



**MODELO REDUZIDO TRIDIMENSIONAL DO AHE JIRAU
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS, MATERIAL FLUTUANTE E OVOS,
LARVAS E JUVENIS DE ICTIOFAUNA**

Relatório de Progresso N° 1

DATA : MAIO 2010

N° 1 36 0747

CONTEÚDO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – OBJETIVO DO ESTUDO	1
1.2 – ATIVIDADES REALIZADAS NO ESTUDO.....	1
1.3 – DADOS USADOS NO ESTUDO	2
2 – CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	3
2.1 – ESCALAS DO MODELO.....	3
2.1.1 – ESCALA HIDRÁULICA	3
2.1.2 – ESCALA DE SEDIMENTOS	4
2.2 – DESCRIÇÃO DO MODELO	5
2.3 – CONDIÇÕES DE CONTORNO	6
2.4 – EQUIPAMENTOS DO MODELO.....	6
3 – ESTUDO PRELIMINAR DAS CONDIÇÕES NATURAIS.....	8
3.1 - HIDROGRAMAS.....	8
3.2 – CURVAS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO.....	9
3.3 – TRANSPORTE TOTAL DOS SEDIMENTOS SUSPENSOS.....	9
3.4 – TRANSPORTE DE AREIA	10
3.5 – HIDROGRAMAS SIMPLIFICADOS	11
3.6 – TRANSPORTE DE AREIA ASSOCIADO AO HIDROGRAMA SIMPLIFICADO	13
4 – HIDRÁULICA DO MODELO E CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DE AREIA.....	15
4.1 – DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS.....	15
4.2 – HIDROGRAMAS E SEDIMENTOS UTILIZADOS NO MODELO	15
4.3 – CURVA-CHAVE A JUSANTE.....	17
4.4 – CALIBRAGEM HIDRÁULICA	18
4.5 – TESTES HIDRÁULICOS	19

oOo

1 - INTRODUÇÃO

1.1 – Objetivo do estudo

A Energia Sustentável do Brasil solicitou à Sogreah uma proposta para a construção de um modelo reduzido do Aproveitamento Hidrelétrico Jirau e para a realização de uma série de testes a fim de analisar o impacto da implantação do empreendimento, no rio Madeira, no transporte de sedimentos, tanto a montante quanto a jusante da barragem.

O comportamento e o transporte de ovos, larvas e juvenis de peixes (no caso dos juvenis, esses serão considerados inertes como ovos e larvas), levando em consideração algumas condições operacionais do empreendimento, serão igualmente reproduzidos no modelo. O transporte de detritos flutuantes e submersos será uma questão adicional a ser considerada neste modelo.

Considerando que uma das principais preocupações ambientais do AHE Jirau está relacionada ao transporte de sedimentos no reservatório e nas diversas estruturas do empreendimento, bem como ao depósito de sedimentos em áreas com baixas velocidades de fluxo, um modelo de fundo móvel, utilizando modernas técnicas de modelagem, é tida como a ferramenta mais adequada para o estudo.

A extensão total compreendida pelo modelo será de aproximadamente 30 km do rio Madeira.

Esse modelo de fundo móvel, de grande proporção, não é um modelo comum. Porém, a importância do AHE Jirau, as questões ambientais por ele suscitadas e a otimização do arranjo do empreendimento justificam o uso de uma ferramenta experimental de alta qualidade. Este modelo permitirá uma demonstração do impacto do projeto na morfologia do rio e possibilitará a otimização da operação do projeto sob todas as condições hidrológicas.

O Laboratório de Hidráulica de Sogreah desenvolve há mais de 60 anos um conhecimento especializado e reconhecido *know-how* no campo da morfologia de rios, transporte de sedimentos e modelos reduzidos de cursos d'água, rios e estuários com fundo móvel e transporte de sedimentos.

Este primeiro relatório apresenta o modelo, os equipamentos do modelo, as condições hidráulicas e de sedimentos reproduzidas e os testes a serem desenvolvidos.

