DNAEE - CGRH / CNPq PEGI-GBF / ORSTOM

HiBAm : Hidrologia da Bacia Amazônica

Terceira campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos na bacia do rio Madeira e no rio Amazonas

La Paz ⇨ Porto Velho ⇨ Santarém
Junho e Julho de 1995

Confluência dos rios Mamoré e Guaporé a montante de Guajara-Mirim

José Said de Brito
Diretor do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

Vinícius Fuzeira de Sá e Benevides
Coordenador Geral de Recursos Hídricos

Roberto Moreira Coimbra
Chefe da Divisão de Controle de Recursos Hídricos

Eurides de Oliveira
Chefe do Serviço de Hidrologia

Michel Molinier
Representante do ORSTOM no Brasil

Jean Marie Fritsch
Chefe da Unidade de Pesquisa ORSTOM UR22 - Montpellier

Jacques Boulègue
Chefe do Programa PEGI-GBF, Universidade de Paris M. Curie

Equipe Técnico-Científica

Jean Loup Guyot	ORSTOM Brasília
João Bosco Rondon Santos	DNAEE-CGRH Brasília
Gutemberg Meneses Silva	DNAEE-CGRH Brasília
Marcos Rios	DNAEE-CGRH Brasília
Naziano Pantoja Filizola	DNAEE-CGRH Brasília
Reginaldo Simões Longuinhos	DNAEE-CGRH Brasília
Urbano Medeiros Fernandes	DNAEE-CGRH Brasília
Valdemar Santos Guimarães	DNAEE-CGRH Brasília

Publicação HiBAm
Brasília
Dezembro de 1995

1. INTRODUÇÃO

A terceira campanha de medição de vazão e amostragem de água e sedimentos do programa HiBAm (DNAEE/CNPq/ORSTOM) foi realizada nas bacias do Rio Madeira e do Rio Amazonas em Junho e Julho de 1995. A campanha iniciou em La Paz (Bolívia), após o Seminário Internacional '*Aguas, Glaciares y Cambios Climaticos en los Andes Tropicales*', organizado pelo ORSTOM, UMSA, SENAMHI e CONAPHI de Bolívia (13-16 de Junho de 1995).

Os objetivos desta campanha foram : 1. Medição de vazões nas estações fluviométricas das redes do SENAMHI (Bolívia) e do DNAEE (Brasil) localizadas nos rios Madeira e Amazonas, e nas confluências de seus principais tributários, 2. Amostragens de água e sedimento nos mesmos locais, desde as geleiras da Cordillera Real dos Andes (5000 m) até o Rio Amazonas (20 m).

A campanha, que mobilizou 22 técnicos durante 27 dias, foi financiada pelo ORSTOM, na Bolívia e pelo DNAEE, com o apoio do CNPq, da CPRM e do ORSTOM, no Brasil. O programa de pesquisa PEGI-GBF (CNRS/ORSTOM França) deu, também, um apoio financeiro nesta campanha, que permitiu realizar 56 medições de vazão em 20 estações, e efetuar amostragens de águas e sedimentos em 38 pontos (figura 1, tabelas 1 e 2).

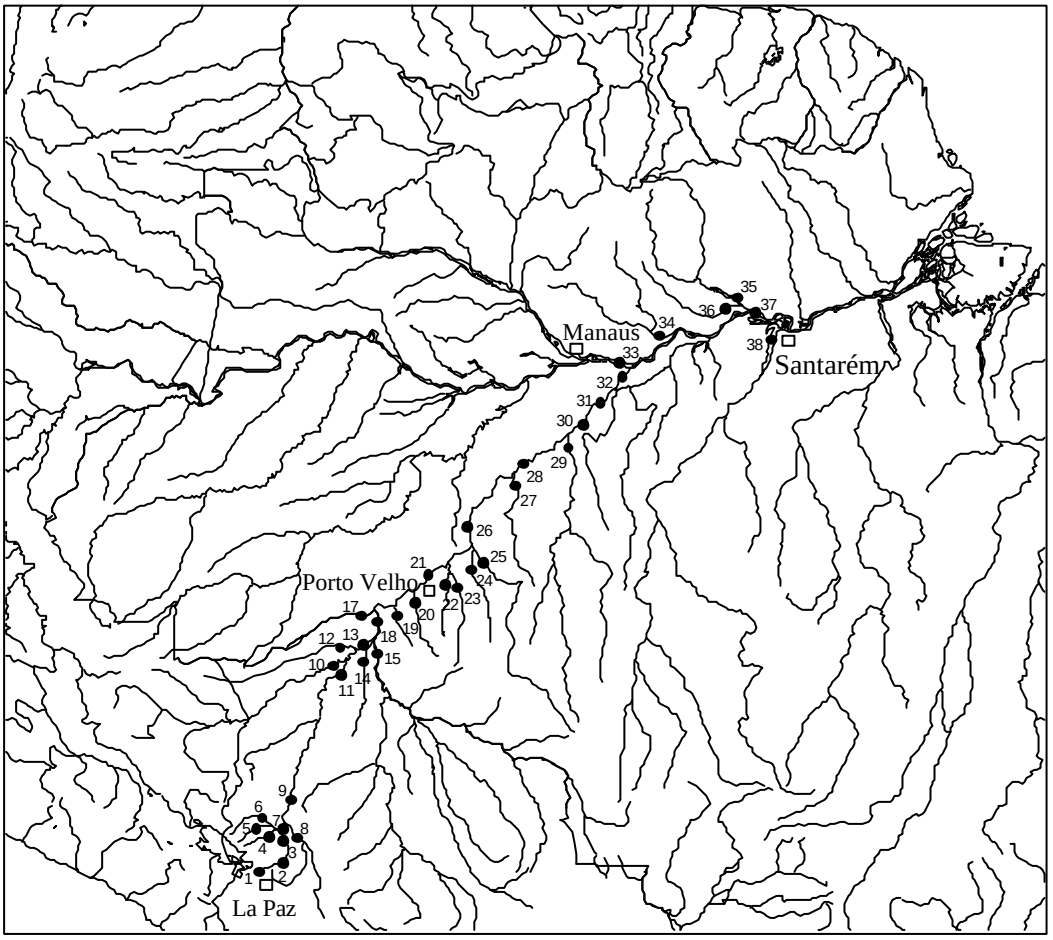


Figura 1 : Mapa de localização dos pontos amostragem (•)

2. PARTICIPANTES

BOLIVIA
Equipe Técnico-Científica

➢ DNAEE/CGRH Brasília	Naziano Pantoja Filizola
➢ EMB. da FRANÇA Brasília	Georges Cahuzac
➢ ENSMP Paris (França)	Pierre Hubert
➢ ORSTOM Brasília	Jean Loup Guyot
➢ ORSTOM La Paz (Bolívia)	Bernard Pouyaud
	Felix Garcia
	Laurence Maurice Bourgoin
	Yann Le Troquer
➢ ORSTOM Quito (Ecuador)	Eric Cadier
	Robert Hoorelbecke
➢ ORSTOM Montpellier (França)	Jean Marie Fritsch
➢ PEGI-GBF Toulon (França)	Olivier Bottzeck
	Stéphane Mounier

BRASIL
Equipe Técnico-Científica

➢ CPRM Manaus	Sandoval Brito Perreira
➢ CPRM Rio de Janeiro	Achiles Guerra de Castro
➢ DNAEE/CGRH Brasília	João Bosco Rondon Santos
	Gutemberg Meneses Silva
	Marcos Rios
	Naziano Pantoja Filizola
	Reginaldo Simões Longuinhos
	Urbano Medeiros Fernandes
	Valdemar Santos Guimarães
➢ ELETROBRÁS Rio de Janeiro	Newton de Oliveira Carvalho
➢ EMB. da FRANÇA Brasília	Georges Cahuzac
➢ ORSTOM Brasília	Jean Loup Guyot
➢ ORSTOM Piracicaba	Patrick Seyler
➢ ORSTOM La Paz (Bolívia)	Laurence Maurice Bourgoin
	Yann Le Troquer
➢ PEGI-GBF Toulon (França)	Olivier Bottzeck
	Stéphane Mounier

Tripulação do Barco

➢ Geraldo Augusto Goés	Proprietário do barco
➢ Francisco de Oliveira Bastos	Comandante e Prático
➢ Anastacio Monteiro de Sá	Marinheiro e Prático
➢ José Adeilton Silva Soares	Marinheiro
➢ Francisco das Chagas	Marinheiro
➢ José de Oliveira Bastos	Motorista
➢ Idiene Tavares da Costa	Cozinheira

Nome	17/06	18/06	19/06	20/06	21/06	22/06	23/06	24/06	25/06	26/06	27/06	28/06	29/06	30/06	01/07	02/07	03/07	04/07	05/07	06/07
Bernard Pouyaud	X	X	X	X	X															
Eric Cadier	X	X	X	X	X															
Jean Marie Fritsch	X	X	X	X	X						BOLIVIA									
Pierre Hubert	X	X	X	X	X															
Felix Garcia	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Robert Hoorelbecke	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Gorges Cahuzac	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jean Loup Guyot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Laurence Maurice	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Olivier Bottzeck	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stéphane Mounier	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Yann Le Troquer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Naziano Filizola	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Gutemberg Meneses		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Marcos Rios		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
João Bosco Rondon		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reginaldo Longuinhos			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Patrick Seyler					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sandoval Perreira						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Achiles de Guerra										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Newton de Carvalho				BRASIL											X	X	X	X	X	X
Urbano Fernandes															X	X	X	X	X	X
Valdemar Guimarães															X	X	X	X	X	X
TOTAL	13	16	17	17	18	15	15	15	15	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15

3. CRONOGRAMA

11/06/95

- Viagem de Brasília a La Paz para Jean Loup e Naziano.
- Chegada em La Paz de Eric, Jean Marie, Pierre e Robert .

13-14/06/95

- Seminário Internacional *'Aguas, Glaciares y Cambios Climaticos en los Andes Tropicales'* em La Paz.

15/06/95

- Medição de vazão e amostragem do rio *Zongo* na geleira do Hayna-Potosi a 5000 m de altura (Pt 1).

16/06/95

- Final do seminário, mesa redonda e preparação dos equipamentos e dos carros ORSTOM em La Paz.
- Chegada de Georges, Olivier e Stéphane em La Paz.

17/06/95

- Viagem de La Paz (3600 m) até Caranavi (600 m) pelas pistas dos Yungas.
- Amostragem do rio *Coroico* em Santa Barbara (Pt 2).

18/06/95

- Viagem de Caranavi até Guanay, e volta a Caranavi.
- Amostragem em Tipuani e Teoponte dos rios *Coroico, Challana, Tipuani, Mapiri e Kaka* (Pt 3-7).
- Saída de Brasília de Gutenberg e Marcos (carro ORSTOM Brasília) com o ADCP e o gerador de luz.
- Chegada em Manaus de Bosco para organizar o equipamento e mandá-lo a Porto Velho.

19/06/95

- Viagem de Guanay até Rurrenabaque (pé dos Andes).
- Amostragem do rio *Alto-Beni* em Sapecho (Pt 8).
- Chegada em Porto Velho de Reginaldo para organizar o barco alugado.

20/06/95

- Amostragem do rio *Beni* em Angosto del Bala (Pt 9).
- Bernard, Eric, Jean Marie e Pierre voltam em La Paz .

21/06/95

- Viagem de Rurrenabaque até Riberalta.

22/06/95

- Amostragem dos rios *Madre de Dios, Beni e Orthon* (Pt 10-12).
- Chegada em Porto Velho de Gutenberg e Marcos Patrick e Bosco .

23/06/95

- Viagem de Porto Velho até Guajara Mirim (Gutenberg, Marcos, Patrick e Reginaldo) no carro ORSTOM Brasília.
- Viagem de Riberalta até Guayaramerin, e transporte do grupo e do equipamento no Brasil (Guajará-Mirim)
- Retorno a La Paz de Felix e Robert com os carros do ORSTOM La Paz.
- Amostragem do rio *Beni* em Cachuela Esperanza e do rio *Yata* (Pt 13-14).
- Chegada em Guajará-Mirim de Sandoval com o carro da CPRM .

24/06/95

- Viagem de Guajará-Mirim até Porto Velho com carros do ORSTOM Brasília e da CPRM de Porto Velho.
- Medições de vazão e amostragem dos rios *Mamoré, Beni, Abunã* e *Madeira* (Pt 15-18).

25/06/95

- Retorno para Brasília de Gutenberg e Naziano com o carro do ORSTOM.
- Amostragem dos rios *Mutum Paraná* e *Jacy Paraná* (Pt 19-20).
- Compras em Porto Velho para a campanha no rio Madeira.

26/06/95

- Instalação dos equipamentos no barco .
- Medições de vazão e amostragem no rio *Madeira* em Porto Velho (Pt. 21).

27/06/95

- Barco parado em Porto Velho com problemas técnicos nos geradores de luz.

28/06/95

➢ Saída do barco de Porto Velho e deslocamento até Humaitá.

➢ Medições de vazão no rio *Machado (Jiparaná)* e amostragem nos rios *Candeias*, *Jamari*, *Preto* e *Machado* (Pt. 22-25).

29/06/95

➢ Deslocamento do barco de Humaitá até a foz do Rio Marmelos.

➢ Medições de vazão e amostragem no rio *Madeira* em Humaita (Pt. 26).

30/06/95

➢ Deslocamento do barco da foz do Rio Marmelos até Novo Aripuana.

➢ Medições de vazão e amostragem nos rios *Marmelos* e *Madeira* em Manicore (Pt. 27-28).

01/07/95

➢ Deslocamento do barco de Novo Aripuanã até Borba.

➢ Medições de vazão e amostragem nos rios *Aripuanã* e *Madeira* em Vista Alegre e Borba (Pt. 29-31).

02/07/95

➢ Chegada em Itacoatiara de Newton, Urbano e Valdemar .

➢ Deslocamento do barco de Borba até Itacoatiara.

➢ Medições de vazão e amostragem nos rios *Amazonas* e *Madeira* na foz (Pt. 32-33).

03/07/95

➢ Compras em Itacoatiara.

➢ Medições de vazão do rio *Amazonas* em Itacoatiara.

➢ Deslocamento do barco de Itacoatiara até Santana.

04/07/95

➢ Medições de vazão e amostragem do rio *Uatumã* (Pt 34).

➢ Deslocamento do barco de Santana até Oriximiná.

05/07/95

➢ Deslocamento do barco de Oriximiná até Óbidos.

➢ Medições de vazão e amostragem dos rios *Trombetas, Nhamunda e Amazonas* em Óbidos (Pt 35-37).

06/07/95

➢ Deslocamento do barco de Óbidos até Santarém.

➢ Medições de vazão e amostragem dos rios *Tapajós* (Pt 38) e *Amazonas*.

07/07/95

➢ Final da campanha em Santarém e retorno a Brasília .

4. METODOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

4.1. Medições de vazão

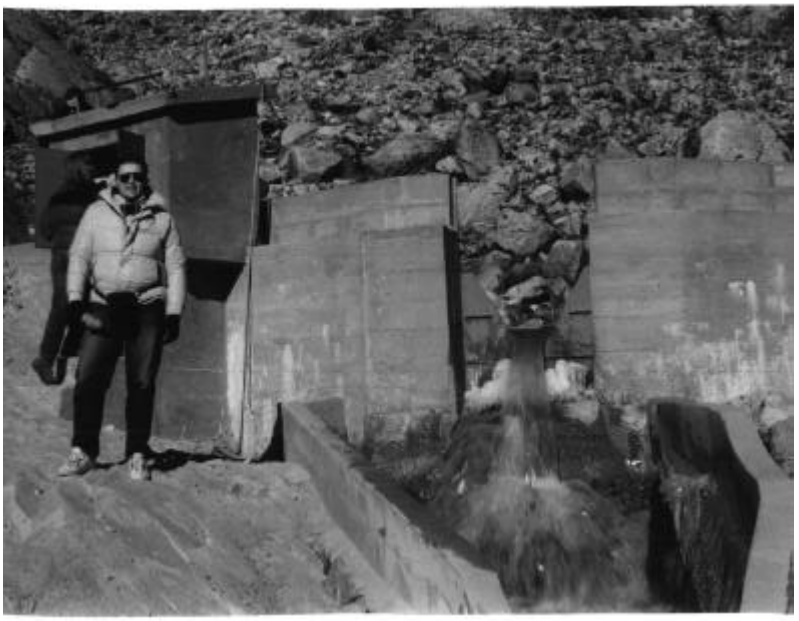


Foto 1 : A estação fluviométrica do glaciare Hayna Potosi (La Paz, Bolívia, 5000 m).

Nos Andes, não foram efetuadas medições de vazão, e forão usadas as curvas-chaves das estações do SENAMHI e do ORSTOM da Bolívia para conhecer a descarga líquida.

Para realizar a campanha de medições e amostragens nos rios Madeira e Amazonas no Brasil, foi alugado em Porto Velho, um barco de madeira tradicional, 'Santo Antônio de Borba'.

A vazão foi medida

Foto 2 : O barco 'Santo Antônio de Borba'

com o um corrêntometro acústico de efeito Doppler (ADCP/RDI) de freqüência de 300 Khz. Este equipamento, ADCP, que permite a medição rápida da vazão de rios, com alta precisão, pouco pessoal e em tempo bastante curto, foi adquirido pelo programa HiBAm em 1994. O aparelho foi colocado numa voadeira nos rios pequenos e na lateral do barco 'Santo Antônio de Borba' por meio de uma estrutura especial de madeira para os rios de grande porte.

Foto 3: O ADCP na voadeira

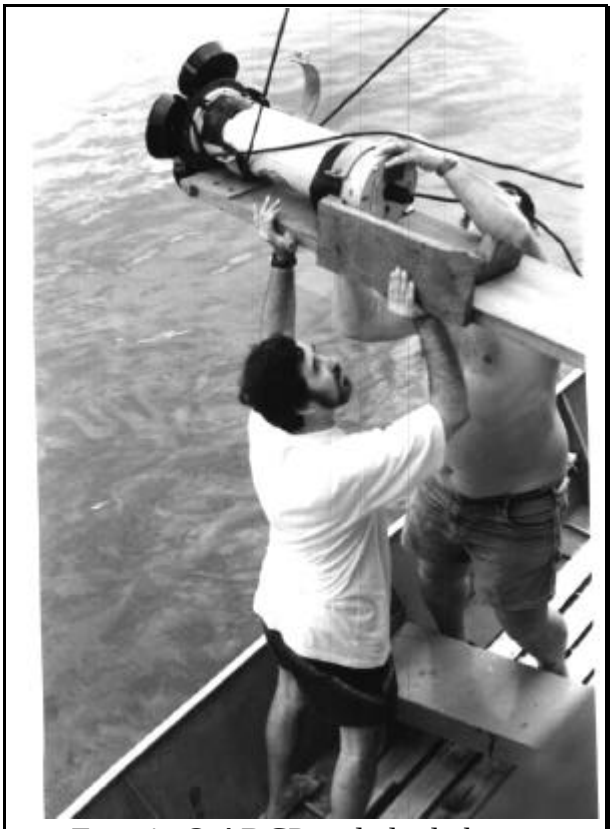
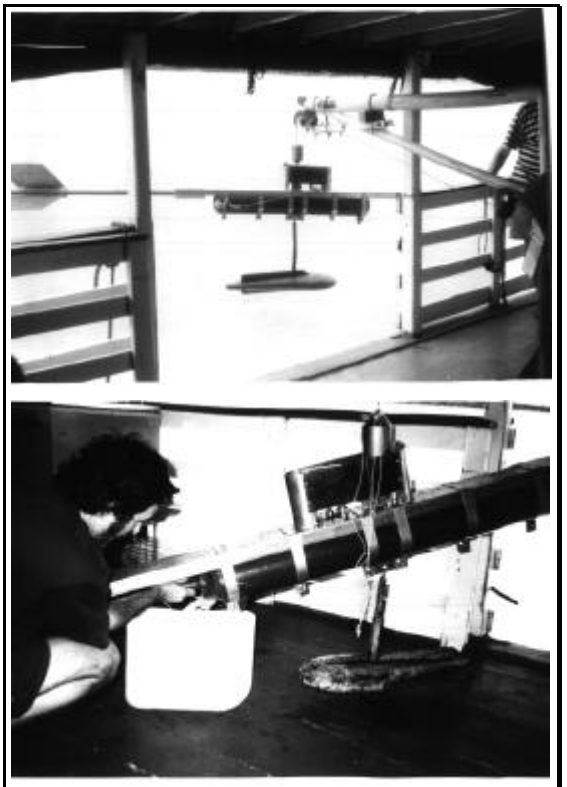


Foto 4 : O ADCP ao lado do barco

4.2. Amostragem de água e de materia em suspensão

Nos Andes de Bolívia, as amostragens foram realizadas na mão, na margem do rio. O acesso nos locais de medição foi possível utilizando-se os carros do ORSTOM Bolívia.

Foto 5 : Amostragens com carros na Bolívia



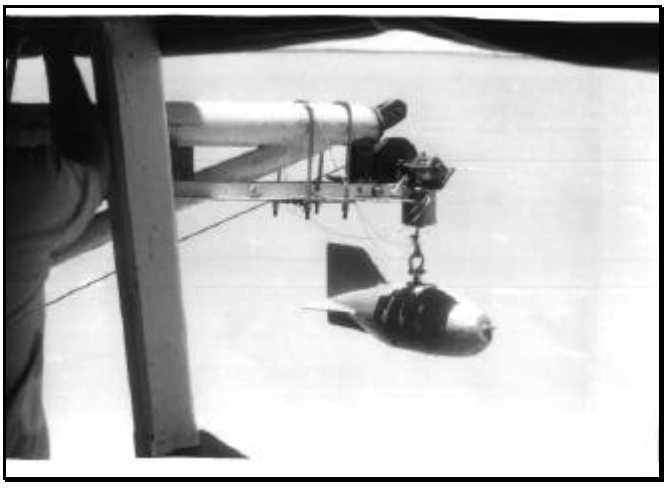
Fotos 6 e 7 : O Amostrador Callède I

Nos grandes rios, as amostragens para sedimentos em suspensão e qualidade das águas foram feitas com um equipamento de amostragem pontual, especialmente desenvolvido para as campanhas do programa na Amazônia, batizado de **Callède I**, em homenagem ao seu projetista Jacques Callède. O referido amostrador possui um formato semelhante ao de um submarino com uma garrafa de PVC de 10 litros presa à sua parte inferior. A garrafa possui duas aberturas nas extremidades ligadas a um gatilho para desarme. O desarme do gatilho é feito com o lançamento de um peso (mensageiro). Quando o mensageiro toca o gatilho a garrafa se fecha, guardando no seu interior a água coletada à profundidade onde o amostrador se encontrar posicionado.

4.3. Amostragem de sedimentos de fundo

O **AMF-1** é um amostrador de sedimentos de fundo com um peso de 50 Kg. Quando o amostrador toca o fundo, uma cunha de aço se fecha e pega 300 gr. de sedimentos.

