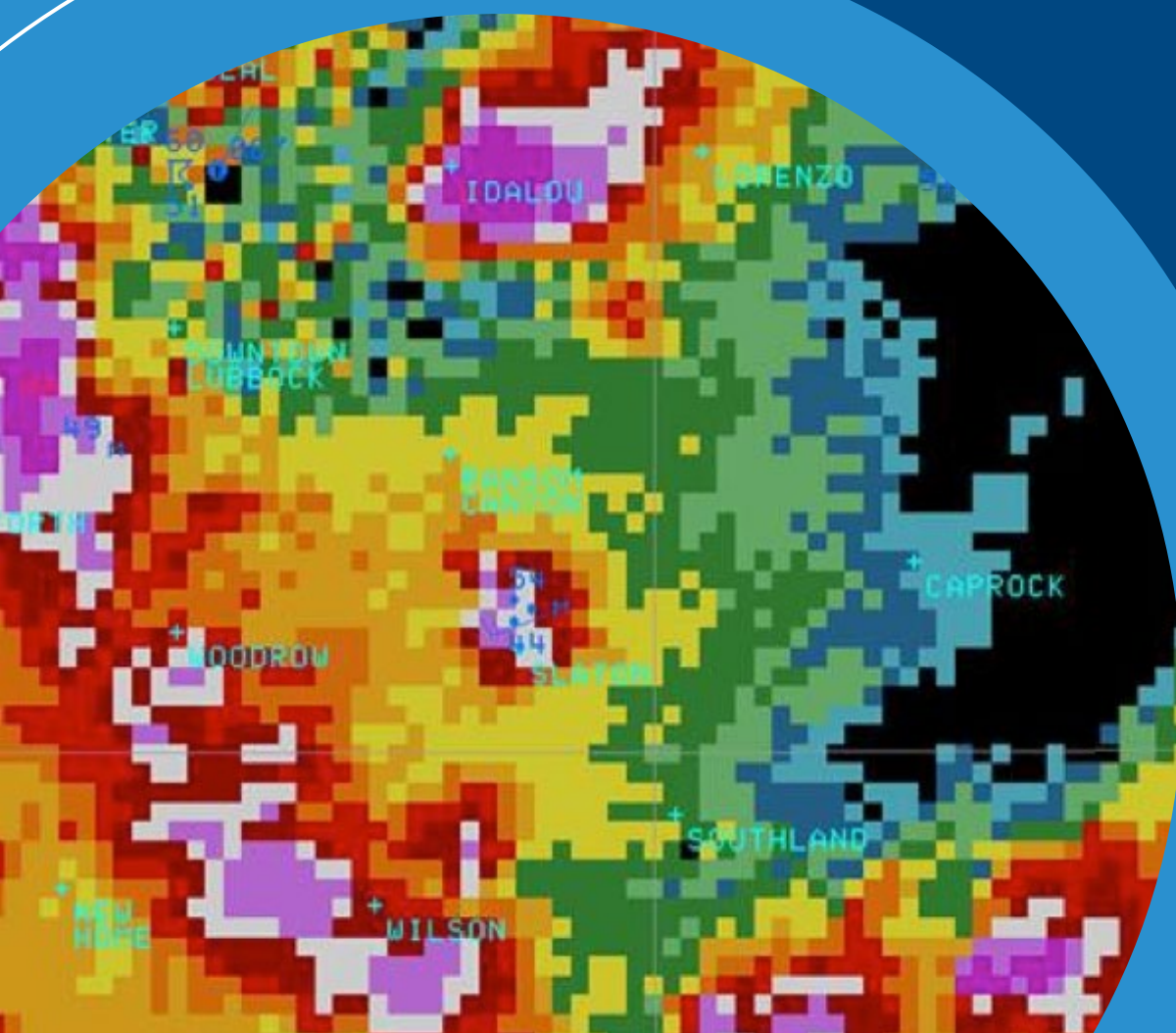
Por outro lado, tem algumas desvantagens, como o custo relativamente alto dos equipamentos, a medição da velocidade de uma parte da seção e a extrapolação dos dados próximos das margens,

ao fundo e na superfície. Com a evolução das tecnologias Doppler e a incorporação de GPS ("Global Positioning System") percebe-se uma evolução crescente nesses 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. Esse trabalho teve como objetivo desenvolver um programa de computador capaz de ler os arquivos gerados por meio de equipamentos Doppler, de modo a processar os cálculos dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão de acordo com as metodologias consagradas na literatura.

2

Estrutura do Programa



O Programa **HidroSedimentos 2.0** foi elaborado em linguagem Delphi 5.0, e consta dos seguintes arquivos:

➤ **HidroSedimentos.exe**

Programa executável.

➤ **Rios.txt**

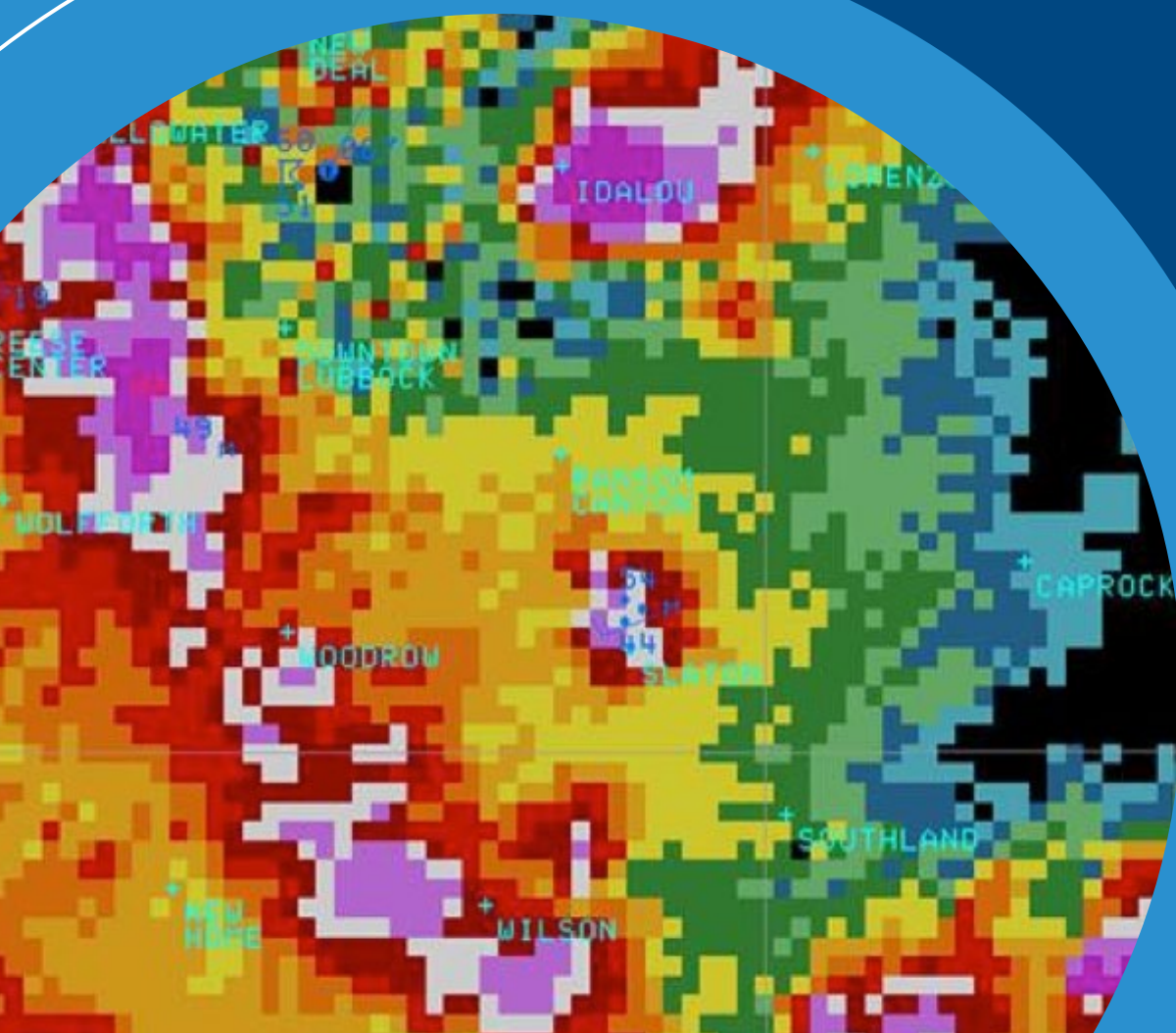
Arquivo auxiliar para cadastro dos rios, utilizado para geração dos relatórios. Esse arquivo é o mesmo usado no programa Hidromolinetes (Back, 2002) elaborado para medições de vazão com molinetes hidrométricos.

Tal programa não necessita instalação, podendo ser executado diretamente a partir do computador ou qualquer dispositivo de memória.

O programa HidroSedimentos está organizado em dez telas (Figura 1). O primeiro passo é a leitura do arquivo com os dados da medição gerado pelo equipamento Doppler. A partir da leitura dos dados, o usuário poderá interagir com o programa para escolher o equipamento, método de cálculo e método de amostragem.

3

Tela Entrada de Dados



O programa **HidroSedimentos 2.0** apresenta as seguintes opções para entrada de dados:

- **Ler arquivo do M9 ou S5**
- **Ler dados do FlowTracker**
- **Digitar os dados**

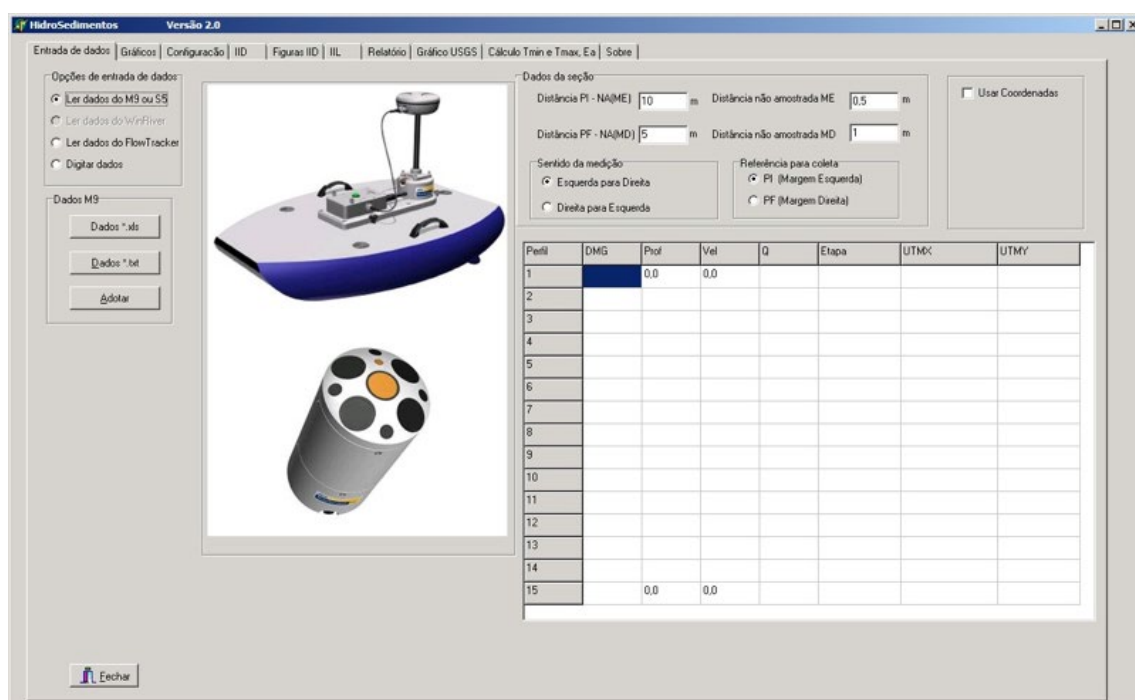


Figura 1. Tela inicial do HidroSedimentos

3.1 Opção Ler arquivo do M9 ou S5

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. No processo de medição de vazão é recomendado fazer várias travessias (no mínimo quatro) na seção transversal e o programa RiverSurveyor Live® fornece um resumo das medições, com valores de média e desvio padrão, e indicação das medições com baixa qualidade (Figura 2). Dessas medições pode-se escolher uma para a determinação do perfil da seção com dados de velocidade e vazão para os cálculos do tempo de amostragem.

No caso específico do RiverSurveyor Live - v1.51, pode-se copiar os dados de uma das travessias e colar em planilha eletrônica Excel do Microsoft

Office (recomenda-se salvar com versão 2003, com extensão *.xls). 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. O software RiverSurveyor Live® exibe uma planilha com uma série de colunas (Figura 3), 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 deverá ser gravado contendo, no mínimo, as colunas Perfil, Velocidade, Profundidade, DMG, Vazão e Etapa, independentemente da ordem.

Esses dados, depois de copiados do RiverSurveyor Live® devem ser colados na célula 'A1' da planilha eletrônica, conforme a Figura 4.

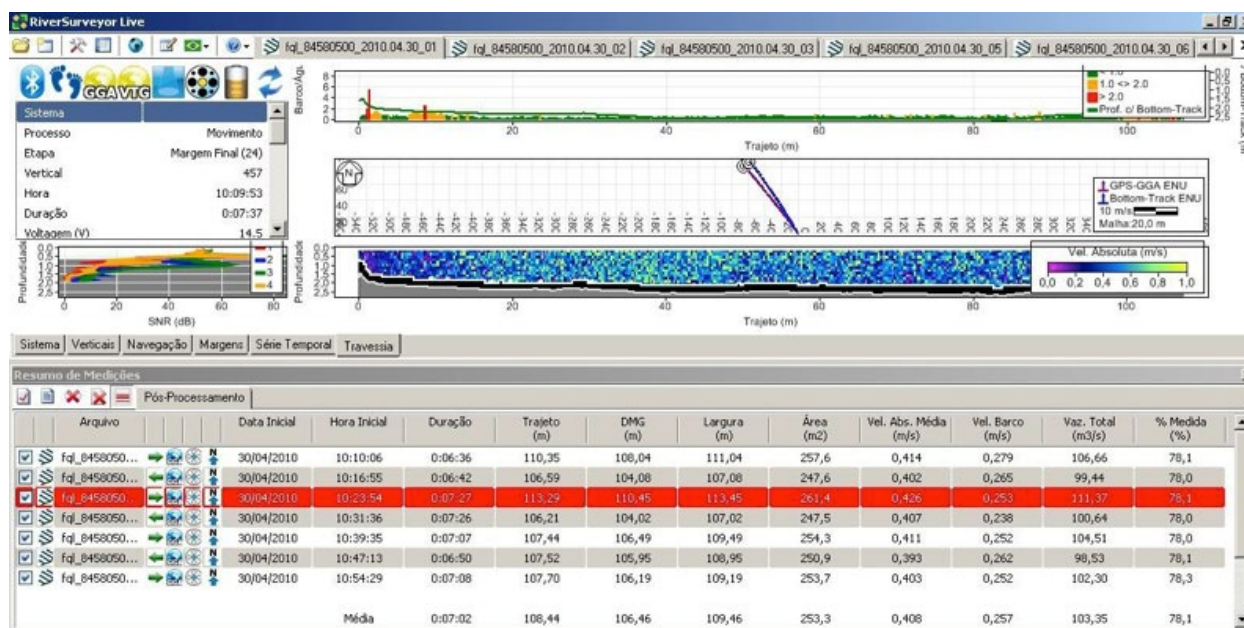


Figura 2.Tela do RiverSurveyor Live®.

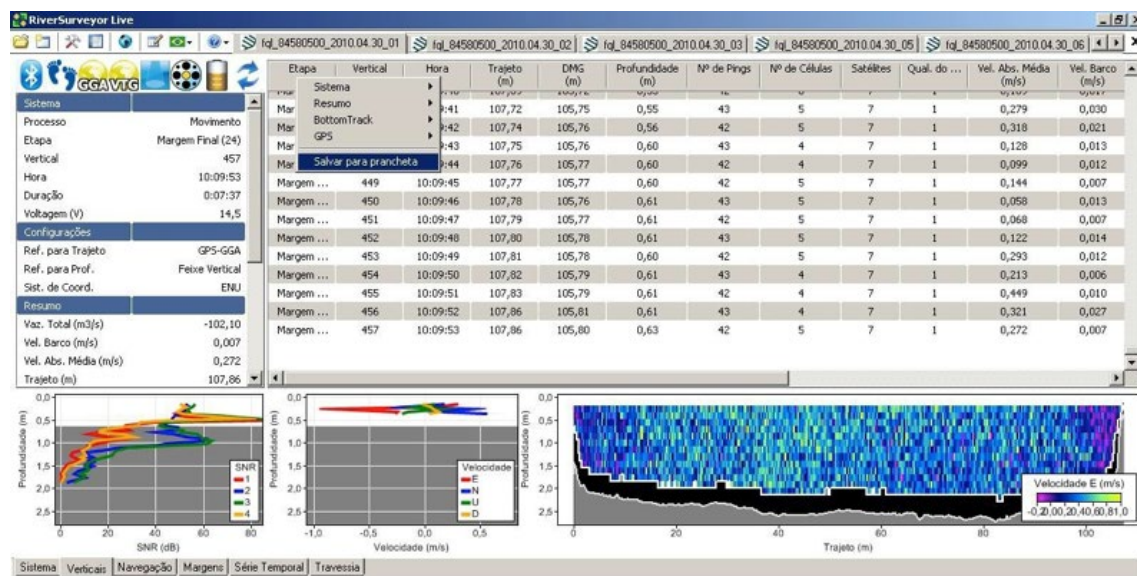


Figura 3. Planilha do RiverSurveyor Live® com as variáveis (colunas) de cada perfil.

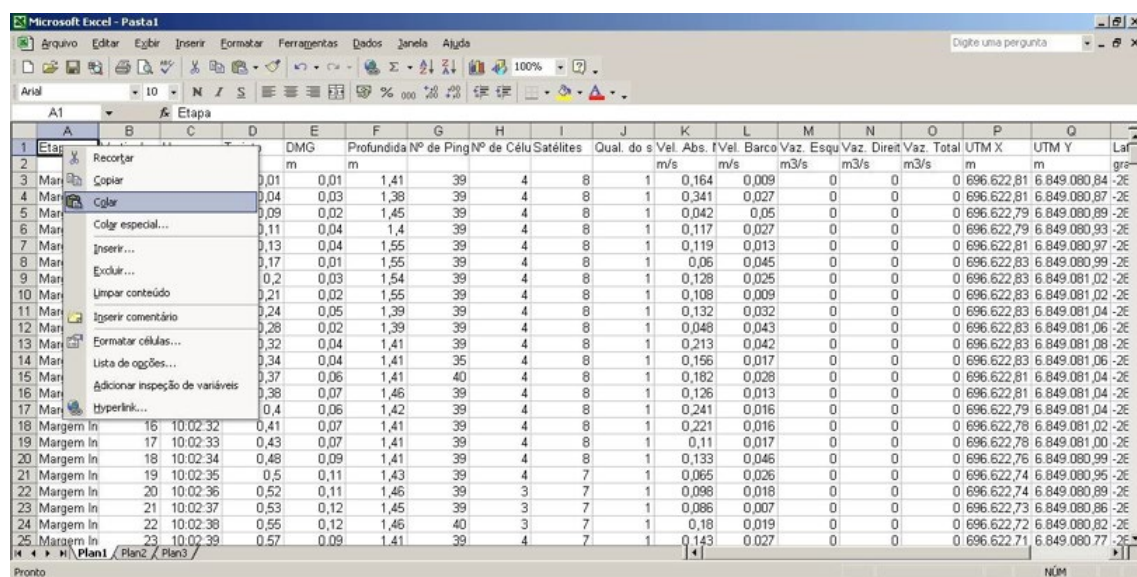


Figura 4. Planilha *.xls com dados extraídos do RiverSurveyor Live®.

Outra opção é gravar o arquivo gerado no M9 como um arquivo texto (Figura 5), podendo-se usar o bloco de notas (Notepad) do Windows para isso.

Perfil	Hora	Trajeto	DMG	Profundidade	Vel. Abs.	Média Vaz.	Total	Etapa
		m	m	m	m/s	m ³ /s		
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	0,04	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 5. Arquivo gravado como arquivo texto.