1.2 – Atividades realizadas no modelo

As atividades realizadas por SOGREAH durante o estudo são as seguintes:

- Estudo preliminar com o seguinte conteúdo:
 - Definição dos hidrogramas de vazão e dos anos hidrológicos para os testes;
 - Definição da quantidade de sedimentos de acordo com as vazões na entrada do modelo.
- Concepção do modelo e desenhos;
- Construção do modelo reduzido tridimensional no Laboratório de Hidráulica de Sogreah;
- Realização de ensaios para duas condições distintas:
 - Condição natural (estado atual) do rio Madeira no trecho entre 20 km a montante e 10 km a jusante do eixo da barragem;

- Condição do rio Madeira com a implantação do AHE Jirau.
- Elaboração de relatórios (relatórios parciais após a fase de calibração e de testes considerando as condições naturais do rio Madeira e relatório final após a realização de todos os testes previstos).
- Gravação de vídeo em DVD, contendo os principais resultados dos testes.

1.3 – Dados usados no estudo

Os seguintes documentos foram fornecidos pela ESBR no início ou durante o estudo:

- Batimetria e topografia do leito do rio e margens ao longo do modelo (arquivos Autocad com cerca de 30 seções transversais levantadas em 2009 para a construção do modelo; batimetria existente com curvas de nível em torno da barragem). As seções transversais e a topografia abrangem a extensão do reservatório em nível máximo.
- Desenhos das estruturas hidráulicas (arquivos Autocad): seção transversal e *layouts* da barragem e de obras relacionadas.
 - Layout* geral e escavações;
 - Canais de adução e de fuga das casas de força e do vertedouro;
 - Casa de Força 1 e turbinas;
 - Casa de Força 2 e turbinas;
 - Comportas do vertedouro.
- Curvas granulométricas dos sedimentos do leito do rio coletados nas seções transversais do modelo (levantamento realizado para o modelo).
- Dados de concentração de sedimentos em suspensão (dados existentes).
- Dados de vazão diária na estação de Porto Velho.
- Regra operacional das Casas de Força 1 e 2.
- Regra operacional do futuro reservatório.

2 – CONSTRUÇÃO DO MODELO

2.1 – Escalas do modelo

2.1.1 – Escala hidráulica

O modelo é distorcido para permitir a construção de uma longa extensão do rio (30 km de extensão) com um tamanho razoável e uma representação de sedimentos apropriada.

No que diz respeito a vazões de superfície livre, como o caso deste projeto, os testes em modelo reduzido devem ser conduzidos usando a semelhança Froude, ou seja, o número Froude (Fr) será o mesmo no modelo e no protótipo.

O número de Froude¹ é dado pela seguinte fórmula:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}, \text{ sendo:}$$

- g: aceleração da gravidade (m/s²);
- D: dimensão (m);
- V: velocidade (m/s).

De acordo com os problemas a serem estudados e a dimensão do projeto, as escalas escolhidas são:

- Escala horizontal: $E(L)=1/m=1/1000$
- Escala vertical: $E(H)=1/n=1/100$
- Distorção: $E(H)/E(L)=m/n=10$

Esta escala permite uma representação adequada das vazões máximas e do transporte de sedimentos.

As outras escalas de acordo com a semelhança Froude são:

- Velocidade horizontal $E(V)=1/n^{1/2}=1/10$
- Vazão $E(Q)=1/mn^{3/2}=1/10^6$
- Volume $E(\Omega)=1/m^2n=1/10^8$

De acordo com os dados disponíveis, tratados para o estudo do modelo, a vazão de cheia máxima representada no modelo será em torno de 46 000 m³/s, ou seja, 46 l/s.

¹ Nota: o número Froude quantifica a relação entre forças inerciais e forças gravitacionais.

Porém, uma vazão de 60 000 m³/s (60 l/s) a 70 000 m³/s (70 l/s) pode ser injetada no modelo, caso necessário.

Em termos de sedimentos, uma quantidade de 50 10⁶ m³ de areia transportada no rio Madeira será representada por 0,5 m³ de um sedimento apropriado no modelo.

