

IX-027 - SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS DE AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO.**Álvaro José Back⁽¹⁾**

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) na Estação Experimental de Urussanga (EEUR). Professor da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA).

José Luiz Rocha Oliveira

Engenheiro Sanitarista e Ambiental e mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) na Estação Experimental de Urussanga (EEUR). Professor do Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE).

Alan Henn

Engenheiro Sanitarista e Ambiental e mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) na Estação Experimental de Urussanga (EEUR).

Anderson Vendelino Bonetti

Técnico Agrícola pela Escola Agrotécnica Federal de Sombrio (EAFS). Graduando em Engenharia de Agrimensura pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Assistente de pesquisa da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) na Estação Experimental de Urussanga (EEUR).

Endereço⁽¹⁾: Rod. SC- 446, Km 16 - Bairro Estação - Urussanga - SC - CEP: 88840-000 - Brasil - Tel/Fax: (48) 3465-1209 - e-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

RESUMO

A medição de descargas líquidas e sólidas é uma atividade importante para o monitoramento, planejamento e gestão de recursos hídricos. Estes dados são fundamentais no estudo da qualidade dos recursos hídricos e na determinação da descarga de sólidos e de outros poluentes, bem com na previsão de assoreamento de reservatórios. Para a coleta de amostras de sedimentos em suspensão existem diferentes técnicas de amostragem que podem ser empregadas, dependendo do tipo de equipamento disponível. Com o avanço da informática e difusão dos computadores, o uso de softwares permite obter de forma rápida e precisa os dados necessários para a coleta de sedimentos em suspensão. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um software livre para processar os cálculos dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão de acordo com as metodologias consagradas na literatura e incluindo opções para as diferentes técnicas e equipamentos de amostragem. O programa foi desenvolvido em linguagem Delphi e na versão 2.0 aqui apresentada foram incluídas novas rotinas de cálculos de tempos de amostragem de sedimentos em suspensão baseadas em metodologias consagradas. Também foram incluídas opções para amostragem pontual, amostragem por integração vertical e os diferentes equipamentos amostradores usados no Brasil e nos Estados Unidos. A partir do desenvolvimento e utilização do Hidromolinetes 2.0 pode-se concluir que: o programa preenche uma lacuna existente na área de sedimentometria; facilita os trabalhos de campo, permitindo a utilização no campo de técnicas que exigem cálculos mais sofisticados e que normalmente eram simplificados ou substituídos por métodos mais simples; otimiza os cálculos referentes a amostragem de sedimentos, reduzindo o tempo total da medição.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentometria, Programa de Computador, Descarga Sólida, Hidrometria.

INTRODUÇÃO

A medição de descargas líquidas e sólidas é uma atividade importante para o monitoramento, planejamento e gestão de recursos hídricos. Estes dados são fundamentais no estudo da qualidade dos recursos hídricos e na determinação da descarga de sólidos e de outros poluentes, bem com na previsão de assoreamento de reservatórios.

Existem diversos métodos que podem ser empregados na medida de vazões, cada um com indicações e limitações conforme as condições de local, da estrutura, da precisão desejada e das vazões a serem 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.

Para a coleta de amostras de sedimentos em suspensão existem diferentes técnicas da amostragem que podem ser empregadas, dependendo do tipo de equipamento disponível. Edwards & Glysson (1970) e Carvalho et al. (2000) descrevem a metodologia para a coleta de sedimentos em suspensão. Essas técnicas empregadas a campo exigem a execução de exaustivos cálculos, que além de consumir tempo, estão sujeitos a erros, principalmente se considerar as condições do trabalho a campo. Com o avanço da informática e difusão dos computadores, o uso softwares permite obter de forma rápida e precisa os dados necessários para a coleta de sedimentos em suspensão. Nesse sentido, desenvolveu-se um programa de computador para facilitar e racionalizar os serviços de hidrometria.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um software livre para processar os cálculos dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão de acordo com as metodologias consagradas na literatura e incluindo opções para as diferentes técnicas e equipamentos de amostragem.

METODOLIGIA

O programa foi desenvolvido em linguagem Delphi, e a versão 1.0 do programa Hidromolinetes® foi baseado nas técnicas de medição de vazão com molinetes hidrométricos, permitindo opções de usar o método detalhado ou simplificado para a determinação das velocidades médias, e opções de cálculo de vazão pelo o método da seção média ou meia seção. Com relação aos cálculos dos tempos de amostragem a primeira versão foi baseada na metodologia descrita por Carvalho et al. 2000. Na versão 2.0 aqui apresentada foram incluídas as rotinas descritas por Edwards & Glysson (1970) e recomendada pelo USGS. Também foram incluídas opções para amostragem pontual, amostragem por integração vertical e os diferentes equipamentos amostradores usados no Brasil e nos Estados Unidos.

RESULTADOS

O programa Hidromolinetes foi elaborado para executar os cálculos de vazão baseados nas medidas de velocidade com molinetes e realizar os cálculos para coletar as amostras para determinação dos sedimentos em suspensão. O programa é constituído de três arquivos:

- Hidromolinetes.exe - Programa executável
- rios.txt – arquivo texto com dados dos rios.
- molinetes.txt – arquivo com dados dos molinetes.

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 seqüência, por linha do arquivo:

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

Pode-se alterar o arquivo rios.txt acrescentado ou eliminado 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 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

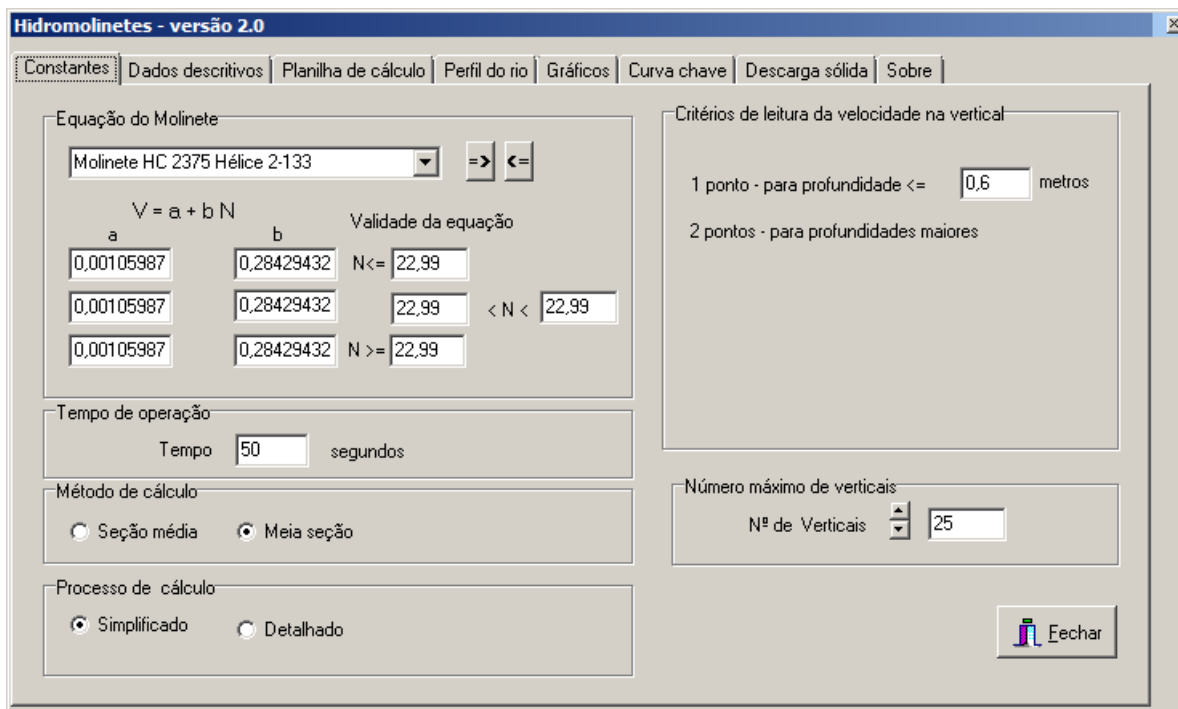
Observe que o molinete SEBA com hélice 250.1074 apresenta três equações:

$V = 0,0123 + 0,2743N$ para $N \leq 1,74$
 $V = -0,0042 + 0,2568N$ para $1,74 < N \leq 1,74$
 $V = -0,0042 + 0,2568N$ para $N > 2,0$

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

O usuário poderá cadastrar novos molinetes incluindo os dados no arquivo molinetes.txt, obedecendo à formatação do arquivo.

O Hidromolinetes tem oito telas, denominadas: **Constantes, Dados Descritivos, Planilha de Cálculo, Perfil do Rio, Gráficos, Curva-Chave, Descarga Sólida, Sobre**. Na tela **Constantes** o usuário deve escolher o molinete. O valor que aparece ao executar o programa é do primeiro molinete colocado no arquivo molinetes.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**. Também deve-se informar o tempo de medição da rotação sendo padrão do programa o valor de 50 segundos. O usuários poderá escolher entre o método de cálculo da seção média ou meia seção e entre os processo simplificado ou o detalhado (Figura 1).