Fotos 8 e 9 : O Amostrador de sedimentos AMF-1



4.4. Medições físico-químicas

A temperatura e a conductividade da água forão medidas com um condutivímetro WTW LF 196, o pH com um pH-metro WTW pH 196, a turbidez com um turbidímetro HORIBA U-10. A alcalinidade foi analisada pelo método potenciométrico utilizando o pH-metro pH 196.

Foto 10 : O laboratorio no barco

4.5. Filtração das amostras

As amostras foram filtradas no barco mesmo, com diferentes métodos. Pela determinação de materia em suspensão (MES), foi utilizada uma rampa de filtração frontal com 3 unidades, ligada numa bomba de ar, com filtros Millipore de nitrato/acetato de celulose de 0.45 µm. Para as amostras destinadas a análises de elementos dissolvidos, forão utilizadas unidades de filtração em PVC, com filtros de porosidade de 0.20 µm. Para a determinação do carbono orgânico, foi utilizada uma unidade de filtração frontal de vidro, com filtros em fibra de vidro GFF.

Foto 11 : A rampa de filtração para a determinação de MES.

5. RESULTADOS

5.1. Medições de vazão

O período da campanha, Madeira'95, (Junho-Julho) é caracterizado por águas baixas na bacia alta do rio Madeira (Andes da Bolívia), por águas médias na parte brasileira do rio Madeira e por águas relativamente altas no rio Solimões-Amazonas (Figura 2).

A localização (margens direita e esquerda) das seções de medição foi verificada com geoposicionamento por satelite (GPS) e plotadas nos mapas planimétricos do RADAMBRASIL na escala 1/250000 (Anexo 1).

Os resultados das 56 medições de vazão em 20 estações com correntômetro acústico de efeito Doppler (ADCP) de freqüência de 300 Khz são resumidos na tabela 1, e os gráficos do software TRANSECT (RDI) encontram-se no anexo 2.

Numa mesma seção com varias medições, o desvio observado varia de 0.01 até 19%, em função das características da seção. A medição é boa (desvio dQ < 5%) quando a velocidade média na seção é > 0.4 m/s (Figura 4) e quando a parte da vazão realmente medida com o ADCP é > 50% da vazão total. A maioria das medições de vazão apresentam um desvio dQ < 5% durante esta campanha.

Tabela 1 : Resultados das medições de descarga líquida

Data	Rio	Estação	Código DNAEE	Cota (cm)	Largura (m)	Vazão (m3/s)	Num. med.	dQ (%)
24/06/1995	Mamoré	Villabella	15 250 000	819	583	6 450	4	0.4
24/06/1995	Beni	Villabella			835	4 041	2	1.2
24/06/1995	Abunã	Abunã	15 320 002		125	209	2	12.0
24/06/1995	Madeira	Abunã	15 325 000		875	10 524	4	3.2
26/06/1995	Madeira	Porto Velho	15 400 000	784	726	11 559	4	2.5
28/06/1995	Machado				519	879	1	
29/06/1995	Madeira	Humaitá	15 630 000	1 473	1 029	12 249	4	0.9
30/06/1995	Marmelos				258	597	2	0.7
30/06/1995	Madeira	Manicoré	15 700 000	1 704	777	14 661	4	2.3
01/07/1995	Aripuanã	Novo Aripuanã	15 850 000	1 655	477	2 197	3	19.2
01/07/1995	Madeira	Vista Alegre	15 860 000	1 615	1 204	19 144	4	3.6
01/07/1995	Madeira	Borba	15 900 000	1 713	1 052	19 760	2	0.0
02/07/1995	Madeira	Foz Amazonas			980	18 986	4	3.1
02/07/1995	Amazonas	Foz Madeira			8 739	171 186	1	
03/07/1995	Amazonas	Itacoatiara	16 030 000	1 214	1 758	182 262	2	1.5
04/07/1995	Uatumã	Santana			1 840	2 747	2	4.4
05/07/1995	Trombetas	Oriximiná	16 900 000	724	619	11 021	4	2.3
05/07/1995	Amazonas	Óbidos	17 050 001	651	2 268	196 726	3	1.0
06/07/1995	Tapajós	Alter do Chão			9 000	8 669	2	9.5
06/07/1995	Amazonas	Jus. Santarém			6 625	213 884	2	2.3
						TOTAL	56	

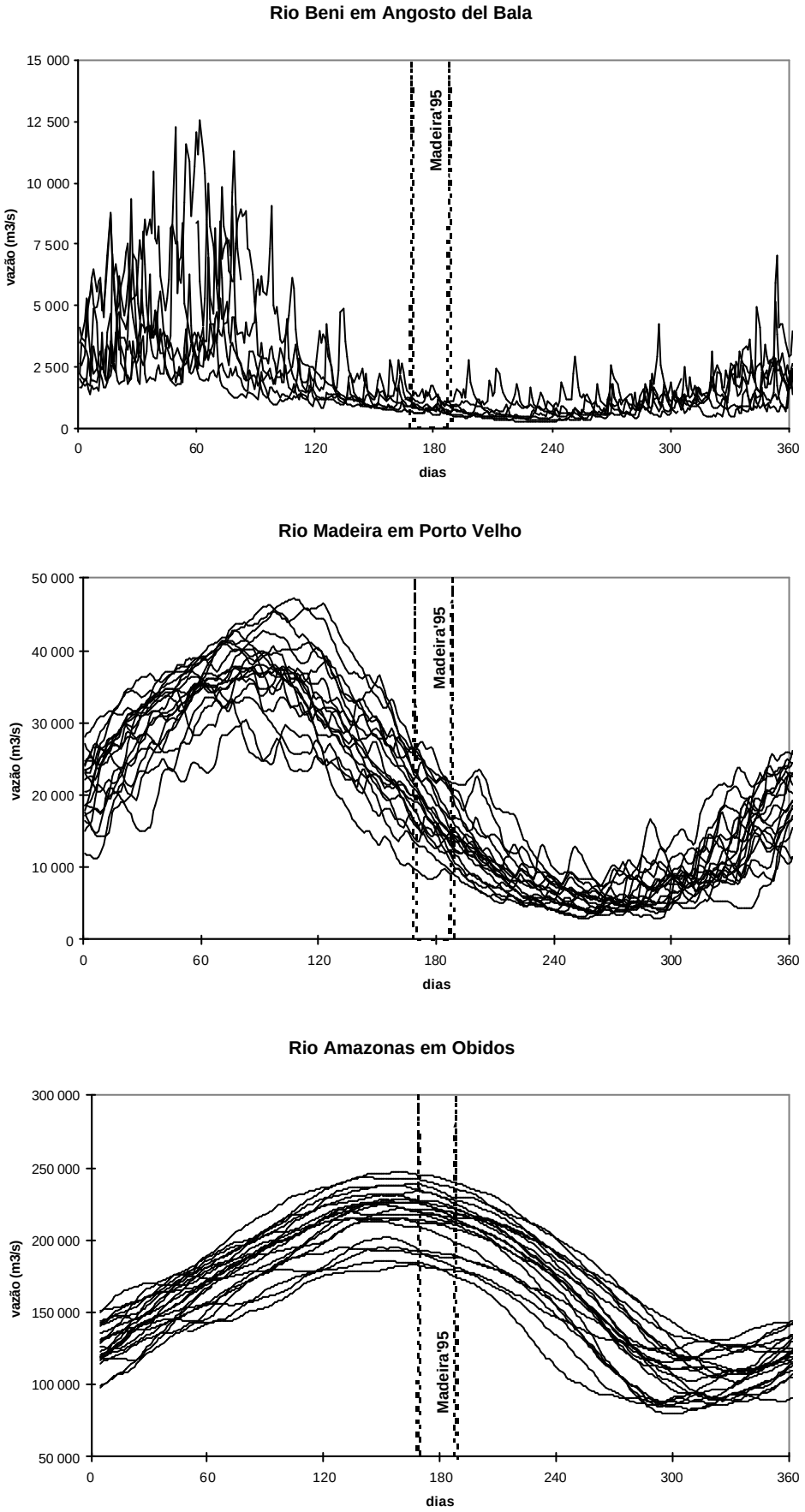


Figura 2 : Descarga líquida diária (do 01 de Janeiro até o 31 de Dezembro)

Para cada seção de medição de vazão, o anexo 2 apresenta 3 graficos que correspondem respectivamente a : - 1. o deslocamento do barco (traço vermelho) e velocidade na primeira celula (5.6 m de profundidade), - 2. o perfil das velocidades na seção, - 3. o perfil das concentrações em sedimentos em suspensão na seção. Pelos graficos 2 e 3, as margens direita e esquerda do rio encontram-se representadas, respectivamente à direita e esquerda do gráfico.

1. Rio Mamoré em Villabella : 24/06/95 - 6 450 m^3/s.
⇨ boa seção de medição, mais com pouca profundidade para o ADCP de 300 Khz.

2. Rio Beni em Villabella : 24/06/95 - 4 040 m^3/s.
⇨ boa seção de medição, mais com pouca profundidade para o ADCP de 300 Khz.

3. Rio Abunã em Abunã : 24/06/95 - 209 m^3/s.
⇨ boa seção de medição, mais com pouca profundidade para o ADCP de 300 Khz.

4. Rio Madeira em Abunã : 24/06/95 - 10 520 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

5. Rio Madeira em Porto Velho : 26/06/95 - 11 560 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

6. Rio Machado em Calama : 28/06/95 - 879 m^3/s.
⇨ seção bastante ruim, com praia e pouca profundidade.

7. Rio Madeira em Humaitá : 29/06/95 - 12 250 m^3/s.
⇨ distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

8. Rio Marmelos em Marmelos : 30/06/95 - 597 m^3/s.
⇨ a distribução dos sedimentos em suspensão na seção apresenta uma anomalia que pode corresponder a uma invasão das águas do rio Madeira no rio Marmelos.

9. Rio Madeira em Manicoré : 30/06/95 - 14 660 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

10. Rio Aripuanã em Novo Aripuanã : 01/07/95 - 2 200 m^3/s.
⇨ boa seção de medição, mais com velocidade muita baixa.

11. Rio Madeira em Vista Alegre : 01/07/95 - 19 140 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

12. Rio Madeira em Borba : 01/07/95 - 19 760 m^3/s.
⇨ boa seção de medição, mais com uma inversão da velocidade na margem direita.

13. Rio Madeira na Foz : 02/07/95 - 18 990 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

14. Rio Amazonas na Foz do rio Madeira : 02/07/95 - 171 190 m^3/s.
⇨ seção de medição com três canais distintos (ilhas) e com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

15. Rio Amazonas em Itacoatiara : 03/07/95 - 182 260 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

16. Rio Uatumã em Santana : 04/07/95 - 2 750 m^3/s.
⇨ seção de medição com uma praia grande e velocidade baixa.

17. Rio Trombetas em Oriximiná : 05/07/95 - 11 020 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução dos sedimentos em suspensão influenciada pelo rio Nhamundá.

18. Rio Amazonas em Óbidos : 05/07/95 - 196 730 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão. O ADCP apresentou problemas de eco falso do fundo.

19. Rio Tapajós em Alter do Chão : 06/07/95 - 8 670 m^3/s.
⇨ seção de medição extremamente larga com ligera inversão de velocidade entre os lados direito e esquerdo do rio. Esta anomalia é confirmada com a informação de sedimentos. Influência das águas do Rio Amazonas na margem esquerda do rio Tapajós.

20. Rio Amazonas a jusante de Santarém : 06/07/95 - 213 880 m^3/s.
⇨ boa seção de medição com dois canais (ilha) e com uma distribução bastante homogênea dos sedimentos em suspensão.

Os resultados das campanhas do projeto HiBAm permitirão completar às curvas chaves das estações da rede do DNAEE (Figura 3).

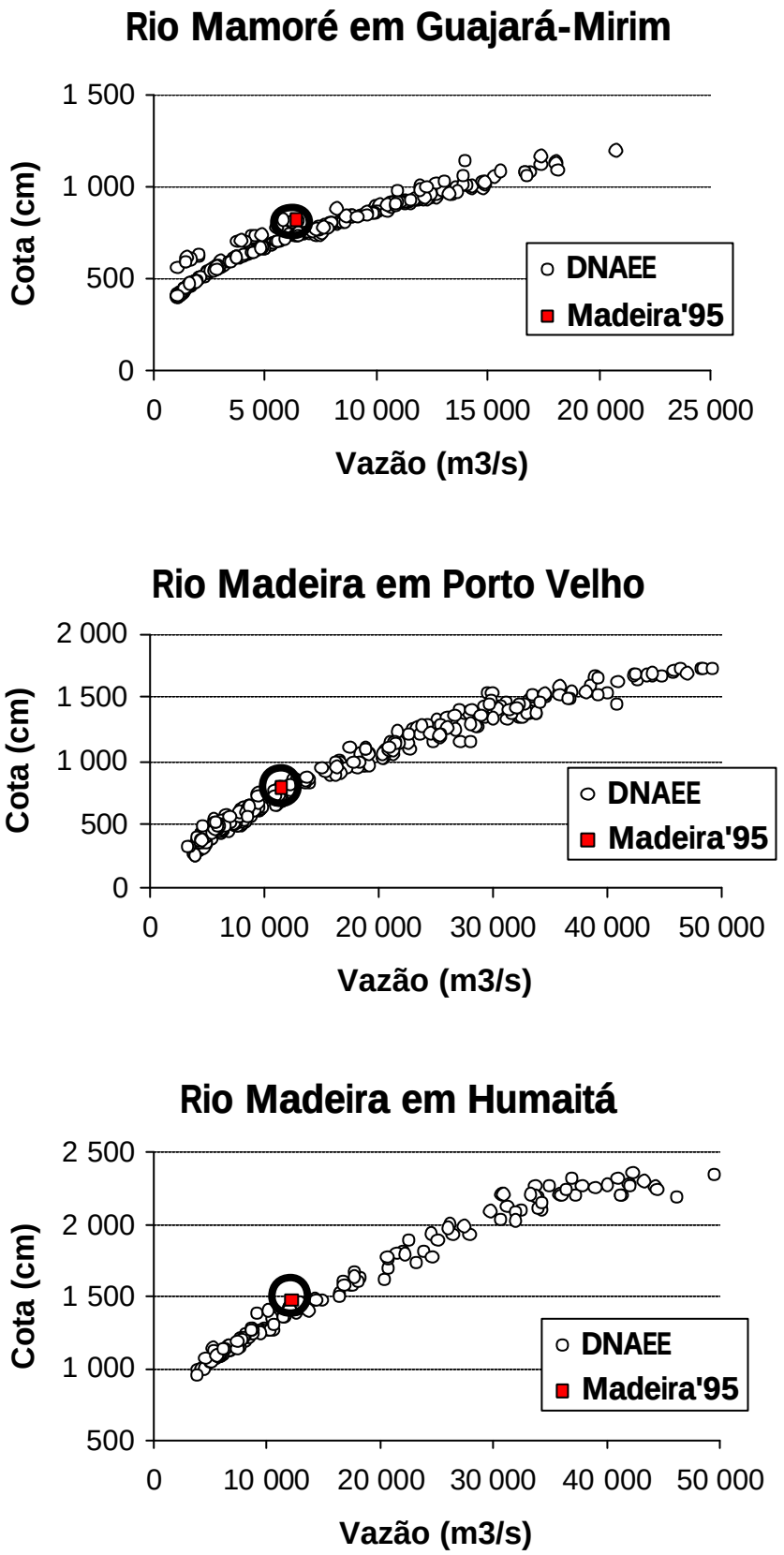
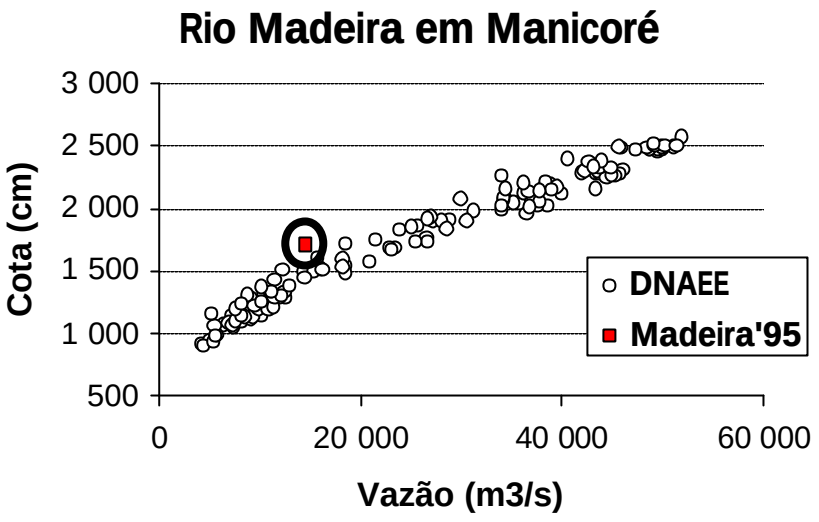
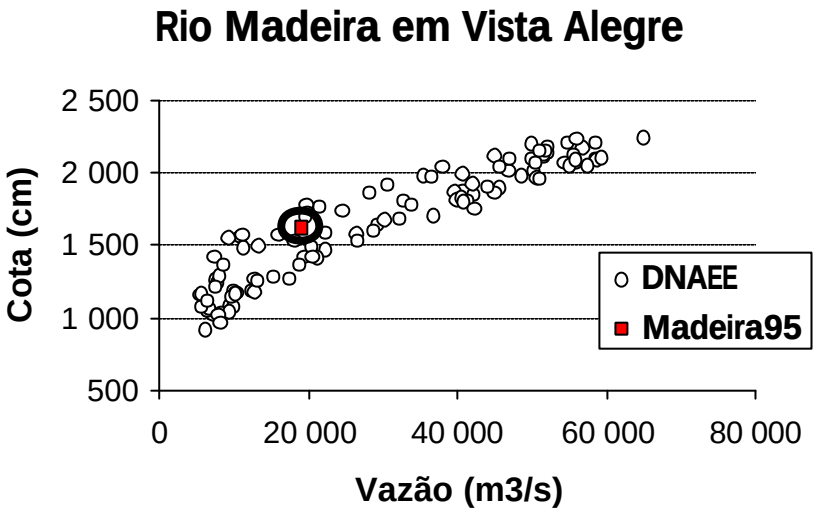


Figura 3 : O valor da medição de vazão nas curva-chaves das estações





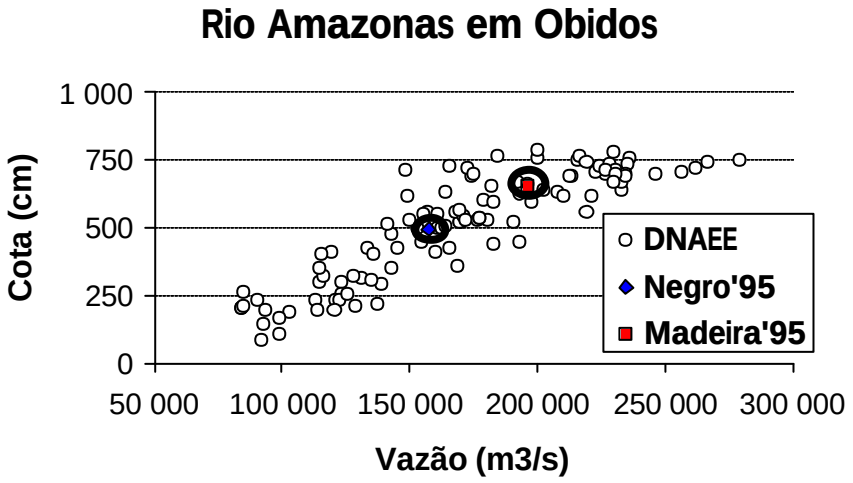


Figura 3 : O valor da medição de vazão nas curva-chaves das estações

5.2. Amostragem das águas e dos sedimentos

Durante a campanha 'Madeira 95', 38 pontos foram amostrados (Tabela 2). Quando foi possível, as vazões foram medidas com ADCP nos locais de amostragem.

Tabela 2 : Resultados das medições físico-químicas, e de MES

Cód	Data	Rio	Vazão (m^3/s)	Temp (°C)	Cond (µS/cm)	pH	Turb (NTU)	MES (mg/l)	HCO_3 (mg/l)
A1	15/06/95	Rio Zongo	*0*	3.3	16	6.5		2.0	
A2	17/06/95	Rio Coroico em Santa Barbara	*50*	20.9	29	6.8	15	4.6	
A3	18/06/95	Rio Coroico em Teoponte	*100*	21.9	51	7.0	5	6.8	
A4	18/06/95	Rio Challana em Guanay	*40*	20.0	26	6.9	46	55.6	
A5	18/06/95	Rio Tipuani em Guanay	*20*	20.2	41	6.8	330	338.0	
A6	18/06/95	Rio Mapiri em Guanay	*100*	22.7	145	6.9	29	31.8	
A7	18/06/95	Rio Kaka em Teoponte	*260*	21.9	85	7.1	80	62.4	
A8	19/06/95	Rio Alto-Beni em Sapecho		22.0	228	7.1	180	69.8	
A9	20/06/95	Rio Beni em Angosto del Bala	*900*	21.8	134	6.1	210	233.8	
A10	22/06/95	Rio Madre de Dios em Riberalta		25.2	81	6.6	230	384.4	
A11	22/06/95	Rio Beni em Riberalta		24.8	154	6.5	271	167.0	
A12	22/06/95	Rio Orthon		25.6	68	7.1	96	127.6	
A13	23/06/95	Rio Beni em Cachuela esperanza		25.5	96	6.8	230	115.4	
A14	23/06/95	Rio Yata		25.7	18	7.0	13	5.6	
A15	24/06/95	Rio Mamoré em Villabella	6 450	25.6	62	7.0	77	50.8	
A16	24/06/95	Rio Beni em Villabella	4 040						
A17	24/06/95	Rio Abunã em Abunã	210	24.6	8	5.9	128	14.4	
A18	24/06/95	Rio Madeira em Abunã	10 520	25.9	74	6.9	141	80.8	
A19	25/06/95	Rio Mutum Paraná		22.9	6	6.7	35		
A20	25/06/95	Rio Jacy Paraná		24.8	11	6.9	17	5.4	
A21	26/06/95	Rio Madeira em Porto Velho	11 560	26.5	73	7.3	114	158.0	59.8
A22	28/06/95	Rio Candeias		25.8	9	7.2	55	13.6	14.3
A23	28/06/95	Rio Jamari		27.5	22	7.1	5	4.3	20.7
A24	28/06/95	Rio Preto		26.8	5	6.2	11	4.6	
A25	28/06/95	Rio Machado	880	27.6	24	6.8	9	9.9	21.7
A26	29/06/95	Rio Madeira em Humaitá	12 250	27.2	65	7.0	100	66.6	50.0
A27	30/06/95	Rio Marmelos	600	27.4	5	5.8	2	1.8	2.1
A28	30/06/95	Rio Madeira em Manicoré	14 660	28.0	60	6.8	90	135.7	46.7
A29	01/07/95	Rio Aripuanã em Novo Aripuanã	2 200	28.4	15	6.7	10	3.0	17.1
A30	01/07/95	Rio Madeira em Vista Alegre	19 140	28.4	52	7.0	77	63.5	36.0
A31	01/07/95	Rio Madeira em Borba	19 760	28.0	48	7.0	65	51.1	38.4
A32	02/07/95	Rio Madeira na foz	18 990	28.2	45	6.9	50	18.6	36.0
A33	02/07/95	Rio Amazonas na foz do Madeira	171 190	27.8	40	6.8	42	77.4	31.1
A34	04/07/95	Rio Uatumã em Santana	2 750	28.6	16	5.8	2	4.0	11.3
A35	05/07/95	Rio Trombetas em Oriximiná	11 020	26.4	12	6.4	3	8.1	7.3
A36	05/07/95	Rio Nhamundá em Oriximiná		29.5	38	6.6	6	8.4	29.9
A37	05/07/95	Rio Amazonas em Obidos	196 700	28.1	43	6.6	53	56.3	32.6
A38	06/07/95	Rio Tapajós em Alter do Chão	8 670	29.3	15	7.1	2	5.3	15.6

Os parâmetros físico-químicos da água (temperatura, condutividade, pH, turbidez) foram medidos 'in situ', na voadeira. A determinação da alcalinidade (teores em HCO_3^-) foi realizada no barco, depois da amostragem, com o método potenciométrico. Todas as amostras foram filtradas no próprio barco, com filtros de diferentes tipos e porosidades, em função do tipo de análises a serem realizadas. As concentrações de materia em suspensão (MES) foram determinadas no laboratório da Universidade de Brasília (UnB), depois da campanha, a partir dos filtros. As amostragens para análises de elementos traços também foram efetuadas na voadeira para evitar contaminação pelos gases do motor do barco.