2.1.2 – Escala de sedimentos

A escolha de sedimentos foi feita de acordo com a curva de Schields. Essa curva fornece as condições hidráulicas do início do movimento de um grão de sedimento conforme as suas características (densidade e diâmetro do grão). A curva é fornecida como uma função de dois números não dimensionais: o número de Reynolds do grão $Re^*=f(u^*,D,v)$ e o parâmetro de Schields $\theta=f(\rho_s, \rho, g, Rh, I, D)$, considerando-se:

u^* : velocidade de fricção (m/s);

v : viscosidade cinemática da água (m²/s);

D : diâmetro do sedimento;

ρ_s : densidade do sedimento (kg/m³);

ρ : densidade da água (kg/m³);

g : aceleração da gravidade (m/s²);

Rh : raio hidráulico na seção transversal (m);

I : declividade da linha de energia.

O sedimento deve ser escolhido de modo que seu movimento incipiente no modelo seja semelhante à realidade para condições hidráulicas similares (vazão, profundidade da água, declividade da linha de energia). Isso significa que os dois números adimensionais Re^* e θ devem ser os mesmos no modelo e no protótipo.

No modelo reduzido, com a mesma densidade do sedimento, essas condições conduzem a um sedimento muito pequeno que seria uma espécie de argila coesa com um comportamento totalmente inadequado. Portanto, uma distorção da densidade faz-se necessária para permitir o respeito à analogia de Schields com um tamanho de grão razoável.

Testes no canal com densidades diferentes de sedimento artificial e várias curvas granulométricas foram realizados, visando à escolha precisa do melhor sedimento artificial. Três densidades foram estudadas: 1,05, 1,12 e 1,15. Para a representação dos ovos e larvas de peixes, foi testada uma densidade de 1,03.

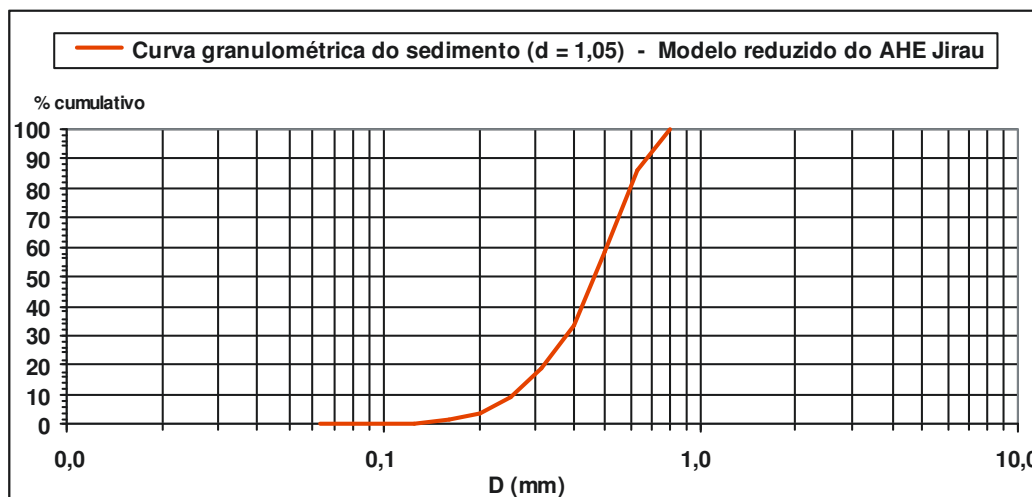
Os testes no canal permitem a determinação do movimento incipiente do transporte do sedimento de fundo testado, mas também fornecem condições para o início da formação de dunas, o início do transporte de sedimentos em suspensão, o início das erosões das dunas e todas informações valiosas que caracterizam o sedimento nas condições de vazão do rio Madeira. As condições hidráulicas testadas no canal estavam com uma profundidade natural de 25 m (em escala vertical 1/100) e velocidades de correntes naturais variando entre 0,1 m/s e 1,5 m/s. Um relatório específico relativo aos testes será elaborado.

De acordo com os dados observados, o sedimento natural (parte areia) é caracterizado conforme abaixo:

D (mm)	Densidade do protótipo 2,65		
	P1	P2	P3
D10	0,05	0,075	0,10
D30	0,08	0,12	0,15
D50	0,12	0,15	0,20
D70	0,15	0,22	0,30
D80	0,20	0,28	0,40
D95	0,30	0,50	0,60
D _{máx}	0,40	0,60	0,75

Os tipos P1/P2 são mais frequentemente observados e o sedimento do modelo representará P1 a P2.