Hidromolinetes - versão 2.0

Constantes | Dados descritivos | Planilha de cálculo | Perfil do rio | Gráficos | Curva chave | Descarga sólida | Sobre

Equação do Molinete

Molinete HC 2375 Hélice 2-133 => <=

$V = a + b N$

a: 0,00105987 b: 0,28429432 Validade da equação

N <= 22,99

0,00105987 0,28429432 22,99 < N < 22,99

0,00105987 0,28429432 N >= 22,99

Tempo de operação

Tempo: 50 segundos

Método de cálculo

☐ Seção média ☒ Meia seção

Processo de cálculo

☒ Simplificado ☐ Detalhado

Crítérios de leitura da velocidade na vertical

1 ponto - para profundidade <= 0,6 metros

2 pontos - para profundidades maiores

Número máximo de verticais

Nº de Verticais: 25


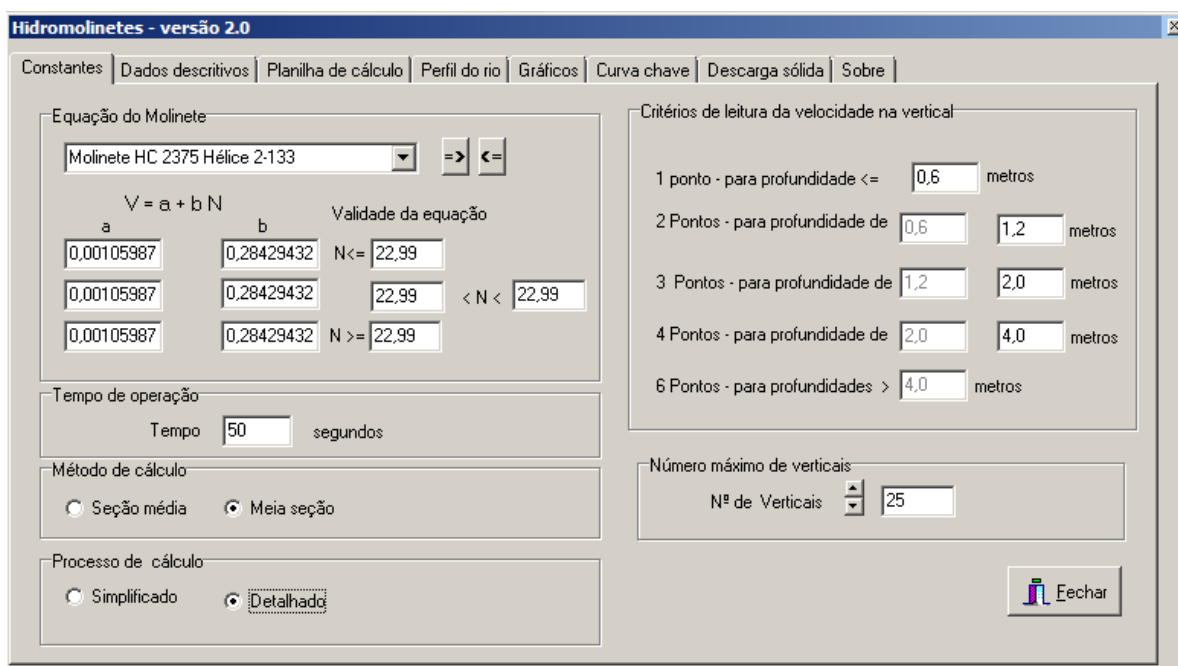


Figura 1: Tela Constantes do Hidromolinetes para processo simplificado.

Definido o processo de cálculo o programa permite ainda alterar os critérios de profundidade para as medidas de velocidade em um ponto ou dois, três, quatro ou seis pontos. Altera-se somente limites superiores e o programa altera automaticamente o limite inferior (Figura 2).



Hidromolinetes - versão 2.0

Constantes | Dados descritivos | Planilha de cálculo | Perfil do rio | Gráficos | Curva chave | Descarga sólida | Sobre

Equação do Molinete

Molinete HC 2375 Hélice 2-133 => <=

$V = a + b N$

a: 0,00105987 b: 0,28429432 Validade da equação

N <= 22,99

0,00105987 0,28429432 22,99 < N < 22,99

0,00105987 0,28429432 N >= 22,99

Tempo de operação

Tempo: 50 segundos

Método de cálculo

☐ Seção média ☒ Meia seção

Processo de cálculo

☐ Simplificado ☒ Detalhado

Crítérios de leitura da velocidade na vertical

1 ponto - para profundidade <= 0,6 metros

2 Pontos - para profundidade de 0,6 1,2 metros

3 Pontos - para profundidade de 1,2 2,0 metros

4 Pontos - para profundidade de 2,0 4,0 metros

6 Pontos - para profundidades > 4,0 metros

Número máximo de verticais

Nº de Verticais: 25

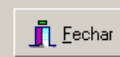
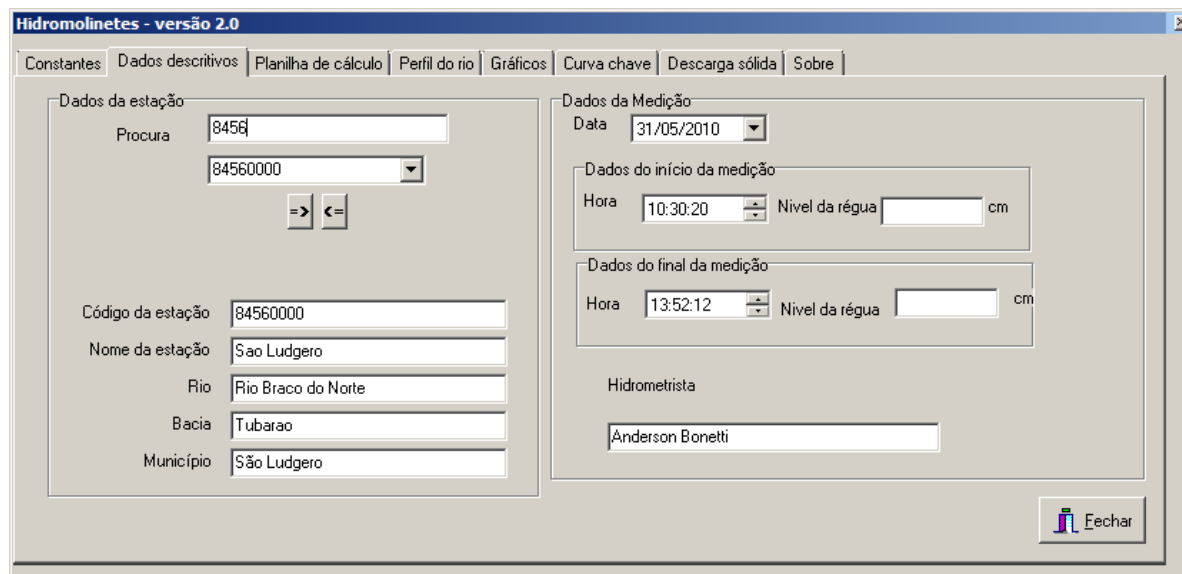


Figura 2: Tela Constantes do Hidromolinetes para processo detalhado.

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



Hidromolinetes - versão 2.0

Constantes | Dados descritivos | Planilha de cálculo | Perfil do rio | Gráficos | Curva chave | Descarga sólida | Sobre

Dados da estação

Procura: 8456
84560000

Código da estação: 84560000

Nome da estação: São Ludgero

Rio: Rio Braco do Norte

Bacia: Tubarao

Município: São Ludgero

Dados da Medição

Data: 31/05/2010

Dados do início da medição

Hora: 10:30:20 | Nivel da régua: cm

Dados do final da medição

Hora: 13:52:12 | Nivel da régua: cm

Hidrometrista: Anderson Bonetti

Fechar

Figura 3: Tela Dados Descritivos do Hidromolinetes.

Na tela **Planilha de cálculo** deverão ser digitados os dados levantados a campo. Preferencialmente os dados devem ser digitados todos no campo identificado por **Entrada de dados**, 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, em metros, a profundidade da vertical (em centímetros) e o número de rotações na profundidade de 60 cm, se a profundidade for menor que o valor estabelecido no 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.

O programa irá solicitar novos valores acrescentado linhas na planilha até que seja informada a profundidade 0 (zero) correspondendo a distância da margem oposta. Neste ponto o programa solicita a distância até o PF e ao ser acionada a tecla **Enter** o programa realiza os cálculos e exibe os valores de número de verticais, largura do rio, profundidade média, velocidade média, perímetro molhado, área total, vazão total e raio hidráulico (Figura 4).

Hidromolinetes - versão 2.0

Constantes | Dados descritivos | Planilha de cálculo | Perfil do rio | Gráficos | Curva chave | Descarga sólida | Sobre

Entrada de dados
 Dados da vertical 1
 Distância acumulada do PI (m)

Vertical	Dist(m)	Prof (cm)	R Fundo	V (m/s)	R 80%	V (m/s)	R 60%	V (m/s)	R 40%	V (m/s)	R 20%	V (m/s)
1	3	0										
2	5	184			31	0,177	40	0,228			49	0,280
3	7	223			33	0,189	49	0,280	47	0,268	56	0,319
4	9	251			49	0,280	71	0,405	76	0,433	70	0,399
5	11	245			59	0,337	62	0,354	78	0,445	74	0,422
6	13	262			69	0,393	69	0,393	77	0,439	84	0,479
7	15	257			65	0,371	76	0,433	82	0,467	72	0,410
8	17	256			71	0,405	77	0,439	77	0,439	90	0,513
9	19	245			69	0,393	81	0,462	83	0,473	87	0,496
10	21	240			63	0,359	71	0,405	80	0,456	82	0,467
11	23	237			56	0,319	68	0,388	74	0,422	82	0,467
12	25	220			55	0,314	66	0,376	73	0,416	75	0,428
13	27	210			51	0,291	58	0,331	65	0,371	69	0,393
14	29	196			48	0,274	57	0,325			65	0,371
15	31	187			44	0,251	58	0,331			65	0,371
16	33	180			39	0,223	52	0,297			63	0,359
17	35	165			38	0,217	49	0,280			59	0,337
18	37	150			30	0,177	40	0,228			50	0,319

Resumo

Número de verticais Profundidade média m Área total m²

Largura do rio m Velocidade média m/s Vazão total m³/s

Perímetro molhado m Raio hidráulico m

Figura 4: Tela Planilha de cálculo do Hidromolinetes.