Os resultados mostram boas relações entre turbidez e MES (Figura 4) e entre condutividade e alcalinidade (Figura 5).

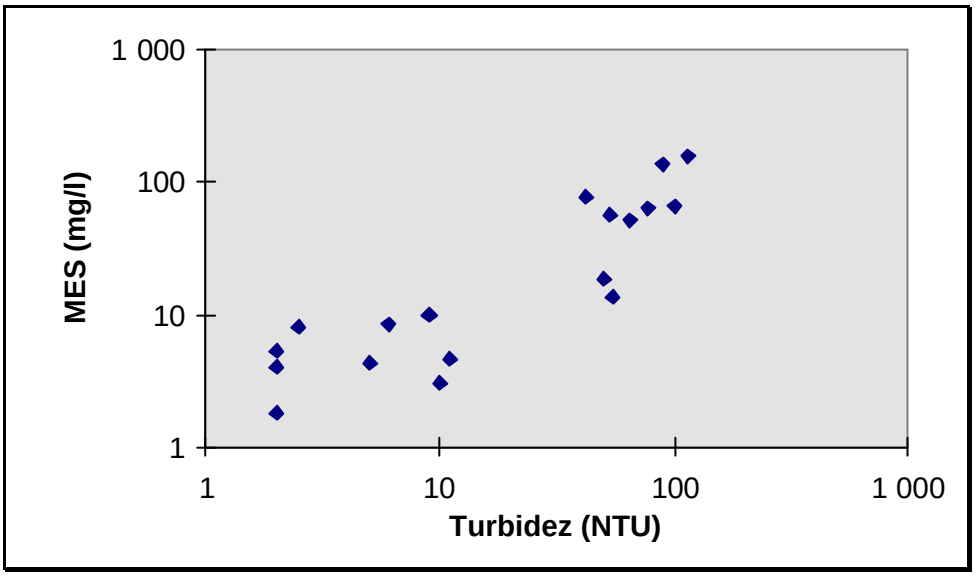


Figura 4 : MES vs. Turbidez

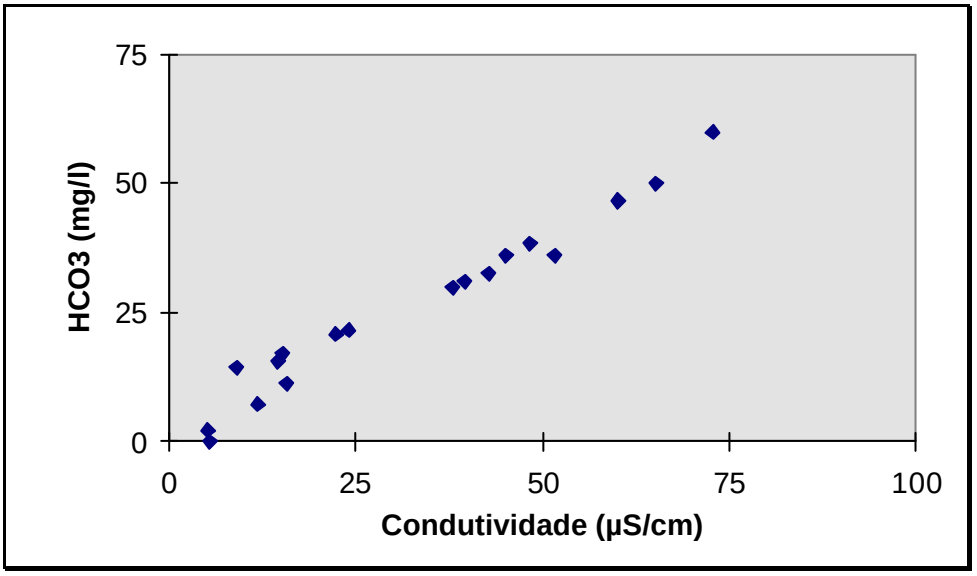


Figura 5 : HCO3 vs. Condutividade

Para poder calcular com maior precisão o fluxo de sedimentos na seção de medição, utilizando a informação do ADCP (Anexo 2), é necessario conhecer a relação MES = f(Intensidade do ADCP). Esta relação foi estudada para os diferentes tipos de rios (Figura 6). Parece que cada rio tem sua própria relação. No rio Madeira, a distribução é bastante dispersa, e seria provavelmente melhor diferenciar trechos deste rio.

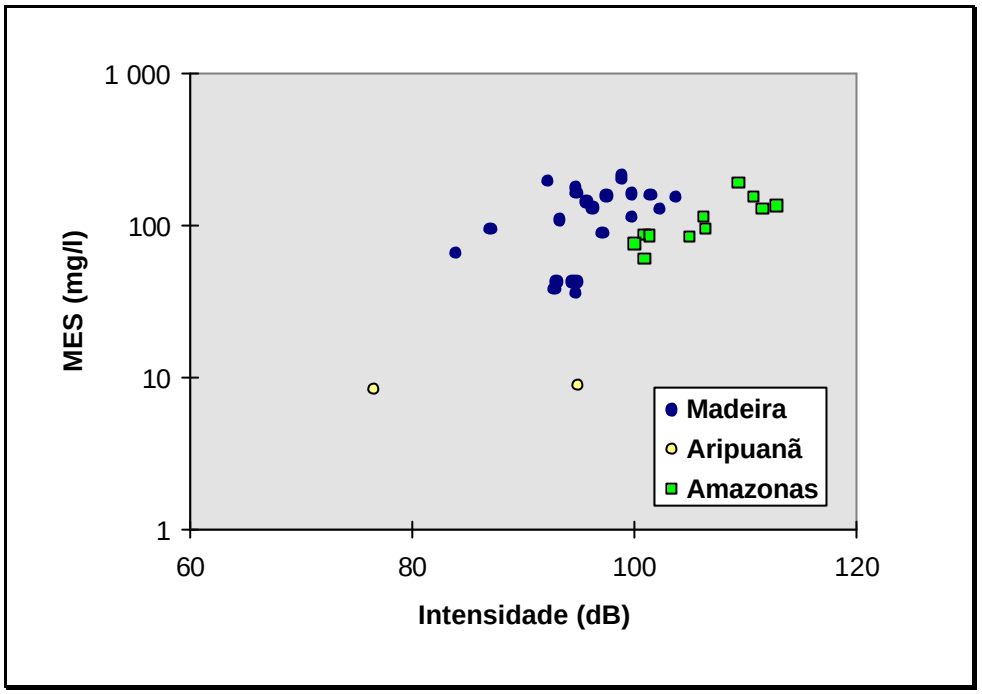


Figura 6 : MES vs. Intensidade (ADCP)

6. CONCLUSÃO

Foi realizada pela primeira vez uma campanha completa de medição de vazão, amostragem de sedimentos, materias em suspensão e águas ao longo do rio Madeira, desde as geleiras da Bolívia até o rio Amazonas no Brasil.

Durante esta campanha, foram realizadas 56 medições de vazão em 20 estações fluviométricas, que permitam precisar as curvas-chaves destes locais.

Também foi dada continuidade ao treinamento dos técnicos do DNAEE e da CPRM nos métodos de medição de vazão com ADCP.

A metodologia e os equipamentos utilizados pelo programa HiBAm estão agora ‘no ponto’ para as próximas campanhas de medição.

Anexo 1

Localização das estações de medição de vazão e dos pontos de amostragem no Brasil

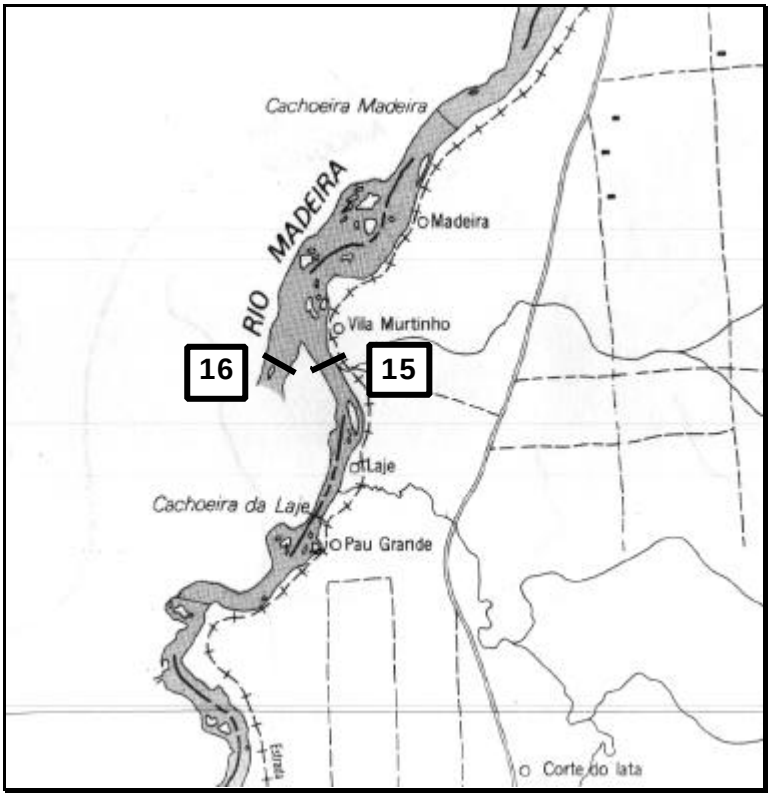
Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

15. Rio Mamoré em Villabella / Novo Mamoré (Rondônia) : 24/06/95

Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S 10°23.41'	Long. : W 065°22.98'
Margem esquerda	Lat. : S 10°23.58'	Long. : W 065°23.20'
Ponto de amostragem	Lat. : S 10°23.54'	Long. : W 065°22.91'

16. Rio Beni em Villabella / Novo Mamoré (Rondônia) : 24/06/95

Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S 10°23.65'	Long. : W 065°23.65'
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 10°23.65'	Long. : W 065°23.54'



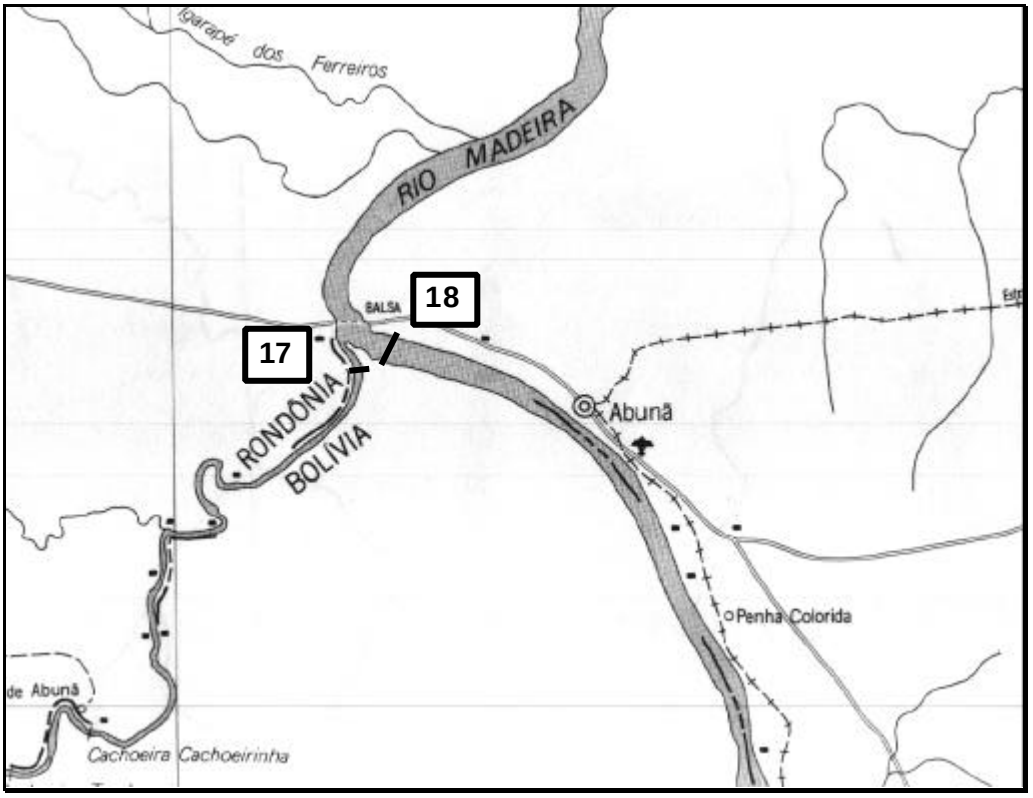
Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

17. Rio Abunã em Abunã (Rondônia) : 24/06/95

Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 09°40.56'	Long. : W 065°26.60'

18. Rio Madeira em Abunã (Rondônia) : 24/06/95

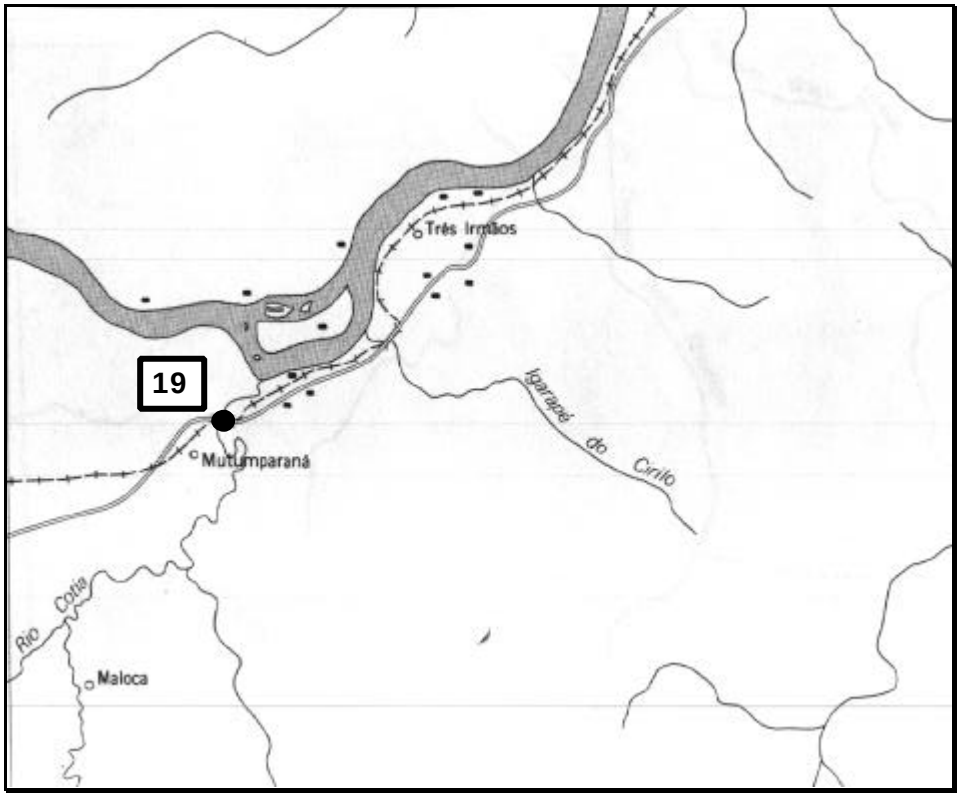
Código DNAEE	15 320 002	
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 09°40.40'	Long. : W 065°26.35'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

19. Rio Mutumparaná em Mutumparaná (Rondônia) : 25/06/95

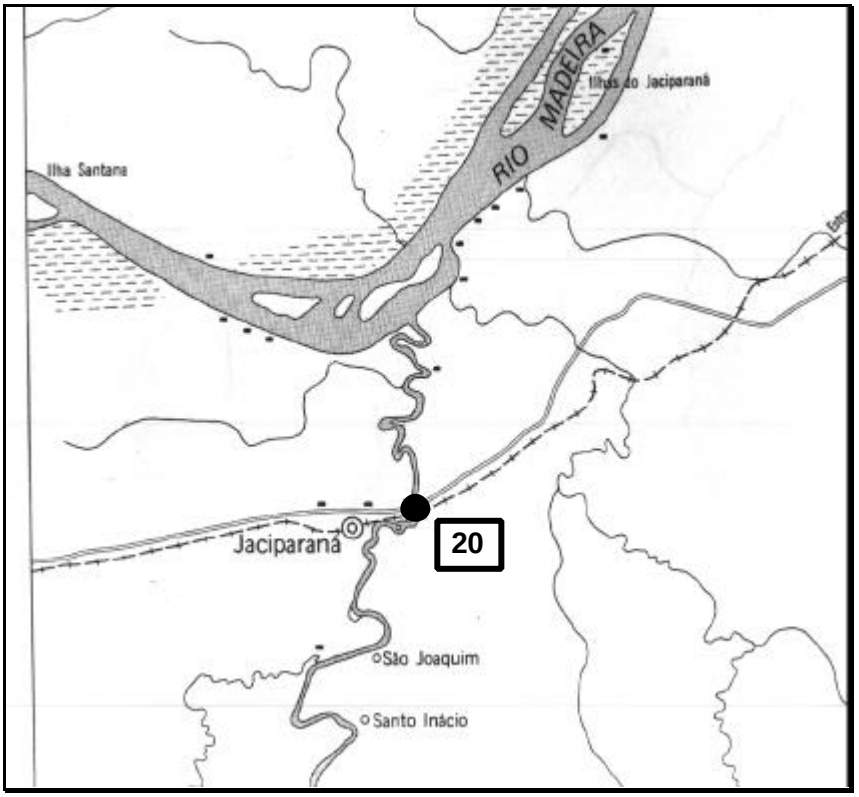
Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 09°37.08'	Long. : W 064°56.00'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

20. Rio Jaciparaná em Jaciparaná (Rondônia) : 25/06/95

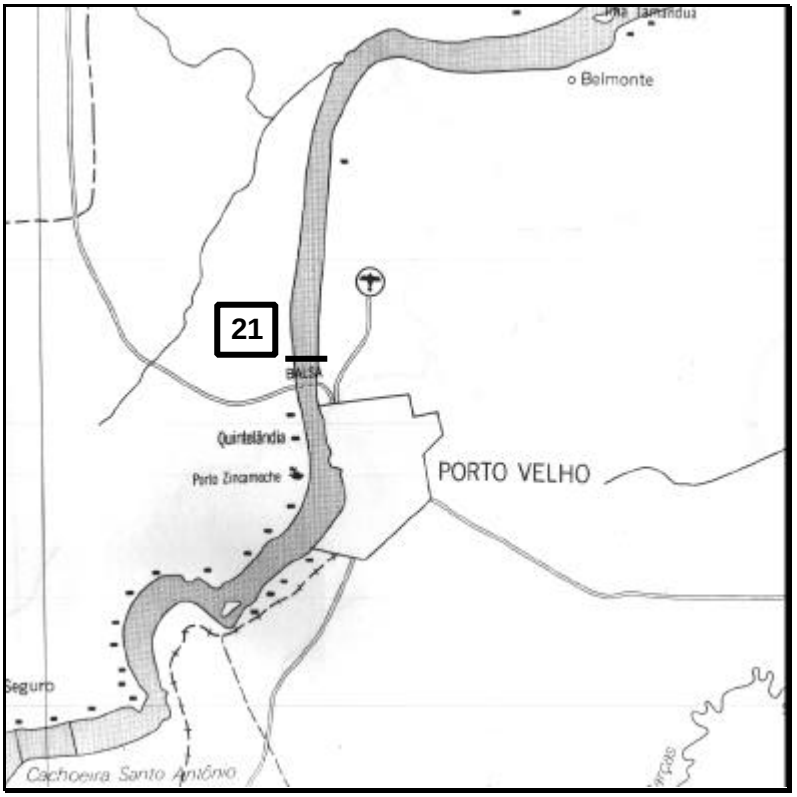
Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 09°15.48'	Long. : W 064°23.23'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

21. Rio Madeira em Porto Velho (Rondônia) : 26/06/95

Código DNAEE	15 400 000	
Margem direita	Lat. : S 08°44.12'	Long. : W 063°55.13'
Margem esquerda	Lat. : S 08°44.19'	Long. : W 063°55.50'
Ponto de amostragem	Lat. : S 08°44.11'	Long. : W 063°55.34'