Para a leitura do arquivo gravado em formato Excel ou texto (Figura 4) no programa HidroSedimentos deve-se clicar no botão Dados*.xls ou Dados*.txt e selecionar o arquivo correspondente (Figura 6). Quando se opta pelo formato *.xls, o HidroSedimentos irá abrir o programa Excel, copiar os dados e fechar o programa Excel. Na tela Entrada de dados, o usuário poderá visualizar os dados obtidos na sequência que foram gravados no RiverSurveyor Live®.

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, iguais às utilizadas na medição, e, ainda, as distâncias das margens em relação ao PI e PF. Os seguintes dados devem ser informados no quadro Dados da Seção:

- **Distância PI - NA (ME):** é a distância em metros entre o ponto inicial (PI) e a margem esquerda do rio, no nível da água (NA).
- **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 final (PF) e a margem direita do rio, no nível da água (NA).
- **Distância não amostrada MD:** é a distância em metros não amostrada na margem direita, referente à distância entre a margem e o centro do equipamento.

Esses valores serão utilizados nos gráficos gerados nas telas seguintes. No quadro Sentido da Medição, o usuário deverá optar por umas 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, 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

Para os dados do M9, o HidroSedimentos apresenta a opção de Usar coordenadas e, caso for acionado, o programa irá informar as coordenadas UTM X e UTM Y das verticais em que serão coletadas as amostras de sedimentos. 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 para que o programa HidroSedimentos ordene todos os dados de acordo com a coluna DMG. Na tela Gráficos, são mostrados o perfil da seção e o perfil de velocidades. Os dados ordenados são disponibilizados para as telas IID e IIL.

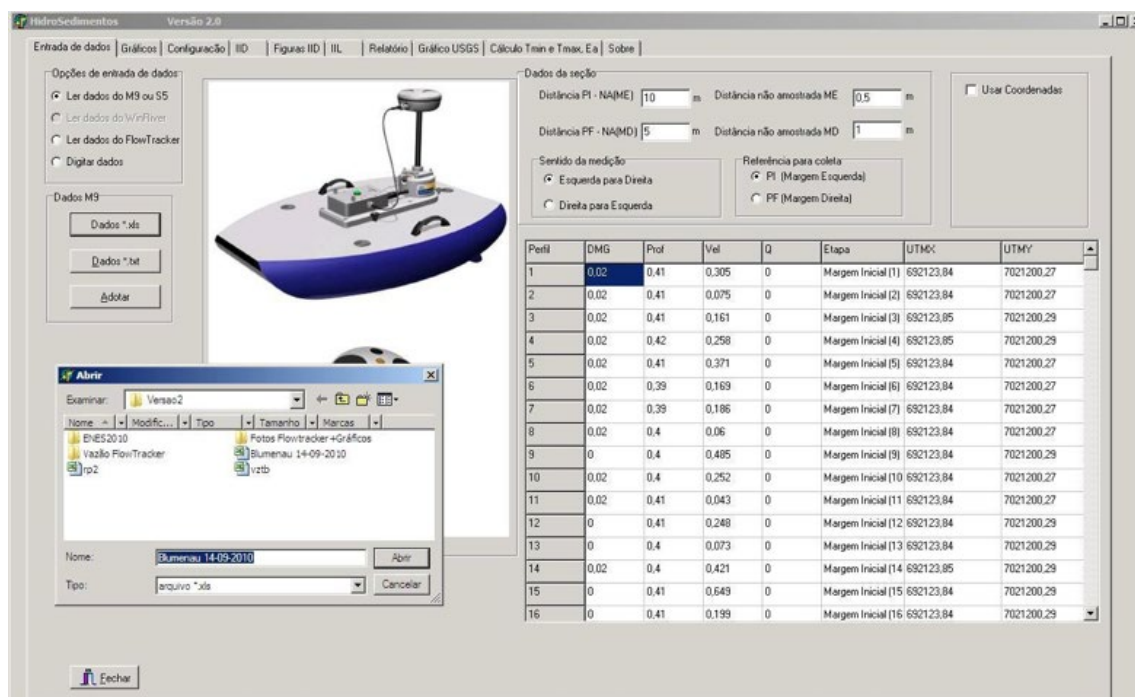


Figura 6. Tela Entrada de dados do HidroSedimentos para opção dados do M9.

3.2 Opção Ler dados do FlowTracker

O Flowtracker 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 esse equipamento segue basicamente os mesmos passos da medição de vazão com molinetes hidrométricos, em que o procedimento básico para fazer medição de vazão consiste nos seguintes passos:

- Esticar um cabo graduado (fita métrica, cor-da previamente demarcada, etc..) na seção de medição.

- Em cada vertical, o operador registra o local da estação e a profundidade da água e toma medidas de velocidade em uma ou mais profundidades para determinar a velocidade média - geralmente entre 15 a 20 verticais. Em cada vertical, pode-se determinar a velocidade em diferentes pontos.

O FlowTracker admite as seguintes equações para calcular a vazão:



Método da Meia Seção

O Método da Meia seção Mid Section (Figura 7) é o valor padrão e o mais comum. Esse método é usado pela Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS) e está descrito em padrões ISO 748 (1997) e 9196 (1992).

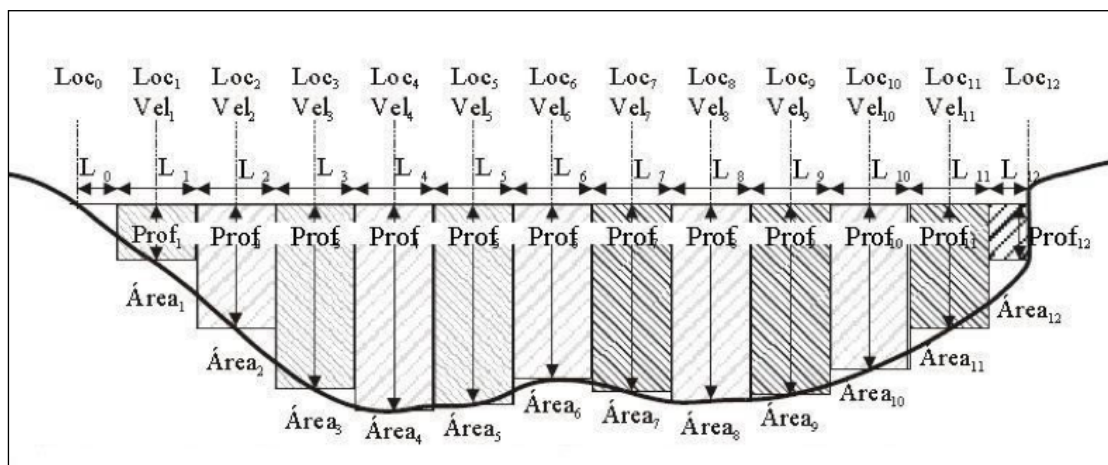


Figura 7. Método da Meia Seção (Adaptado de Sontek, 2011).

A área de cada seção é calculada por:

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

Em que: h_i = profundidade da vertical i (m)

Em que:

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

q_i é a vazão na seção i (m³/s)

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

v_i = velocidade média na vertical i (m/s)

A vazão na seção i é calculada por:

A vazão total é dada por:

$$q_i = v_i A_i \quad (2)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (3)$$



Método da seção Média

Usa os mesmos procedimentos de campo que o método da meia seção, diferindo apenas nos cálculos de área e velocidade média.

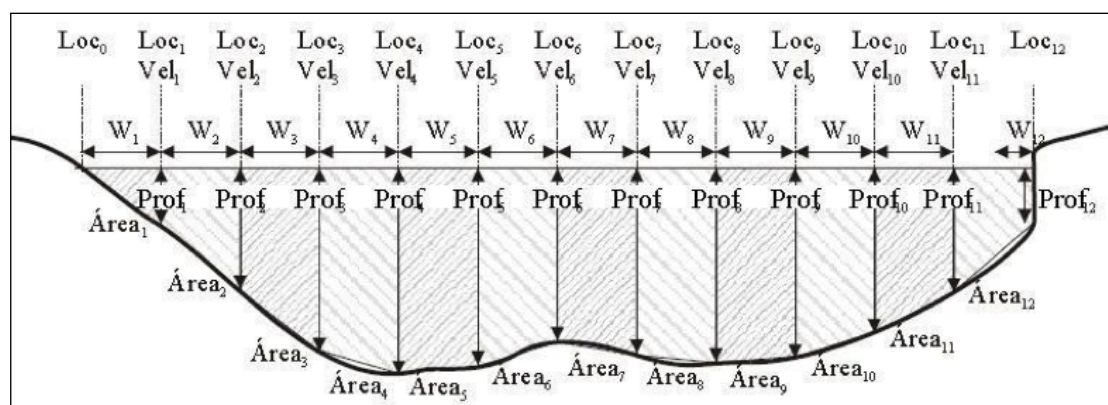


Figura 8. Método da Seção Média (Adaptado de Sontek, 2011).

A área de cada seção é calculada por:

$$A_i = (L_i - L_{i-1}) \left(\frac{h_i + h_{i-1}}{2} \right) \quad (4)$$

Em que:

h_i = profundidade da vertical i (m)

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

Em que:

q_i é a vazão na seção i (m³/s)

v_i = velocidade média na vertical i (m/s)

A velocidade média na seção i é calculada por:

$$\bar{v} = \left(\frac{V_i + V_{i+1}}{2} \right) \quad (5)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (7)$$

A vazão na seção i é calculada por:

$$q_i = v_i A_i \quad (6)$$



Método Japonês

O método Japonês (Figura 9) inclui várias modificações aos procedimentos de coleta de dados descritos anteriormente. A velocidade só é medida a cada segunda estação. A profundidade para cada estação é registrada duas vezes e o valor médio é usado para cálculos de vazão.

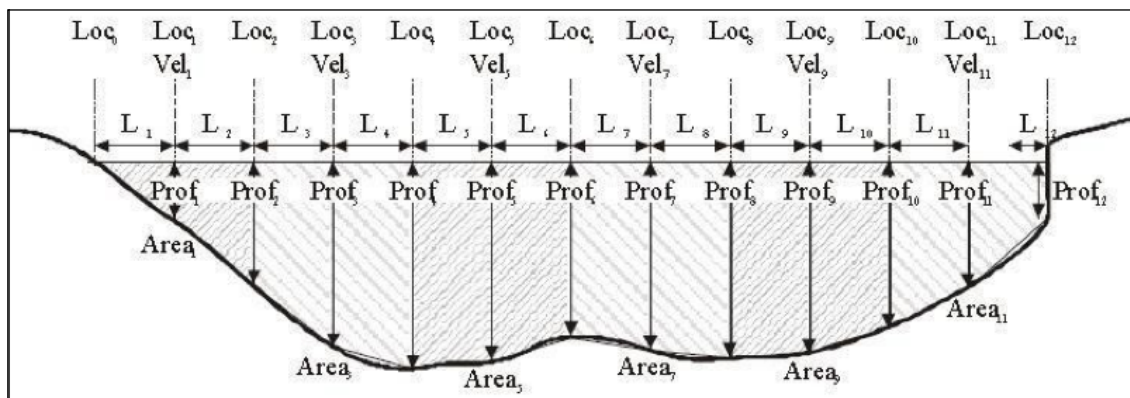


Figura 9. Método japonês (Adaptado de Sontek, 2011)

A área da seção i é calculada por:

$$A_i = (L_i - L_{i-1}) \left(\frac{h_i + h_{i-1}}{2} \right) + (L_{i+1} - L_i) \left(\frac{h_{i+1} + h_i}{2} \right) \quad (8)$$

A vazão na seção i é calculada por: $q_i = v_i A_i$ (9)

Em que:

q_i é a vazão na seção i (m^3/s)

v_i = velocidade média na vertical i (m/s)

A vazão total é dada por: $Q = \sum_1^n q_i$ (10)

O FlowTracker apresenta diversas possibilidades de métodos de cálculo da velocidade média na vertical (Tabela 1). Os métodos de um e dois pontos (equação 11 e 12) correspondem ao método simplificado adotado no Brasil e o método de três pontos (equação 13) corresponde ao método detalhado para profundidades entre 1,20 a 2,0 m (Back, 2006).

Tabela 1. Métodos de cálculo da velocidade média pelo FlowTracker.

Nº de pontos	Locais	Equação	
1	0,6 * P	$V_m = V_{0,6}$	(11)
2	0,2 p e 0,8 p	$V_m = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2}$	(12)
3	0,2 p, 0,6 e 0,8 p	$V_m = \frac{V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}}{4}$	(13)
1*	0,6 * Pef	$V_m = 0,92V_{0,6}$ O fator de correção 0,92 pode ser alterado pelo usuário	(14)
1*	0,5 * Pef ¹	$V_m = 0,89V_{0,5}$ O fator de correção 0,89 pode ser alterado pelo usuário	(15)
2	0,2 pef e 0,8 pef	$V_m = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2}$	(16)
2	Sup; 0,62 p	$V_m = 0,31V_s + 0,634V_{0,62}$	(17)
5 pontos	S, 0,2P; 0,6p, 0,8p, F	$V_m = \frac{V_s + 3V_{0,2} + 3V_{0,6} + 2V_{0,8} + V_F}{10}$	(18)
n	Vários pontos definidos pelo usuário	Média integrada	
nenhum		$V_m = C_f V_{adjacente}$	(19)
entrada		$V_m = V_{entrada6}$	(20)

¹Pef = profundidade efetiva.

Observações

- O Método Nenhum (None) é usado em duas situações diferentes: uma quando nenhuma medição é possível e a velocidade é estimada a partir de estações adjacentes. A segunda situação é para especificar os bancos de uma ilha interna (para um rio de canal múltiplo).
- Se uma estação única de Método None for registrada, fica assumido que nenhuma medição foi possível. A velocidade para essa estação está baseada em estações adjacentes multiplicadas pelo fator de correção especificado pelo usuário (CF) para tal estação. O valor padrão CF é 1,00.
- Se duas estações de Método None forem registradas juntas, fica assumido que elas representam uma ilha interna.
- O Método Multi Pt possibilita que se faça qualquer número de medições de velocidade. A média é calculada por meio da integração de todas as medições de velocidade.
- Se medições múltiplas forem feitas na mesma profundidade de medição, a média dessas medições são feitas antes da integração da velocidade.
- Fator de Correção (CF) é um parâmetro fornecido pelo usuário e utilizado para escalar a velocidade da estação. O CF é comumente usado em margens, ilhas internas e outras estações de Método None. O valor padrão de CF é 1,00. Qualquer valor de -1,00 a 1,00 - exceto 0,0 - é permitido. O CF pode ser inserido para qualquer estação e a velocidade média será multiplicada pelo CF.

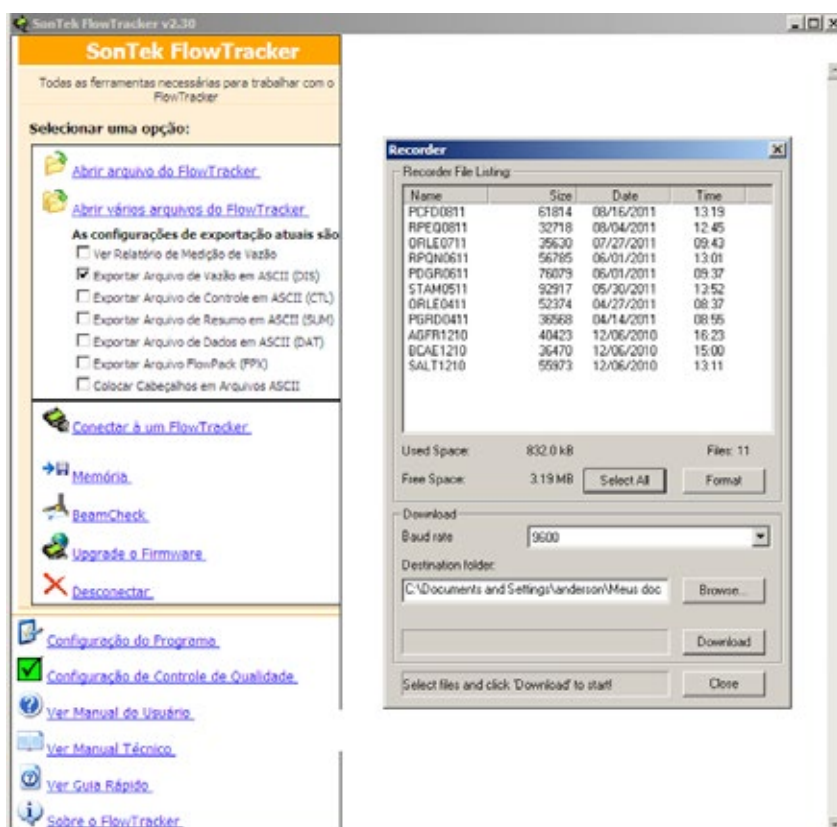


Figura 10. Tela do Software FlowTracker

- O software do FlowTracker foi projetado para ser autoexplicativo. O software pode ser encontrado no CD incluído no sistema ou baixado do website da SonTek/YSI em www.sontek.com. Documentação adicional está disponível no software e no Manual Técnico do FlowTracker. O software do FlowTracker é compatível com Windows 2000 e XP e realiza várias funções.

Para baixar os arquivos usando a memória:

- Conecte o FlowTracker com uma porta COM no seu computador e clique em Connect.
- Na opção Memória, selecione os arquivos a serem baixados do equipamento e a pasta destino (Figura 10).

Exporte arquivos de dados e gere relatórios usando o **Abrir vários Arquivo do FlowTracker**.

Vários resultados estão disponíveis.

- **HTML Report:** relatório formatado para fácil visualização e impressão.
- **Arquivo de Vazão em ASCII (.DIS):** resultados finais em uma 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.

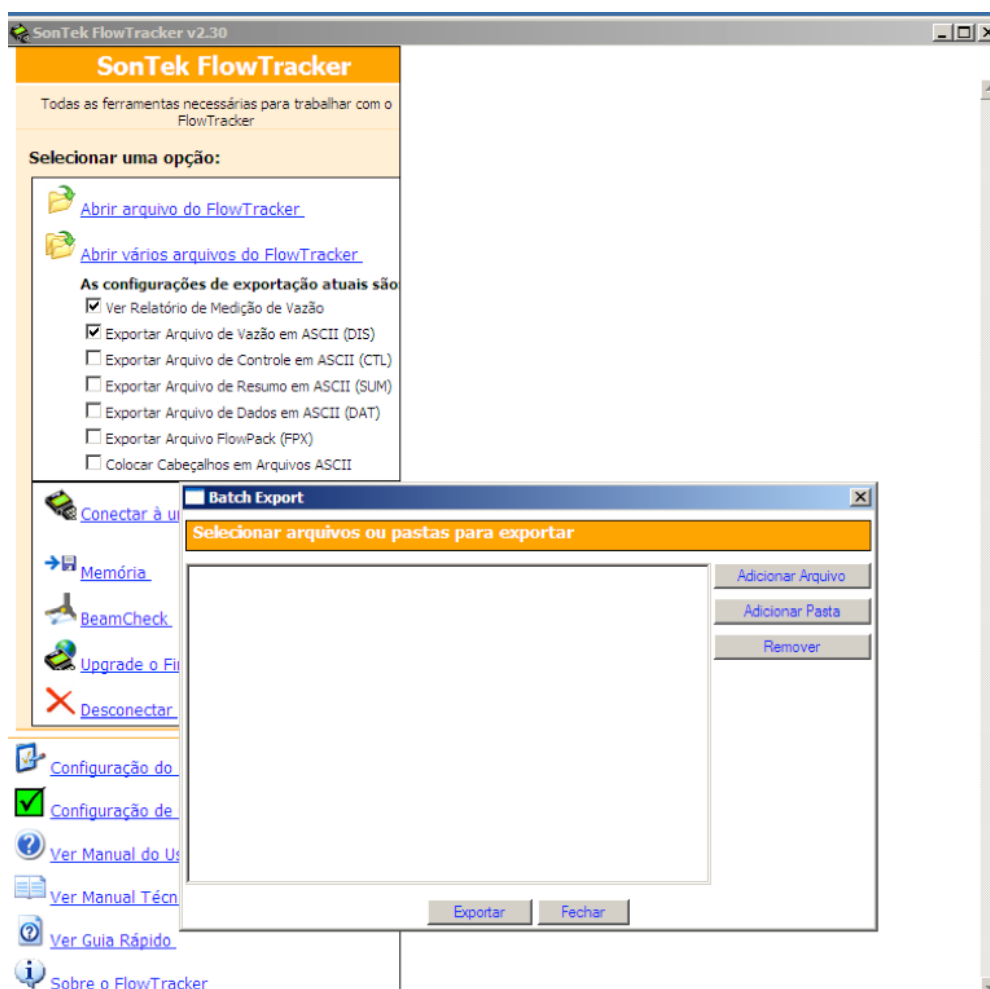


Figura 11. Exportação de dados FlowTracker

Selecione a opção **Arquivo de Vazão em ASCII (.DIS)** e clique em **Abrir vários arquivos** (Figura 11). O software FlowTracker abre o arquivo selecionado e também grava um arquivo *.dis na pasta indicada nas configurações do programa.