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** 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**. Para salvar os dados deve-se clicar no botão **Relatório** e será exibido um arquivo texto do bloco de notas do Windows® que pode ser editado e salvo no destino desejado (Figura 5). O programa grava um arquivo texto que posteriormente pode ser visualizado no bloco de notas ou 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. No botão **Abrir** (Figuras 4 e 5) é possível abrir o arquivo de uma medição já realizada e salva no formato de relatório. Com essa opção todos os dados selecionados e configurados na medição já realizada são adotados pelo programa, sem a necessidade de digitar novamente, facilitando a edição.

Relatório - Bloco de notas														
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda														
Tempo 50 segundos														
Equação para cálculo da velocidade														
$V = 0,00075 + 0,26616N$ para $N \leq$														
Codigo 4560000														
Nome Sao Ludgero														
Rio Rio Braço do Norte														
Bacia Tubarao														
Município São Ludgero														
Data 28/04/2011														
Hora inicial 14:12 Nível da Régua 113 cm														
Hora Final 13:52 Nível da Régua 113 cm														
Hidrometrista Hidrometrista														
Método de cálculo da Seção Média														
Processo Detalhado														
Ver	Dist (m)	Prof (cm)	fundo R	V(m/s)	80% Prof R	60% Prof R	40% Prof R	20% Prof R	Superfície R	V(m/s)	vmedia (m/s)	vel (m/s)	Area (m²)	Vazão (m³/s)
PI	0													
1	3	0									0,000	0,000	0,000	0,000
2	5	184			31 0,177	40 0,228		49 0,280			0,228	0,114	1,840	0,210
3	7	223			33 0,189	49 0,280	47 0,268	56 0,319			0,267	0,248	4,070	1,009
4	9	251			49 0,280	71 0,405	76 0,433	70 0,399			0,392	0,330	4,740	1,564
5	11	245			59 0,337	62 0,354	78 0,445	74 0,422			0,392	0,392	4,960	1,946
6	13	262			69 0,393	69 0,393	77 0,439	84 0,479			0,423	0,408	5,070	2,067
7	15	257			65 0,371	76 0,433	82 0,467	72 0,410			0,430	0,427	5,190	2,214
8	17	256			71 0,405	77 0,439	77 0,439	90 0,513			0,446	0,438	5,130	2,247
9	19	245			69 0,393	81 0,462	83 0,473	87 0,496			0,460	0,453	5,010	2,268
10	21	240			63 0,359	71 0,405	80 0,456	82 0,467			0,425	0,442	4,850	2,145
11	23	237			56 0,319	68 0,388	74 0,422	82 0,467			0,401	0,413	4,770	1,969
12	25	220			55 0,314	66 0,376	73 0,416	75 0,428			0,388	0,394	4,570	1,802
13	27	210			51 0,291	58 0,331	65 0,371	69 0,393			0,348	0,368	4,300	1,582
14	29	196			48 0,274	57 0,325		65 0,371			0,324	0,336	4,060	1,363
15	31	187			44 0,251	58 0,331		65 0,371			0,321	0,322	3,830	1,234
16	33	180			39 0,223	52 0,297		63 0,359			0,294	0,307	3,670	1,128
17	35	165			38 0,217	49 0,280		59 0,337			0,278	0,286	3,450	0,987
18	37	129			38 0,217	49 0,280		59 0,337			0,278	0,278	2,940	0,818
19	39	145			36 0,206	45 0,257		62 0,354			0,268	0,273	2,740	0,749
20	41	143			31 0,177	48 0,274		56 0,319			0,261	0,265	2,880	0,762
21	43	133			37 0,211	42 0,240		55 0,314			0,251	0,256	2,760	0,707
22	45	126			31 0,177	42 0,240		50 0,285			0,236	0,243	2,590	0,630
23	47	126			27 0,155	38 0,217		44 0,251			0,210	0,223	2,520	0,561
24	49	118			24 0,138	29 0,166		38 0,217			0,172	0,191	2,440	0,466
25	51	111			23 0,132	26 0,149		35 0,200			0,157	0,165	2,290	0,377
26	53	101			13 0,075	20 0,115		29 0,166			0,118	0,138	2,120	0,292
27	55	109			13 0,075	19 0,109		19 0,109			0,101	0,109	2,100	0,229
28	57	107			0 0,001	8 0,047		16 0,092			0,047	0,074	2,160	0,159
29	59	104			12 0,069	1 0,007		8 0,047			0,032	0,039	2,110	0,083
30	61	70			1 0,007	3 0,018		0 0,001			0,011	0,022	1,740	0,038
31	62,2	0									0,000	0,006	0,420	0,002
PF	70										0,000			
Número de verticais 31														
Largura do rio 59,20														
Velocidade média 0,312														
Área molhada 101,320														
Vazão total 31,608														
Profundidade média 1,711														
Perímetro molhado 60,278														
Raio Hidráulico 1,681														

Figura 5: Tela Relatórios do Hidromolinetes.

Na tela **Perfil** do rio é representado o perfil do rio com os dados fornecidos na planilha de cálculo (Figura 6). Esta tela é útil para verificação de possíveis erros de digitação. No quadro formatação do gráfico podem-se alterar alguns padrões do gráfico.

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 7). 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 analisar o comportamento da velocidade e da vazão na seção estudada e definir a vertical padrão a ser usada na coleta de sedimentos em suspensão. Ao acionar o botão Mostrar valor são exibidos os valores de velocidade e da vazão unitária no gráfico. Os valores de Início do eixo X e Fim do eixo X representam o segmento que se deseja representar.

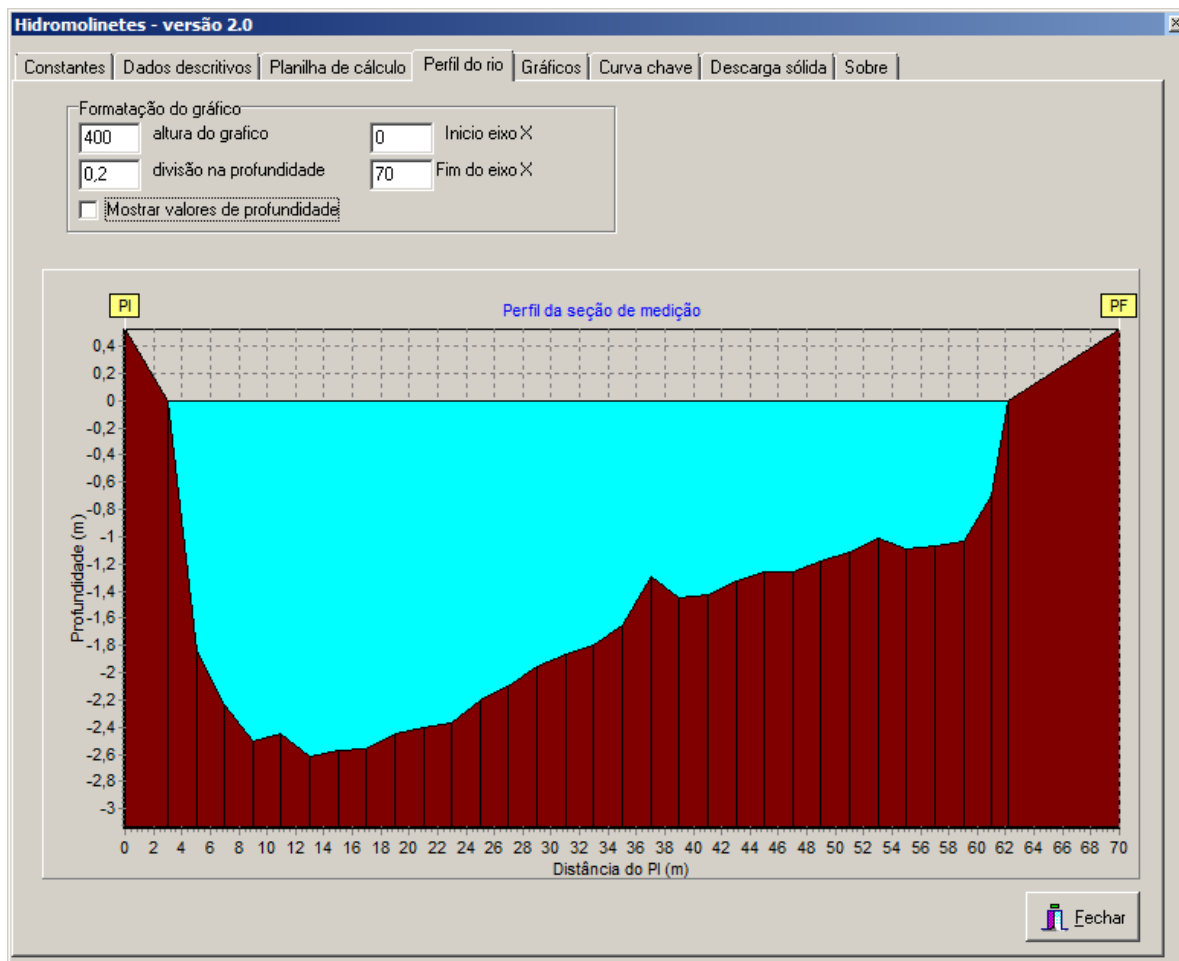


Figura 6. Tela Perfil do rio do Hidromolinetes.