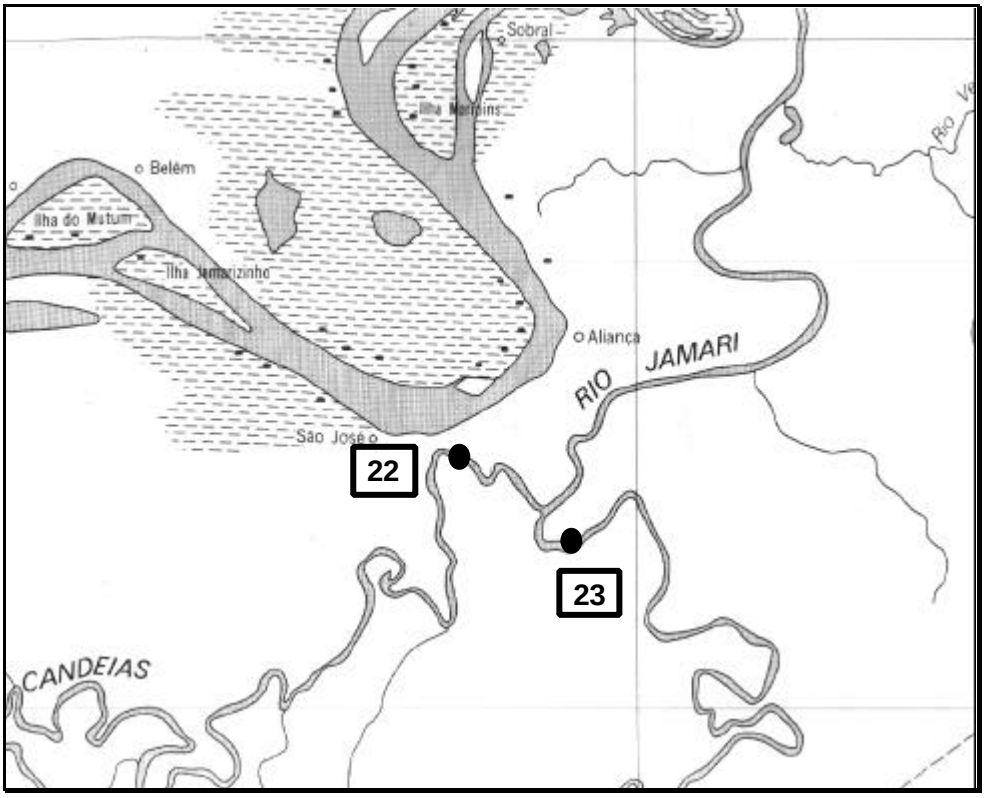
Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

22. Rio Candeias em São José (Rondônia) : 28/06/95

Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 08°37.71'	Long. : W 063°33.28'

23. Rio Jamari em São José (Rondônia) : 28/06/95

Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 08°39.76'	Long. : W 063°31.97'



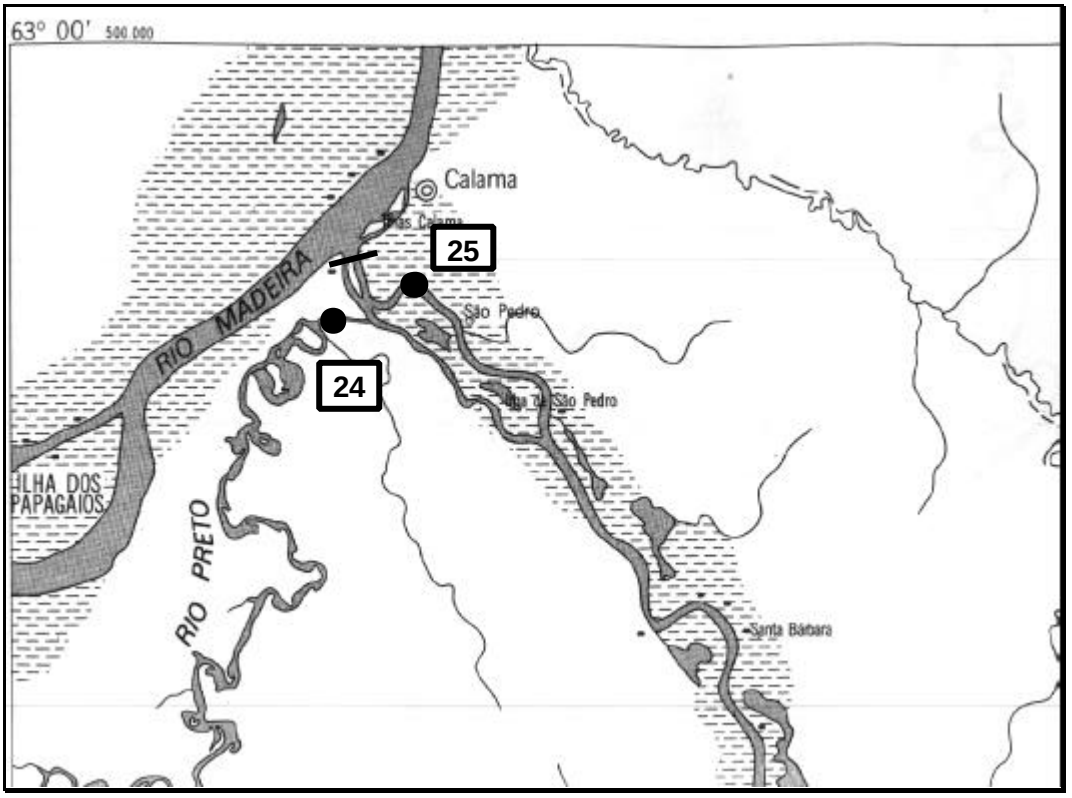
Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

24. Rio Preto em Calama (Rondônia) : 28/06/95

Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S	Long. : W
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 08°04.43'	Long. : W 062°53.72'

25. Rio Machado - Jiparaná em Calama (Rondônia) : 28/06/95

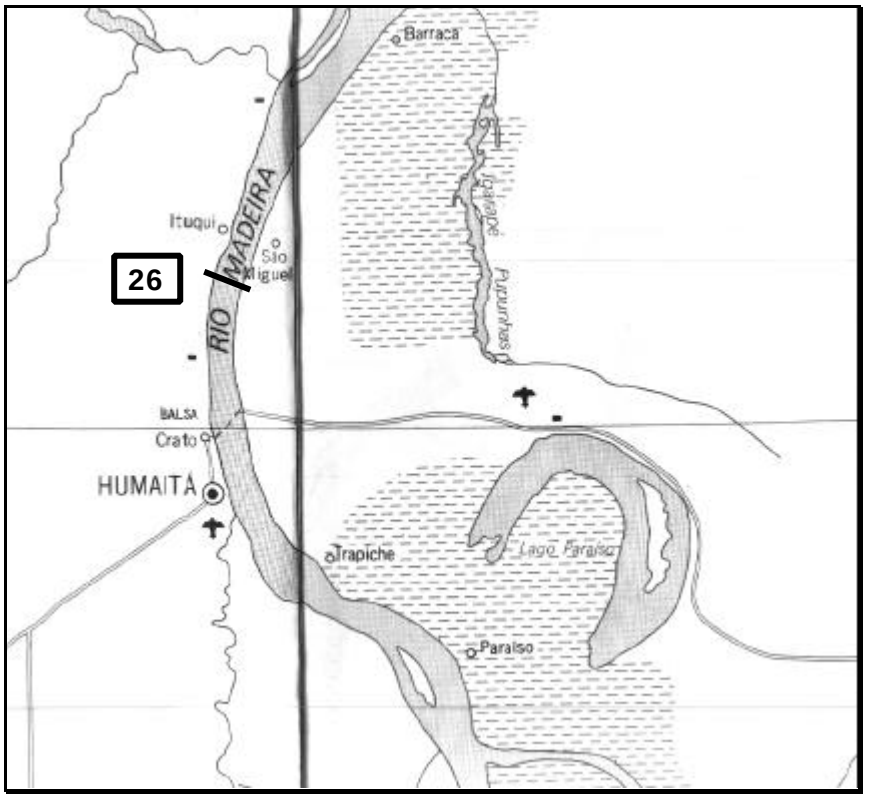
Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S 08°03.23'	Long. : W 062°53.76'
Margem esquerda	Lat. : S 08°03.28'	Long. : W 062°53.98'
Ponto de amostragem	Lat. : S 08°04.57'	Long. : W 062°53.21'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

26. Rio Madeira em Humaitá (Amazonas) : 29/06/95

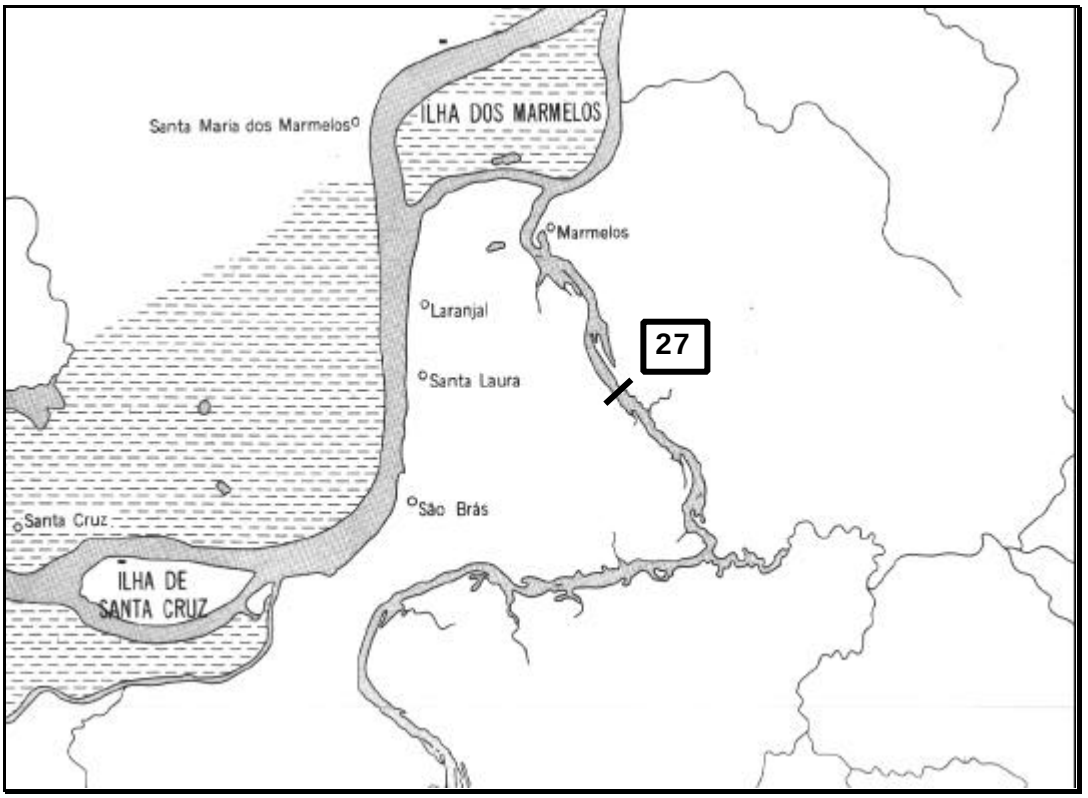
Código DNAEE	15 630 000	
Margem direita	Lat. : S 07°27.94'	Long. : W 063°01.04'
Margem esquerda	Lat. : S 07°27.79	Long. : W 063°01.56'
Ponto de amostragem	Lat. : S 07°24.77'	Long. : W 063°01.51'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

27. Rio Marmelos em Marmelos (Amazonas) : 30/06/95

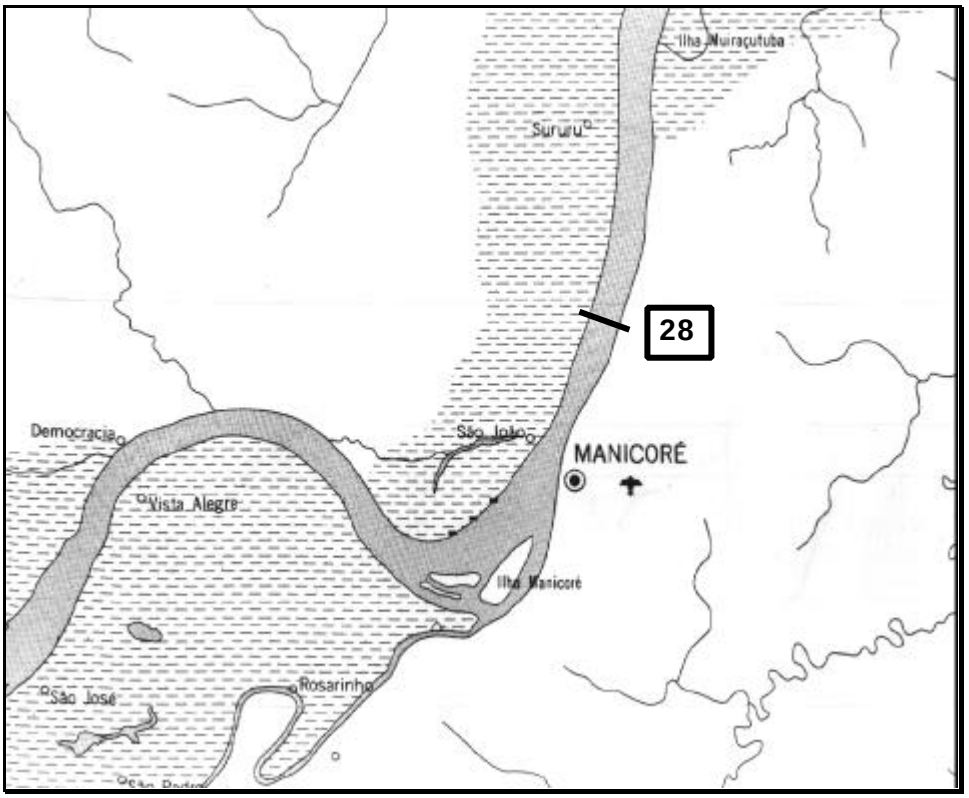
Código DNAEE		
Margem direita	Lat. : S 06°12.40'	Long. : W 061°45.79'
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 06°12.39'	Long. : W 061°45.78'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

28. Rio Madeira em Manicoré (Amazonas) : 30/06/95

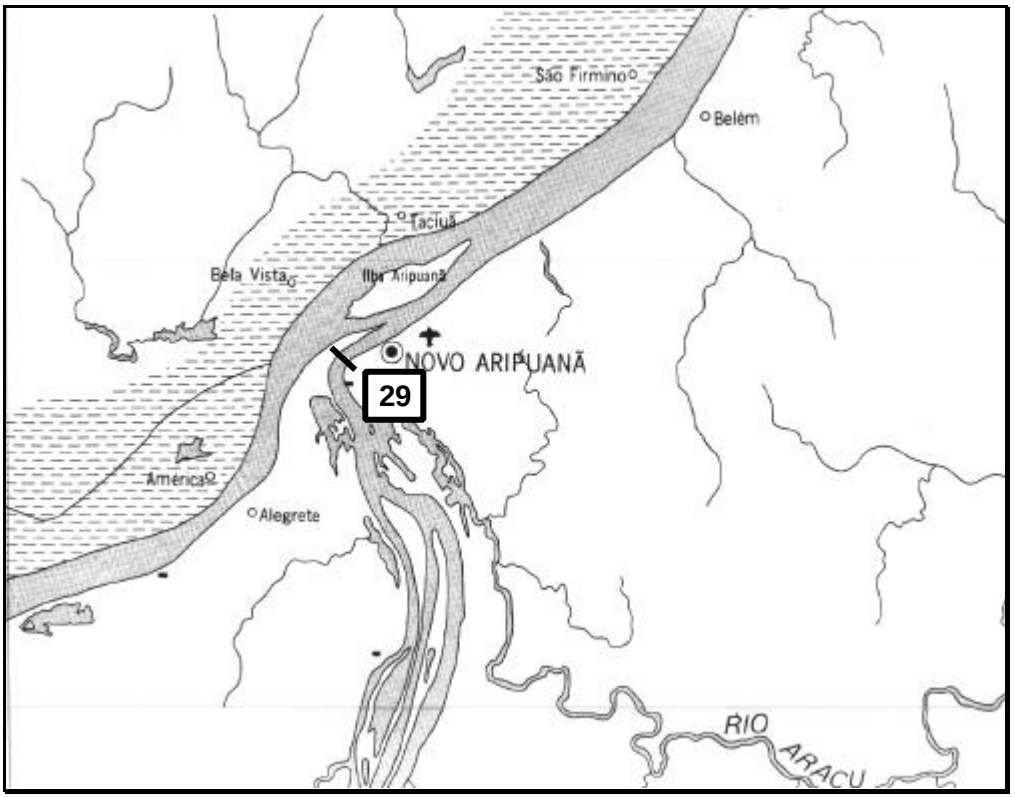
Código DNAEE	15 700 000	
Margem direita	Lat. : S 05°48.98'	Long. : W 061°18.44'
Margem esquerda	Lat. : S 05°47.00'	Long. : W 061°18.03'
Ponto de amostragem	Lat. : S 05°48.99'	Long. : W 061°18.42'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

29. Rio Aripuanã em Novo Aripuanã (Amazonas) : 01/07/95

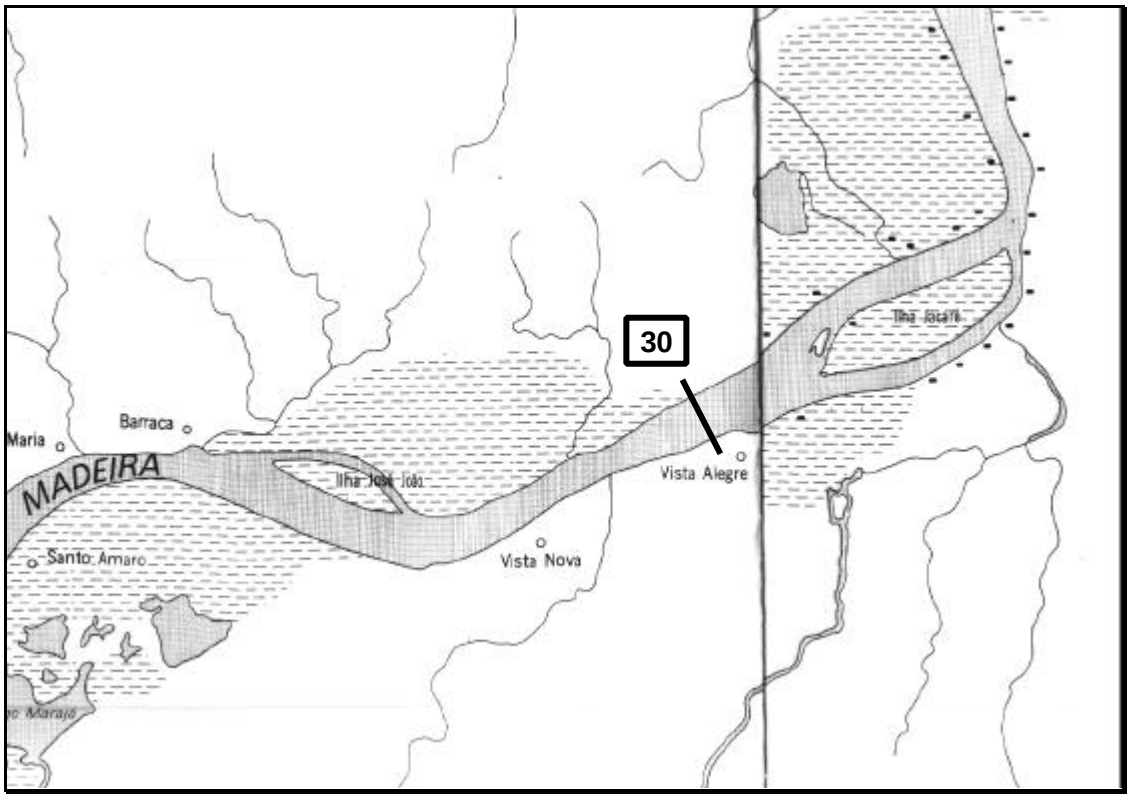
Código DNAEE	15 850 000	
Margem direita	Lat. : S 05°07.97'	Long. : W 060°24.05'
Margem esquerda	Lat. : S	Long. : W
Ponto de amostragem	Lat. : S 05°08.01'	Long. : W 060°24.24'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

30. Rio Madeira em Vista Alegre (Amazonas) : 01/07/95

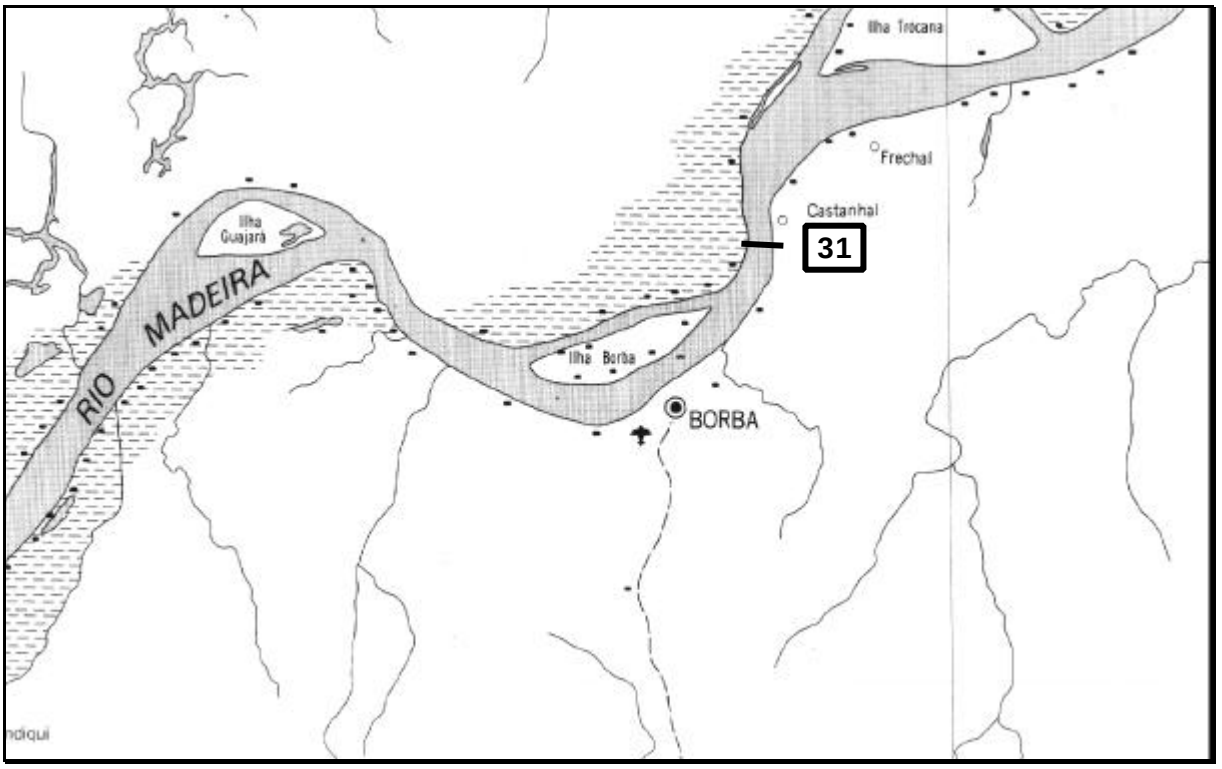
Código DNAEE	15 860 000	
Margem direita	Lat. : S 04°53.81'	Long. : W 060°01.59'
Margem esquerda	Lat. : S 04°53.26'	Long. : W 060°01.90'
Ponto de amostragem	Lat. : S 04°53.50'	Long. : W 060°01.70'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