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 12) e copiar com Ctrl +C e colar na célula A1 de uma planilha do Excel. Essa planilha deverá ser salva como *.xls (pasta de trabalho versão 97 a 2003) como representado na Figura 13.

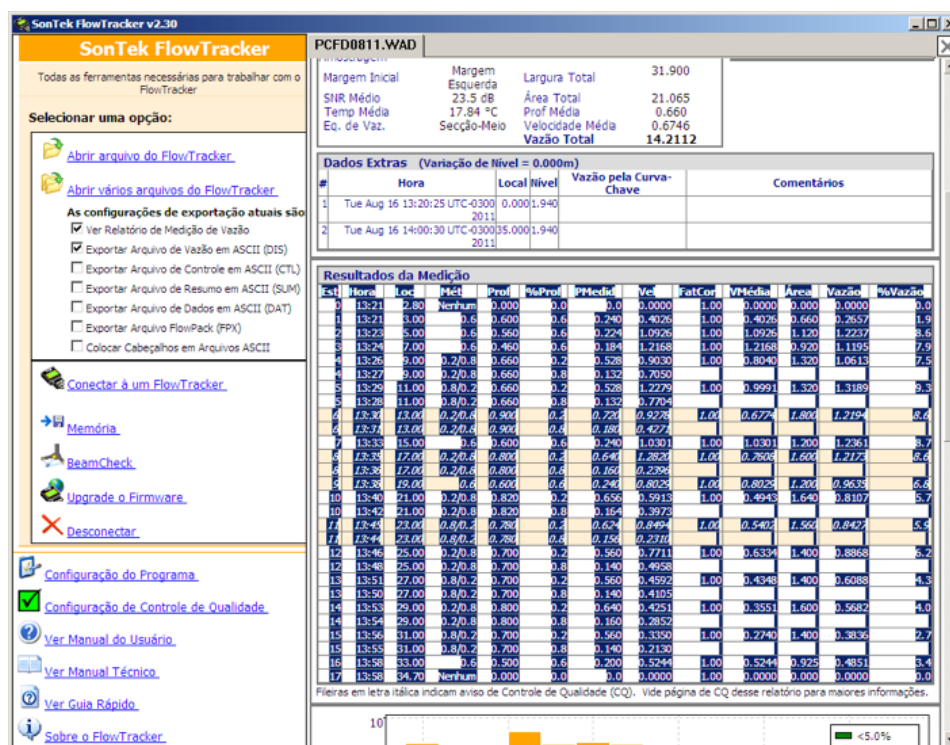


Figura 12. Seleção das Tabelas Resultados de Medição FlowTracker.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Est	Hora	Loc	Mét	Prof	%Prof	PMedid	Vel	FatCor	VMédia	Área	Vazão	%Vazão
1													
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	0.560	0.6	0.224	10.926	1.00	10.926	1.120	12.237	8.6
5	3	13:24	7.00	0.6	0.460	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	0.8	0.132	0.7050					
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	0.180	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	0.8494	1.00	0.5402	1.560	0.8427	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 13. Planilha do Excel com resultados de FlowTracker.

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. Nesse caso, ele deverá clicar no botão **Dados*.xls**, escolher o arquivo e confirmar (Figura 14).

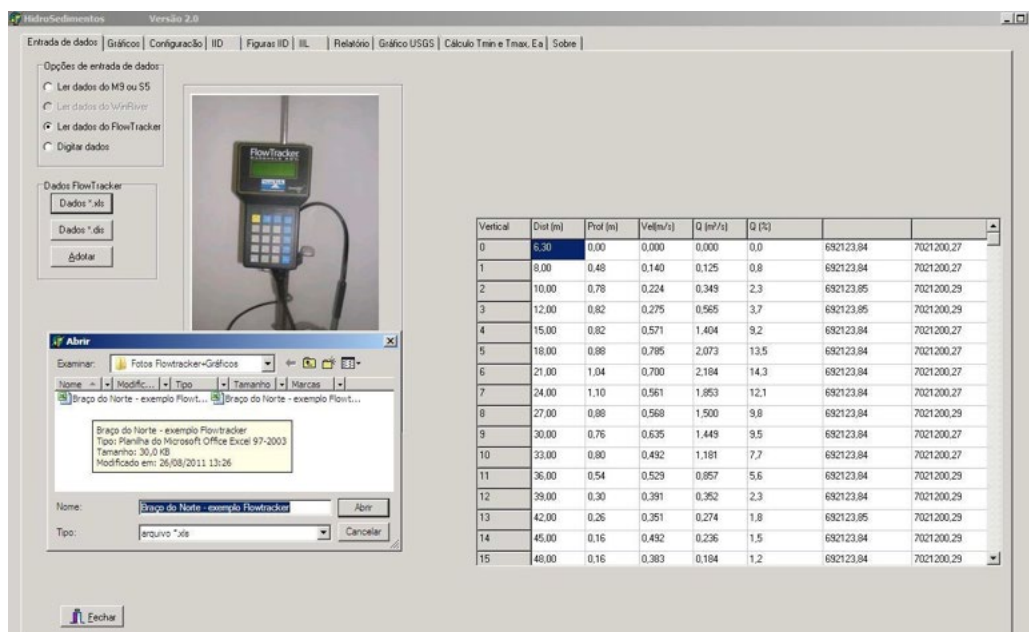


Figura 14. Entrada de dados do FlowTracker.

3.3 Opção Digitar dados

Essa opção foi incluída caso o usuário utilize outro equipamento para a medição da vazão e queira utilizar o HidroSedimentos para efetuar os cálculos dos tempos de amostragem. Nesse caso, o usuário deverá informar previamente o número de verticais, sendo que as verticais referentes às margens esquerda e direita deverão ser incluídas.

O usuário poderá optar por digitar a vazão ou digitar somente as distâncias, profundidades e velocidades médias de cada vertical e, nesse caso, calcular a vazão. Se optar por calcular a vazão, o programa apre-

senta ainda a opção de calcular a vazão pelo método da seção média ou meia seção. Após a digitar dos dados, o usuário deverá clicar em **Calcular** (Figura 15) para o programa efetuar os cálculos de vazão e fornecer os dados de vazão total, área molhada e velocidade média no quadro **Resumo**.

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

HidroSedimentos Versão 2.0

Entrada de dados | Gráficos | Configuração | IIO | Figuras IIO | IIL | Relatório | Gráfico USGS | Cálculo T_{min} e T_{max} Ea | Sobre

Opções de entrada de dados:

- ☐ Ler dados do M3 ou S5
- ☐ Ler dados do WinRiver
- ☐ Ler dados do FlowTracker
- ☒ Digitar dados

Opções de dados da vazão:

- ☐ Digitar Vazão
- ☒ Calcular vazão

Opção de cálculo da vazão:

- ☒ Seção média
- ☐ Meia seção

Resumo:

Vazão total (m³/s):

Área (m²):

Vel (m/s):

Nº de Verticais: 15

Limpar

Aplicar

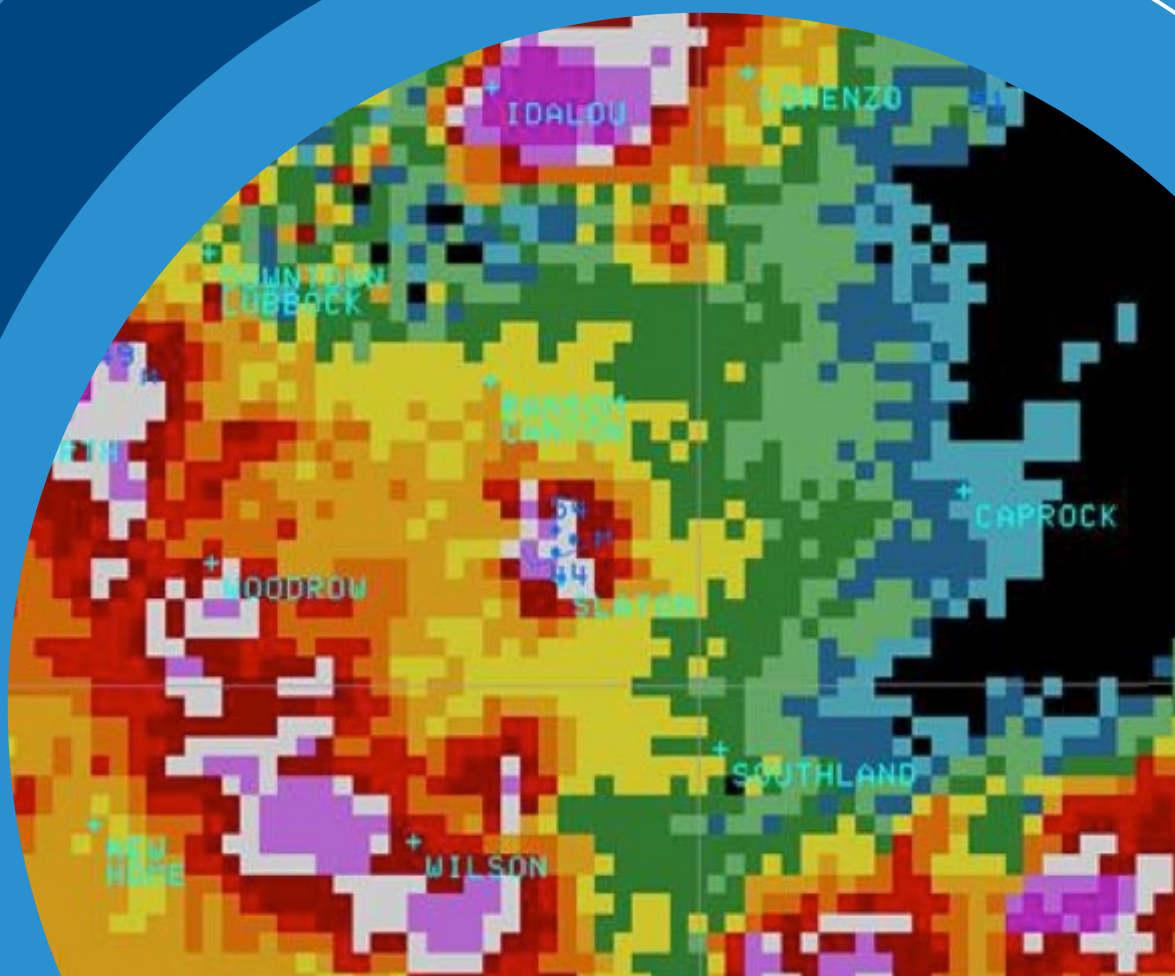
Vertical	Dist (m)	Prof (m)	Vel(m/s)	Q (m³/s)	Q (%)		
1	5	0,0	0,0				
2	7	0,8					
3	9						
4	11						
5	12						
6	13						
7	15						
8	17						
9	19						
10	21						
11	23						
12	25						
13	27						
14	29						
15	30,5	0,0	0,0				

Echegar

Figura 15. Tela Entrada de dados para opção de Digitar os dados.

4

Tela Gráficos



Essa tela exibe os gráficos (Figura 16) do perfil transversais bem como a variação da velocidade ao longo da seção. É utilizada para verificar se os dados de entrada foram importados ou digitados corretamente. Assim, após clicar no botão Adotar de qualquer dos três métodos de entrada de dados, deve-se visualizar a tela gráficos e comparar o perfil transversal representado com o obtido na medição, que devem ser iguais.

4.1 Perfil de velocidade

Quando a medição da vazão for realizada com o equipamento M9, percebe-se uma grande oscilação dos valores de velocidade, diferente dos perfis obtidos com medições com o molinete ou FlowTracker. Isto se deve ao fato de este equipamento registrar a velocidade instantânea da corrente enquanto 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 incluído no programa HidroSedimentos uma opção para calcular a velocidade média na vertical, considerando 'k' verticais anterior e posterior a vertical 'i', assim a velocidade média é calculada por:

$$V_m = \frac{\sum_{i=i-k}^{i=i+k} V_i}{2k+1} \quad (21)$$

Porém, como padrão o programa adota $k = 1$, o usuário poderá alterar o valor na tela Gráficos (Figura 16) e o programa automaticamente recalculará os valores de velocidade média. Essa opção estará visível somente quando os dados foram obtidos com o arquivo do equipamento M9 ou S5.

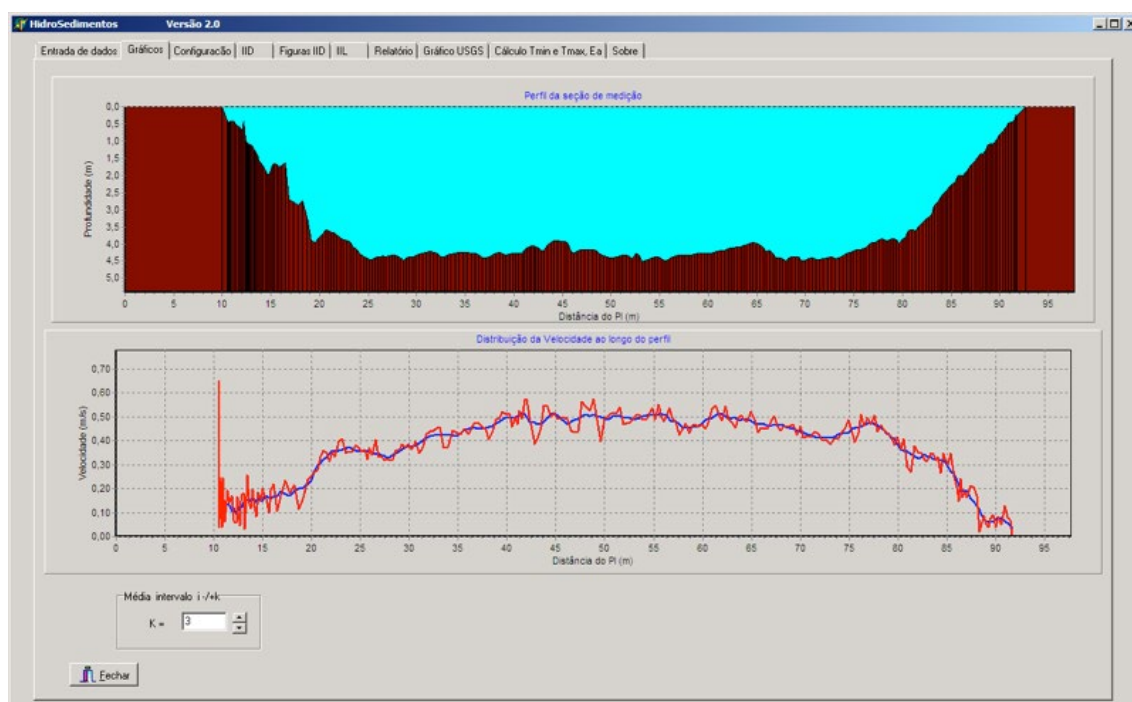
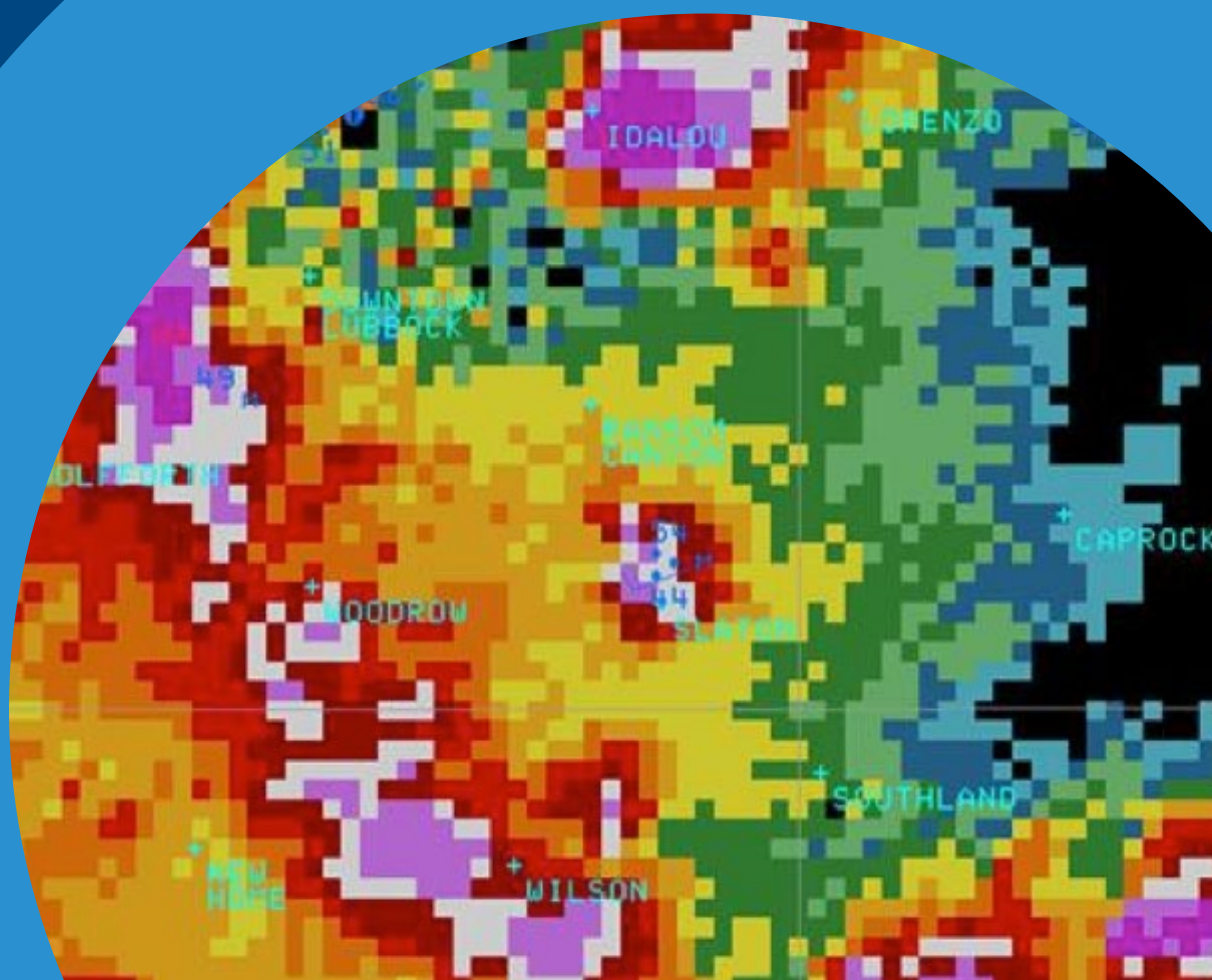


Figura 16. Tela Gráficos do HidroSedimentos.

5

Tela Configuração



Na tela Configuração (Figura 18), o usuário deverá optar pelo método de amostragem, selecionar o amostrador e o bico a ser utilizado, bem como informar os dados necessários para os cálculos de acordo com o método de amostragem.

Os amostradores usados nos Estados Unidos e Brasil estão na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos amostradores (adaptado de USGS)

DENOMINAÇÃO		Bicos	Volume	Velocidade (m/s)		Profundidade		Peso (kg)
EUA	Brasil			Mínima	Máxima	Máxima (m)	ho (cm)	
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, 3/16 1/4	Pint quarter			5,5	0,10	27,5
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
US D-74AI		3/16	Pint quart	0,46	1,80	4,57	10,4	19,1
US D-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
US D-96AI		3/16	3 liters	0,61	1,83	33,53	10,2	36,3
US D-96AI		1/4	3 liters	0,61	1,83	18,29	10,2	36,3
US D-96AI		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
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
US P-61AI		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 21,95	15,0	90,7
US P-72		3/16	pint quart	0,46	1,62	15,55	10,9	18,6
USP-46	AMS-4	3/16				22	12	91
De saca	AMS-8	1,8 3/16 1/4				100	variável	14,4 (sem astro)

Como o amostrador fica inclinado, o volume coletado não corresponde à capacidade máxima (Figura 17). Na Tabela 3 são indicados os valores de volume mínimo e máximo para os diferentes recipientes dos amostradores.