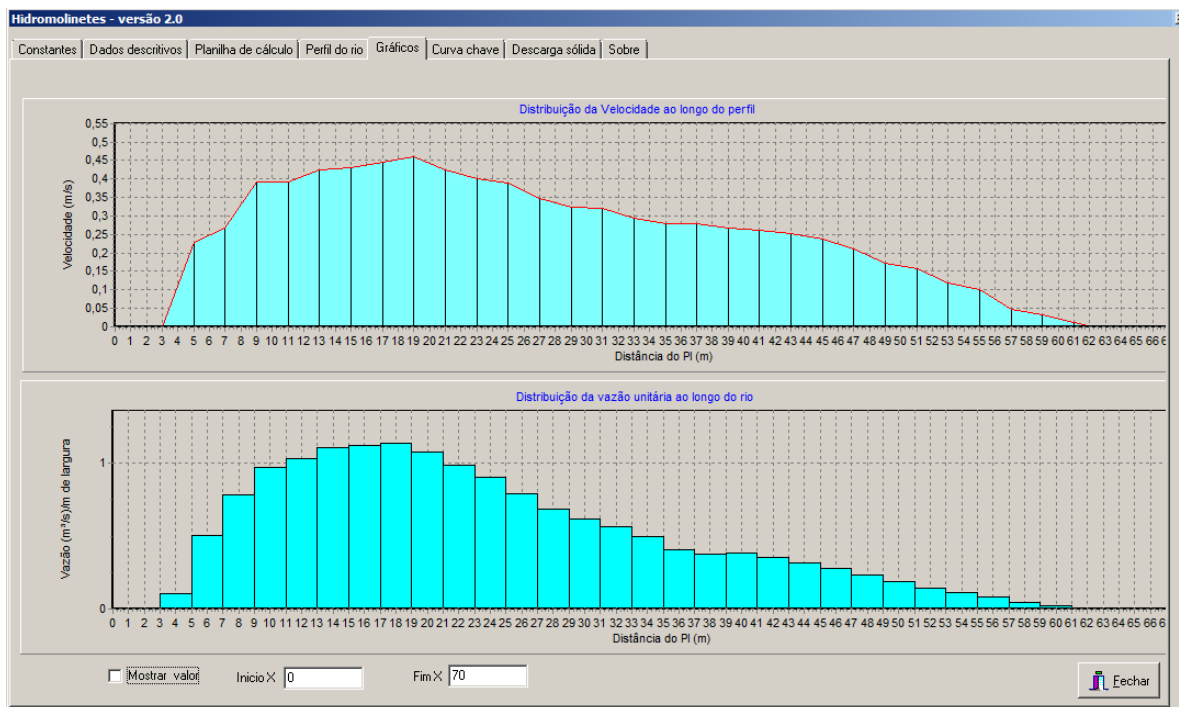


Figura 7: Tela Gráficos do Hidromolinetes.

Na tela **Curva-Chave** o programa permite que, caso seja conhecida a equação da curva chave para a seção em estudo, seja plotada a curva chave e o valor de vazão para a cota do momento da medição (Figura 8). O programa apresenta as opções de modelo de curva chave como **Função Potência** ou **Função Quadrática** e a opções pelos gráficos **Cota x Vazão** ou **Vazão x Cota**. Escolhido o modelo, deve-se fornecer os coeficientes da equação e também os valores de cota mínima e máxima para a elaboração do gráfico. Para visualizar ou atualizar os dados deve-se clicar no botão **Gráfico**.

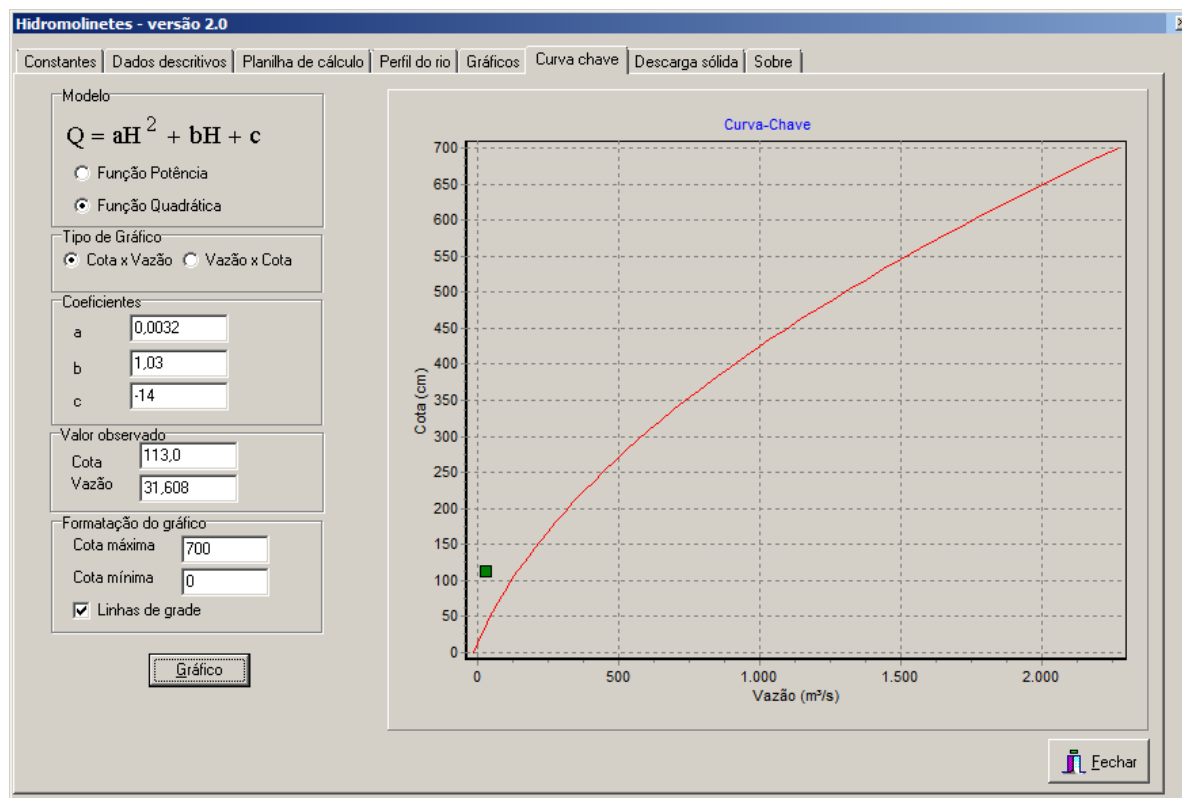


Figura 8: Tela Curva-Chave do Hidromolinetes.

A tela Descarga sólida (Figura 9) apresenta as opções para a coleta de sólidos em suspensão. O quadro **Opções da versão anterior** apresenta a opção de cálculo pelo método do Igual Incremento de Largura (IIL) ou o método da Igual Incremento de Descarga (IID).

Na amostragem por Igual Incremento de Largura (IIL) a seção transversal é dividida em vários segmentos de igual largura, onde serão coletadas sub-amostras. A velocidade de transito deve ser a mesma em cada vertical, e assim as sub-amostras terão volumes diferentes e proporcionais a vazão do segmento (Figura 10).

O método da amostragem por Igual Incremento de Descarga (IID) exige o conhecimento prévio da velocidade e das vazões em cada sub-amostras. Consiste em subdividir a vazão total em partes iguais, de acordo com o número de verticais de onde se pretende retirar as amostras. Cada amostra representa uma parte igual da vazão e o volume amostrado será igual (Figura 10)