31. Rio Madeira em Borba (Amazonas) : 01/07/95

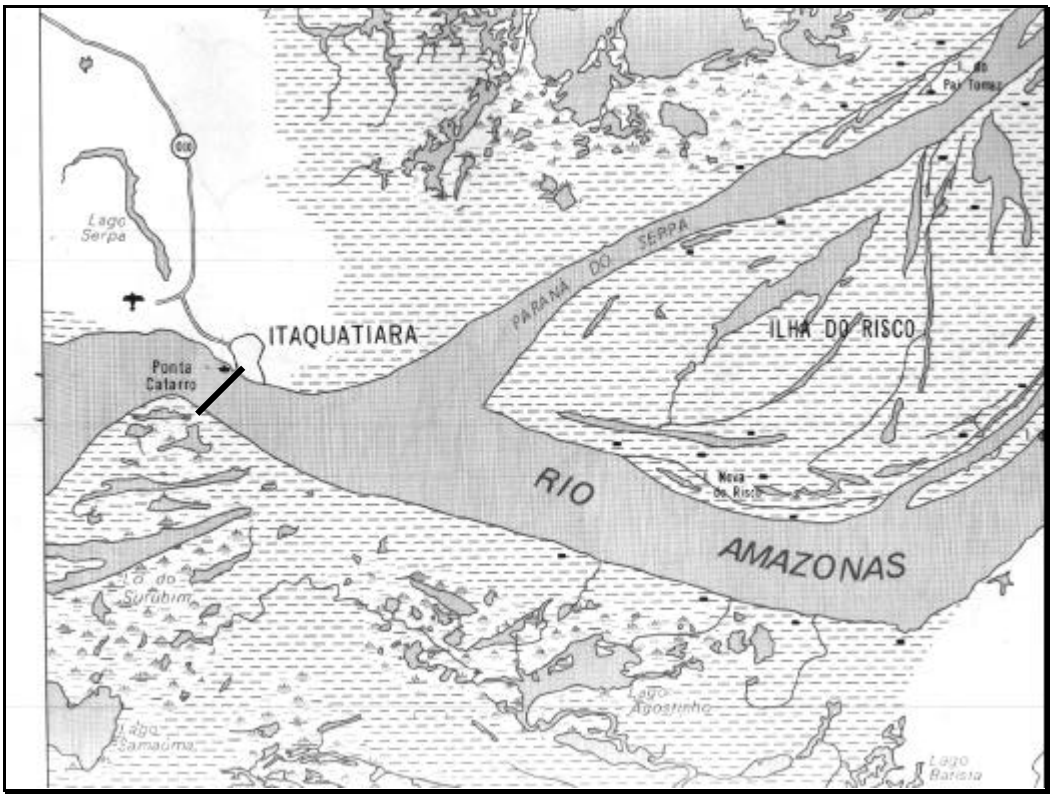
Código DNAEE	15 900 000	
Margem direita	Lat. : S 04°20.87'	Long. : W 059°33.33'
Margem esquerda	Lat. : S 04°20.57'	Long. : W 059°33.87'
Ponto de amostragem	Lat. : S 04°22.88'	Long. : W 059°35.46'



Medição de vazão
Amostragem d'água e de sedimentos

Rio Amazonas em Itacoatiara (Amazonas) : 03/07/95

Código DNAEE	16 030 000	
Margem direita	Lat. : S 03°09.78'	Long. : W 058°27.13'
Margem esquerda	Lat. : S 03°09.11'	Long. : W 058°28.64'
Ponto de amostragem	Lat. : S	Long. : W

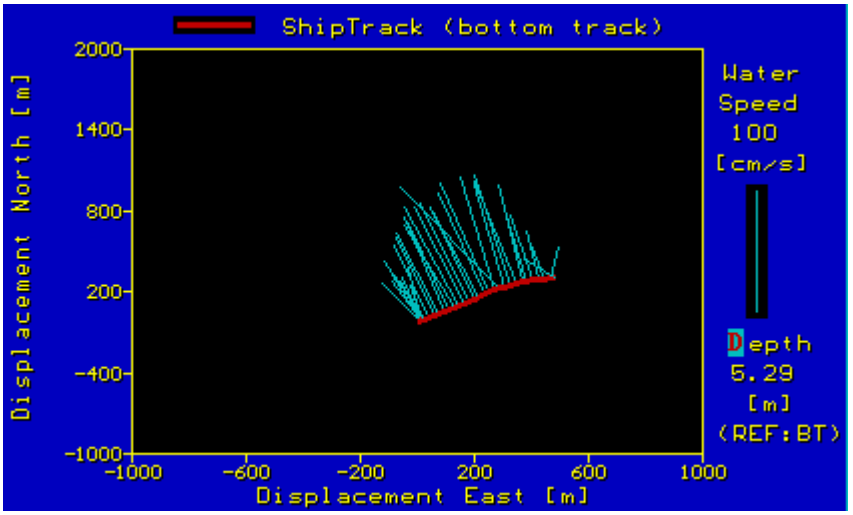


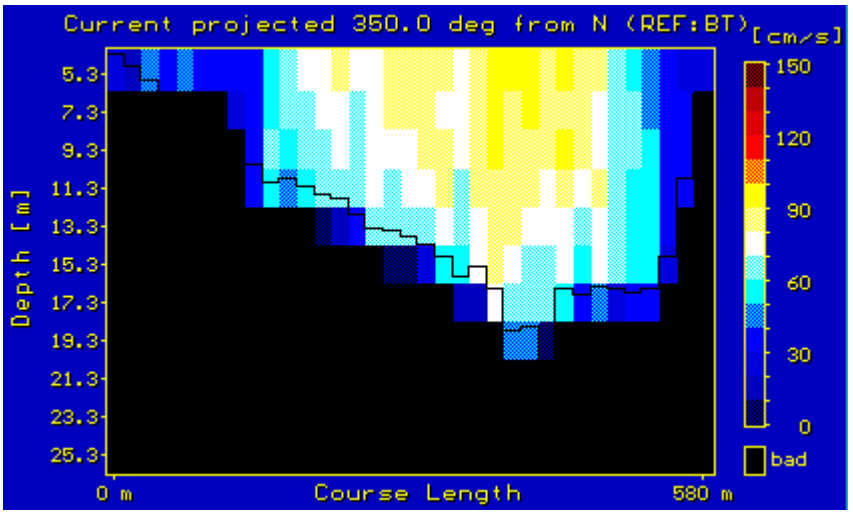
Anexo 2

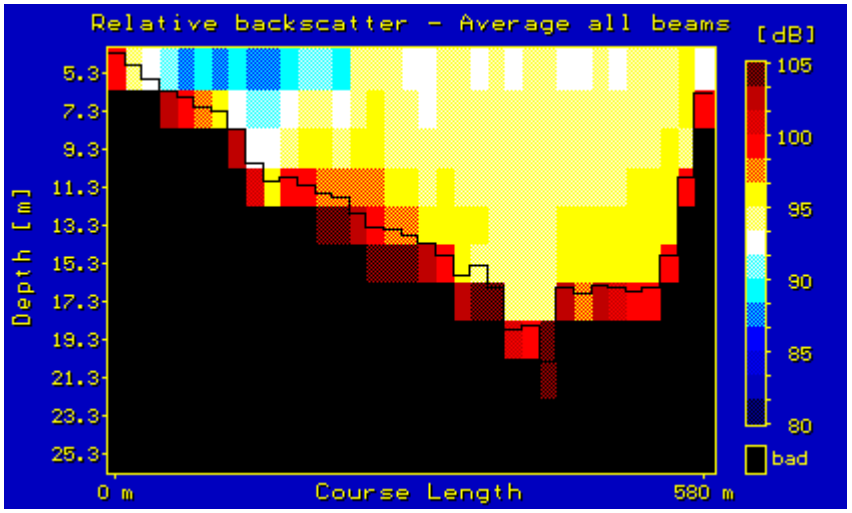
Gráficos das medições de vazão com ADCP

Rio Mamoré em Villabella (Novo Mamoré)

[24/06/1995 : 6 450 m^3/s]

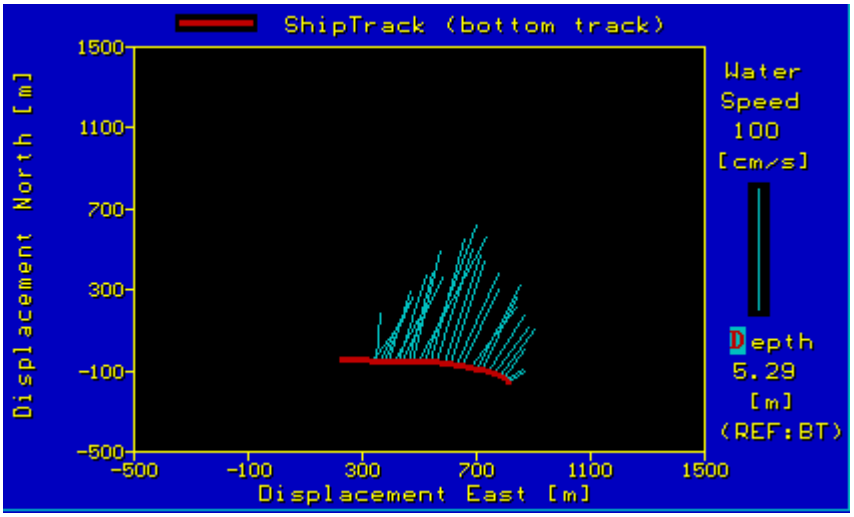


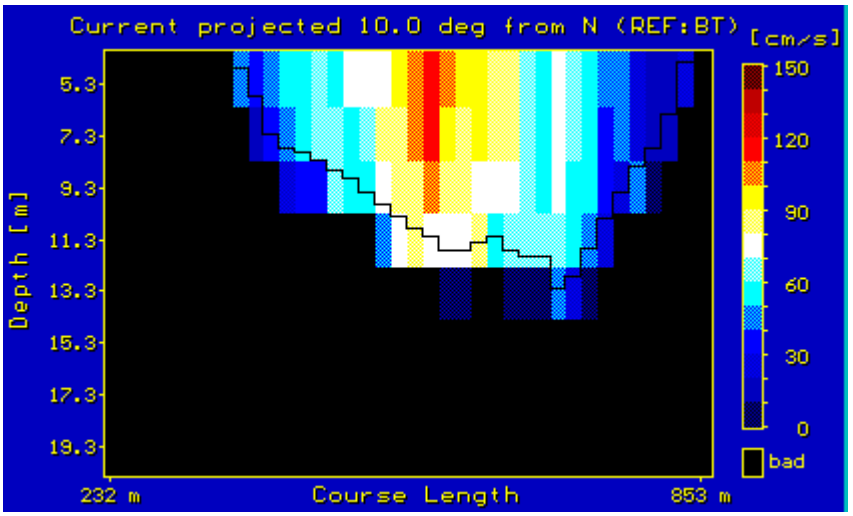


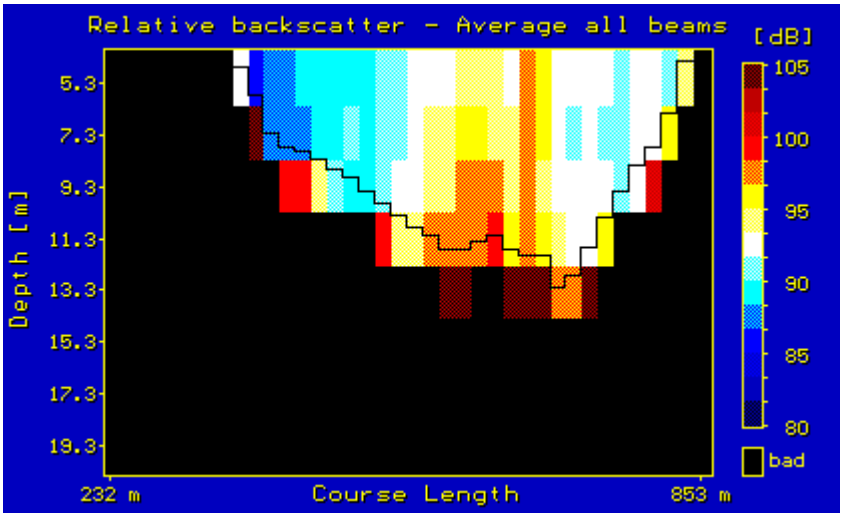


Rio Beni em Villabella (Novo Mamoré)

[24/06/1995 :4 040 m^3/s]

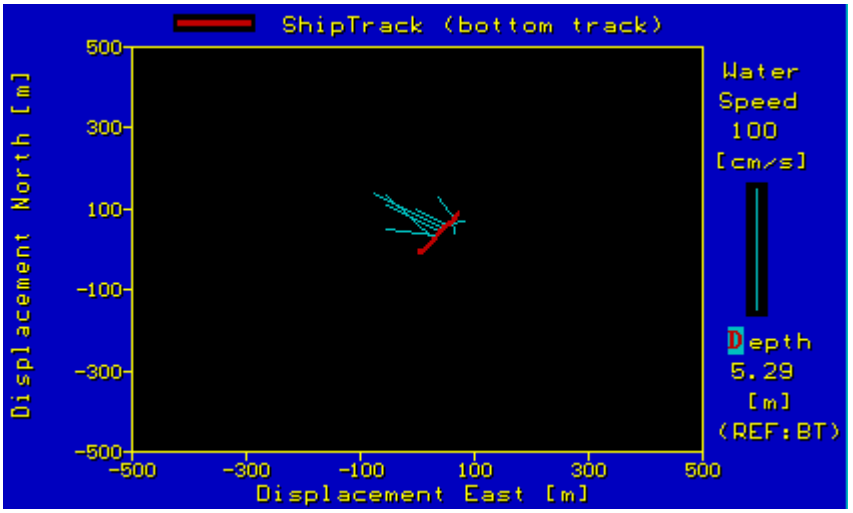


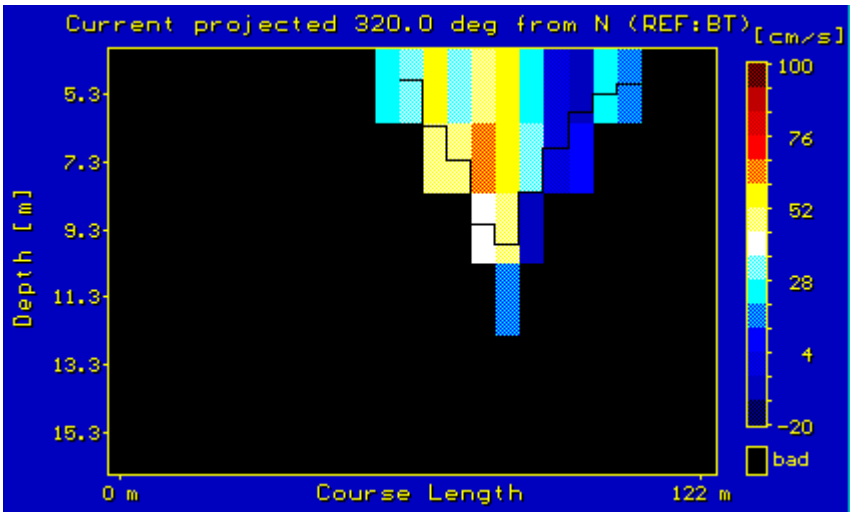


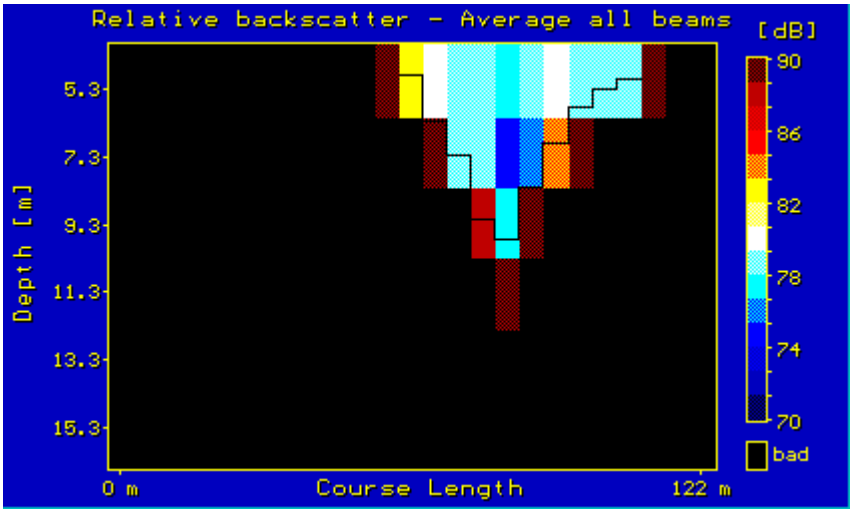


Rio Abunã em Abunã

[24/06/1995 : 209 m^3/s]

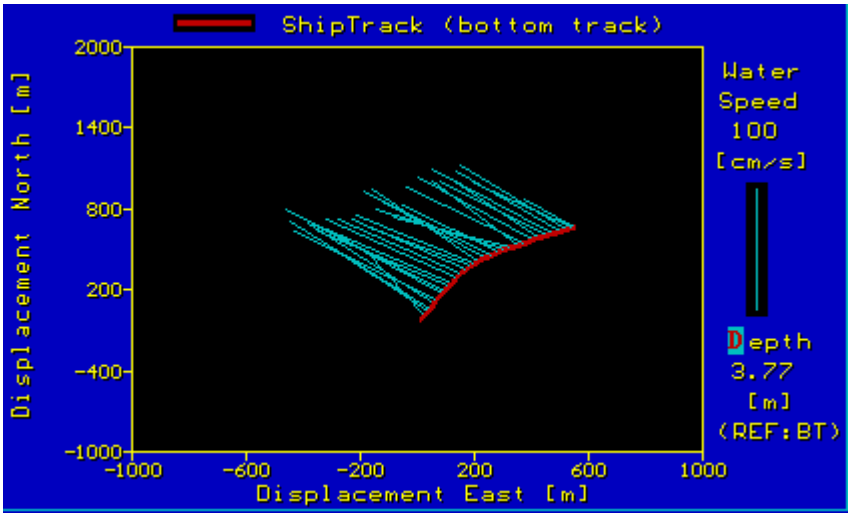


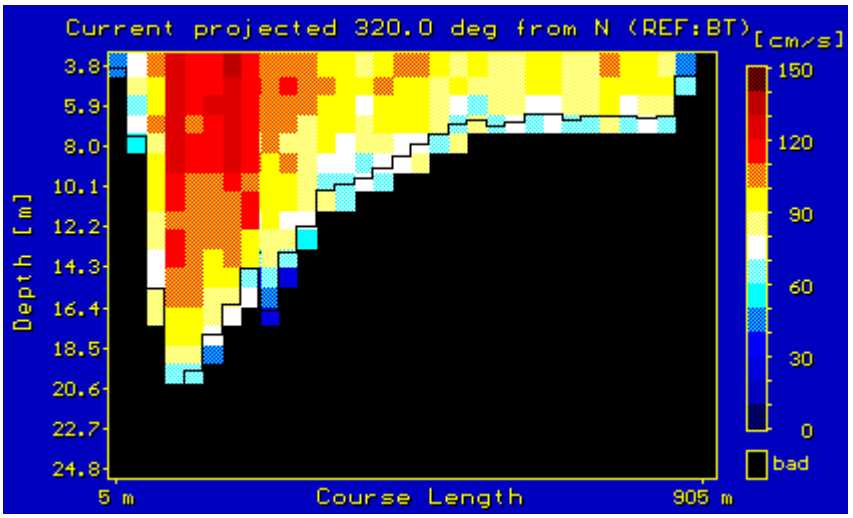


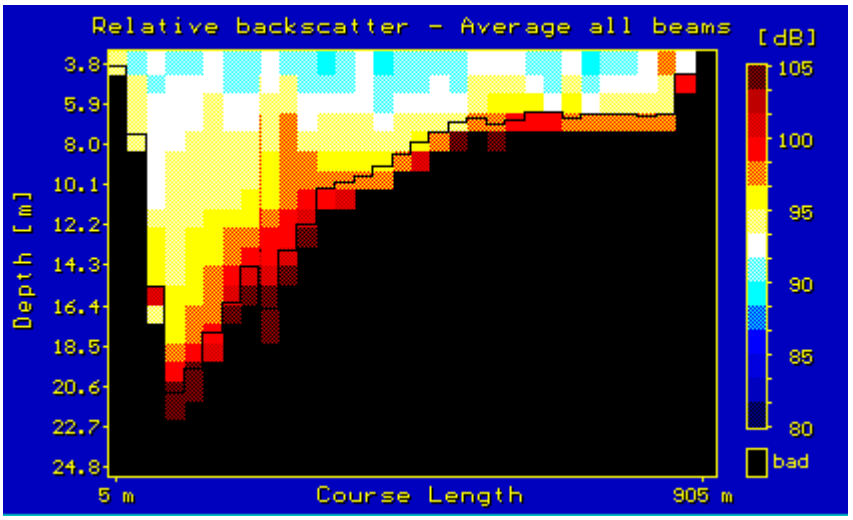


Rio Madeira em Abunã

[24/06/1995 : 10 520 m^3/s]