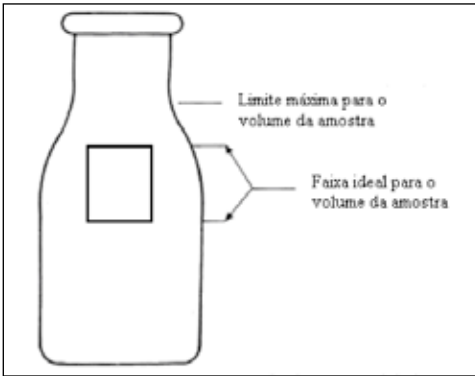


Figura 17. Representação da faixa de volume ideal para coleta.

Tabela 3. Volume mínimo, máximo e ideal para os recipientes dos amostradores.

Recipiente	Capacidade (cm³)	Volume da amostra (cm³)		
		mínimo	máximo	esperado
pint	473	300	420	350
quarter	946	650	800	740
liter	1000			
3 liter	3000	2000	2700	
6 liter	6000			

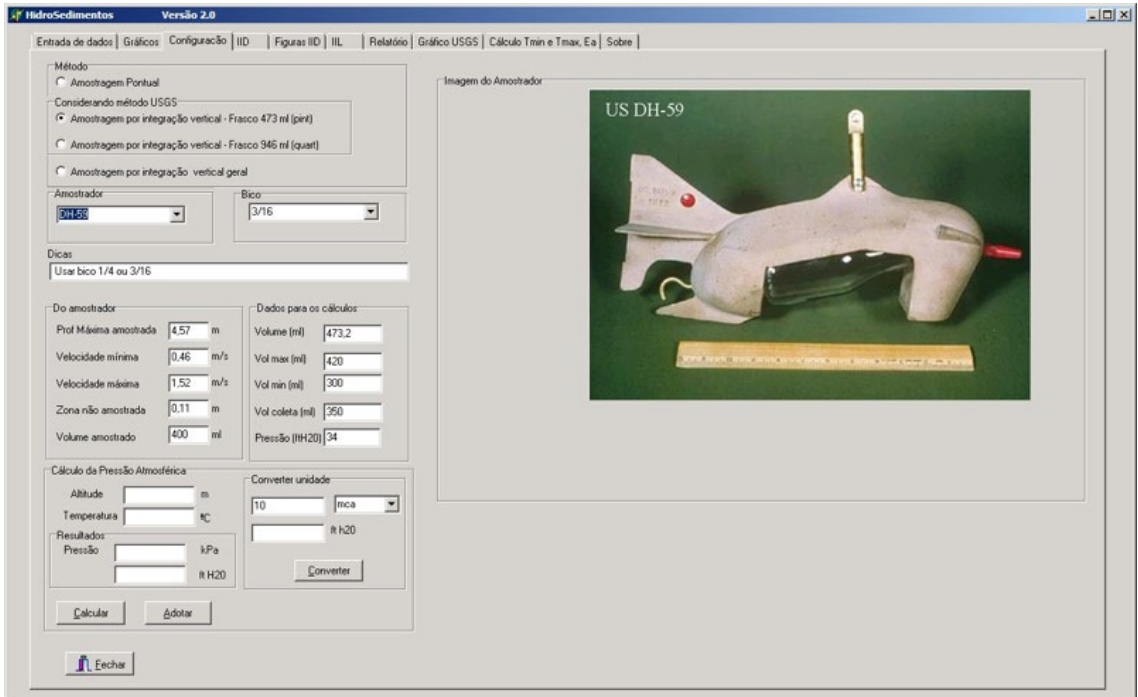


Figura 18. Tela Configuração do HidroSedimentos.

5.1 Métodos de amostragem

Estão disponíveis os seguintes métodos de amostragem:

5.1.1 Amostragem Pontual

Indicada para estudos da distribuição vertical e horizontal da concentração dos sedimentos, bem como da granulometria. Nesse tipo de amostragem, deve-se calcular o tempo de amostragem de acordo com a equação:

$$T = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel}$$

Em que: T = tempo de amostragem (s)

Vol = volume da amostra (ml) D = diâmetro do bico (mm)

Vel = velocidade média na vertical (m/s)

Segundo Carvalho (2008), os amostradores para a coleta pontual acoleta na vertical no Brasil são:

P-46, P-61 e P-63.

5.1.2 Amostragem por integração vertical

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

5.1.2.1 Método USGS

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

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

➤ **1º caso: velocidades baixas ($V < 0,60$ m/s) com pouca ou nenhuma partícula com granulométrica de areia**

Nesse 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 ($0,60 < V < 3,70$ m/s) e profundidades menores que 4,60 m**

Deve-se usar os amostradores DH-48, DH-59, DH-75, D-49 e D-74.

► **3º caso: velocidade altas (0,60 < V < 3,70 m/s) e profundidade maiores que 4,60 m**

Nesse 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. Nessas situações, deve-se usar os amostradores de saca ou amostradores pontuais. Para os amostradores de saca, utiliza-se a mesma técnica descrita na amostragem por integração na vertical.

Carvalho (2008) descreve a técnica para usar os amostradores pontuais onde a profundidade for maior que 4,6 m:

- 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 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. Em seguida, ela deve ser fechada.
- Remover a garrafa contendo a amostra água sedimento do amostrador. Verificar se o volume está em conformidade ao preestabelecido 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 ele se aproxime do leito do rio.
- Fechar a válvula de abertura /fechamento do bico do amostrador.

As velocidades de trânsito utilizadas na subida e 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 9,20 m, o procedimento é similar, exceto pelo fato de que a integração na vertical, tanto na subida como descida do amostrador, é realizada por segmentos não superiores a 9,20 m. As subamostras utilizadas nesta técnica são compostas em uma só amostra para análise.

► **4º caso: velocidade muito alta (v > 3,70 m/s).**

Nesse 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 vertical. Cada bico tem os valores máximos e mínimos para a velocidade de trânsito, que dependem da velocidade média da corrente.

A razão de trânsito máxima pode ser expressa por:

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

$$R_{Tmax} = K_b V_m$$

Tabela 4. Característica dos Bicos usados no Brasil.

Bico	Diâmetro (mm)	Área (cm ²)	Kb
1/8"	3,1750	0,079173	0,2
3/16"	4,7625	0,178139	0,4
1/4"	6,3500	0,316692	0,4

x = razão de trânsito máxima (m/s) Kb = coeficiente do bico

Vm = velocidade média do fluxo (m/s)

a) A RT deve ser rápida o suficiente para que não ultrapasse o volume máximo do recipiente.

b) A RT deve ser lenta o suficiente para permitir coletar um volume mínimo.

c) 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 para o bico com diâmetro 1/8" é de 20% da velocidade média (0,20 V) e para os bico com diâmetro 3/16" ou 1/4", o limite é 40% da velocidade média (0,40 V);

d) A RT deve ser lenta para não exceder o limite de compressão de ar no recipiente. Se a velocidade de trânsito é muito alta, a taxa de redução do volume de ar dentro da garrafa do amostrador é 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. Uma velocidade de trânsito excessiva também pode fazer com que a velocidade de passagem de água por meio do bico do amostrador seja menor que a velocidade de água ao redor dele devido à inclinação do amostrador, provocando a amostragem de modo não isocinética.

As velocidades de trânsito adequadas a uma determinada amostragem pode ser determinadas por meio dos gráficos apresentados por Carvalho (2008). Essas figuras mostram que as velocidades de trânsito variam de 0,1Vm a 0,4Vm, 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 um volume de amostra excessivamente grande. Os amostradores DH-48, DH-59 e D-49 com garrafas de 420 ml somente alcançam profundidades de 4,6 m. Em amostradores com garrafas de 1 l, a restrição de profundidade se mantém devido à quantidade de ar que deve ser retirado para admissão da amostra devido à profundidade limite de compressão de ar. Portanto, a vantagem da garrafa de 1 l está na possibilidade de apanhar maior volume de água.

As amostragens realizadas com uso do bico 1/8" são muito afetadas pela inclinação do amostrador, como mostrado pelo Kb = 0,2. Vale ressaltar que esse bico não é indicado para condições de areia em suspensão.

Para a definição dos tempos mínimo e máximo de amostragem, obedecendo os limites acima, deve-se calcular os seguintes dados de acordo com a Figura 19:

Ponto 1
$$\frac{RT}{Vm} = \frac{A_n r_b h_1}{V_1} \quad (24)$$

Ponto 2
$$\frac{RT}{Vm} = \frac{A_n r_s h_1}{V_1} \quad (25)$$

Ponto 3
$$d_c = \frac{h_1(r_s - r_b)}{r_b + 1} \quad (26)$$

Ponto 4
$$\frac{RT}{Vm} = \frac{20A_n}{Q_{max}} \quad (27)$$

Ponto 5
$$\frac{RT}{Vm} = \frac{20A_n}{Q_{min}} \quad (28)$$

Em que: RT = razão de trânsito (ft/s)

Vm = velocidade média de escoamento (ft/s)

An = área do bico (pol²)

rb = velocidade relativa próximo a fundo (ft/s)

h1 = pressão atmosférica na superfície da água (ft H2O) V1 = volume do amostrador (ft³)

rs = velocidade relativa próximo a superfície (ft/s) Qmax = volume máximo da amostra (ft³)

Qmin = volume mínimo da amostra (ft³)

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

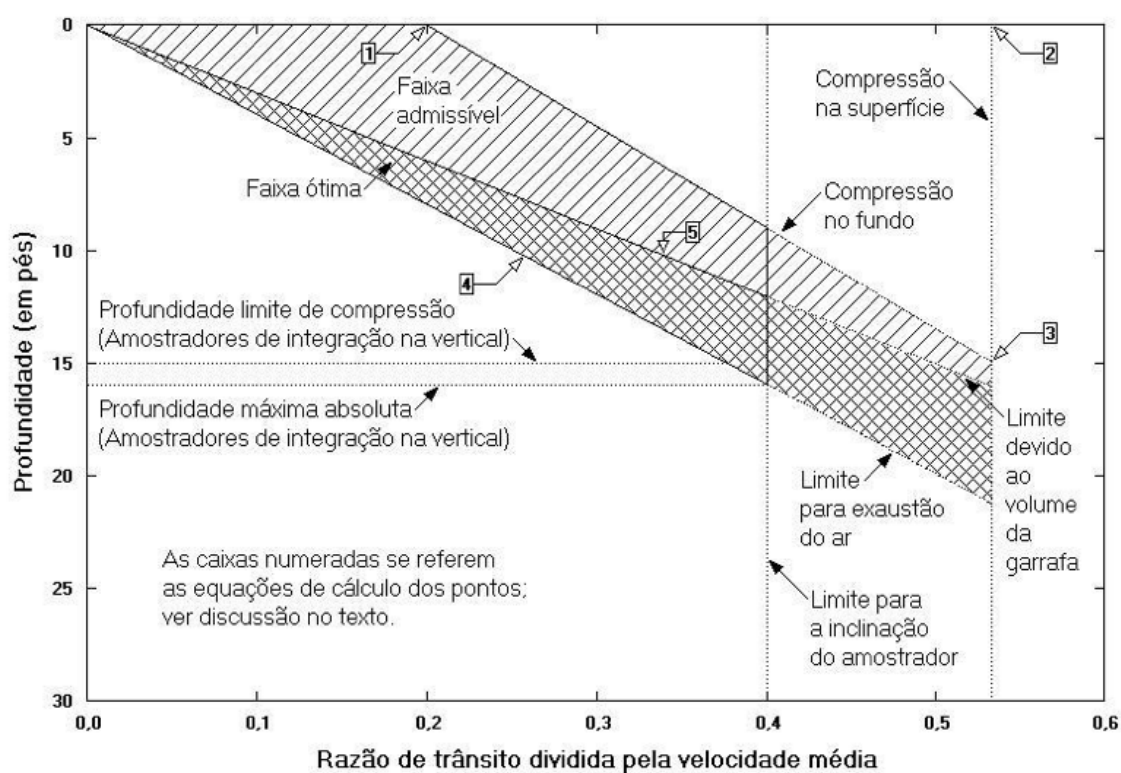


Figura 19. Gráfico para determinação da velocidade de trânsito (adaptado de Edwards e Glysson, 1970).

Tabela 5. Perfil de velocidade adotado no cálculo do método USGS.

Profundidade relativa	Velocidade relativa (Vr) ¹
0,0 (Superfície)	1,16
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)	0,5

¹Vr = velocidade relativa à velocidade média.

Nas Figuras 20 a 25, constam os gráficos do método USGS para coletores com recipiente de volume 1pint e quarter. Esses valores podem ser estimados pelas fórmulas 24 a 28, tendo como base as seguintes informações:

- Ab = área do bico (Tabela 4).
- rb = velocidade relativa ao leito (Tabela 5).
- rs = velocidade relativa próximo a superfície (Tabela 5).
- Vm = velocidade média de escoamento (velocidade média da vertical).
- V1 = volume do amostrador (Tabela 4).
- Qmax = volume máximo da amostra (Tabela 4).
- Qmin = volume mínimo da amostra (Tabela 4).
- h1 = pressão atmosférica na superfície da água (ft H2O).

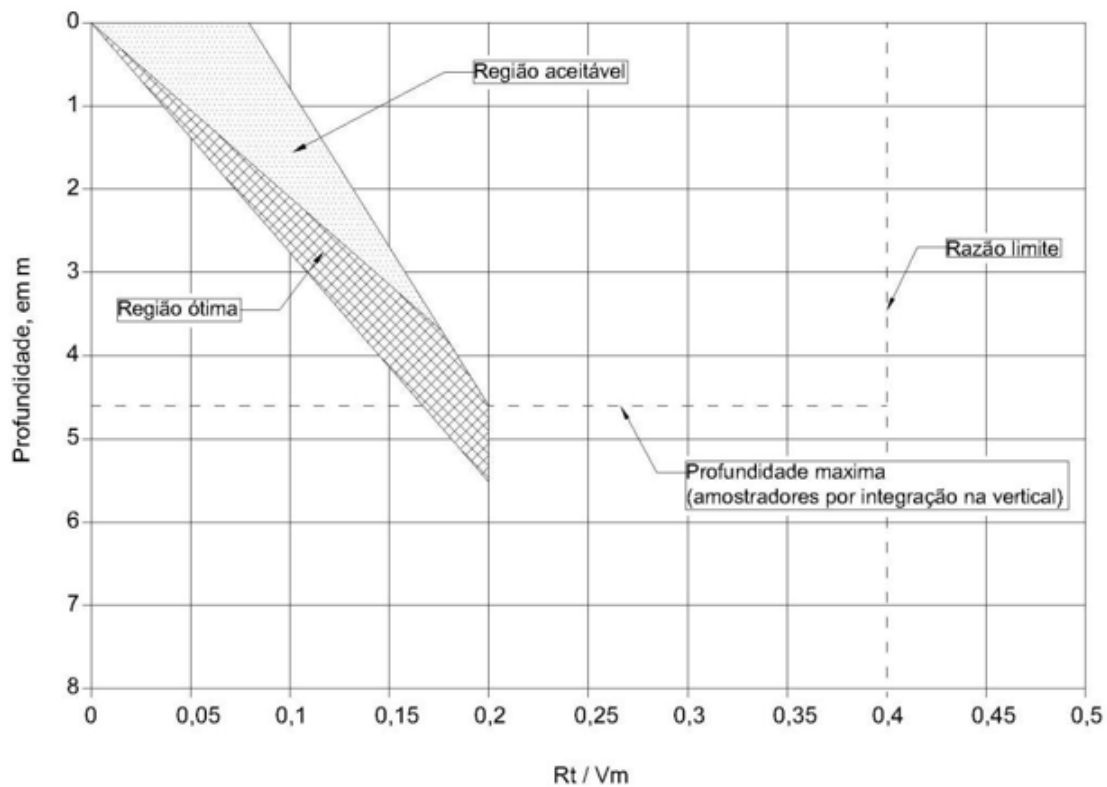


Figura 20. Relação R_t/V_m para recipiente 1 pint e bico 1/8" (Adaptado de Edwards e Glysson).

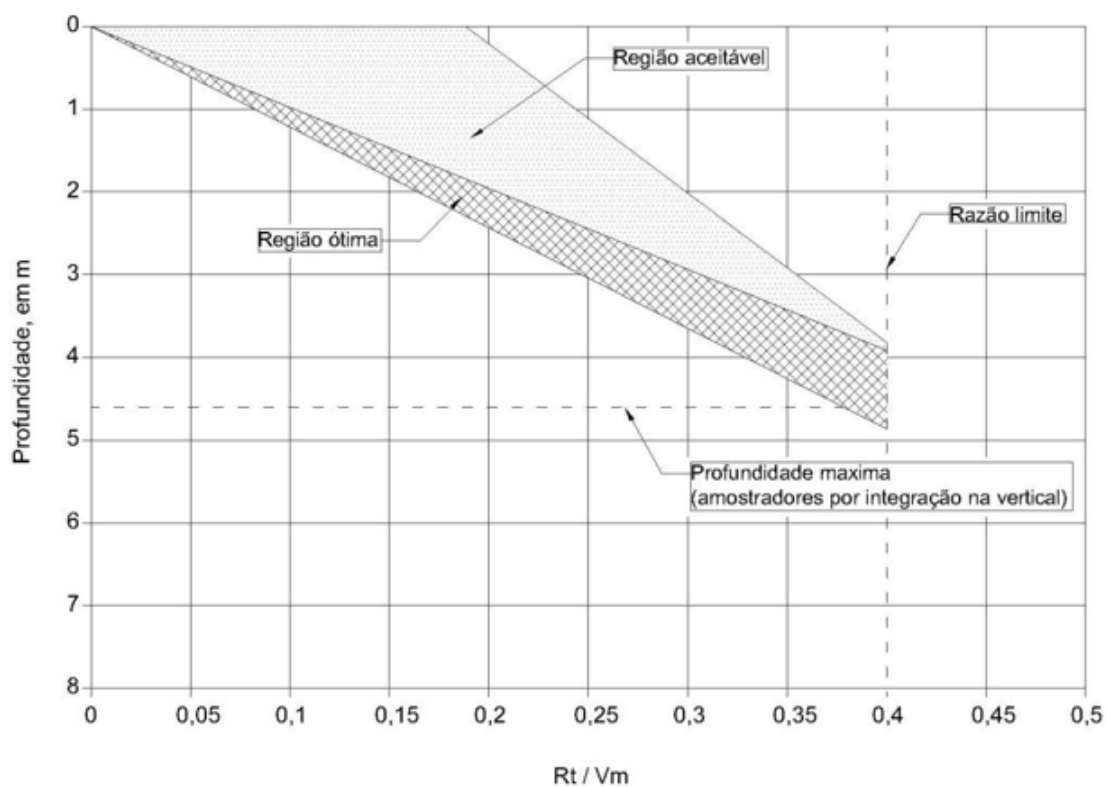


Figura 21. Relação R_t/V_m para recipiente 1 pint e bico 3/16" (Adaptado de Edwards e Glysson).