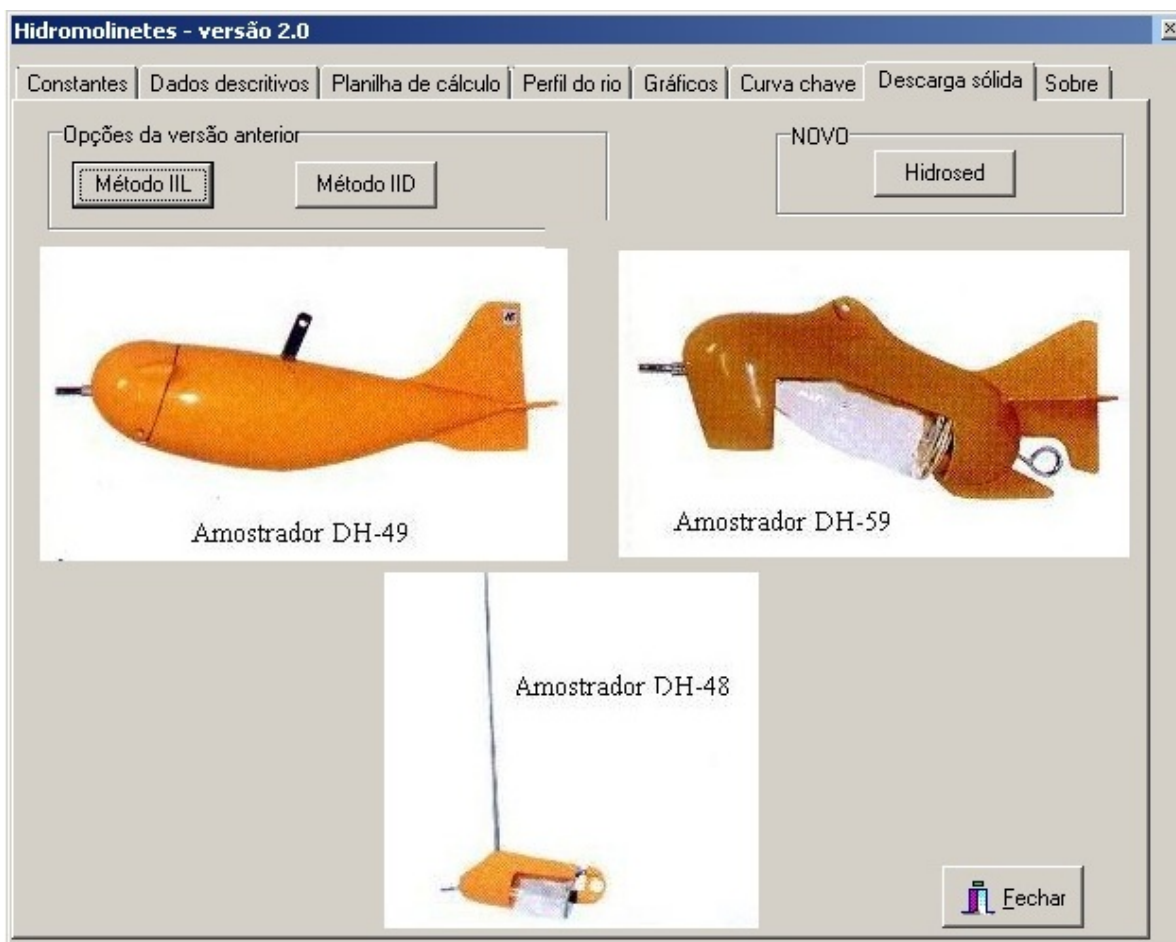


Figura 9: Tela Descarga sólida do Hidromolinetes.

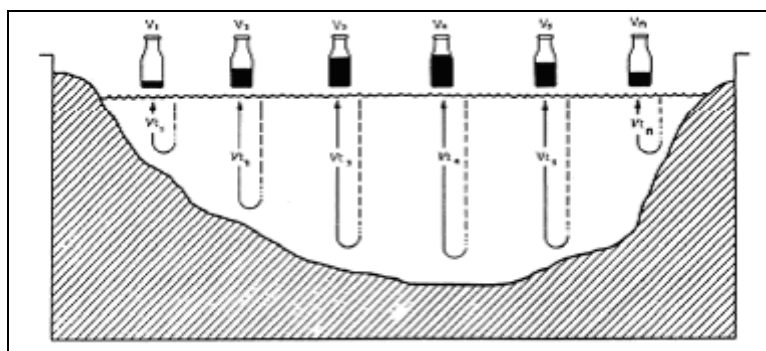


Figura 10: Representação do método do Igual Incremento de Largura

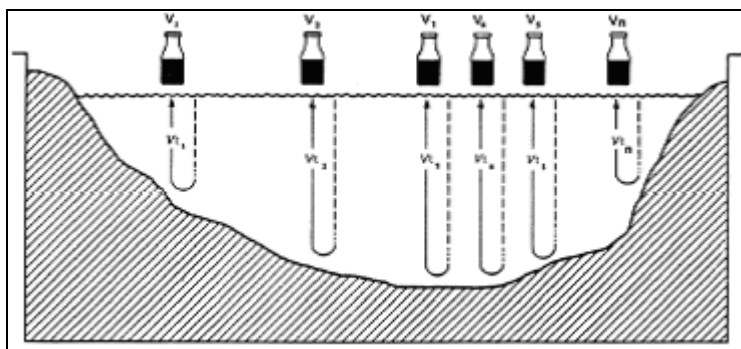


Figura 11: Representação do método do Igual Incremento de Descarga.

Ao clicar no botão **Hidrosed**, será aberta uma nova janela (Cálculo de tempo de amostragem do Hidromolinetes 2.0) para efetuar os cálculos dos tempos de amostragem de sedimentos em suspensão. O programa de computador desenvolvido permite que a entrada de dados seja feita com a digitação dos valores da medição da vazão com molinetes hidrométricos, ou a recuperação de dados de medições salvas no computador ou ainda a digitação direta dos dados de distancias, profundidades, velocidades. O programa elaborado é formado por uma seqüência de telas nas quais o usuário seleciona as opções de acordo com a metodologia, técnica de medição e equipamento utilizado.

Na tela **Configuração** (Figura 12) 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.

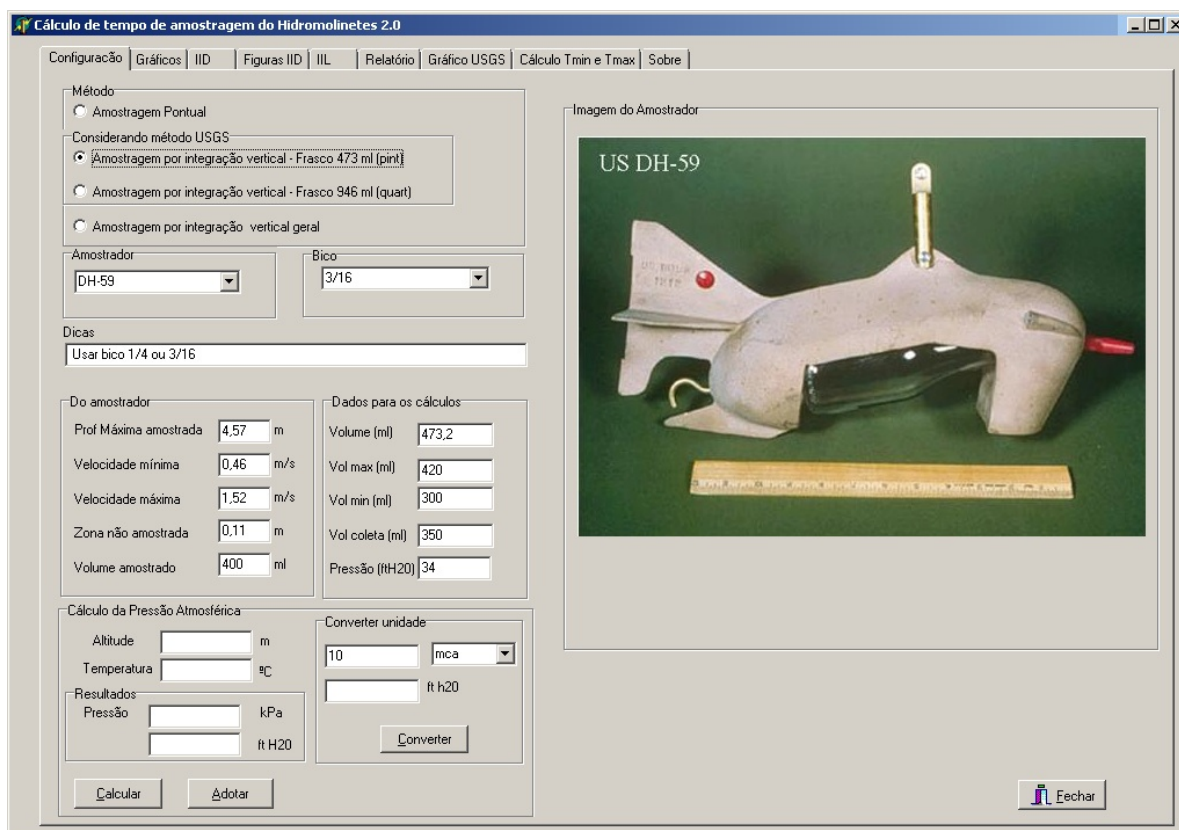


Figura 12: Tela Configuração do HidroSedimentos.

Estão disponíveis os seguintes métodos de amostragem:

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

$$T = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel} \quad (1)$$

Em que:

T = tempo de amostragem (s);

Vol = volume da amostra (ml);

D = diâmetro do bico (mm); e

Vel = velocidade média na vertical (m/s).

Amostragem por integração vertical - Método USGS: Neste método segue-se a metodologia descrita em Edwards e Glysson (1970). Este método é indicado para os amostradores com recipiente rígido de volume 474 ml (1 pint) ou 960 ml (1 quart).