Os resultados dos testes conduzem às seguintes características de sedimento no modelo para representar a curva granulométrica do sedimento do tipo P1/P2. A densidade é 1,05 e a curva é a seguinte:



2.2 – Descrição do modelo

O modelo reduzido representa:

- Uma extensão suficiente do reservatório do AHE Jirau, a montante da barragem, a fim de representar adequadamente as condições de afluência no reservatório e o transporte de sedimentos. Considera-se uma extensão aproximada de 20 km;
- A barragem e as demais estruturas do empreendimento (casas de força e vertedouro). A largura do reservatório será incluída no modelo;
- Uma extensão suficiente do rio a jusante da barragem para analisar o comportamento do transporte dos sedimentos. Considera-se uma extensão aproximada de 10 km.

O *layout* do modelo é fornecido no Apêndice A.

O fundo e margens do rio são construídos em cimento com rugosidade adequada. A batimetria é representada de acordo com as seções transversais levantadas. Uma dificuldade refere-se à representação da extensão das cachoeiras. Na realidade, não foi possível examinar em campo a batimetria das cachoeiras devido às dificuldades práticas e o perigo nas medições. Portanto, as perdas de carga nas cachoeiras foram representadas usando duas abordagens:

- A localização, a extensão, a largura das cachoeiras e as formas das ilhas e margens no entorno do futuro reservatório foram observadas utilizando-se as ortofotocartas disponíveis;
- A representação das perdas de carga nas cachoeiras em níveis baixos e altos do rio Madeira foi determinada de acordo com dois perfis longitudinais disponíveis: um perfil na vazão entre 6.500 m³/s e 8.500 m³/s e um perfil na vazão de 29.500 m³/s. Esses perfis longitudinais forneceram informações sobre o nível d'água a montante e a jusante da cachoeira de Jirau e a montante e a jusante de uma cachoeira menor, localizada a montante do futuro eixo da barragem. Através de aproximações sucessivas, a construção das cachoeiras foi aperfeiçoada para obter suas perdas de carga adequadas. As cachoeiras foram construídas com cascalho e cimento.

A barragem, as comportas do vertedouro e as casas de força foram construídas em PVC. Essas estruturas foram distorcidas de forma apropriada para reproduzir adequadamente as condições de aproximação e as condições do canal de fuga. Devido ao tamanho reduzido das turbinas no modelo, bem como das comportas do vertedouro, decidiu-se agrupar 6 ou 7 passagens (turbinas ou comportas) para controlar de maneira adequada as descargas através das mesmas. Cada grupo está projetado conforme a operação das casas de força ou do vertedouro.

2.3 – Condições de contorno

A descarga é injetada a montante do modelo após medição em um medidor de fluxo eletromagnético. A descarga entra então na bacia de dissipação para dissipar a energia e permitir um fornecimento homogêneo na seção transversal a montante do modelo.

A jusante do modelo, o nível da água é controlado por uma comporta capaz de ajustar o nível da água correspondente a qualquer valor de vazão. Um tanque está localizado a jusante do modelo para recolher o sedimento transportado através do mesmo.