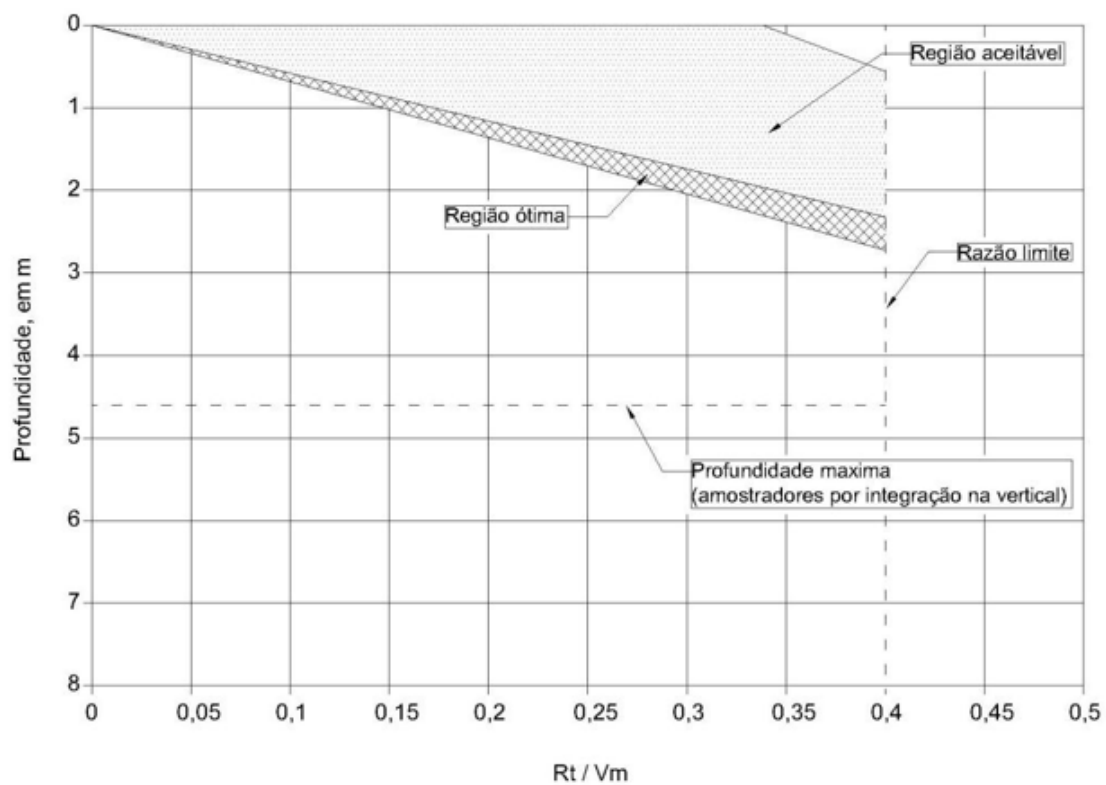


Figura 22. Relação R_t/V_m para recipiente 1 pint e bico 1/4" (Adaptado de Edwards e Glysson).

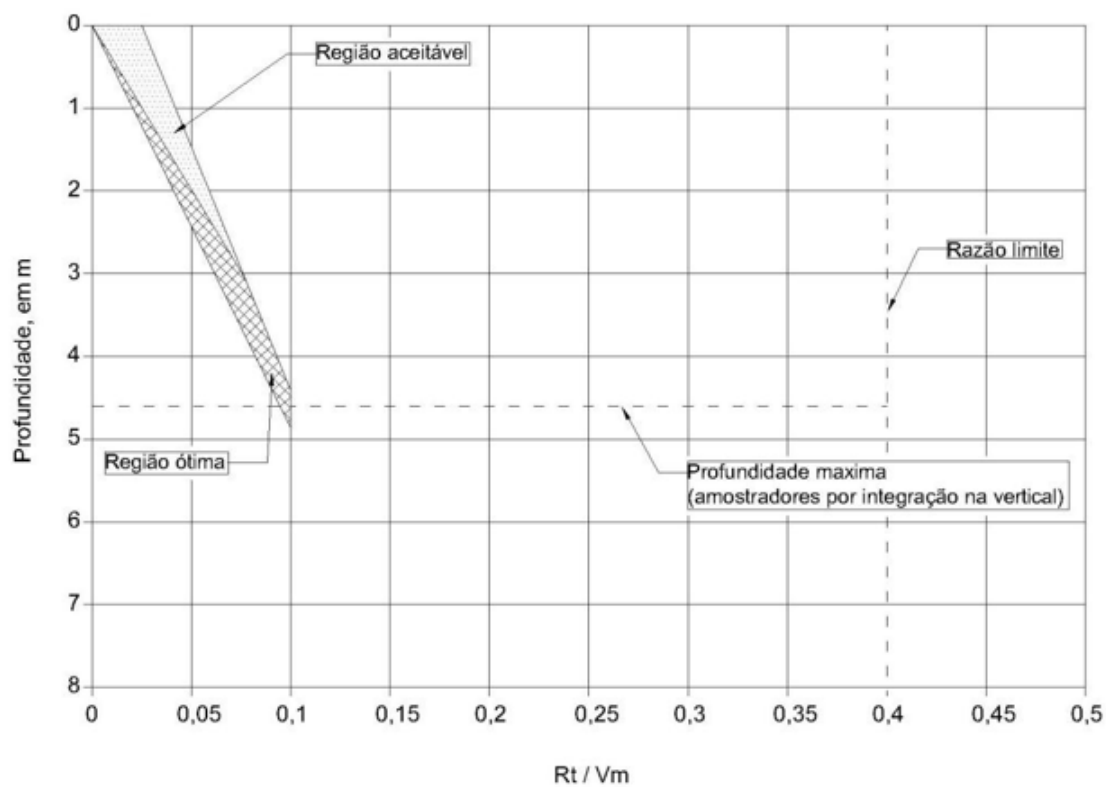


Figura 23. Relação R_t/V_m para recipiente 1 quarter e bico 1/8" (Adaptado de Edwards e Glysson).

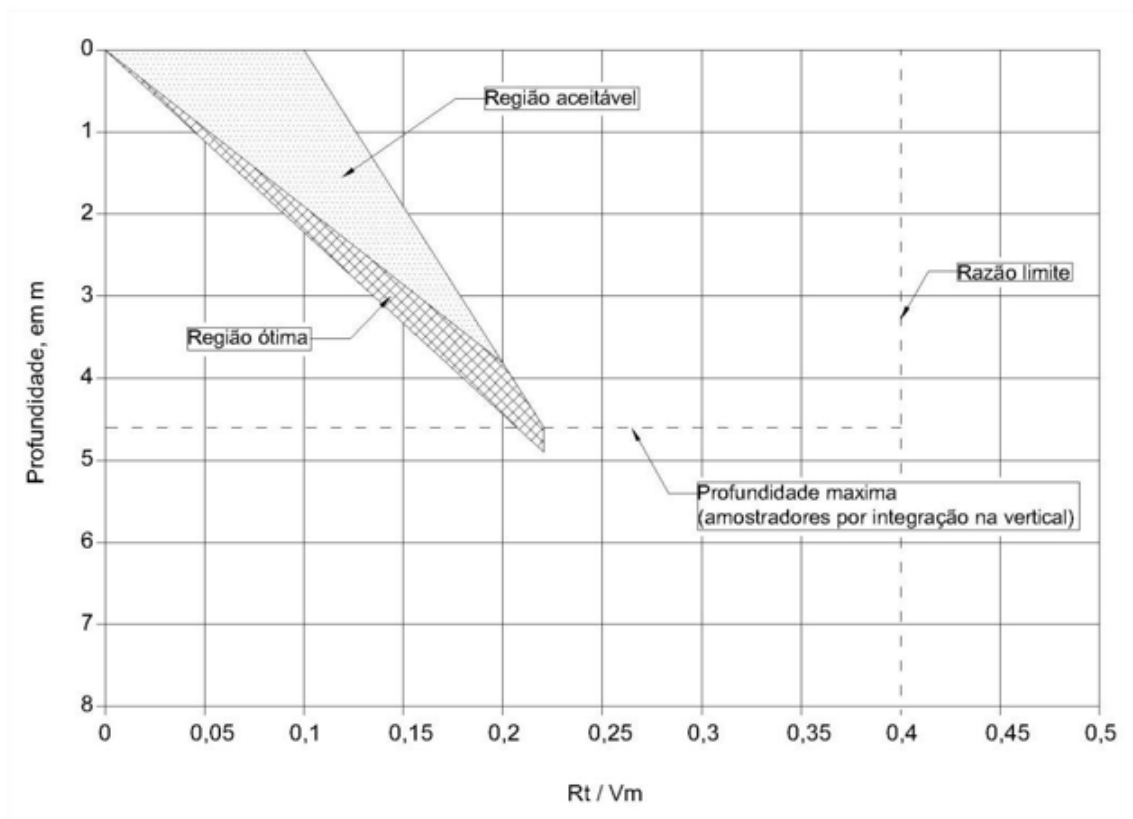


Figura 24. Relação R_t/V_m para recipiente 1 quarter e bico 3/16" (Adaptado de Edwards e Glysson).

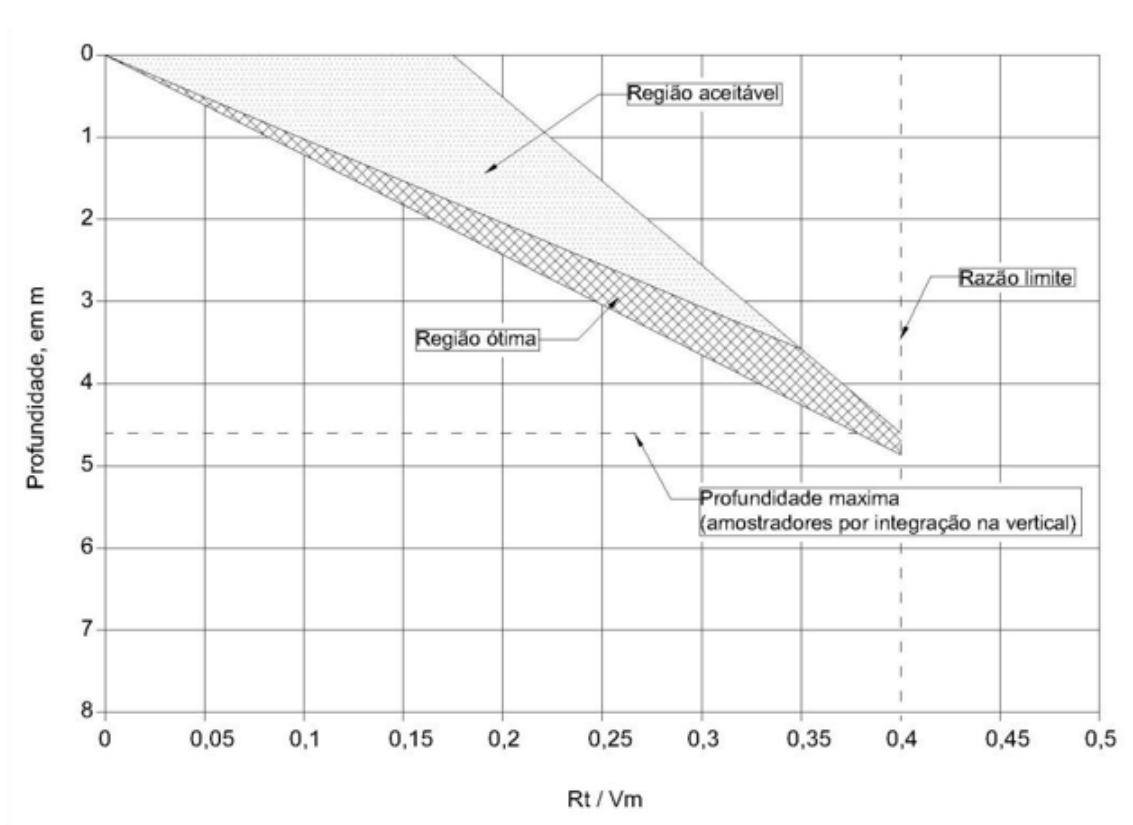


Figura 25. Relação R_t/V_m para recipiente 1 quarter e bico 1/4" (Adaptado de Edwards e Glysson).

Ao selecionar o amostrador e o bico, o programa HidroSedimentos fornece os dados do amostrador, tais como a profundidade máxima de amostragem, a velocidade mínima e velocidade máxima, a altura do equipamento (que corresponde à profundidade não amostrada) e o volume da amostra. Além disso, tem-se o volume do amostrador, o volume máximo e o volume mínimo desejado na coleta. Caso utilize outro amostrador não incluído, basta alterar os dados acima para utilizar o HidroSedimentos e, então, realizar os cálculos.

O usuário deverá indicar, ainda, a pressão atmosférica na superfície da água em pés de coluna d'água (ft H₂O). Para auxiliar, foram incluídas no programa as opções para calcular a pressão atmosférica e, também, para conversões de unidades.

No quadro Cálculo da pressão atmosférica, o usuário deverá informar a altitude do local, em metros e a temperatura do ar, em graus Celsius, e clicar no botão Calcular. O programa, então, calculará o valor da pressão atmosférica, informado o valor em kPa e ft/H₂O. Ao clicar no botão Adotar, o programa transfere o valor para o quadro Dados para os cálculos e a opção para converter o valor de pressão atmosférica para pés de coluna d'água (Figura 26).

A opção para converter unidades de pressão foi incluída caso o usuário utilize algum equipamento que meça a pressão atmosférica e, assim, possa conver-

ter esse valor para a pressão em ftH₂O. 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/m² - Newton por metro quadrado

Atm - atmosfera

kgf/m² - quilograma força por metro quadrado
kgf/cm² - quilograma força por centímetro
quadrado PSI - libra por polegada quadrada

mca - metro de coluna d'água

mmHg - milímetro de coluna de mercúrio inHg
- polegada de coluna de mercúrio dyn/cm² -
dina por centímetro quadrado bar - bar

mb - milibar

Ao clicar no botão Converter, o programa informa o respectivo valor da pressão em ftH₂O.

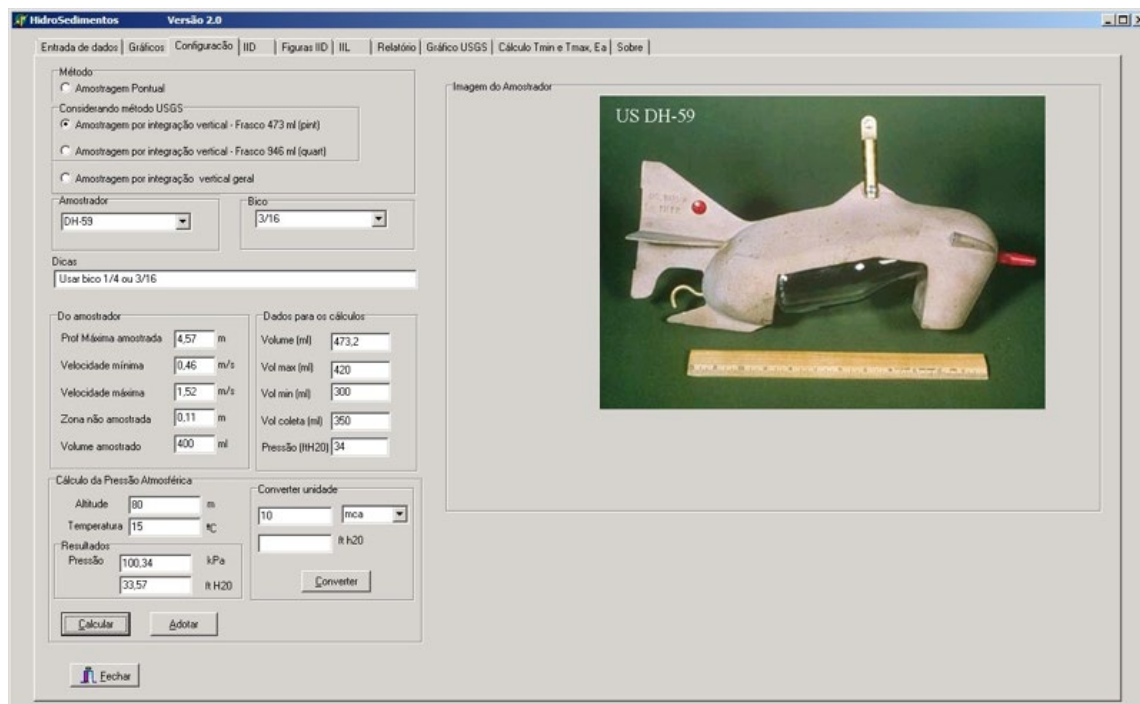


Figura 26. Configuração do programa para determinação dos tempos de amostragem pelo método USGS.

Nesse método, pode-se estabelecer a razão de trânsito máxima e mínima segundo os limites da Figura 18. O tempo mínimo de amostragem é determinado por:

$$T_{min} = \frac{2P_{ef}}{RT_{max}} \quad (29)$$

$$T_{max} = \frac{2P_{ef}}{RT_{min}} \quad (30)$$

Em que:

Tmin = tempo mínimo de amostragem (s)

Tmax = tempo máximo de amostragem (s) Pef = profundidade efetiva (m)

RTmax = razão de trânsito máxima

RTmin = razão de trânsito mínima (m/s)

5.1.2.2 Amostragem por integração vertical geral

Esse procedimento segue a metodologia descrita em Carvalho et al. (2000) e é indicado para amostradores com recipientes não rígidos (tipo amostrador de saca), mas também pode ser usado para outros amostradores com recipiente rígido (Figura 27).

Difere do método do USGS somente pelo fato de não considerar o limite máximo de compressão.

Nesse método, o tempo mínimo é estimado como:

$$T_{min} = \frac{2Pef}{K V_{med}} \quad (31)$$

Em que K é um coeficiente com valor K = 0,20 para o bico 1/8" e K = 0,40 para os bicos 3/16" e 1/4". O tempo máximo é estimado como:

$$T = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel} \quad (32)$$

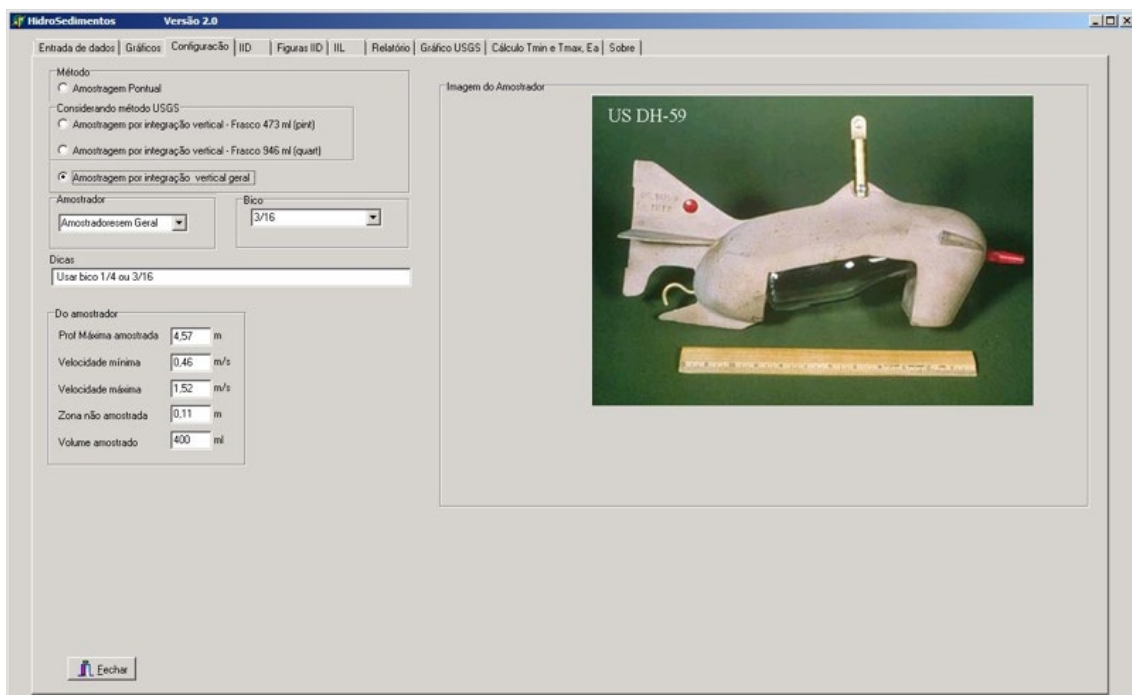


Figura 27. Determinação dos tempos de amostragem pelo método da integração vertical geral.

5.2 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 1/4, 1/2 e 3/4 da seção transversal.
- Três verticais a 1/6, 1/2 e 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).

Os métodos mais recomendados são as amostragens por ILL e IID. Ambos requerem o conhecimento prévio das velocidades e profundidades e no método do IID requer, ainda, a distribuição da vazão ao longo da seção. Esses métodos têm a vantagem de permitir a junção de várias amostras, originando uma única análise no laboratório. O método de uma única vertical é usado somente em pequenos cursos d'água e os métodos dos três pontos podem ser usados em seções nas quais se conhece a distribuição de sedimentos.

5.2.1 Amostragem por Igual Incremento de Largura

Nesse método, a seção transversal é dividida em vários segmentos de igual largura em que 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 28).