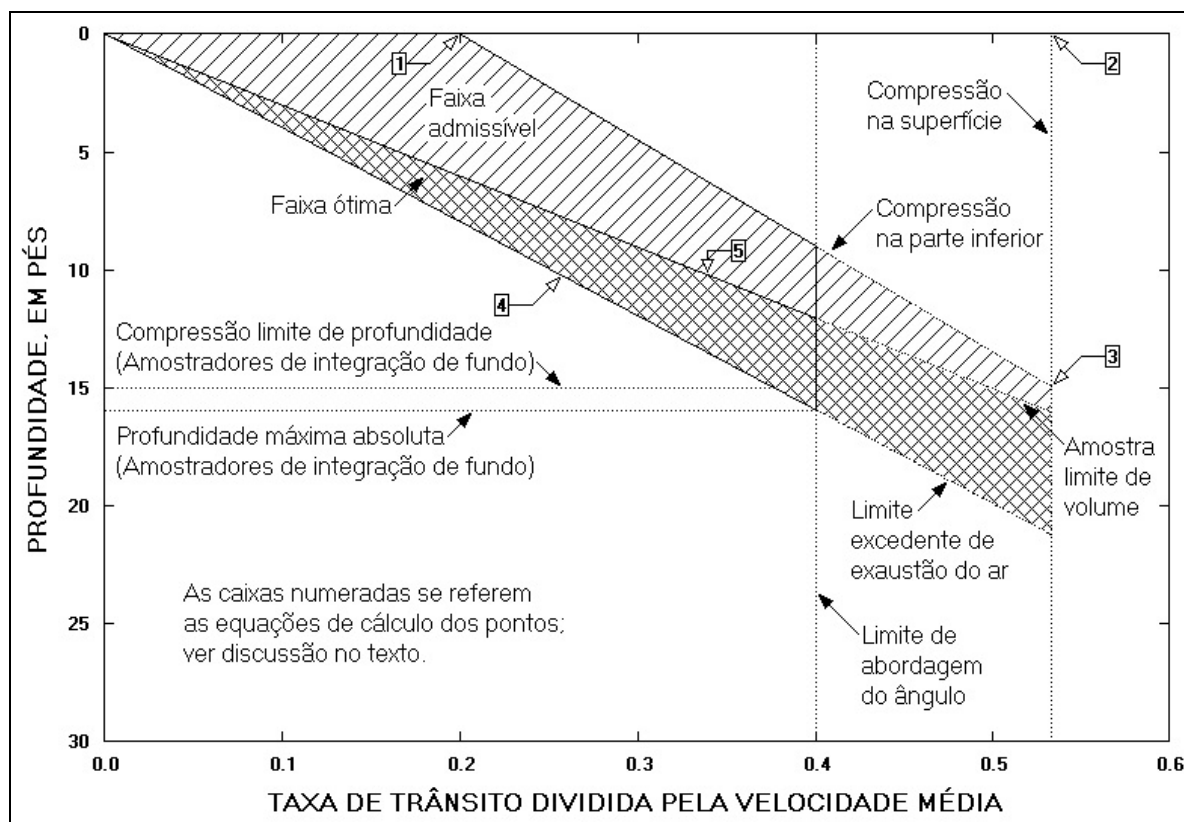


Figura 13: Gráfico para determinação da velocidade de trânsito (adaptado de Edwards e Glysson, 1970).

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

- 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 coletar um volume mínimo;
- A RT deve ser lenta o suficiente para não que o ângulo de inclinação do equipamento não exceda o limite permissível e a amostragem seja isocinética. O limite para o bicos com diâmetros 1/8" é 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); e
- A RT deve ser lenta para não exceder o limite de compressão de ar no recipiente.

Para a definição do tempo mínimo e máximo de amostragem obedecendo os limites acima, deve-se calcular os seguintes dados de acordo com a Figura 13, seguindo as unidade originais.

$$\text{Ponto 1} \quad \frac{RT}{Vm} = \frac{A_n r_b h_1}{V_1} \quad (2)$$

$$\text{Ponto 2} \quad \frac{RT}{Vm} = \frac{A_n r_s h_1}{V_1} \quad (3)$$

$$\text{Ponto 3} \quad d_c = \frac{h_1 (r_s - r_b)}{r_b + 1} \quad (4)$$

$$\text{Ponto 4} \quad \frac{RT}{Vm} = \frac{20 A_n}{Q_{max}} \quad (5)$$

$$\frac{RT}{Vm} = \frac{20 A_n}{Q_{min}}$$

Ponto 5
 Em que:

(6)

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

Ao selecionar o amostrador e o bico, o programa HidroSedimentos fornece os dados do amostrador, tais como a profundidade máxima de amostragem, velocidade mínima e velocidade máxima, altura do equipamento (que corresponde a profundidade não amostrada) e o volume da amostra. Além desses, têm-se o volume do amostrador, volume máximo e o volume mínimo desejado na coleta. 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 em função da altitude e da temperatura do ar e a opção para converter o valor de pressão atmosférica para pés de coluna d'água (Figura 12).

Neste método pode-se estabelecer a razão de trânsito máxima e mínima segundo os limites da Figura 13 . O tempo mínimo de amostragem é determinado por:

$$T_{min} = \frac{2P_{ef}}{RT_{max}} \quad (7)$$

$$T_{max} = \frac{2P_{ef}}{RT_{min}} \quad (8)$$

Em que:

Tmin = tempo mínimo de amostragem (s);
 Tmax = tempo máximo de amostragem (s);
 Pef = profundidade efetiva (m);
 RTmax = razão de trânsito máxima; e
 RTmin = razão de trânsito mínima (m/s).

Amostragem por integração vertical geral: Este procedimento segue a metodologia descrita em Carvalho et al. (2000). Indicado para amostradores com recipientes não rígidos (tipo amostrador de saca). Também pode ser usado para outros amostradores com recipiente rígido. Difere do método do USGS somente pelo fato de não considerar o limite máximo de compressão.

Neste método o tempo mínimo é estimado como:

$$T_{min} = \frac{2P_{ef}}{K V_{med}} \quad (9)$$

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:

$$T = \frac{4Vol}{\pi D^2 Vel} \quad (10)$$

Na tela **Gráficos** (Figura 14) são apresentados o perfil do rio e a distribuição da velocidade ao longo do perfil.

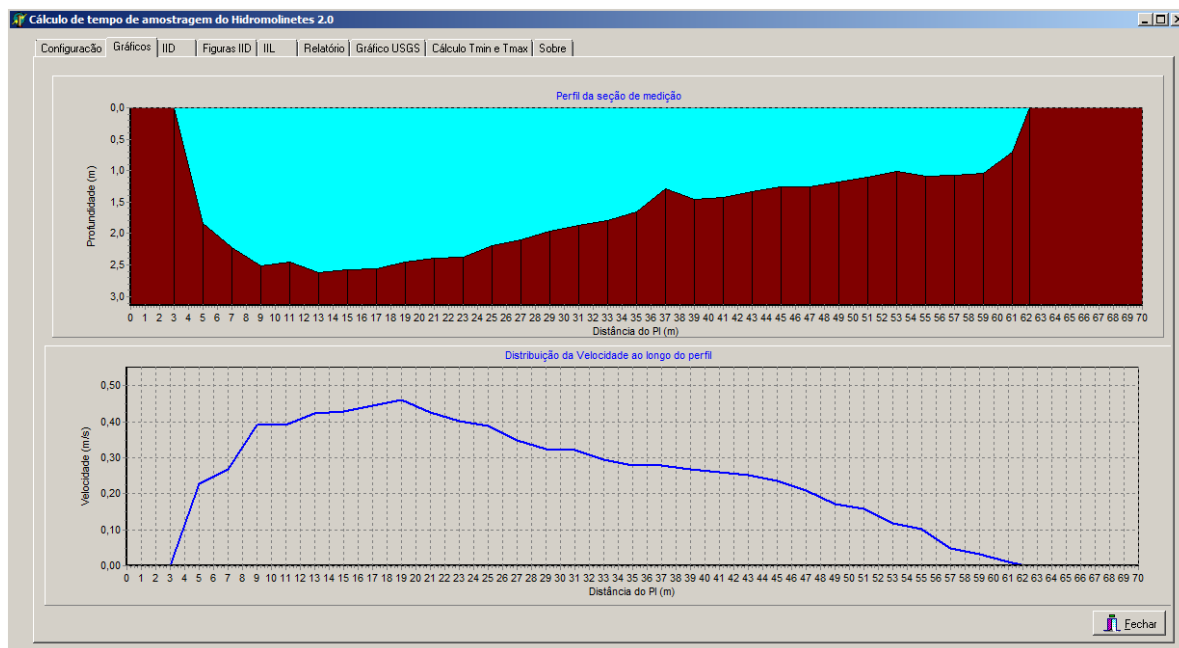


Figura 14: Tela Gráficos do HidrosSedimentos.

Foram incluídas as opções para cálculo dos tempos de amostragem pelo método do igual incremento de descarga (IID) e igual incremento de largura (IIL). Na tela **IID** o usuário deverá informar quantas amostras deseja coletar (geralmente entre 4 a 10) e poderá optar em usar a velocidade medida ou a velocidade média calculada. Ao clicar no botão Calcular 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 (Figura 15) de acordo com o método, e conforme o amostrador e o bico selecionado na tela **Configuração**.

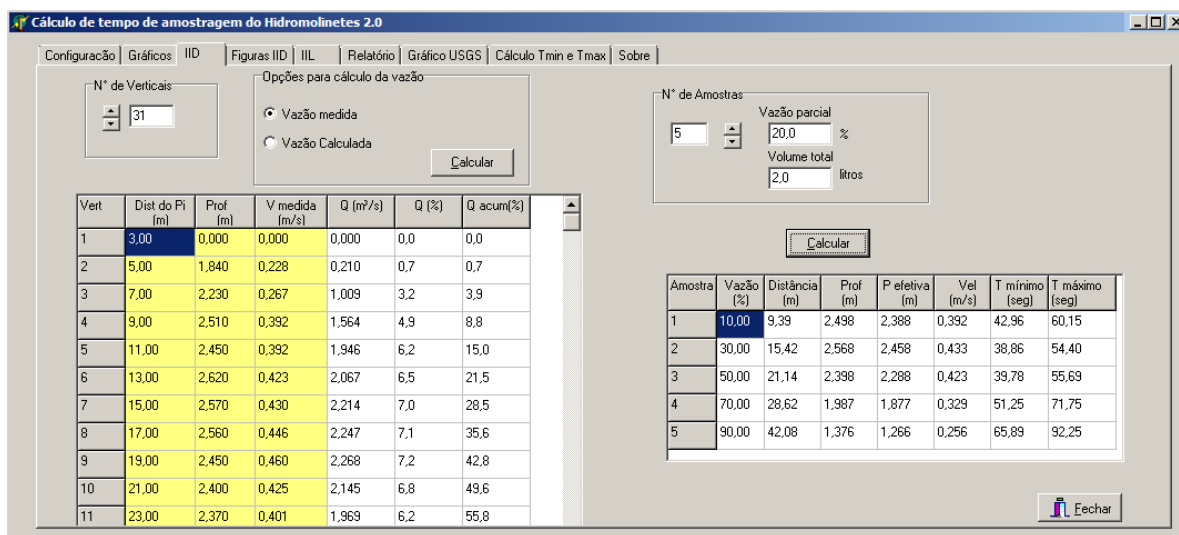


Figura 15: Tela IID do HidrosSedimentos.