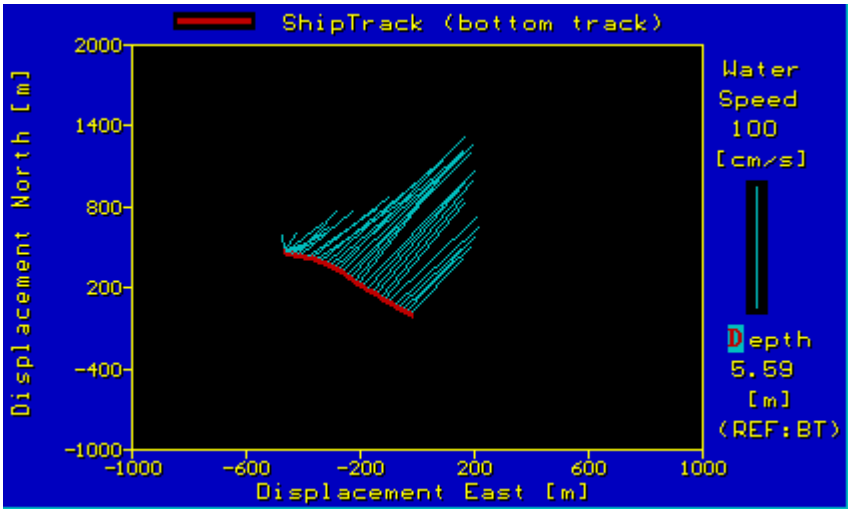


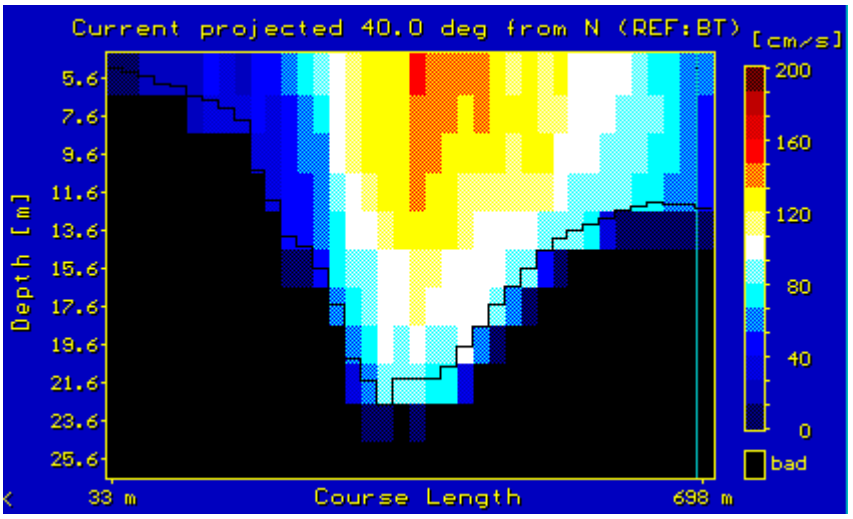


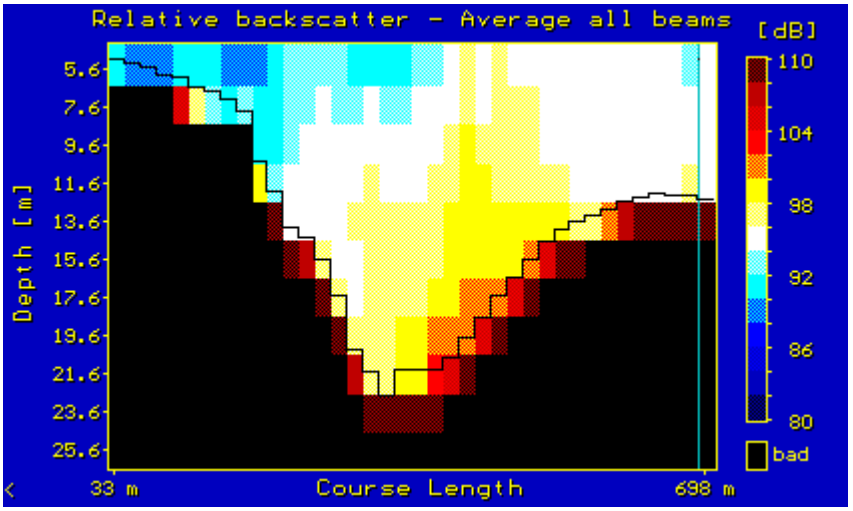


Rio Madeira em Porto Velho

[26/06/1995 : 11 560 m^3/s]

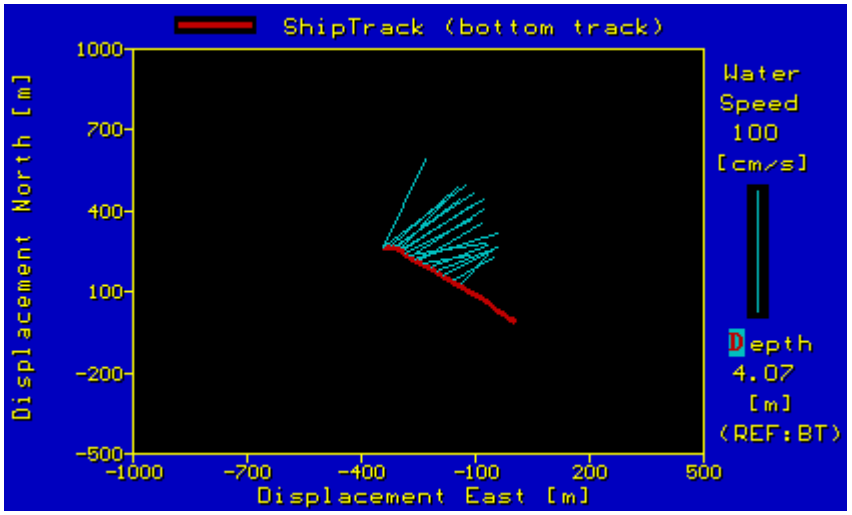


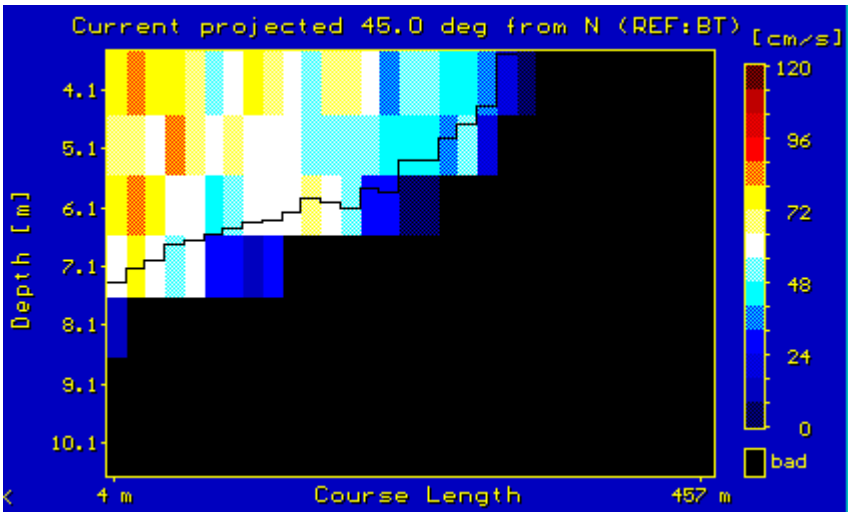


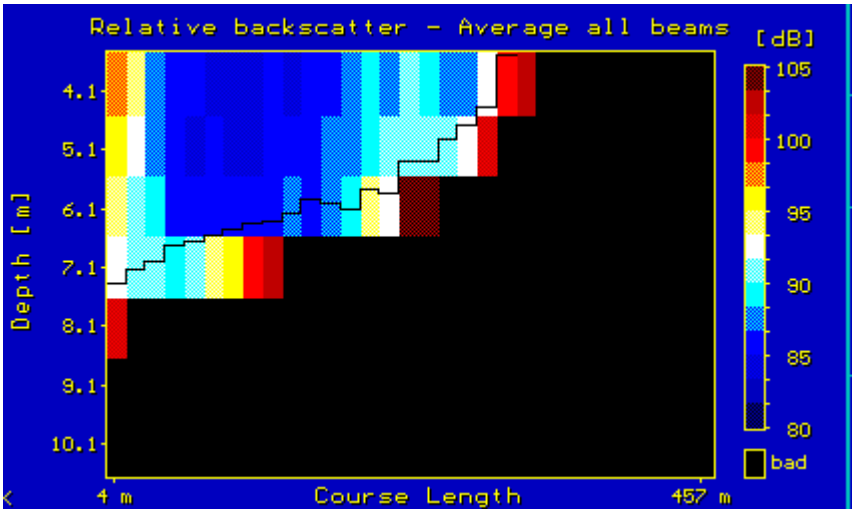


Rio Machado (Jiparaná) em Calama

[28/06/1995 : 879 m^3/s]

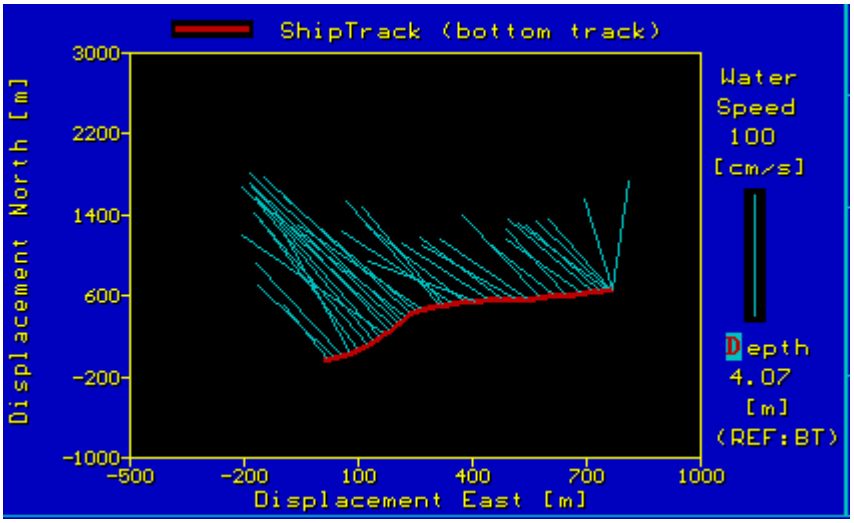


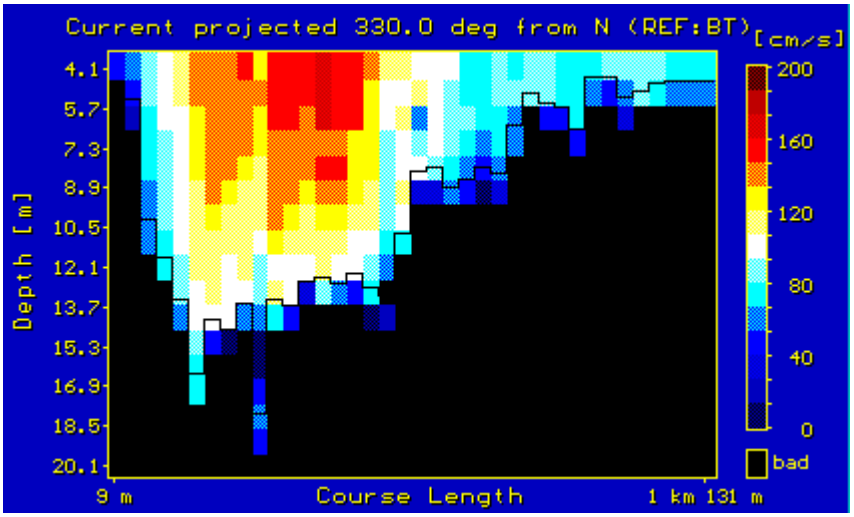


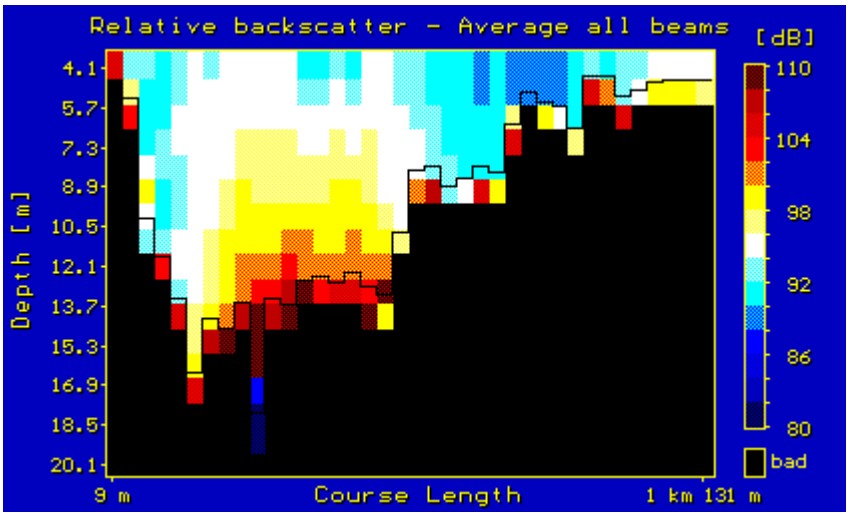


Rio Madeira em Humaitá

[29/06/1995 :12 250 m^3/s]

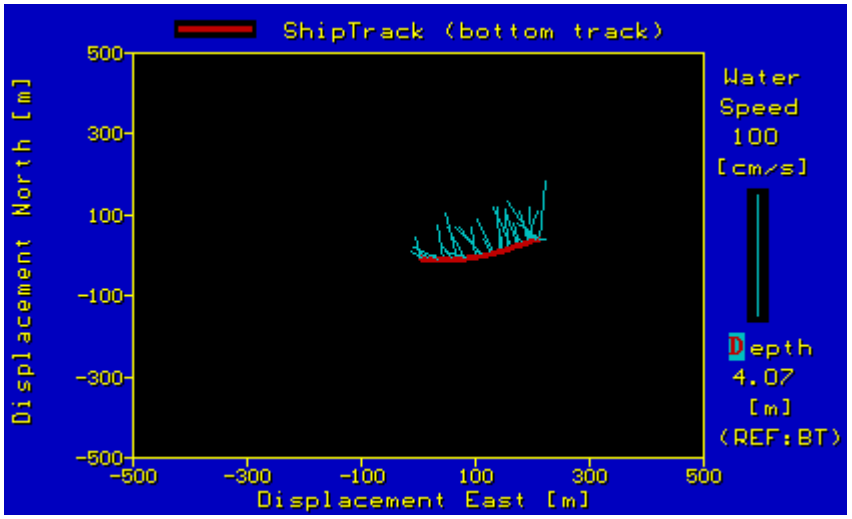


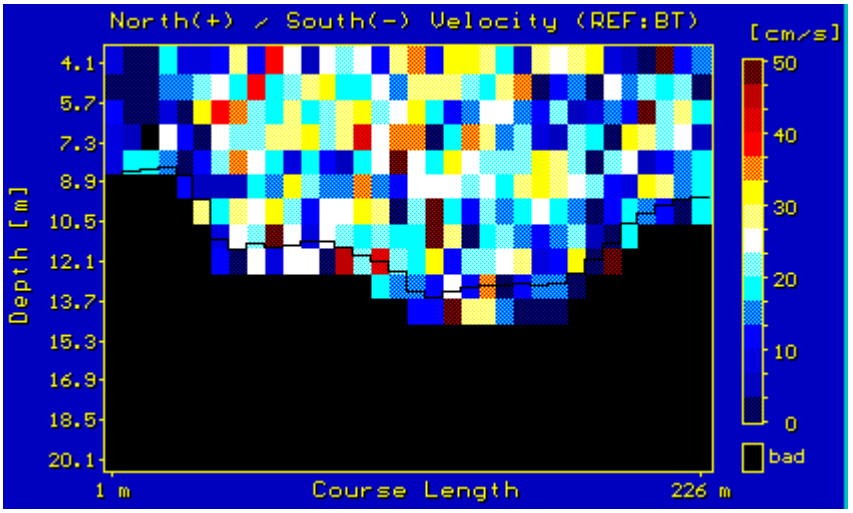


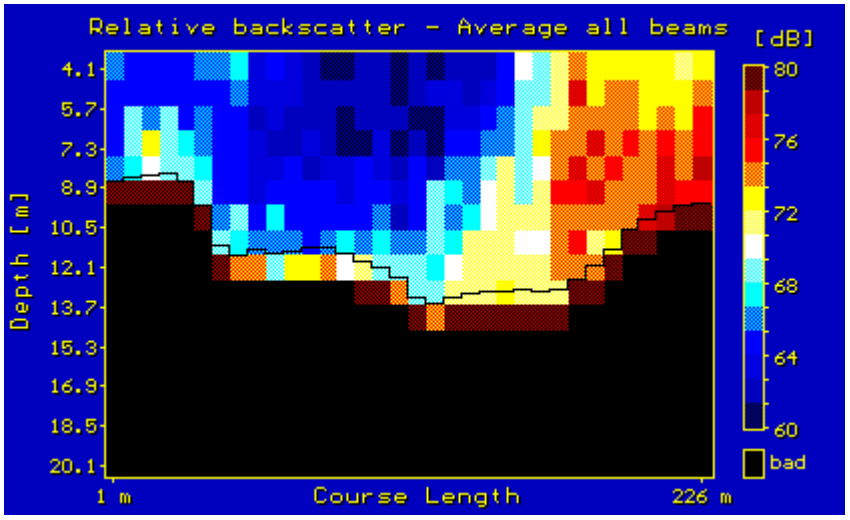


Rio Marmelos em Marmelos

[30/06/1995 : 597 m^3/s]

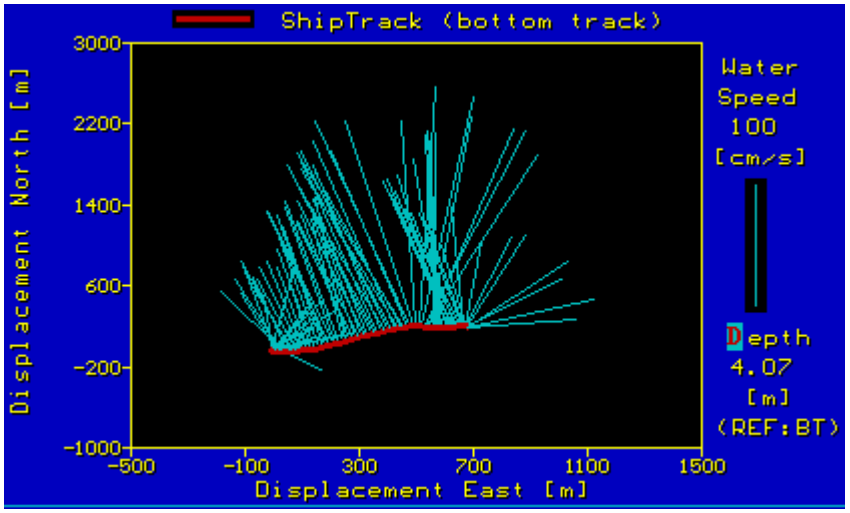


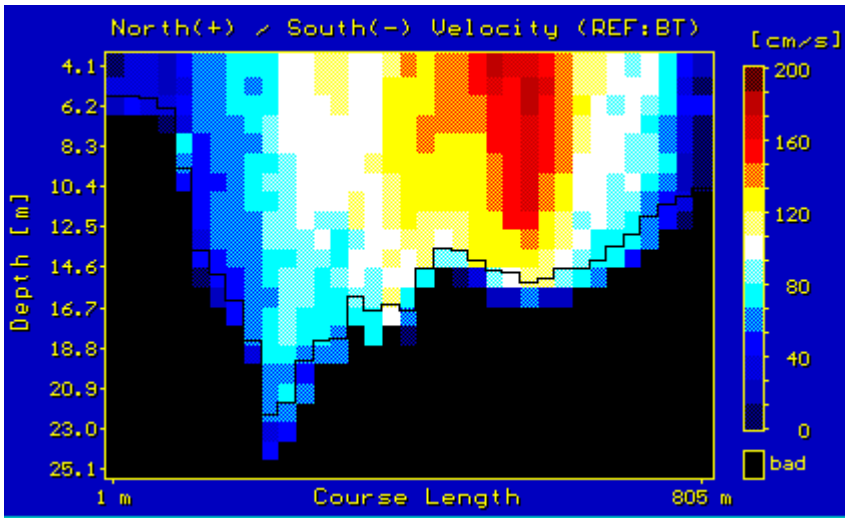


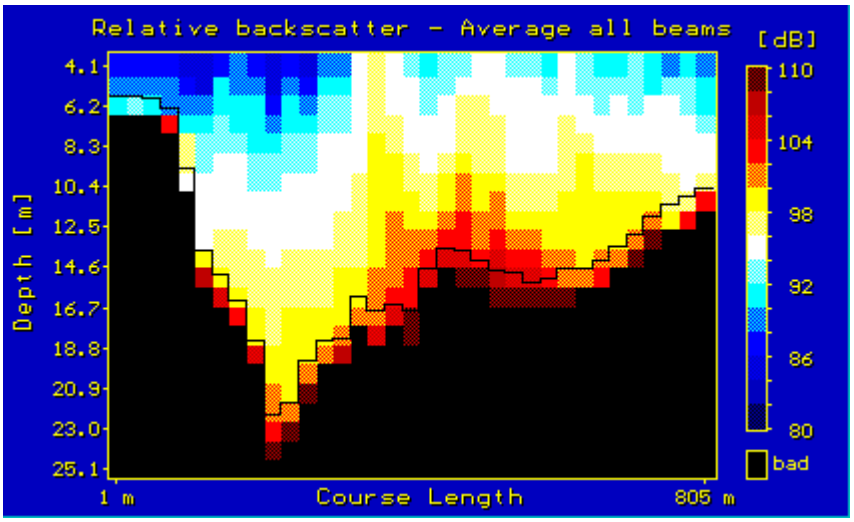


Rio Madeira em Manicoré

[30/06/1995 : 14 660 m^3/s]

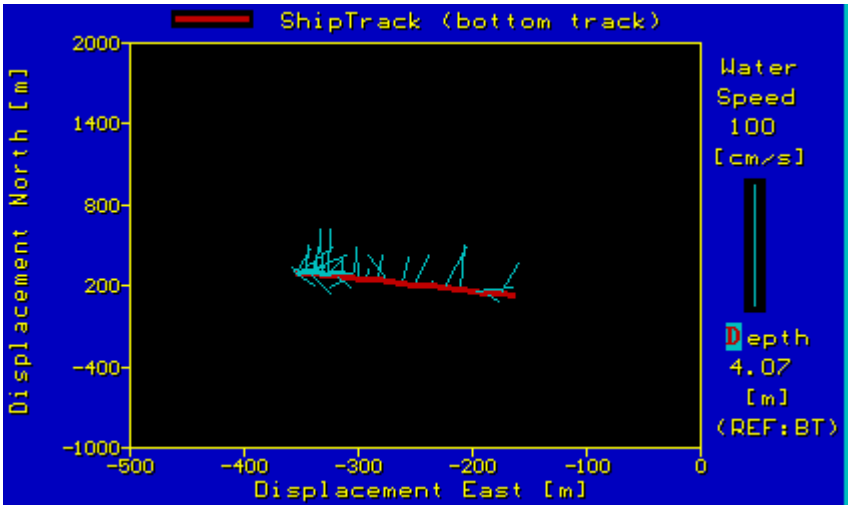


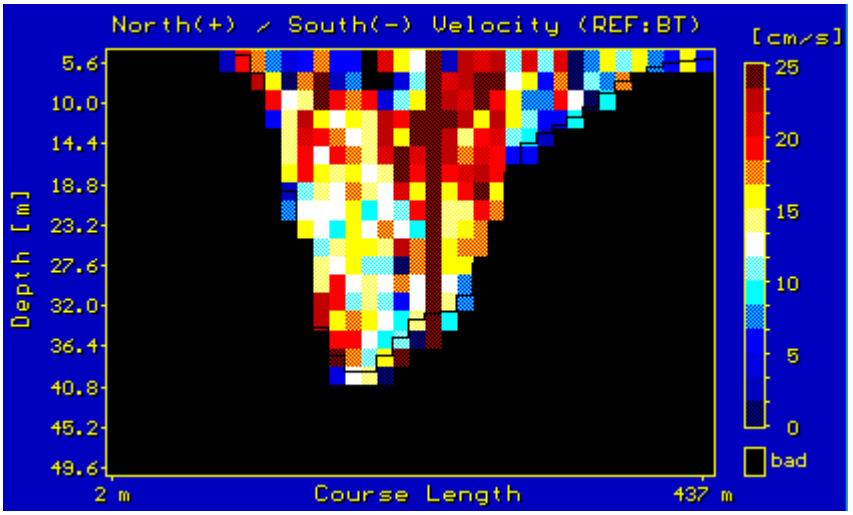


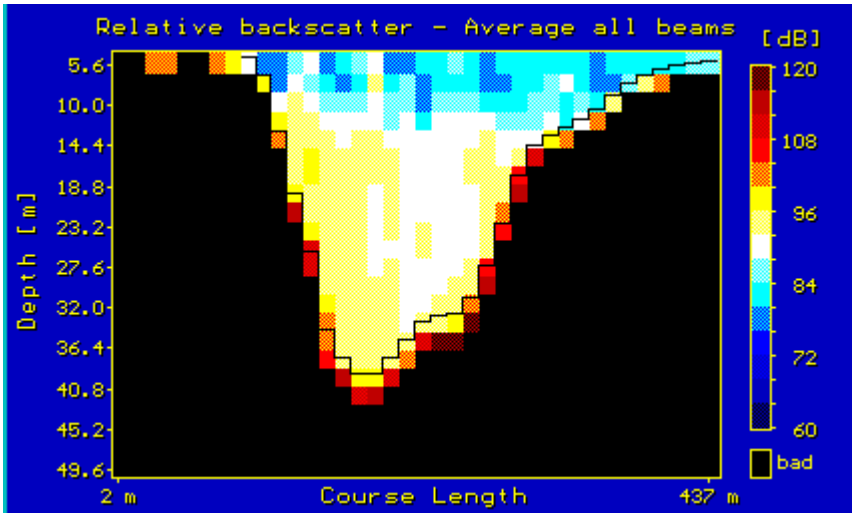


Rio Aripuanã em Novo Aripuanã

[01/07/1995 : 2 200 m^3/s]