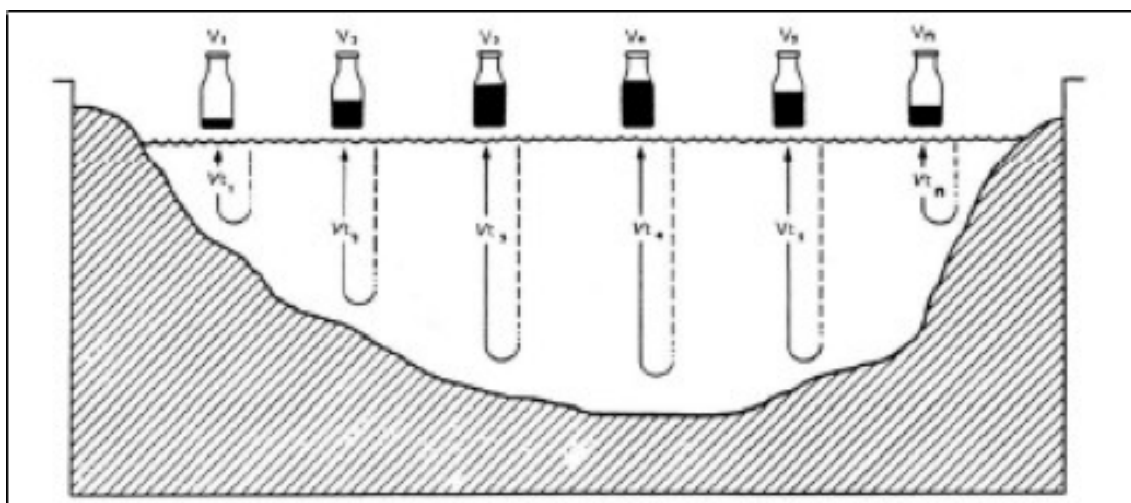


Figura 28. Representação da amostragem por igual incremento de largura.

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 os seguintes passos:

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

$$P_{ef} = P - H_{ap} \quad (33)$$

Em que:

P_{ef} = profundidade efetiva (m)

P = profundidade da vertical (m)

H_{ap} = profundidade não amostrada(m) (Tabela)

Sendo $P_{ef} \leq P_a$

Em que:

P_a = profundidade de amostragem

2) Calcular o índice J dado por: $J = P_{ef} V \quad (34)$

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

No exemplo da Tabela 6 é a vertical 6.

4) Calcular a razão de trânsito máxima: $RT_{max} = K_b V_m = 0,4 \times 0,743 = 0,297 \text{ m/s} \quad (35)$

5) Calcular o tempo mínimo de amostragem para a vertical selecionada: $T_{min} = \frac{2P_{ef}}{RT_{max}} = \frac{2 \times 0,94}{0,297} = 6,3 \text{ s} \quad (36)$

6) Estimar o tempo máximo para enchimento da garrafa como: $T_{max} = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel} = \frac{4 \times 400}{\pi (6,35)^2 \times 0,743} = 17,0$

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

Exemplo: $t = 16 \text{ s}$

8) Nas demais verticais, o tempo de amostragem será proporcional ao tempo obtido com a vertical padrão, podendo ser calculada por:

$$t_i = \frac{P_{ef_i}}{P_{ef_p}} t_p$$

Em que:

t_i = tempo de amostragem da vertical i (segundos)

P_{ef_i} = profundidade efetiva da vertical i (m)

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

t_p = tempo de amostragem da vertical padrão (segundos)

Tabela 6. Exemplo de aplicação do método ILL.

Est	Loc	Prof	VMédia	Área	Q	v	Pef	J	Tempo
0	6,3	0	0						
1	8	0,48	0,1403	0,888	0,125	0,070	0,38	0,053	6,5
2	10	0,78	0,2239	1,560	0,349	0,182	0,68	0,152	11,6
3	12	0,82	0,2754	2,050	0,565	0,250	0,72	0,198	12,3
4	15	0,82	0,5706	2,460	1,404	0,423	0,72	0,411	12,3
5	18	0,88	0,7852	2,640	2,073	0,678	0,78	0,612	13,3
6	21	1,04	0,7000	3,120	2,184	0,743	0,94	0,658	16,0
7	24	1,10	0,5615	3,300	1,853	0,631	1,00	0,562	17,0
8	27	0,88	0,5681	2,640	1,500	0,565	0,78	0,443	13,3
9	30	0,76	0,6355	2,280	1,449	0,602	0,66	0,419	11,2
10	33	0,80	0,4919	2,400	1,181	0,564	0,70	0,344	11,9
11	36	0,54	0,5292	1,620	0,857	0,511	0,44	0,233	7,5
12	39	0,30	0,3908	0,900	0,352	0,460	0,20	0,078	3,4
13	42	0,26	0,3509	0,780	0,274	0,371	0,16	0,056	
14	45	0,16	0,4919	0,480	0,236	0,421	0,06	0,030	
15	48	0,16	0,3833	0,480	0,184	0,438	0,06	0,023	
16	51	0,18	0,5570	0,540	0,301	0,470	0,08	0,045	
17	54	0,2	0,7249	0,500	0,362	0,641	0,10	0,072	
18	56	0,14	0,3105	0,210	0,065	0,518	0,04	0,012	
	19	57	0	0,0000	0,000	0,000	0,155	-0,10	0,000

5.2.2 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 (Figura 29).

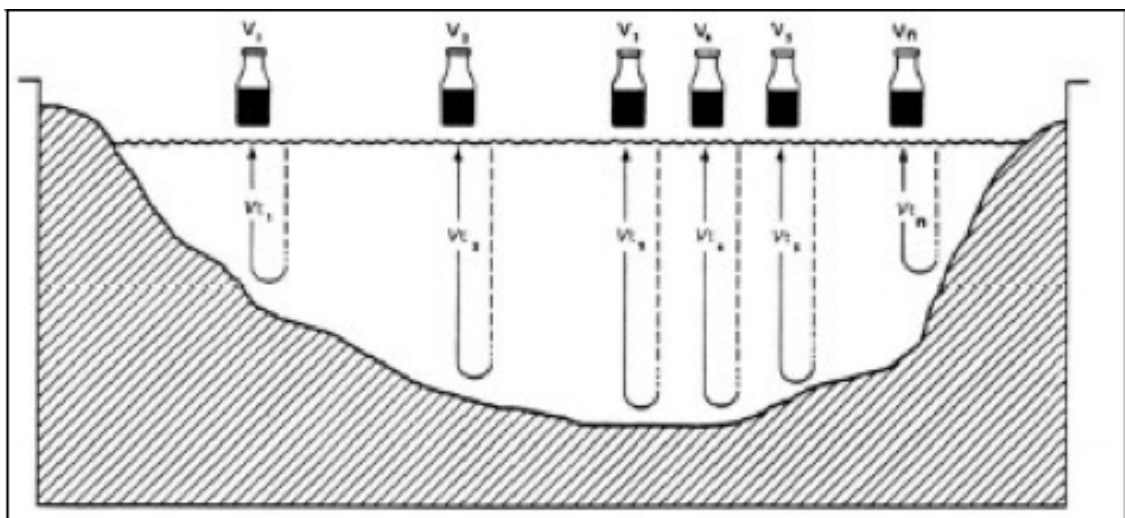


Figura 29. Representação do método do Igual Incremento de Descarga.

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

Recomenda-se que sejam feitas entre 5 e 15 verticais de amostragem, variando 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 sufi-

ciente coletar amostra em cinco verticais, porém, para a determinação da granulometria deve-se aumentar para quinze 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 7).

Tabela 7. Vazão pelo método da Seção Média.

Est	Loc	Prof	VMédia	v	a	q	Q	Q(%)
0	6,3	0	0				0	0,0
1	8	0,48	0,1403	0,070	0,408	0,029	0,029	0,2
2	10	0,78	0,2239	0,182	1,260	0,229	0,258	1,7
3	12	0,82	0,2754	0,250	1,600	0,399	0,658	4,3
4	15	0,82	0,5706	0,423	2,460	1,041	1,698	11,1
5	18	0,88	0,7852	0,678	2,550	1,729	3,427	22,5
6	21	1,04	0,7000	0,743	2,880	2,139	5,565	36,5
7	24	1,10	0,5615	0,631	3,210	2,025	7,590	49,8
8	27	0,88	0,5681	0,565	2,970	1,677	9,268	60,8
9	30	0,76	0,6355	0,602	2,460	1,480	10,748	70,5
10	33	0,80	0,4919	0,564	2,340	1,319	12,067	79,1
11	36	0,54	0,5292	0,511	2,010	1,026	13,093	85,8
12	39	0,30	0,3908	0,460	1,260	0,580	13,673	89,6
13	42	0,26	0,3509	0,371	0,840	0,312	13,984	91,7
14	45	0,16	0,4919	0,421	0,630	0,265	14,250	93,4
15	48	0,16	0,3833	0,438	0,480	0,210	14,460	94,8
16	51	0,18	0,5570	0,470	0,510	0,240	14,700	96,4
17	54	0,2	0,7249	0,641	0,570	0,365	15,065	98,8
18	56	0,14	0,3105	0,518	0,340	0,176	15,241	99,9
19	57	0	0,0000	0,155	0,070	0,011	15,252	100,0

2) Elaborar gráfico (Figura 309) com a profundidade (m), a vazão acumulada (%) e a velocidade (m/s) em função da distância (m).

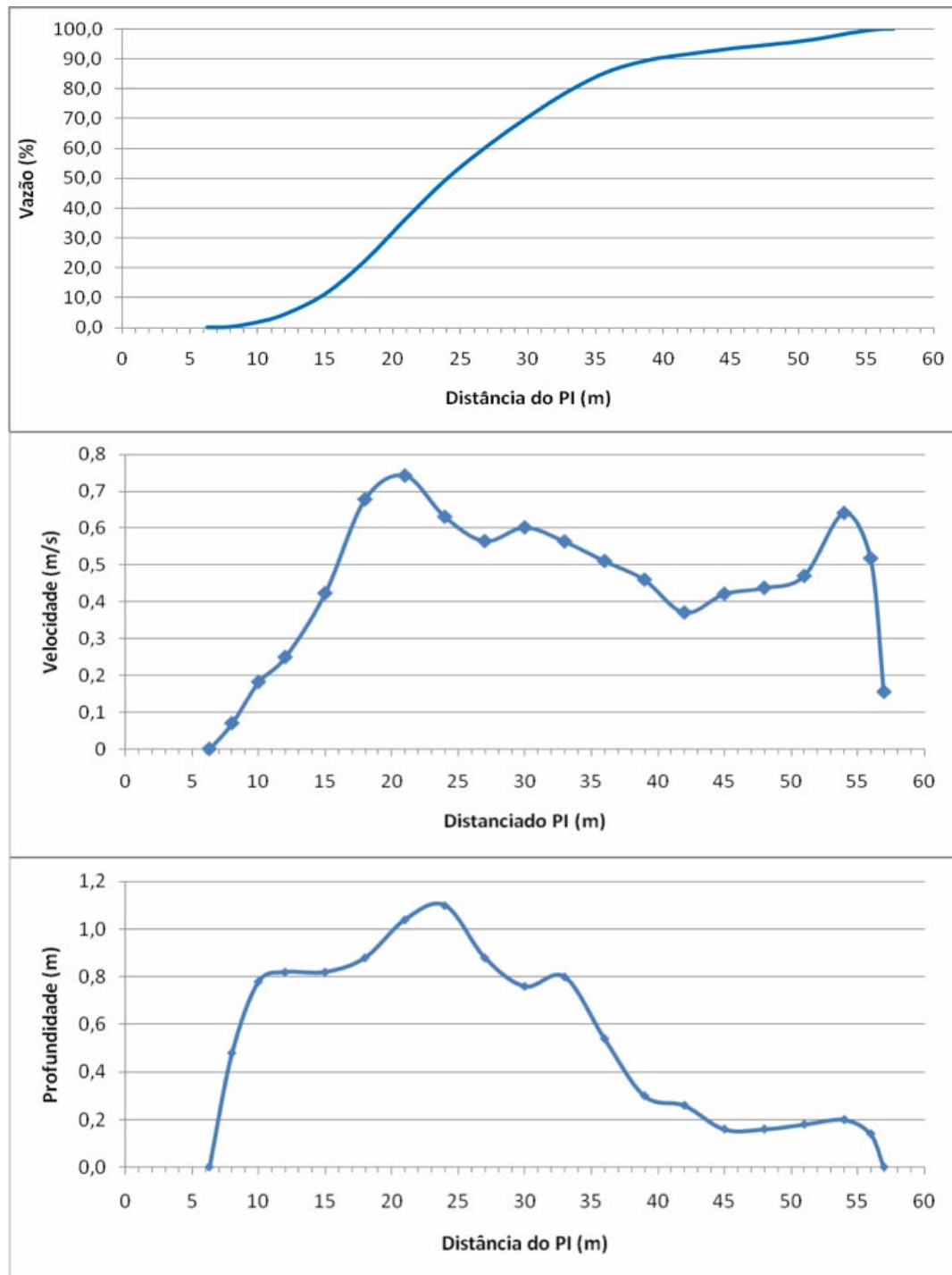


Figura 30. Gráfico Q x L; V x L e P x L para determinação dos pontos de coleta no método IIQ.

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.

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, obtém-se as respectivas distâncias, velocidades e profundidades de amostragem, conforme Tabela 8.

Tabela 8. Exemplo do método IIQ.

Amostra	Q (%)	L	V	P
1	10	14,5	0,39	0,82
2	30	17,3	0,62	0,87
3	50	24,1	0,62	1,05
4	70	31,6	0,58	0,78
5	90	39,5	0,44	0,33

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

No programa HidroSedimentos, foram incluídas as opções para cálculo dos tempos de amostragem pelo método do Igual Incremento de Descarga (IID) e Igual Incremento de Largura (IIL). Com as medições de vazão realizadas com equipamento M9 ou S5, recomenda-se o método IID pelo fato de este obter amostras com maior volume e também pelo fato de poder utilizar uma razão de trânsito diferente em cada amostra. Assim, pequenos erros devido à determinação da velocidade instantânea não interferem no tempo de amostragem, pois pode-se ajustar o tempo de coleta para cada amostra.

5.3 Calibração do amostrador

O amostrador deve ser calibrado no campo periodicamente. Para essa calibração, deve-se ter um molinete, um cronômetro e uma proveta de 1000 ml. O processo de calibração 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 20 cm, deixando um tempo T de 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

$$V = 0,0034 + 0,26257 n$$

$$V = 0,0034 + 0,2657 (2,0833) = 0,5569 \text{ m/s}$$

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

3) Calcular o tempo máximo previsto para o enchimento da recipiente.

Por exemplo, para o bico 3/16, com velocidade de 0,5569 m/s, o tempo máximo para o volume de 400 cm³ é dado por:

$$T_{max} = \frac{4Vol}{\pi D^2 V} = 40,33 \text{ segundo}$$

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 cm³

6) Calcular a velocidade no bico V_n como:

$$V_n = \frac{V}{Ab \cdot T \cdot 100}$$

Em que:

V_n = velocidade no bico (m/s) Ab = área do bico (cm²); e

V = volume coletado (cm³); T = tempo de amostragem (segundos).

A eficiência hidráulica é dada pela expressão:

$$E_a = \frac{V_n}{V}$$

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:

$$V_n = \frac{338}{0,178139 \cdot 35 \cdot 100} = 0,5421 \text{ m/s} \qquad E_a = \frac{0,5421}{0,5569} = 0.973$$

A tela IID (Figura 31) apresenta as rotinas de cálculo dos tempos de amostragem usando o método do Igual Incremento de Descarga (IID). Na entrada dos dados, verificam-se pequenas variações conforme o tipo de dado de entrada. Quando o dado for obtido a partir do M9 ou S5, o HidroSedimentos exibe o quadro Opções para velocidade com as seguintes alternativas:

- **Velocidade medida:**
- **Velocidade média calculada:**

Na opção Velocidade medida, o HidroSedimentos usa a velocidade obtida na vertical e na opção Velocidade média calculada, o programa usará a velocidade média calculada conforme definido na tela Gráficos.

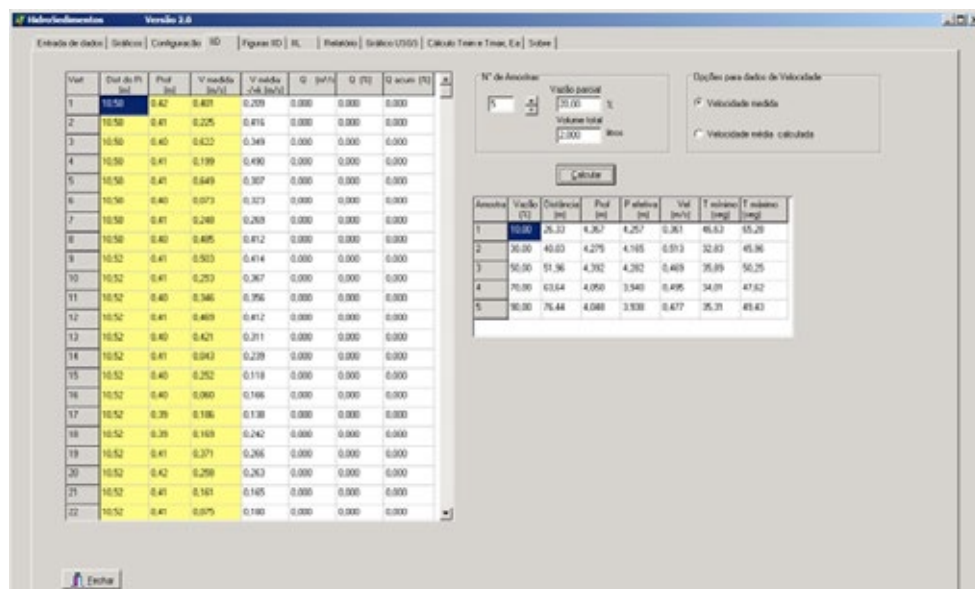


Figura 31. Tela IID para dados do M9 ou S5.

Para as opções de entrada de dados Ler dados do FlowTracker ou Digitar dados, o programa HidroSedimentos não exibe o quadro Opções para velocidade e também mantém a coluna Vmédia -/± (m/s) em branco (Figura 32).