Na tela **Figura IID** o programa mostra a distribuição de vazão percentual com os pontos de coleta com as respectivas velocidades e profundidades (Figura 16).

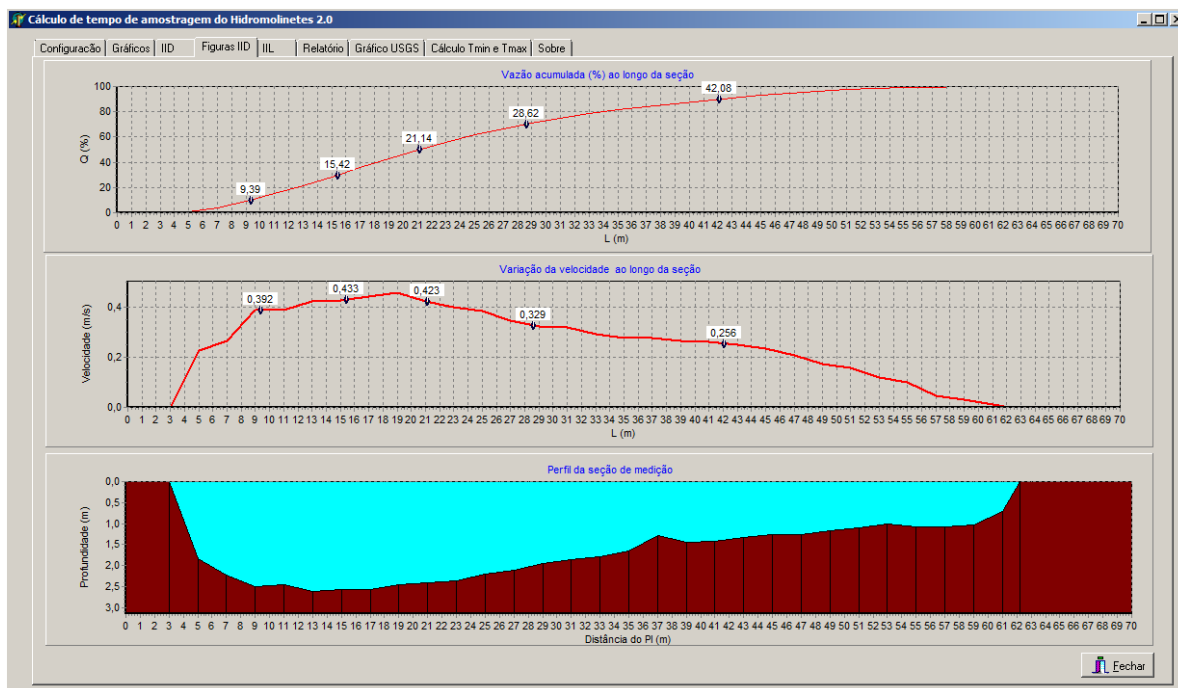


Figura 16: Tela Figura IID do HidroSedimentos.

Na tela **III** (Figura 17) o usuário poderá fazer os cálculos de tempo de amostragem usando a técnica do método do igual incremento de largura (IIL). Inicialmente o usuário deverá informar o número de verticais que pretende coletar amostras de sedimentos em suspensão e optar pelo uso da velocidade medida na vertical ou da velocidade média calculada. Ao clicar no botão Selecionar o programa determina as verticais com as respectivas profundidades e velocidades. Também define 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 calculado o tempo mínimo e máximo de amostragem dado pelas equações 9 e 10.

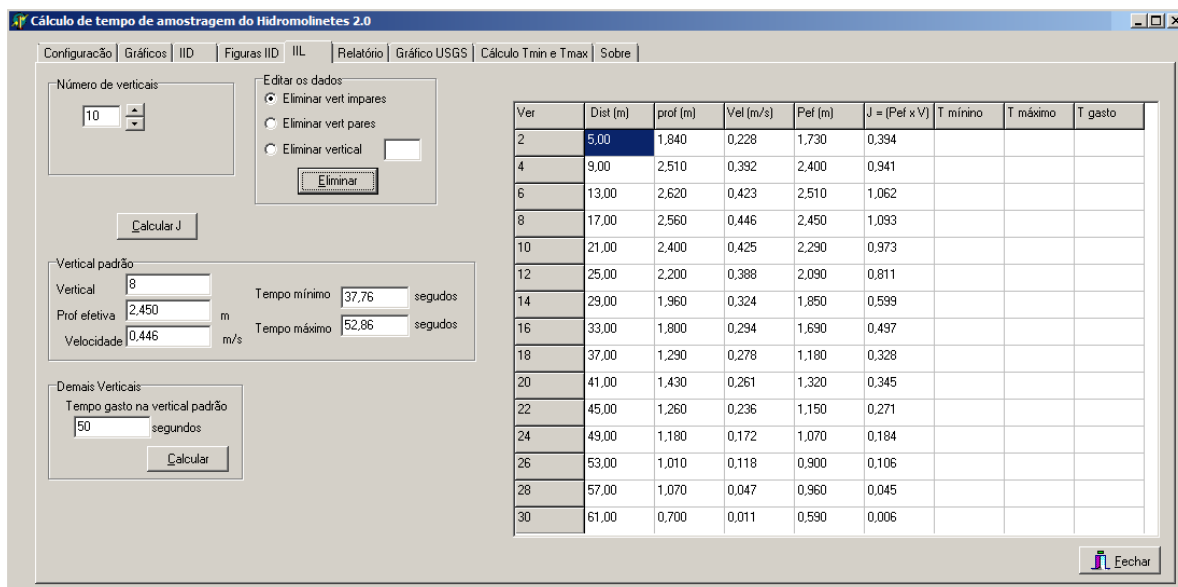


Figura 17: Tela IIL do HidroSedimentos.

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. Fornecendo o tempo gasto e clicando em Calcular o programa calcula o tempo mínimo e máximo das demais verticais como:

$$T_{min} = \frac{P_{efi}}{P_{efp}} T_p \quad (11)$$

(12)

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

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); e

Tmax = tempo máximo de amostragem (segundos).

Na tela **Relatório** (Figura 18) o usuário poderá incluir os dados para registrar o relatório. No quadro Dados da estação (Figura 18) seguem o mesmo modelo do programa Hidromolinetes (Back, 2006) em que o usuário poderá gerar um arquivo texto com os dados da estação.

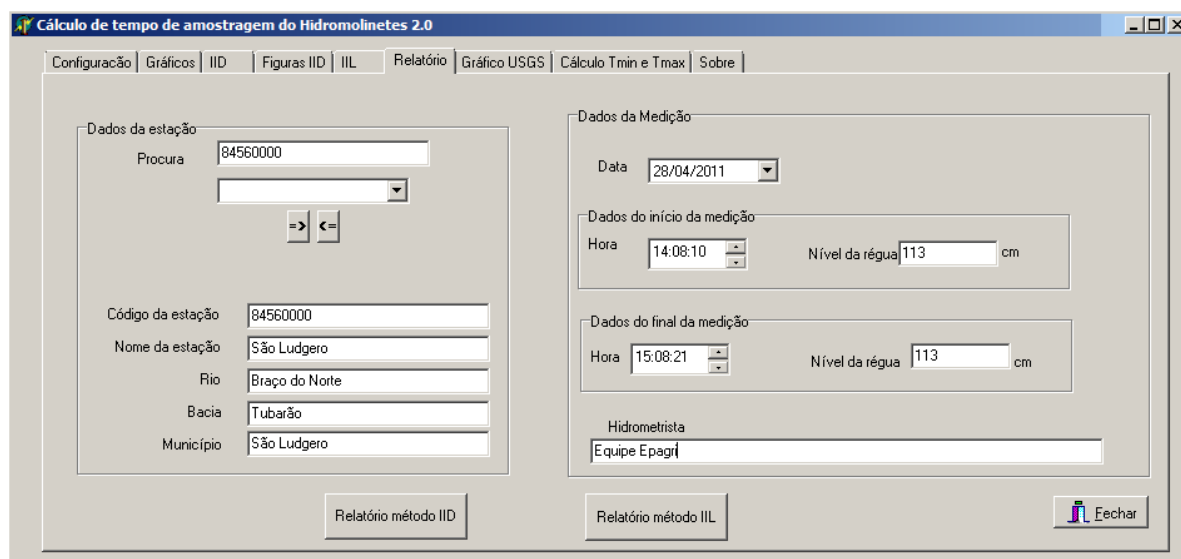
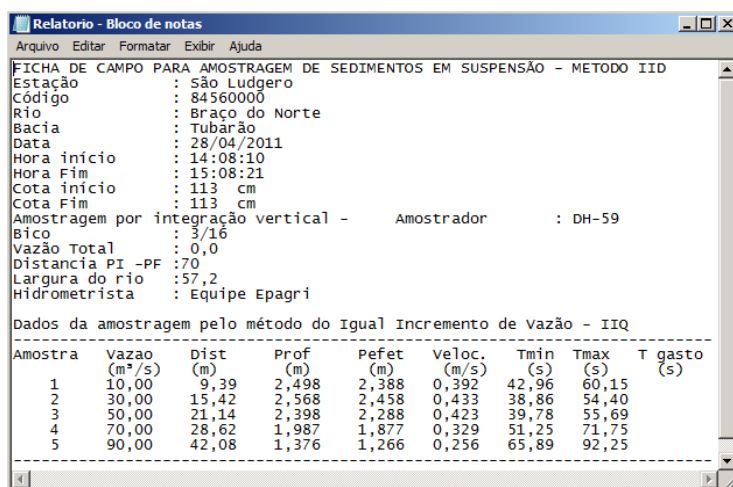


Figura 18: Tela Relatórios do HidroSedimentos.