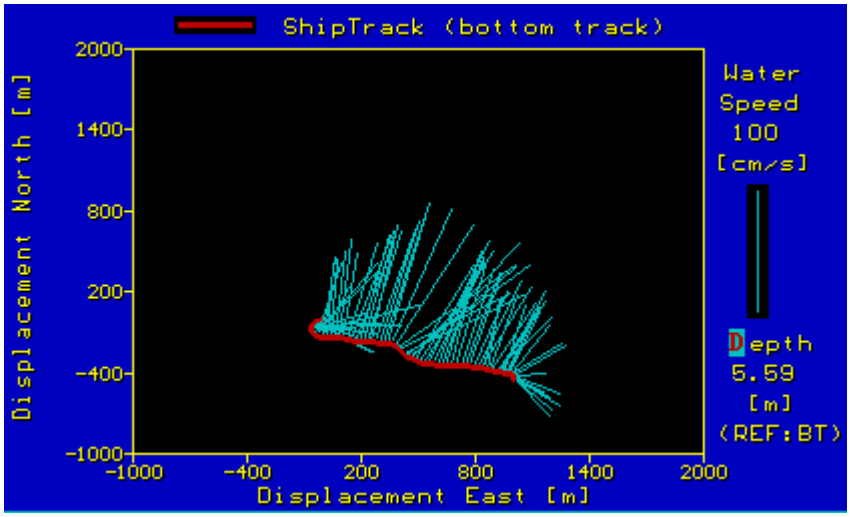


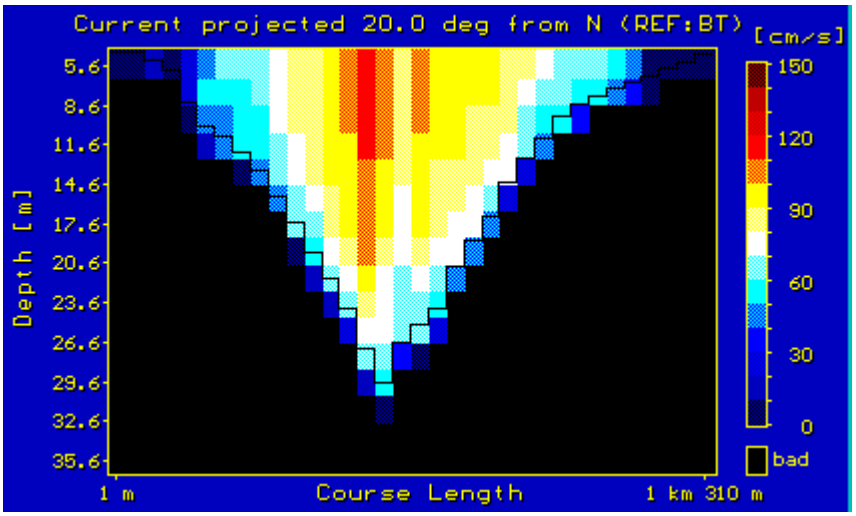


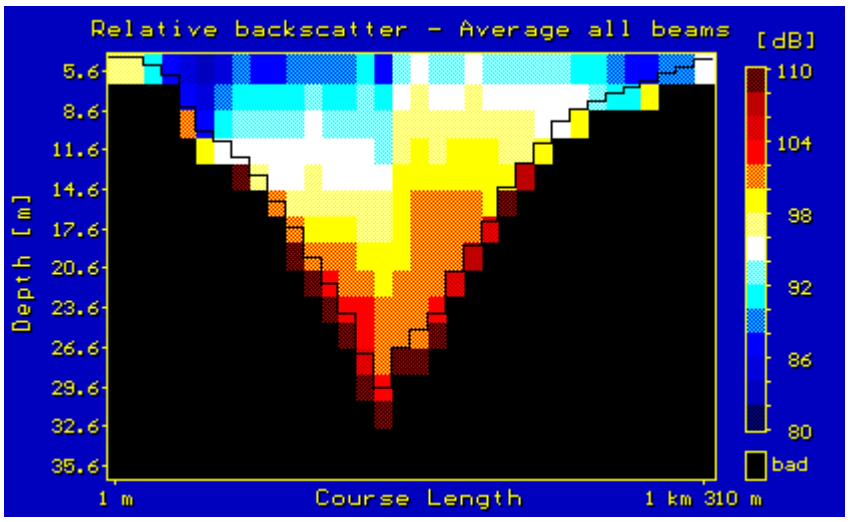


Rio Madeira em Vista Alegre

[01/07/1995 : 19 140 m^3/s]

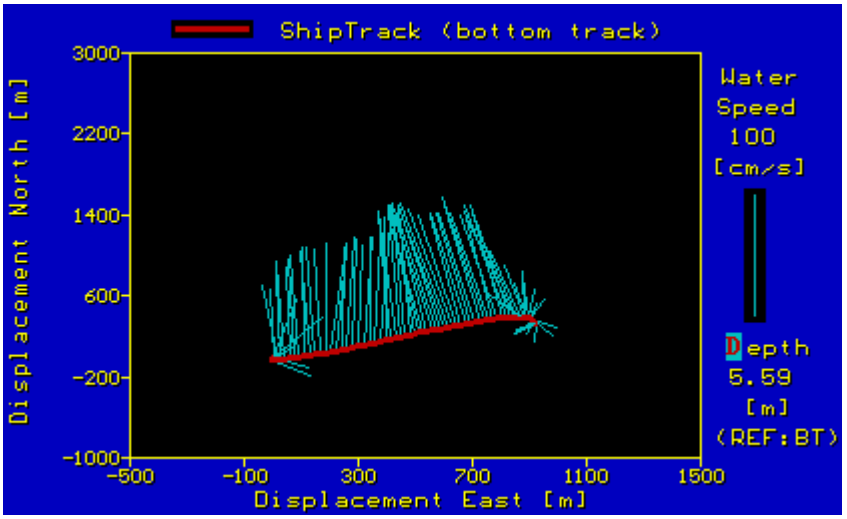


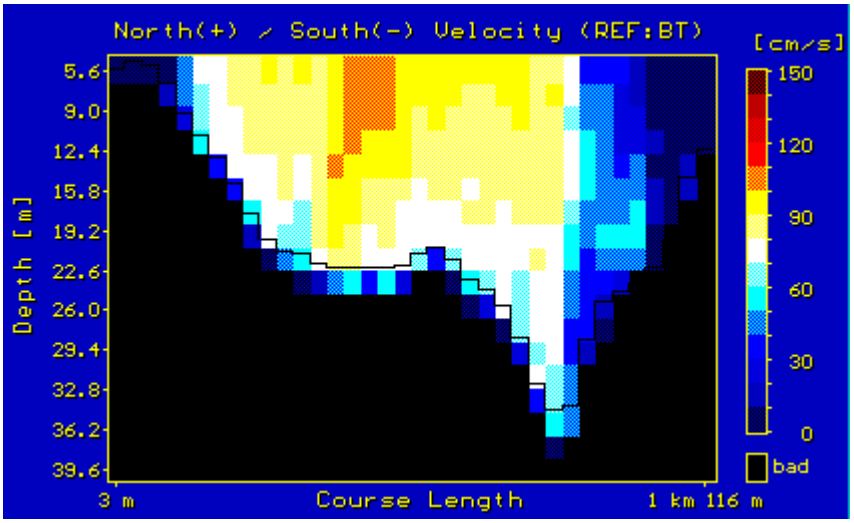


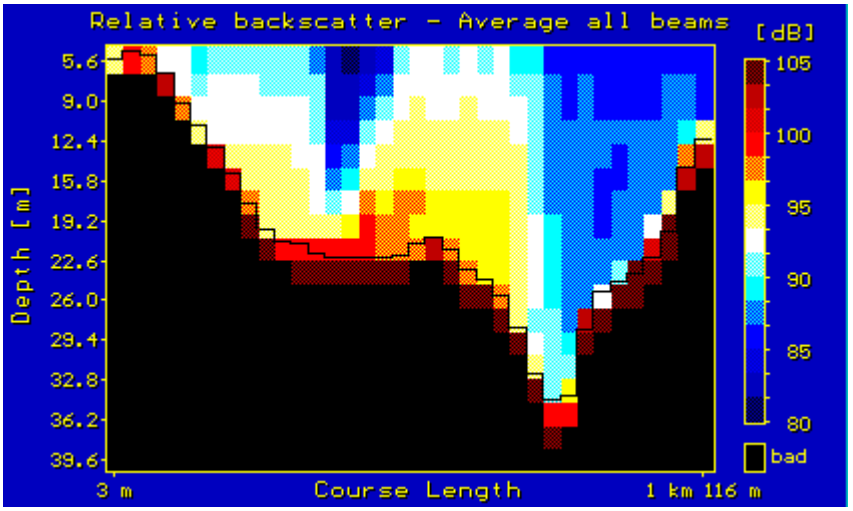


Rio Madeira em Borba

[01/07/1995 : 19 760 m^3/s]

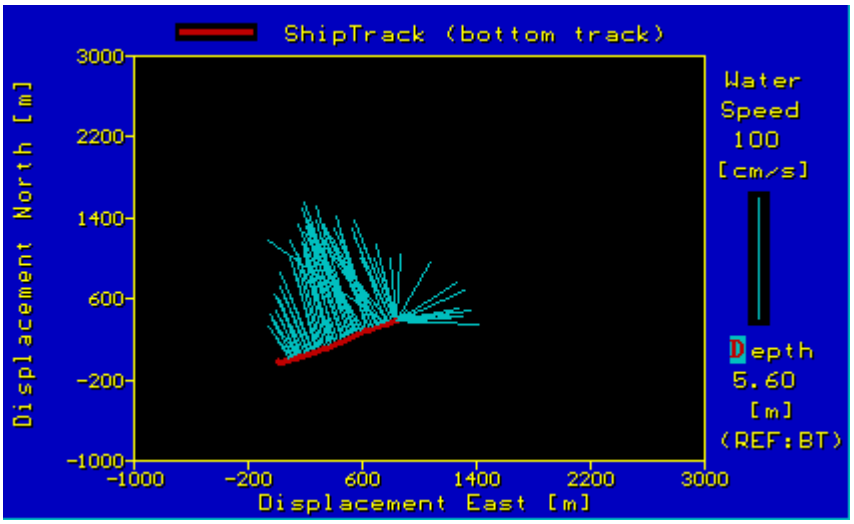


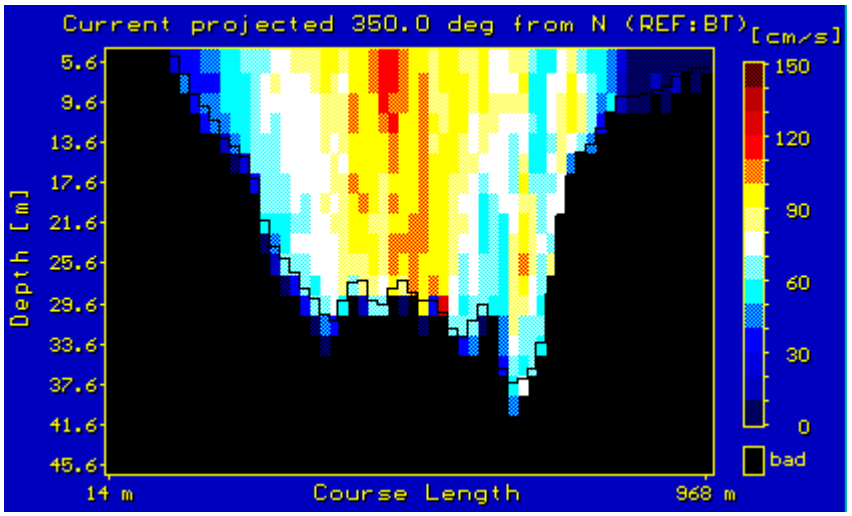


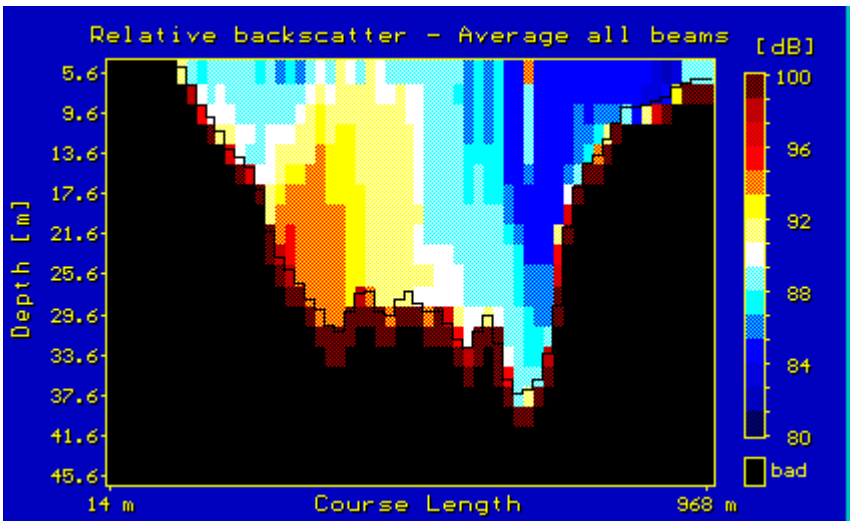


Rio Madeira na Foz com o Rio Amazonas

[02/07/1995 : 18°990 m^3/s]

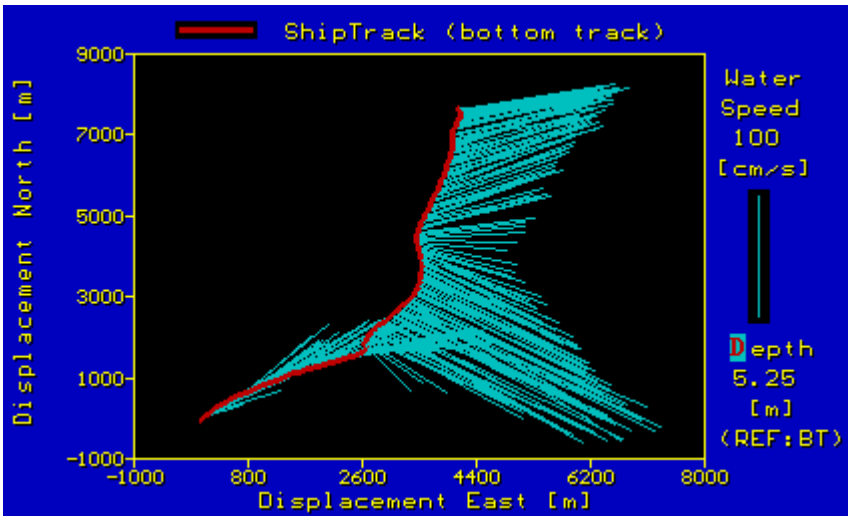


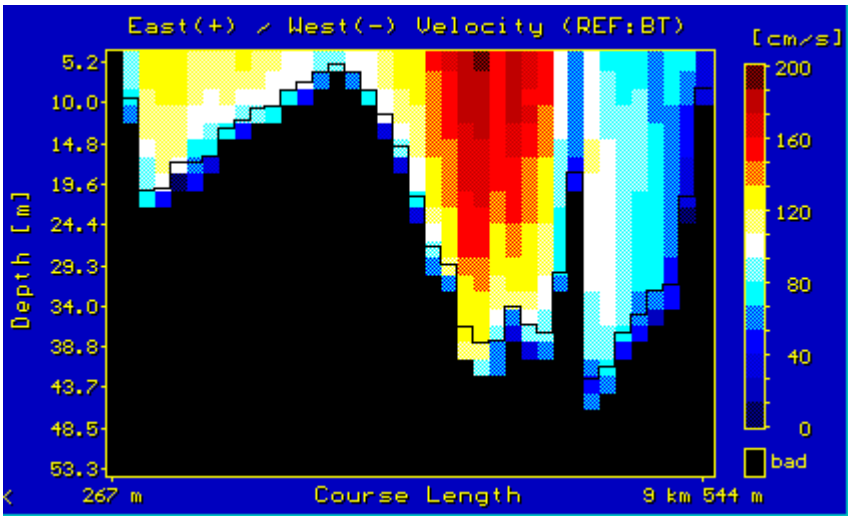


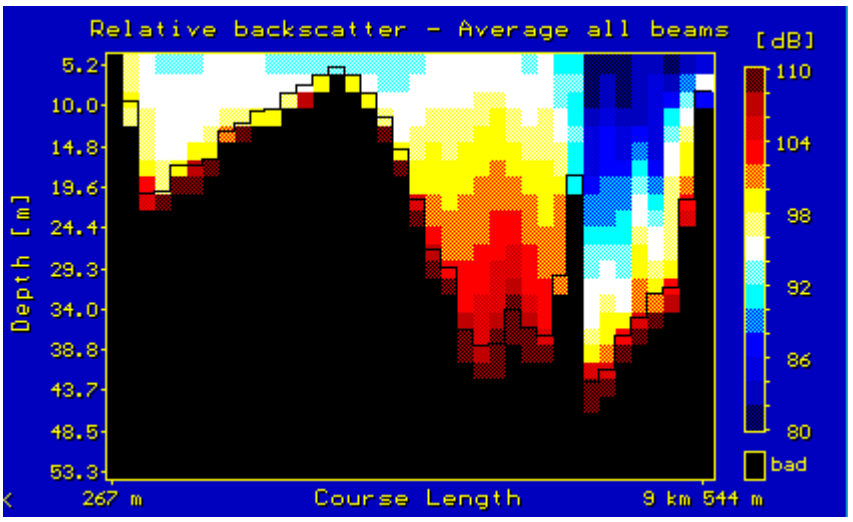


Rio Amazonas na Foz do Rio Madeira

[02/07/1995 : 171 190 m^3/s]

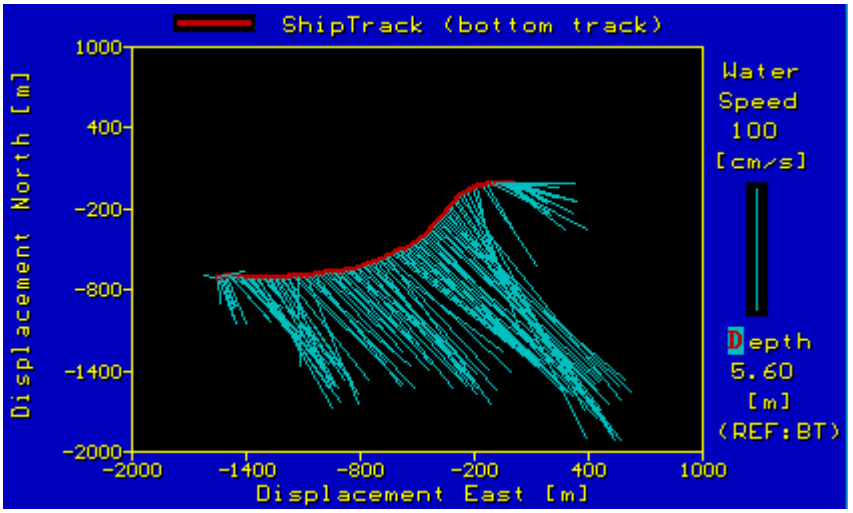


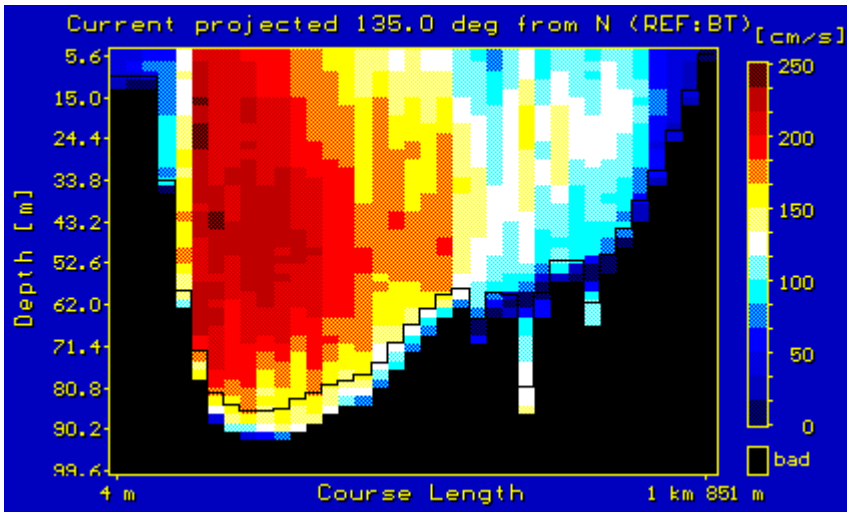


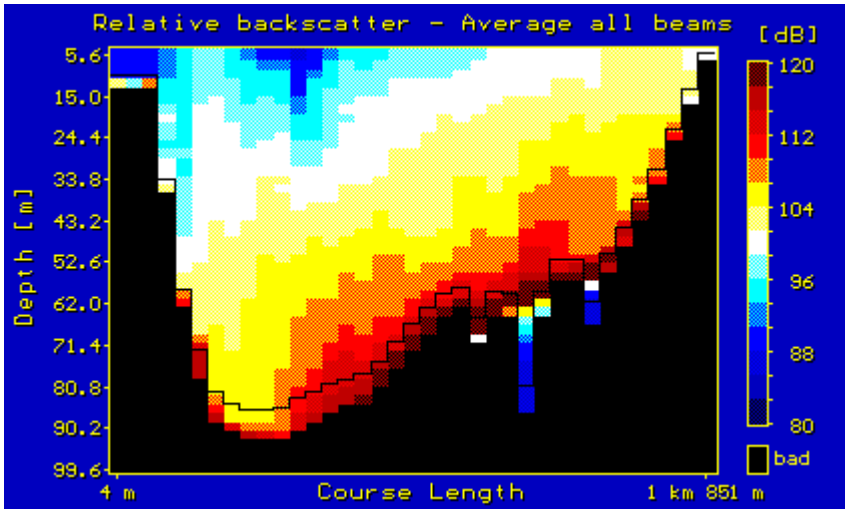


Rio Amazonas em Itacoatiara

[03/07/1995 : 182 260 m^3/s]