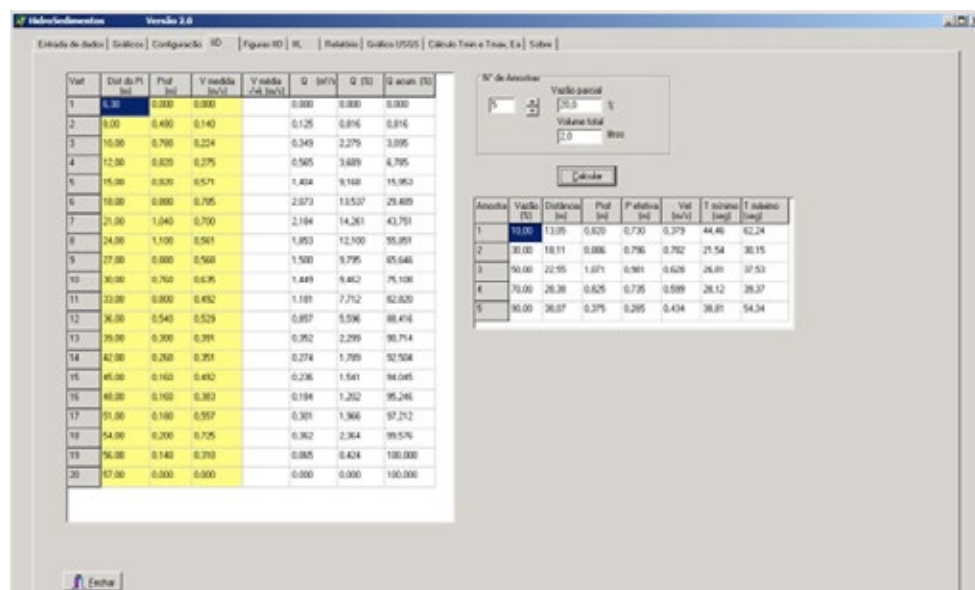
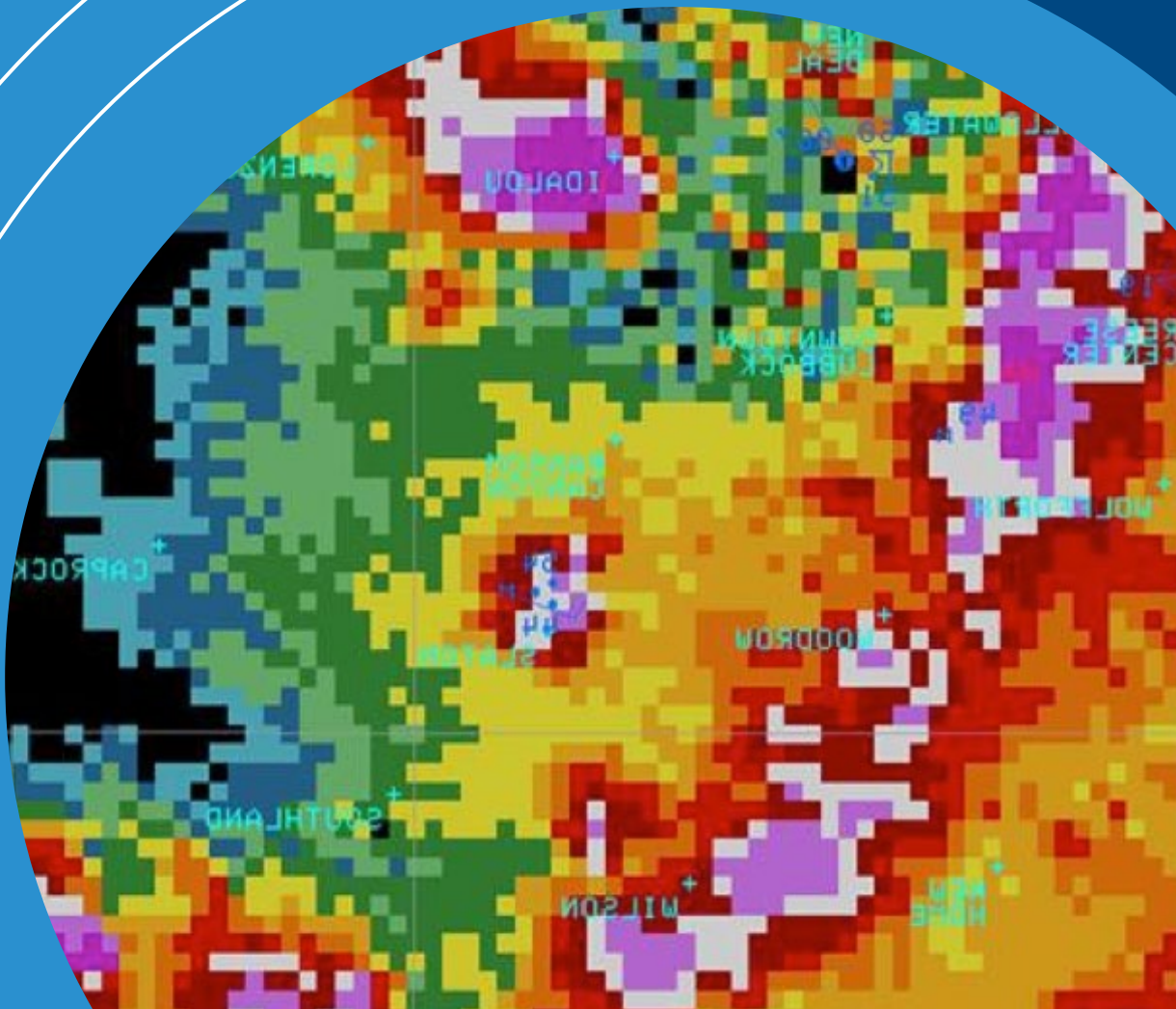


Figura 32. Tela IID para dados do FlowTracker ou digitados.

Na tela IID, o usuário deverá informar quantas amostras deseja coletar (geralmente entre 4 a 10). Ao clicar no botão Calcular, o programa determinará os valores de velocidade, profundidade e vazão interpolando entre os valores das verticais medidas com o equipamento, e definirá os tempos mínimo e máximo de amostragem (Figura 31) de acordo com o método, e conforme o amostrador e o bico selecionado na tela Configuração.

TELA FIGURA IID



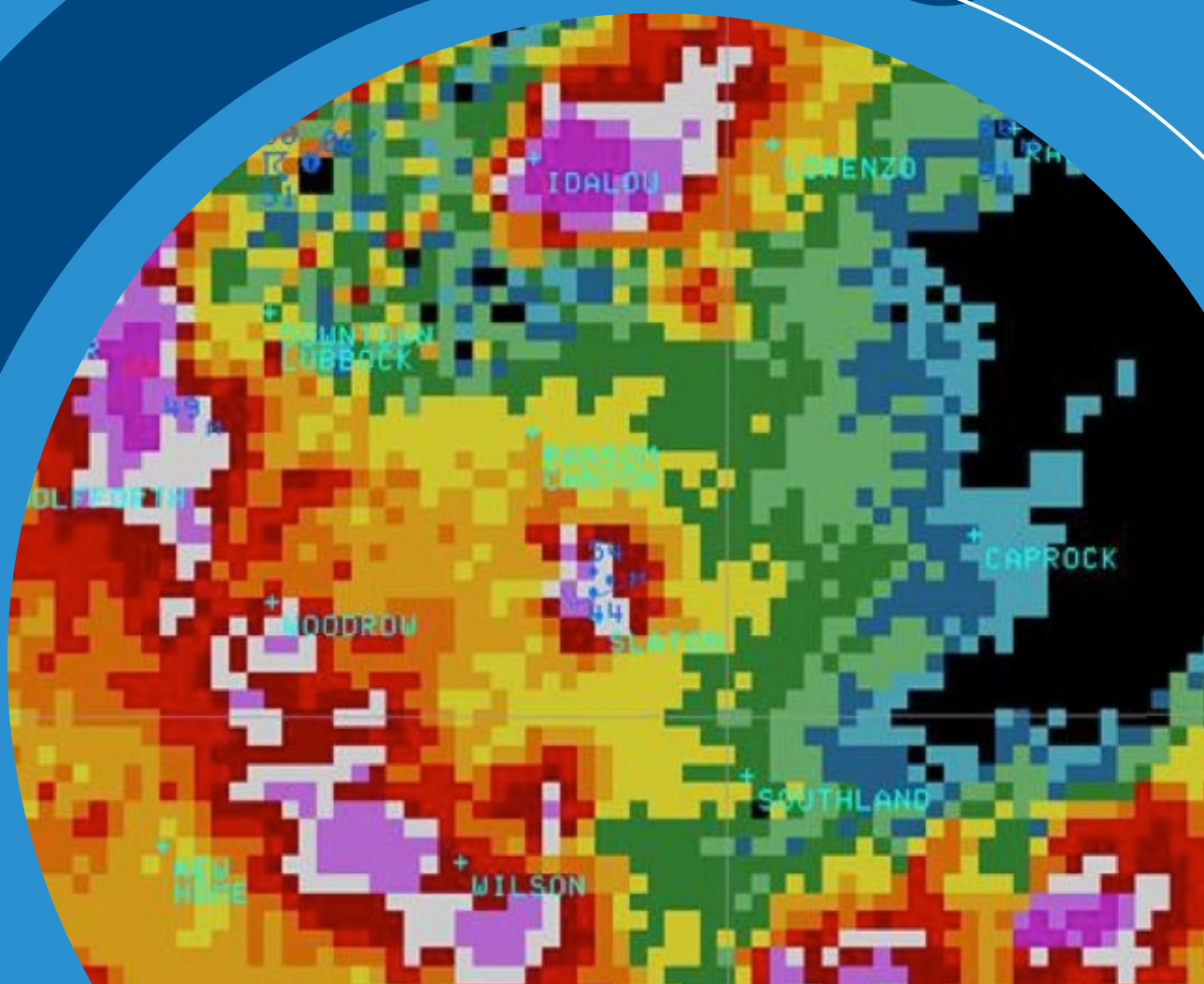
Na tela Figura IID, o programa mostra a distribuição de vazão percentual com os pontos de coleta com as respectivas velocidades e profundidades (Figura 33). Quando o dado é obtido do M9 ou S5, o programa exhibe, também, a velocidade média calculada.



Figura 33. Tela Figura IID do HidroSedimentos.

8

TELA ILL



Na tela IIL (Figura 34), o usuário poderá fazer os cálculos de tempo de amostragem usando a técnica do método do Igual Incremento de Largura (IIL). Esse método é indicado para as situações em que a medição da vazão foi realizada com verticais igualmente espaçadas e, para sua utilização com os equipamentos M9 ou S5, foram feitas algumas adaptações, pois nisso há pequenas variações na entrada de dados.

8.1 Procedimentos para opção Ler dados M9 ou S5

Para a condição de entrada de dados do M9 ou S5, o usuário deverá:

- No quadro Número de verticais informar o número de verticais que pretende coletar amostras de sedimentos em suspensão.
- No quadro Opções para dados de velocidade optar pelo uso da velocidade medida na vertical ou da velocidade média calculada.

- Clicar no botão Selecionar

O Hidromolinetes determinará as verticais igualmente espaçadas com as respectivas profundidades e velocidades. Também definirá o índice 'J' pelo produto da velocidade e profundidade ($J = P_{ef} \times V$), sendo o maior valor de 'J' o valor que define a vertical padrão. Para a vertical padrão, é informado os tempos mínimo e máximo de amostragem. Esses valores são informados no quadro Vertical padrão.

- Com os valores do tempo mínimo e máximo de amostragem da vertical padrão, deve-se coletar a amostra na vertical padrão e anotar o tempo gasto.
- No quadro Demais verticais, é necessário informar o valor do tempo gasto e, clicando em Calcular, o programa calculará os tempos mínimo e máximo das demais verticais como:

$$T_{min} = \frac{P_{ef_i}}{P_{ef_p}} T_p \quad T_{max} = T_{min} 1,10$$

Em que:

T_{min} = tempo mínimo de amostragem na vertical 'i' (segundos); P_{ef_i} = profundidade efetiva da vertical 'i' (m);

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

T_p = tempo gasto na vertical padrão (segundos); e

T_{max} = tempo máximo de amostragem (segundos).

Anotar o tempo gasto em cada valor na última coluna (tempo), para que o programa HidroSedimentos informe esse valor no relatório (ver tela relatórios).

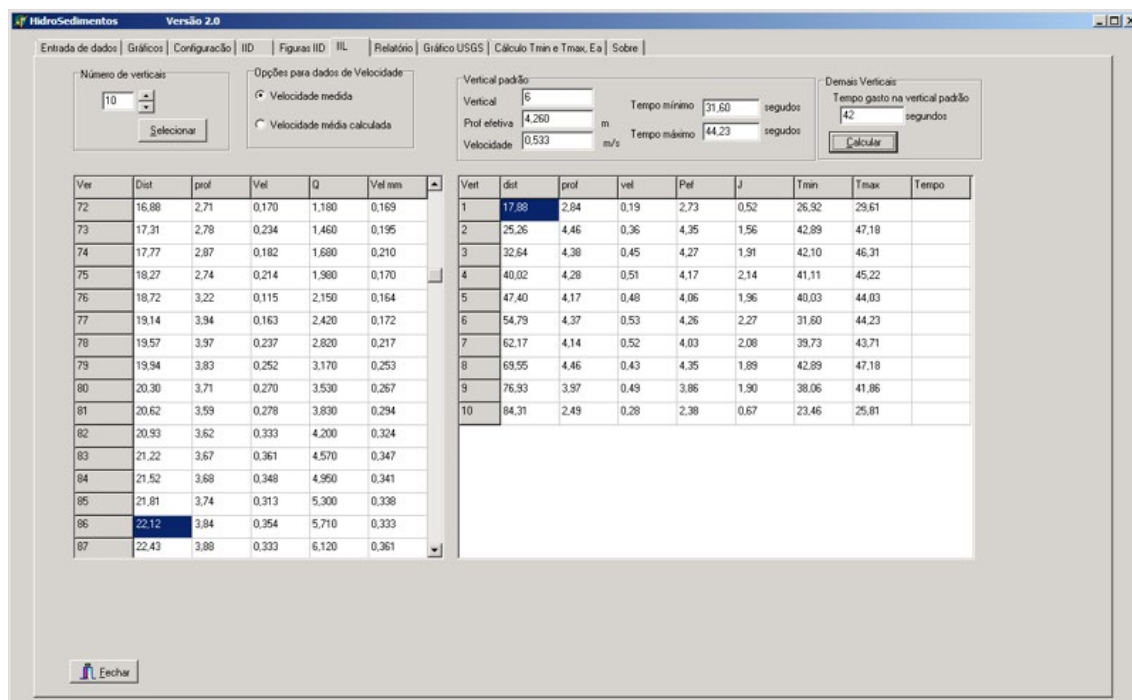


Figura 34. Tela Figura ILL do HidroSedimentos para dados do M9.

8.2 Procedimentos para opção Ler dados FlowTracker ou Digitar dados

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 35). Os procedimentos a serem seguidos pelo usuário são:

- No quadro Opções, 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 na metade do número de verticais usadas para medir a velocidade. Assim, observa-se se a vertical com o maior valor J ocorre em vertical par ou ímpar para selecionar as verticais.

- Clicar no botão Selecionar.

O HidroMolinetes transfere para a planilha à direita os valores de distância, profundidade e velocidade, e calcula a profundidade efetiva e o tempo mínimo e máximo para cada vertical selecionada. Também define o índice 'J' pelo produto da velocidade e profundidade ($J = V \times P_{ef}$), sendo o maior valor de 'J' o valor que define a vertical padrão. Para a vertical padrão é informado os tempos mínimo e máximo de amostragem. Esses valores são informados no quadro Vertical padrão.

- Com o valor do tempo mínimo e máximo de amostragem da vertical padrão, deve-se coletar a amostra na vertical padrão e anotar o tempo gasto.
- No quadro Demais verticais, informar o valor do tempo gasto e, clicando em Calcular, o programa calculará os tempos mínimo e máximo das demais verticais como:

$$T_{min} = \frac{Pef_i}{Pef_p} T_p$$

$$T_{max} = T_{min} 1,10$$

Em que:

Tmin = tempo mínimo de amostragem na vertical 'i' (segundos)
Pefi = profundidade efetiva da vertical 'i' (m)

Pefp = profundidade da vertical padrão (m)

Tp = tempo gasto na vertical padrão (segundos)

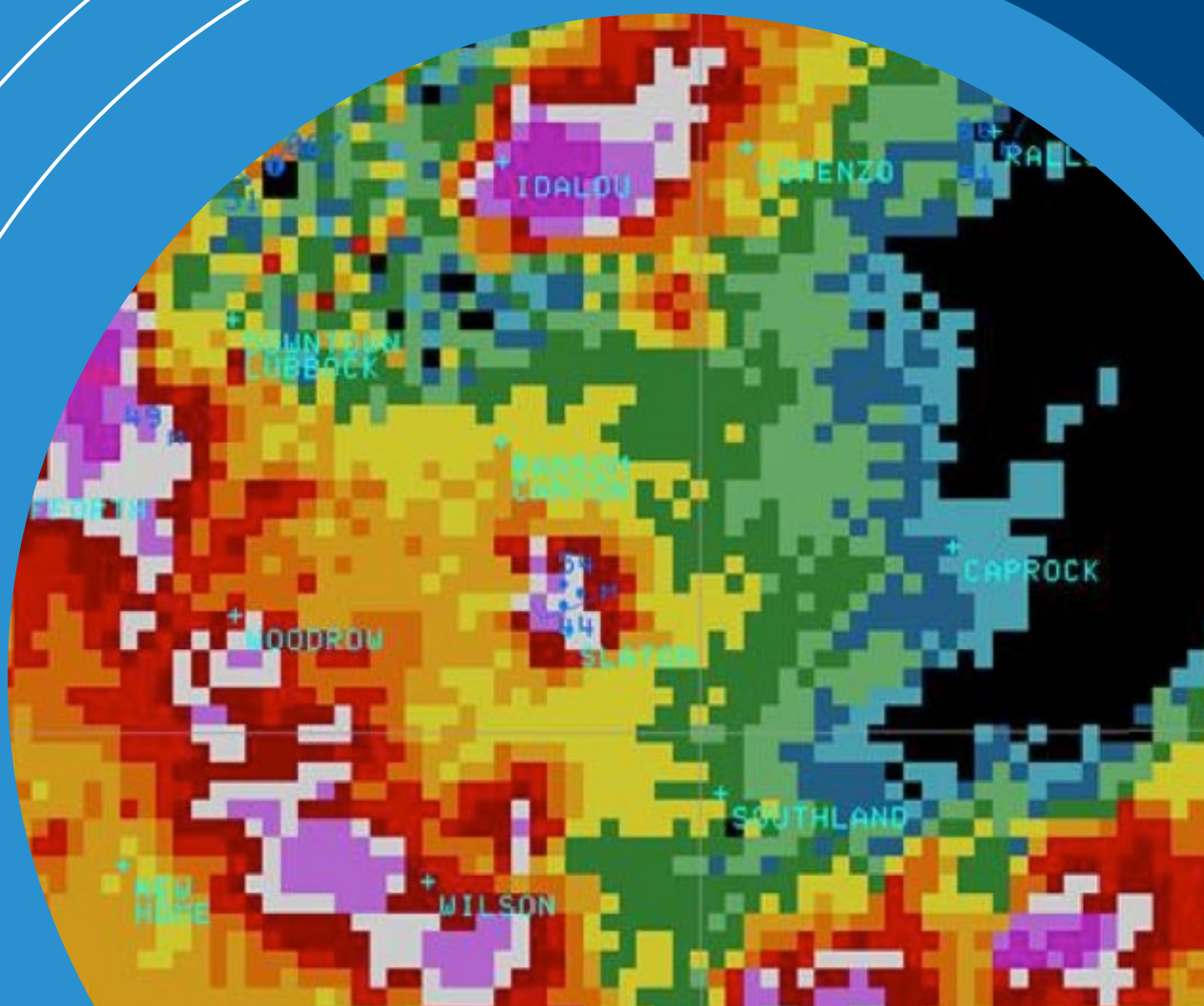
Tmax = tempo máximo de amostragem (segundos)

- Anotar o tempo gasto em cada valor na última coluna (tempo), para que o programa HidroSedimentos informe esse valor no relatório (ver tela relatórios).

Figura 35. Tela Figura IIL do HidroSedimentos para entrada de dados nas opções ler dados do FlowTracker ou Digitar dados M9.

9

Relatórios



Na tela Relatório (Figura 36), o usuário poderá incluir os dados para registrar o relatório. O quadro Dados da estação segue o mesmo modelo do programa Hidromolinetes (Back, 2006), em que o usuário poderá gerar um arquivo texto com os dados da estação. Esse arquivo deve ser nomeado como rios.txt

Os arquivos rios.txt e molinetes.txt são arquivos auxiliares que o programa carrega automaticamente na sua execução. Esses 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:

Pode-se alterar o arquivo rios.txt acrescentado ou eliminado dados que não sejam do interesse do usuário. Porém, deve-se manter a mesma sequência das linhas para todos os dados do arquivo. No quadro Dados da Medição, o usuário deverá informar a data da medição, a hora, o nível da régua no início e final da medição e o nome do hidrometrista. Deverá, ainda, clicar no botão Relatório Método IID ou Relatório Método IIL de acordo com o método adotado. O programa irá abrir um arquivo texto (Figura 37) no Notepad com os dados definidos na tela Configuração e dos tempos de amostragem calculados.

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

Figura 36. Tela Relatórios do HidroSedimentos.