No quadro Dados da Medição (Figura 18) o usuário deverá informar a data da medição, hora e 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 19) no Notepad com os dados definidos na tela **Configuração** e dos tempos de amostragem calculados.



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

Estação : São Ludgero
Código : 84560000
Rio : Braço do Norte
Bacia : Tubarão
Data : 28/04/2011
Hora início : 14:08:10
Hora fim : 15:08:21
Cota início : 113 cm
Cota fim : 113 cm
Amostragem por integração vertical - Amostrador : DH-59
Bico : 3/16
Vazão Total : 0,0
Distancia PI -PF : 70
Largura do rio : 57,2
Hidrometrista : Equipe Epagri

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

Amostra	Vazão (m³/s)	Dist (m)	Prof (m)	Pefet (m)	Veloc. (m/s)	Tmin (s)	Tmax (s)	T gasto (s)
1	10,00	9,39	2,498	2,388	0,392	42,96	60,15	
2	30,00	15,42	2,568	2,458	0,433	38,86	54,40	
3	50,00	21,14	2,398	2,288	0,423	39,78	55,69	
4	70,00	28,62	1,987	1,877	0,329	51,25	71,75	
5	90,00	42,08	1,376	1,266	0,256	65,89	92,25	

Figura 19: Exemplo de relatório gerado pelo HidroSedimentos.

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 poderá usar estas telas no cálculo do tempo mínimo e máximo de amostragem.

Na tela **Gráfico USGS** (Figura 20) 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** (Figura 14) deve-se informar no quadro **Dados da Vertical** o valor da profundidade e velocidade da vertical. Ao clicar em **Calcular** o programa refaz os cálculos e informa o tempo mínimo e máximo de amostragem. Nas opções do gráfico pode-se optar pela profundidade em pés (ft) ou em metros, e ainda definir o valor máximo do eixo referente a relação RT/V.

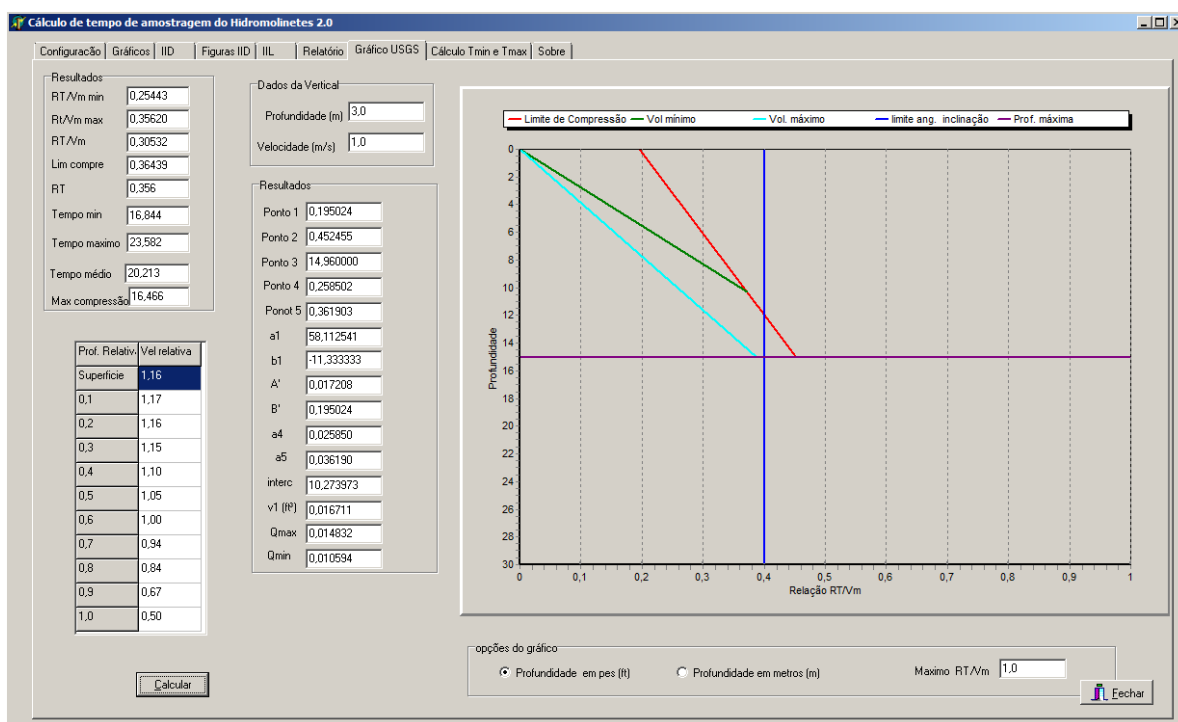


Figura 20: Tela Gráfico USGS do HidroSedimentos.

Na tela **Cálculo do Tmin e Tmax** o usuário poderá calcular os tempos mínimos e máximos de amostragem de acordo com as fórmulas indicadas na Figura 21.

Figura 21: Tela Cálculo Tmin e Tmax do HidroSedimentos.

A tela Sobre (Figura 22) contém os dados da versão do programa com as modificações realizadas e endereços para contato.

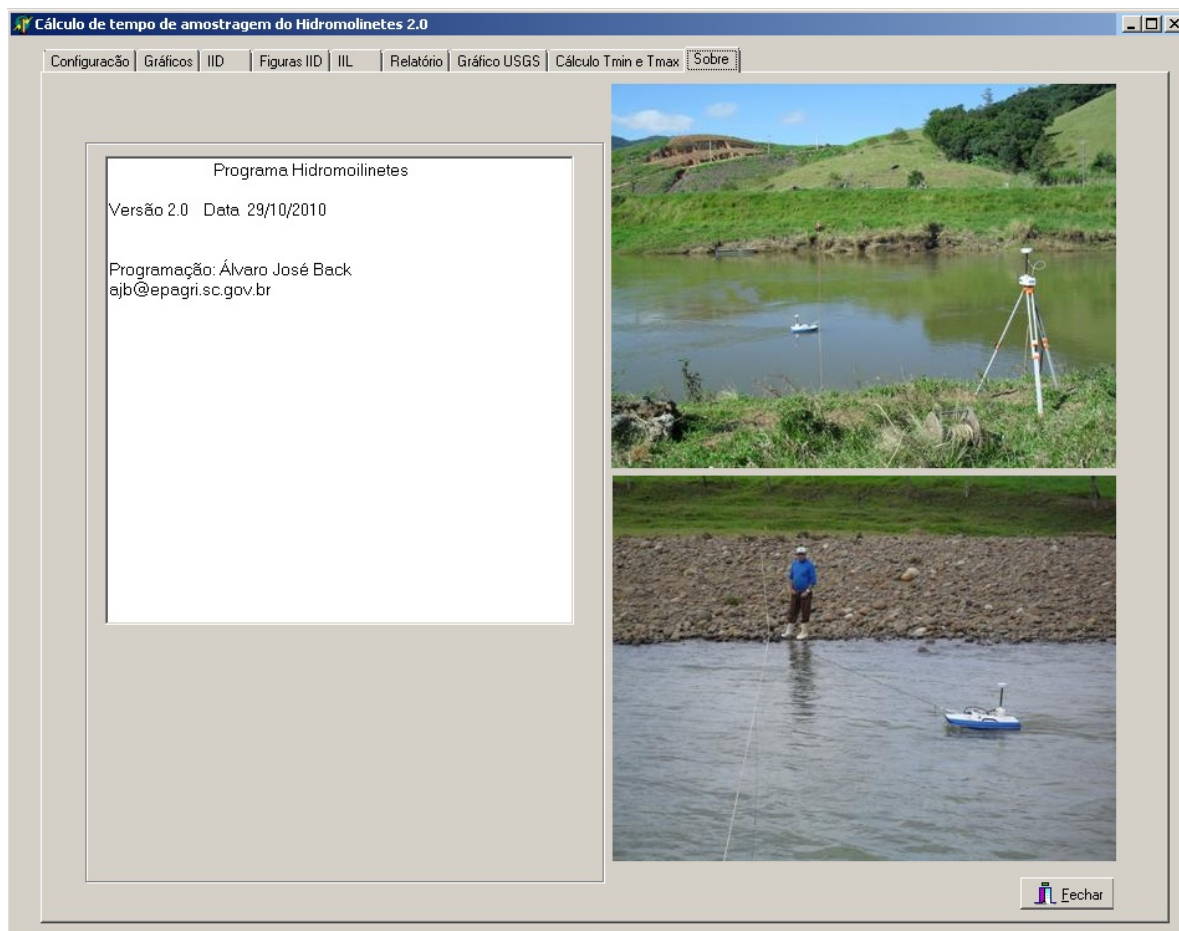


Figura 22: Tela Sobre do HidroSedimentos.

CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento e utilização do Hidromolinetes 2.0 pode-se concluir:

- O programa preenche uma lacuna existente na área de sedimentometria;
- O programa facilita os trabalhos de campo, permitindo a utilização no campo de técnicas que exigem cálculos mais sofisticados e que normalmente eram simplificados ou substituídos por métodos mais simples;
- A utilização do programa otimiza os cálculos referentes a amostragem de sedimentos, reduzindo o tempo total da medição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACK, A. J. Medidas de vazão com molinete hidrométrico e coleta de sedimentos em suspensão. Florianópolis, EPAGRI, 56 p. 2006.
2. 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.
3. 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. USGS publications. 89 p. 1970.