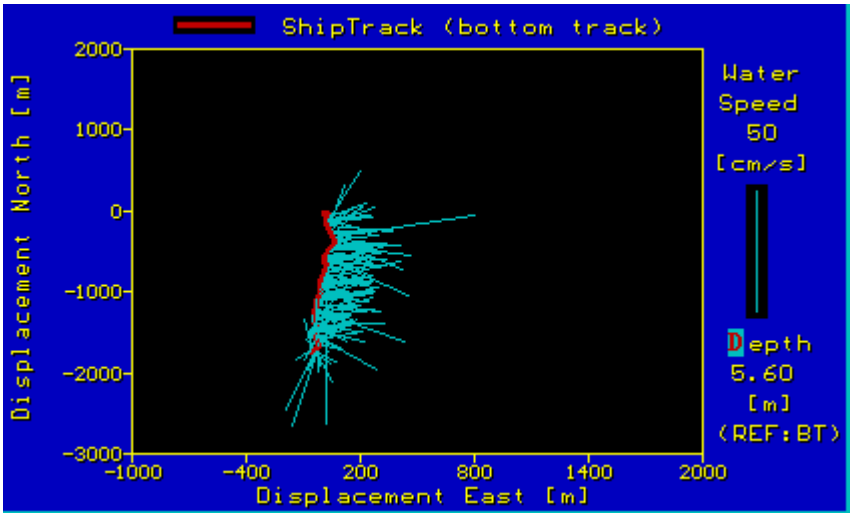


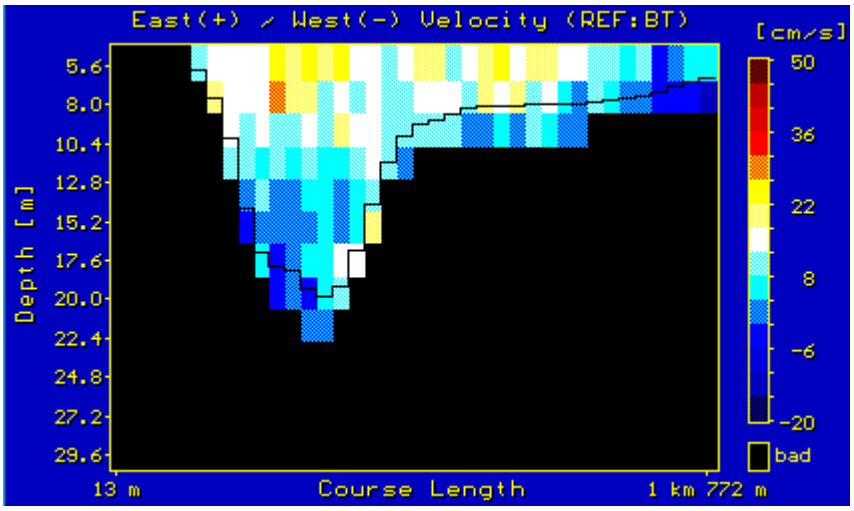


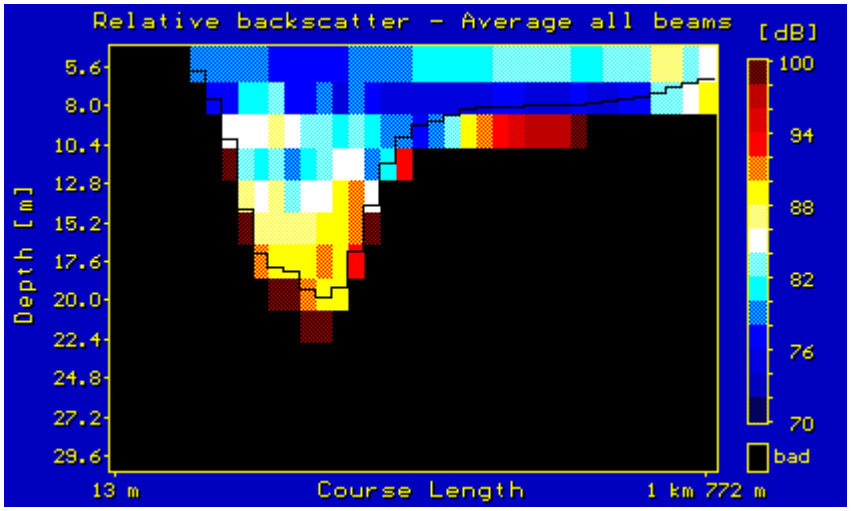


Rio Uatumã em Santana

[04/07/1995 : 2 750 m^3/s]

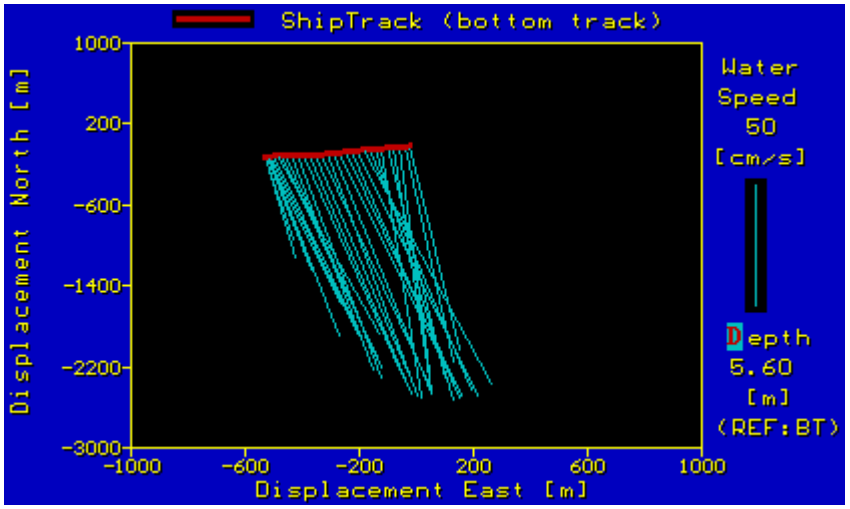


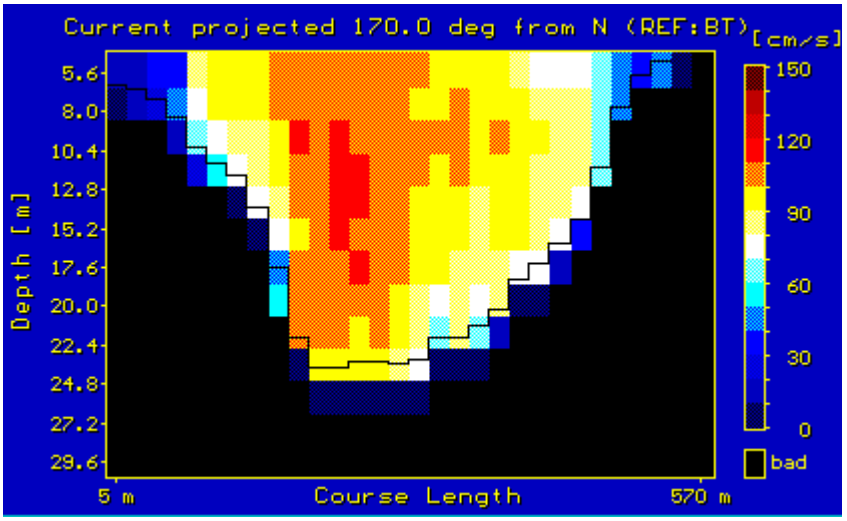


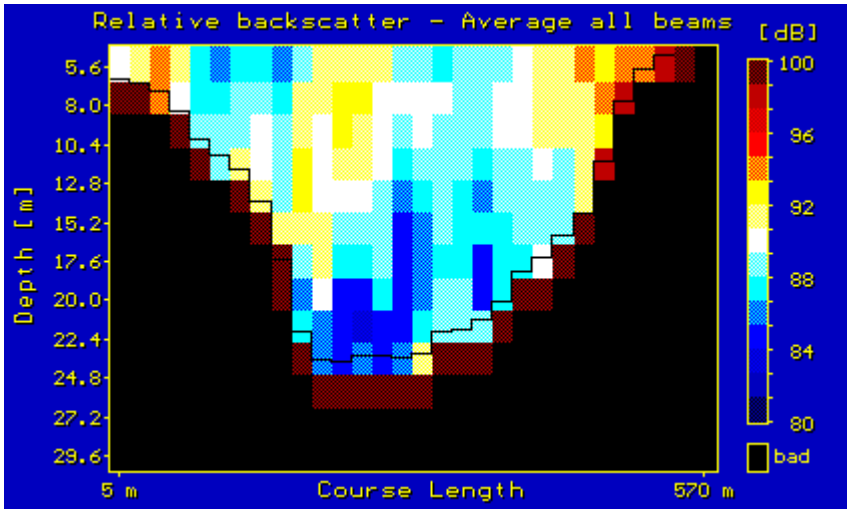


Rio Trombetas em Oriximiná

[05/07/1995 : 11 020 m^3/s]

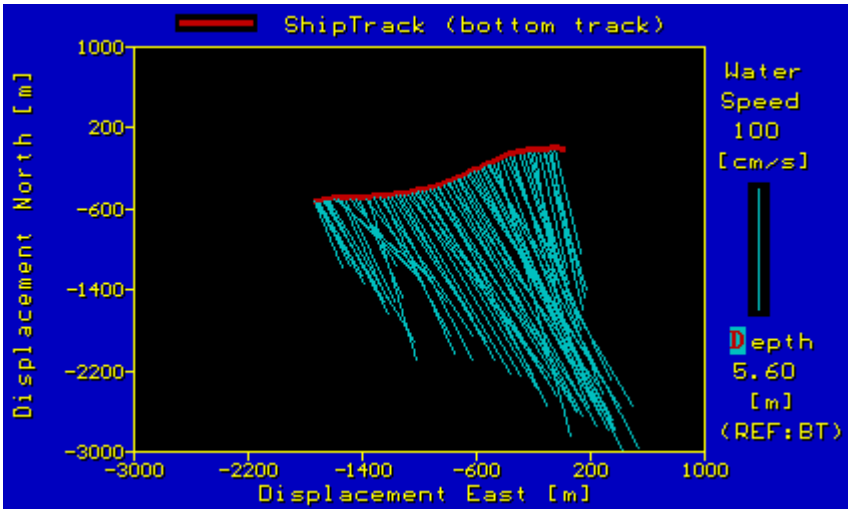


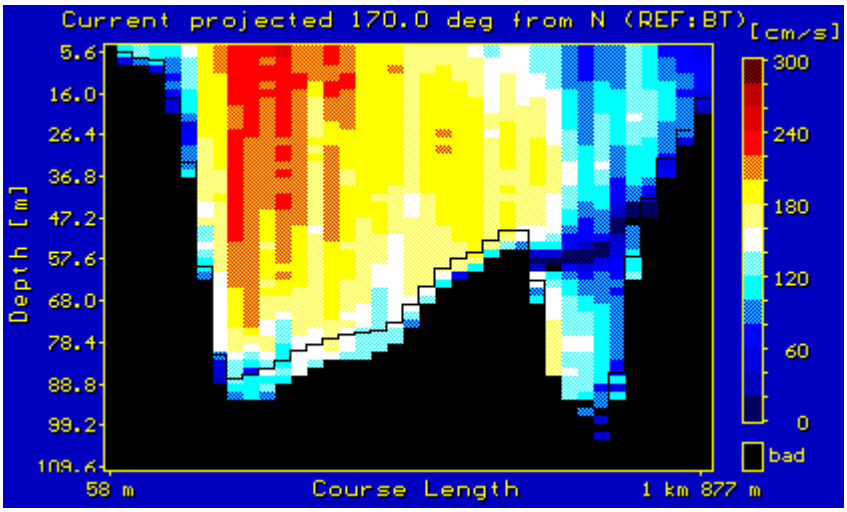


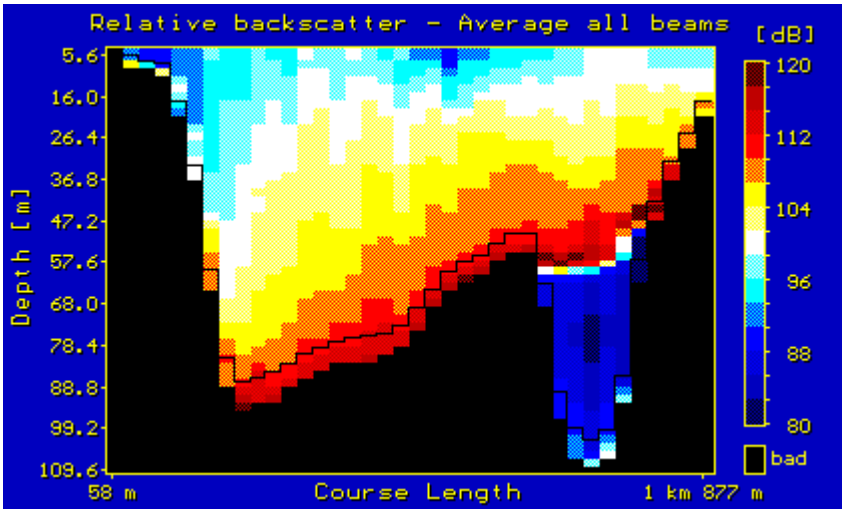


Rio Amazonas em Óbidos

[05/07/1995 : 196°730 m^3/s]

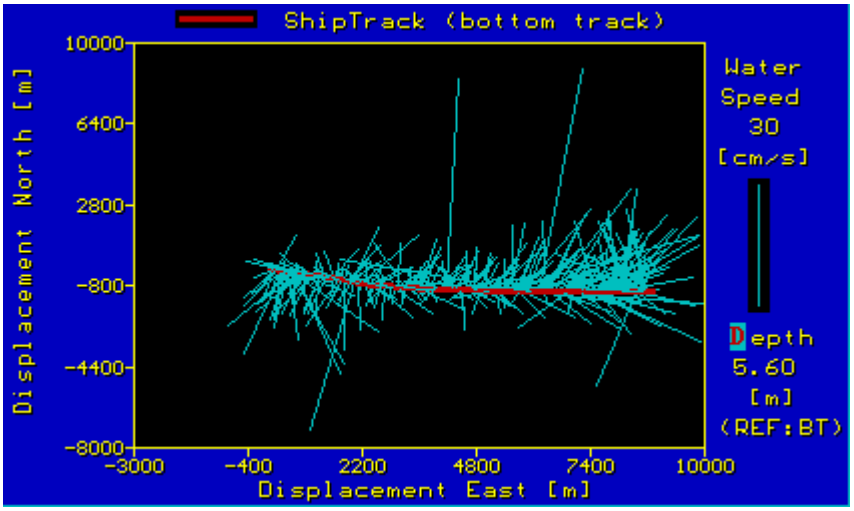


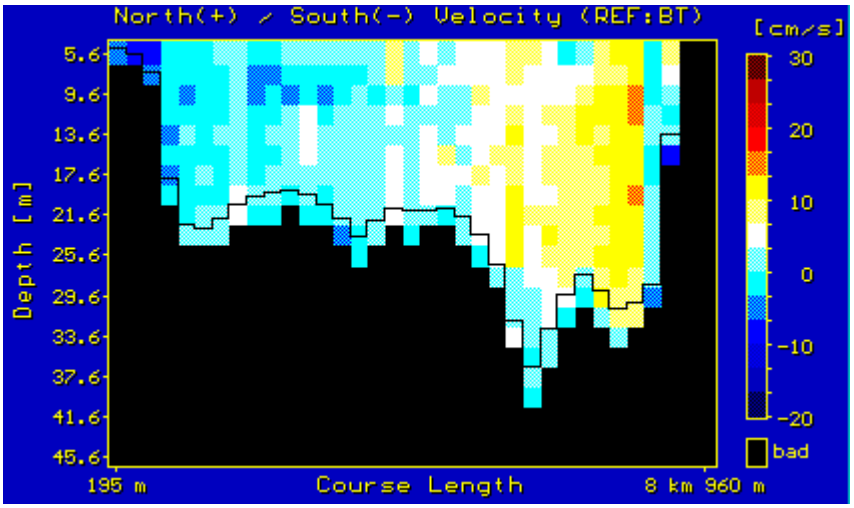


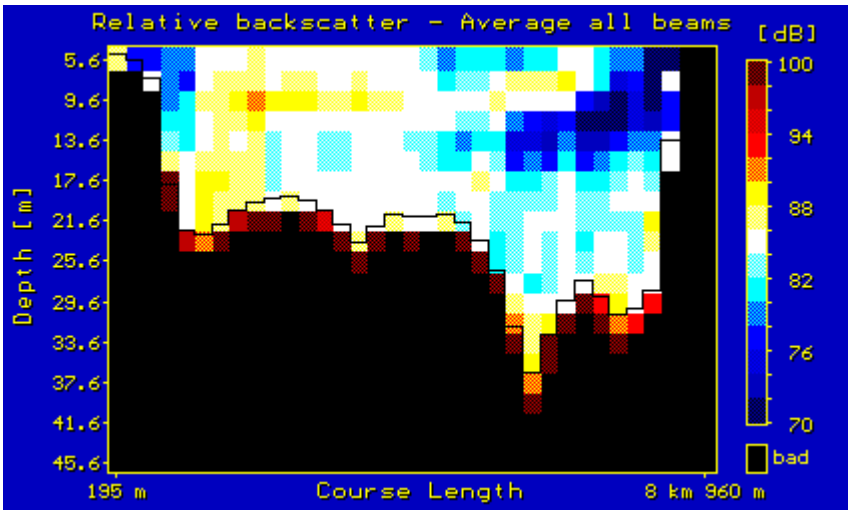


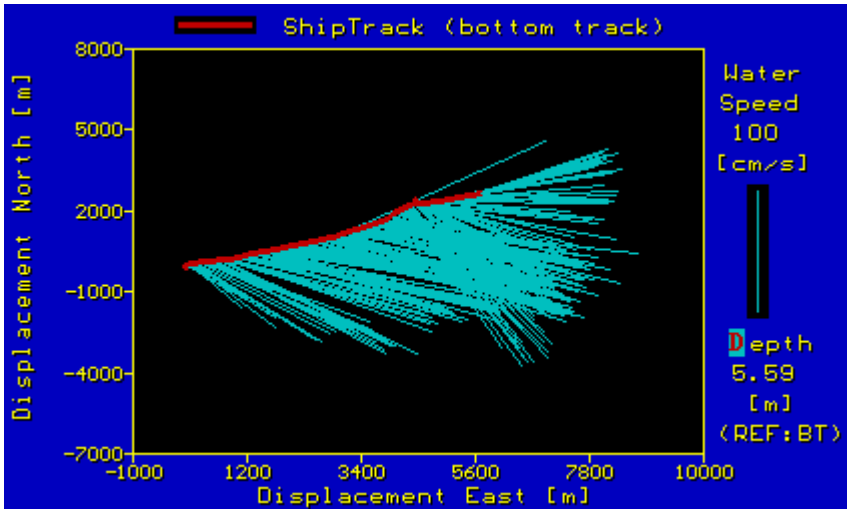
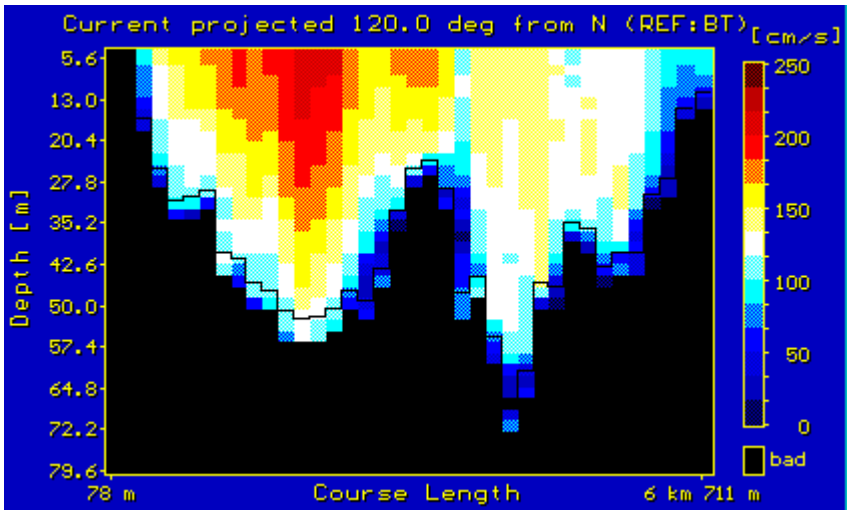
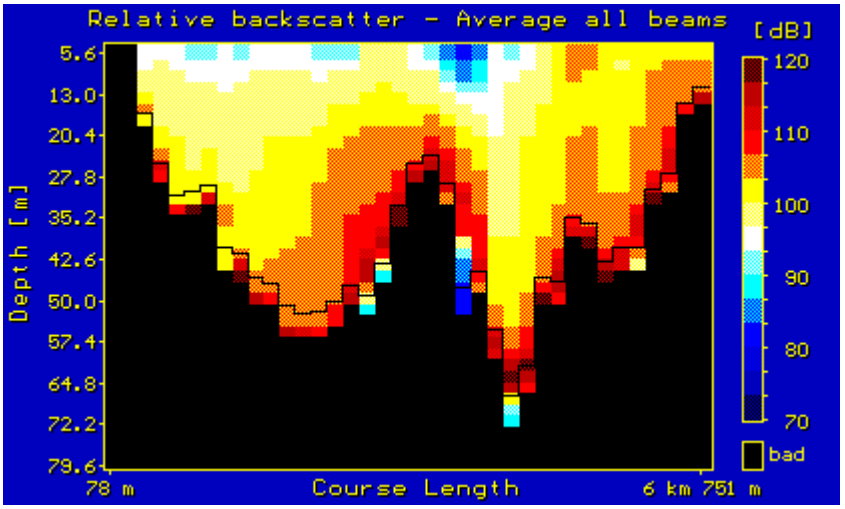
Rio Tapajós em Alter do Chão

[06/07/1995 : 8 670 m^3/s]







Rio Amazonas a jusante de Santarém

[06/07/1995 : 213 880 m^3/s]