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

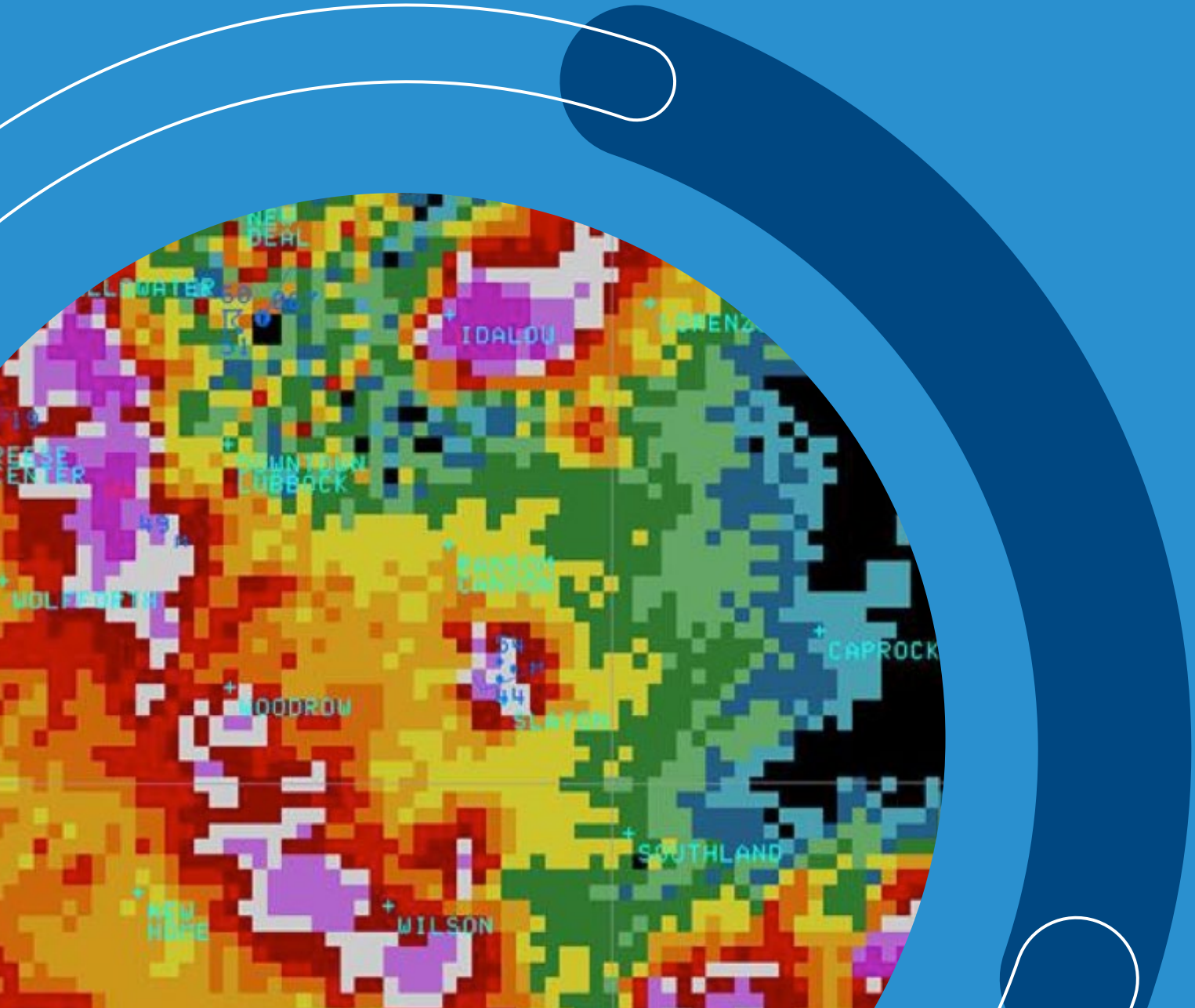
Estação : Caveira Jusante
 Código : 71621500
 Rio : Rio Caveiras
 Bacia : Uruguai
 Data : 26/08/2011
 Hora início : 08:54:09
 Hora Fim : 09:44:09
 Cota início : 242 cm
 Cota Fim : 241 cm
 Amostragem por integração vertical - Amostrador : DH-59
 Bico : 3/16
 Vazão Total : 122,010
 Distancia PI -PF : 97,69
 Largura do rio : 82,69
 Hidrometrista : Fulano de Tal e Sincrano Silva

Dados da amostragem pelo método do Igual Incremento de vazão - IIQ

Amostra	Vazao (m³/s)	Dist (m)	Prof (m)	Pefet (m)	veloc. (m/s)	Tmin (s)	Tmax (s)	T gasto (s)
1	10,00	26,33	4,367	4,257	0,361	46,63	65,28	60
2	30,00	40,03	4,275	4,165	0,513	32,83	45,96	42
3	50,00	51,96	4,392	4,282	0,469	35,89	50,25	48
4	70,00	63,64	4,050	3,940	0,495	34,01	47,62	44
5	90,00	76,44	4,048	3,938	0,477	35,31	49,43	46

Figura 37 - Exemplo de relatório gerado pelo HidroSedimentos.

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 vá com o equipamento ADP/ADCP perfilando a seção até o ponto de coleta, ele poderá usar essas telas no cálculo do tempo mínimo e máximo de amostragem.

Na tela Gráfico USGS (Figura 38), pode-se visualizar os cálculos usados para a definição dos limites da razão de trânsito de acordo com Edwards e Glysson (1970). O usuário deverá definir na tela Configuração o volume do recipiente (1 pint ou 1 quart) com o diâmetro do bico.

Na tela Gráfico USGS, deve-se informar no quadro Dados da Vertical o valor da profundidade e a velocidade da vertical. Ao clicar em Calcular, o programa refaz os cálculos e informa o tempo mínimo e máximo de amostragem. No quadro resultados são exibidos os valores dos resultados dos cálculos descritos no item 5.1.2.1 (páginas 25 a 32).

No quadro Opções do gráfico, 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.

Intervalo escala Y: informe o valor do intervalo de escala para o eixo vertical.

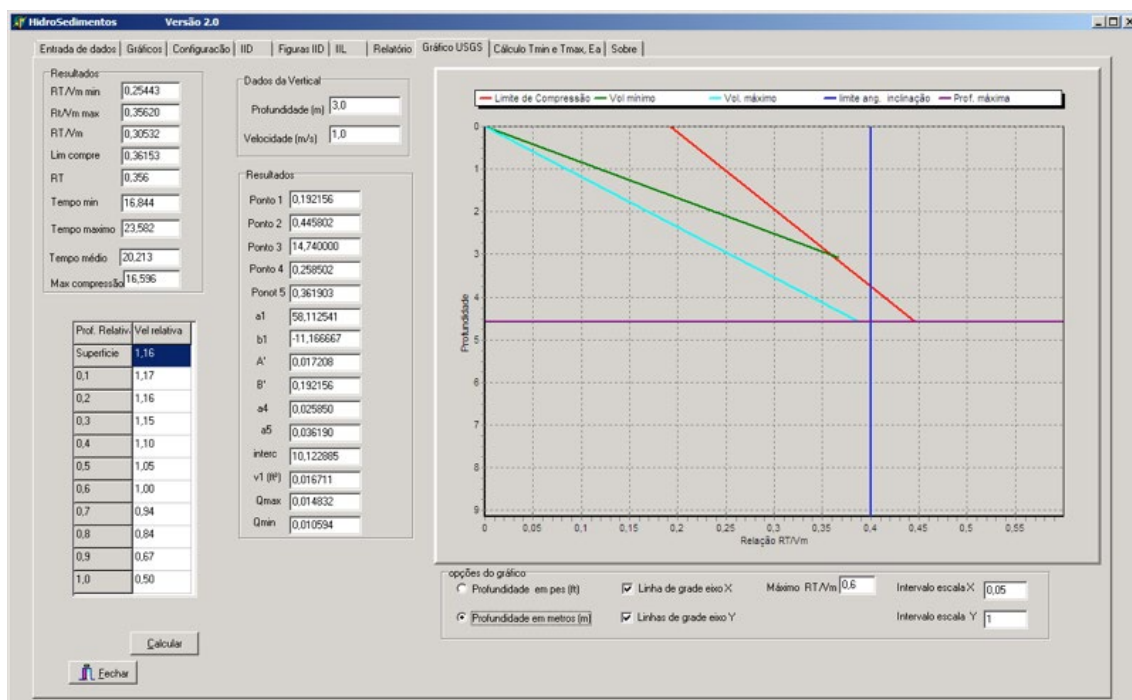
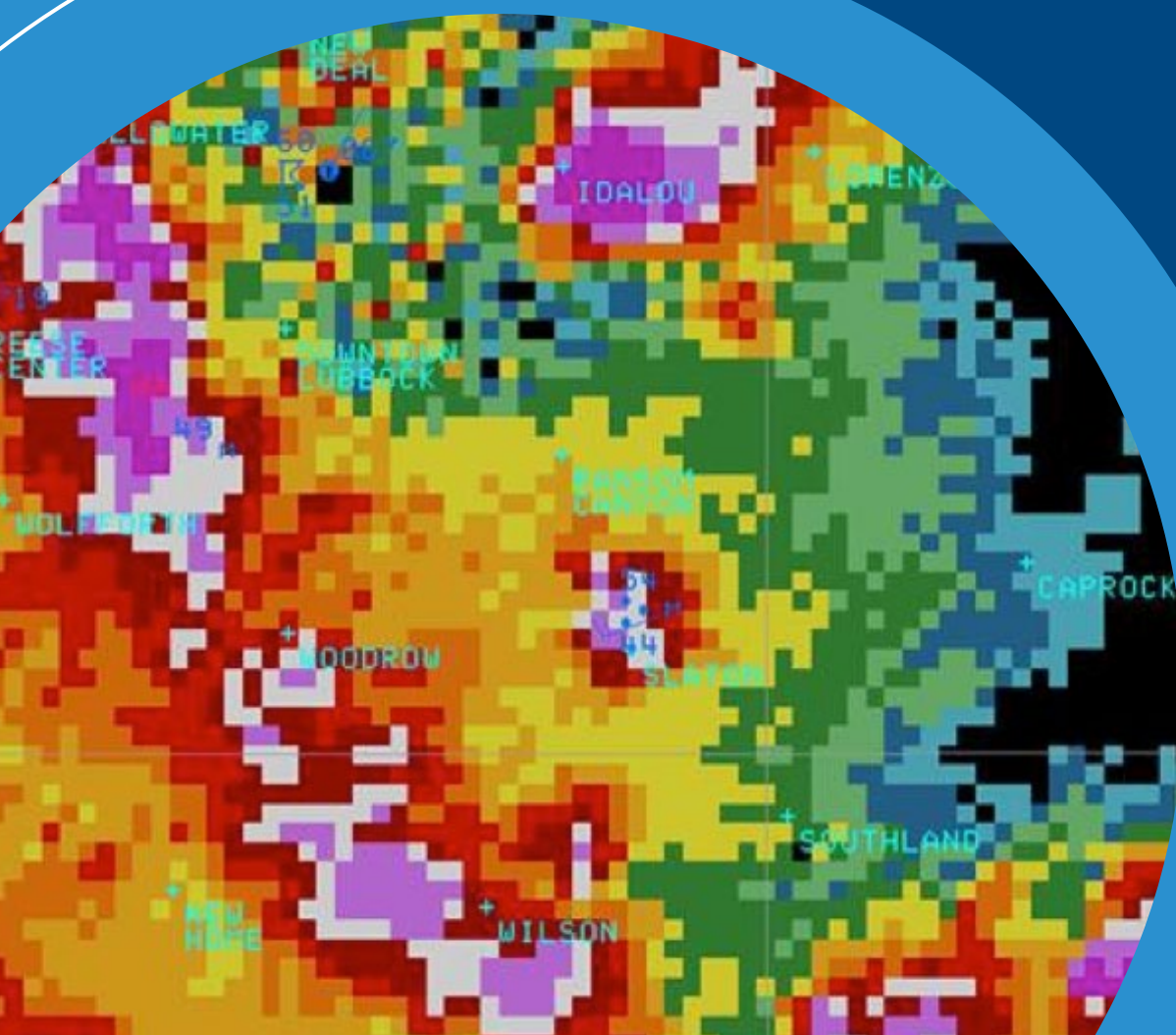


Figura 38. Tela Gráfico USGS do HidroSedimentos.

11

TELA GRÁFICO USGS



Nesta tela (Figura 39), o usuário poderá calcular os tempos mínimos e máximos de amostragem e a eficiência de amostragem, conforme descrito no item 5.1.2.2 (páginas 34 e 35) e item 5.3 (páginas 41 e 42).

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/s).
- Selecionar o bico ou informar o valor de Kb.
- Ao 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 (cm³).
- Informar a velocidade média da vertical (m/s).

- Selecionar o bico ou informar o valor do diâmetro do bico (mm).
- Ao clicar no botão Calcular, o programa calcula o tempo mínimo 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).
- Informar o tempo de coleta (s).
- Selecionar o bico ou informar o diâmetro do bico (mm).
- Ao clicar no botão Calcular, o programa exibe no quadro resultados os valores da área do bico, a velocidade no bico e a eficiência de amostragem de acordo com as fórmulas indicadas.

The screenshot shows the 'HidroSedimentos' software interface, version 2.0. The main window contains three distinct calculation panels, each with input fields, a formula, and a 'Calcular' button.

Tempo Mínimo Panel:

- Inputs: Profundidade efetiva (m), Velocidade média (m/s), and a dropdown for 'Bico' (currently set to '3/16').
- Formula: $T_{\min} = \frac{2 P_{ef}}{K V}$
- Result: 'Tempo mínimo' in seconds.

Tempo Máximo Panel:

- Inputs: Volume da Amostra (ml), Velocidade média (m/s), and a dropdown for 'Diâmetro do bico' (currently set to '3/16').
- Formula: $T = \frac{4 Vol}{\pi D^3 Vel}$
- Result: 'Tempo máximo' in seconds.

Eficiência do Amostrador Panel:

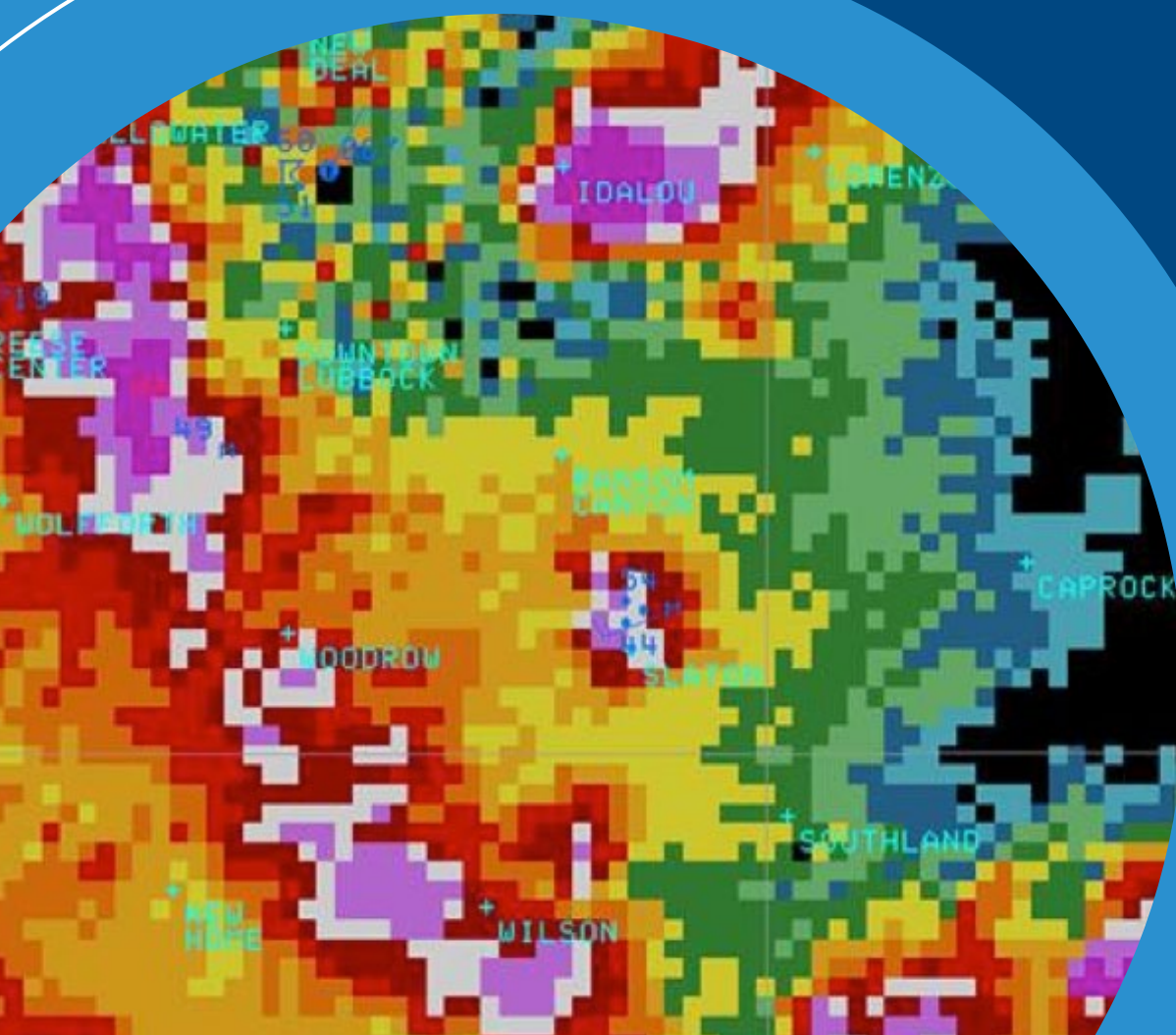
- Inputs: Vc (Volume coletado in cm³), V (Velocidade de escoamento in m/s), t (tempo de coleta in s), and a dropdown for 'Db' (Diâmetro do bico, currently set to '4.762').
- Formulas: $V_s = \frac{V}{Ab t \cdot 100}$ and $E_s = \frac{V_s}{V}$
- Results: Ab (Área do bico in cm²), Vn (Velocidade no bico in m/s), and Ea (Eficiência de amostragem).

The interface also includes a menu bar at the top with options like 'Entrada de dados', 'Gráficos', 'Configuração', 'IID', 'Figuras IID', 'IIL', 'Relatório', 'Gráfico USGS', 'Cálculo Tmin e Tmax', 'Ea', and 'Sobre'. At the bottom left, there is an 'Ejchar' button.

Figura 39. Tela Cálculo Tmin, Tmax, Ea do HidroSedimentos.

12

TELA SOBRE



A tela Sobre (Figura 40) contém os dados da versão do programa com as modificações realizadas e informações para contato.

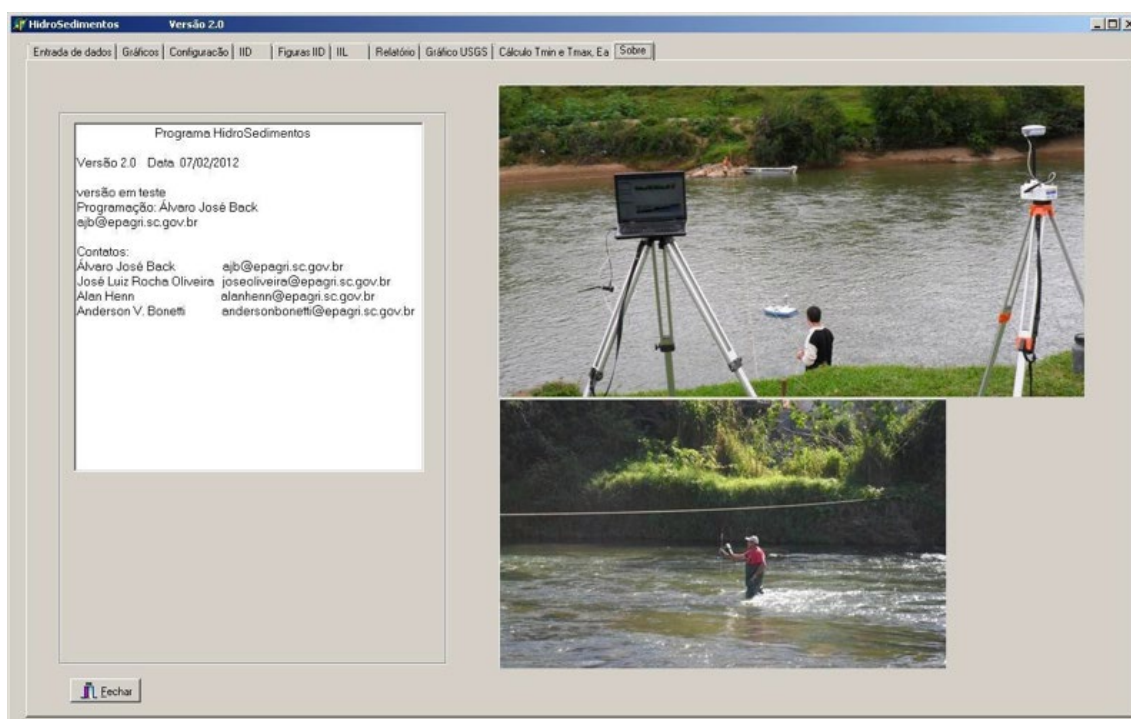


Figura 40. Tela Sobre do HidroSedimentos.

Referências Bibliográficas

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

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática.** 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

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

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

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





Ministério do
Meio Ambiente



ISBN: 978-85-8210-013-4