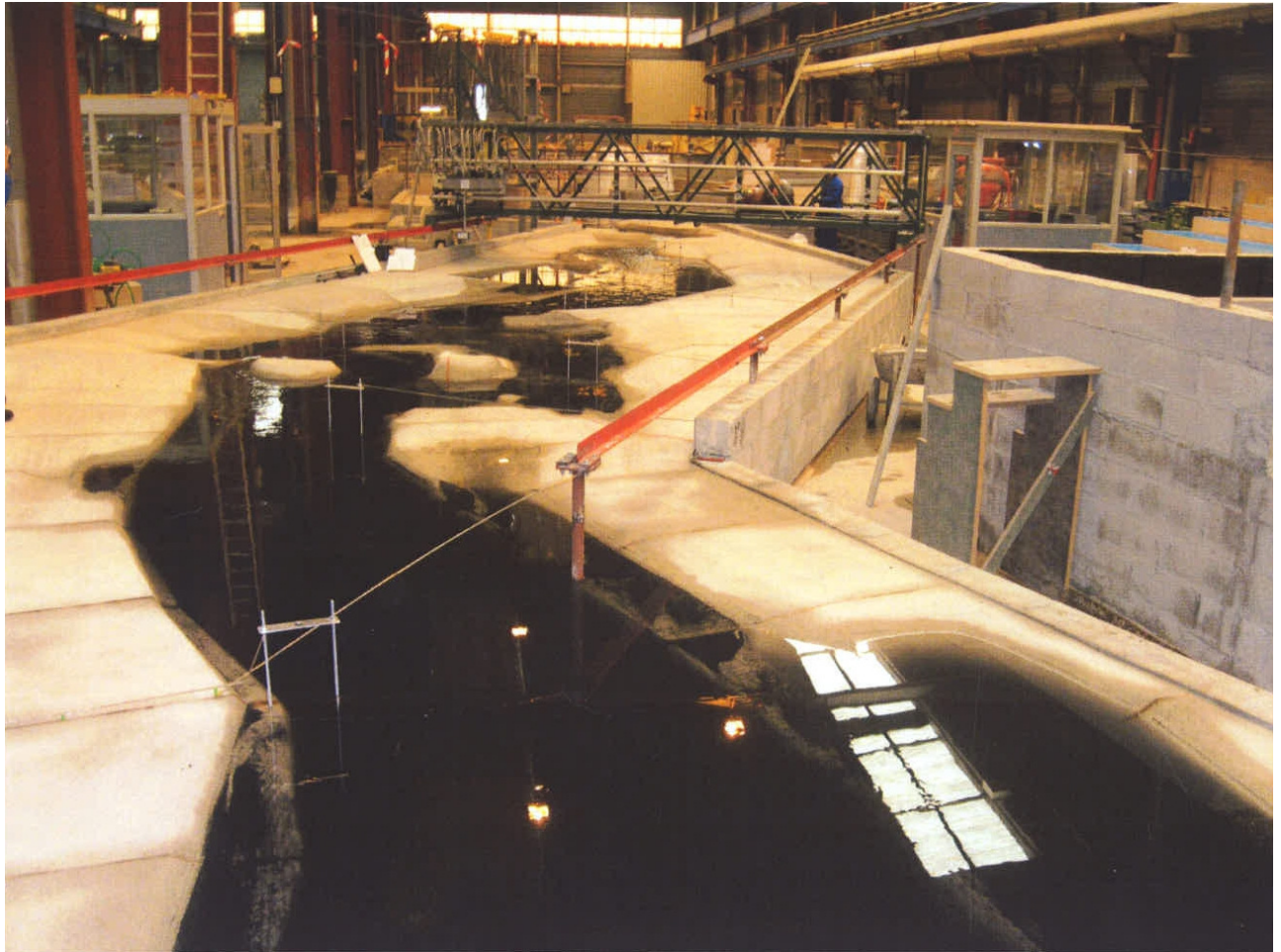
As casas de força e as comportas do vertedouro são condições de contorno internas. O nível d'água a montante do empreendimento, no reservatório, e a distribuição de descarga pelas várias estruturas (Casa de Força 1, Casa de Força 2 e vertedouro) são controlados.

2.4 – Equipamentos do modelo

O modelo está equipado com os seguintes mecanismos de medição e controle:

- Um sistema automático para gerar qualquer tipo de hidrograma;
- Um sistema automático para registrar de modo contínuo a descarga no modelo;
- Um conjunto de 8 medidores do nível d'água para registrar de modo automático e contínuo os níveis d'água em 8 locais ao longo do rio Madeira, representados no modelo;
- Um medidor manual, tanto a montante quanto a jusante, para medir e controlar, no modelo, o nível d'água em cada etapa da descarga;

- Um sistema a laser automático para examinar o modelo após o teste a fim de representar a sedimentação de fundo e comparar os padrões de sedimentação entre os testes realizados;
- 7 medidores manuais de descarga manual para ajustar e medir as descargas nas casas de força;
- Um sistema para injetar os sedimentos, de acordo com as condições naturais de descarga de sedimentos observadas, de um modo homogêneo na seção a montante do modelo.



3 - ESTUDO PRELIMINAR DAS CONDIÇÕES NATURAIS

3.1 - Hidrogramas

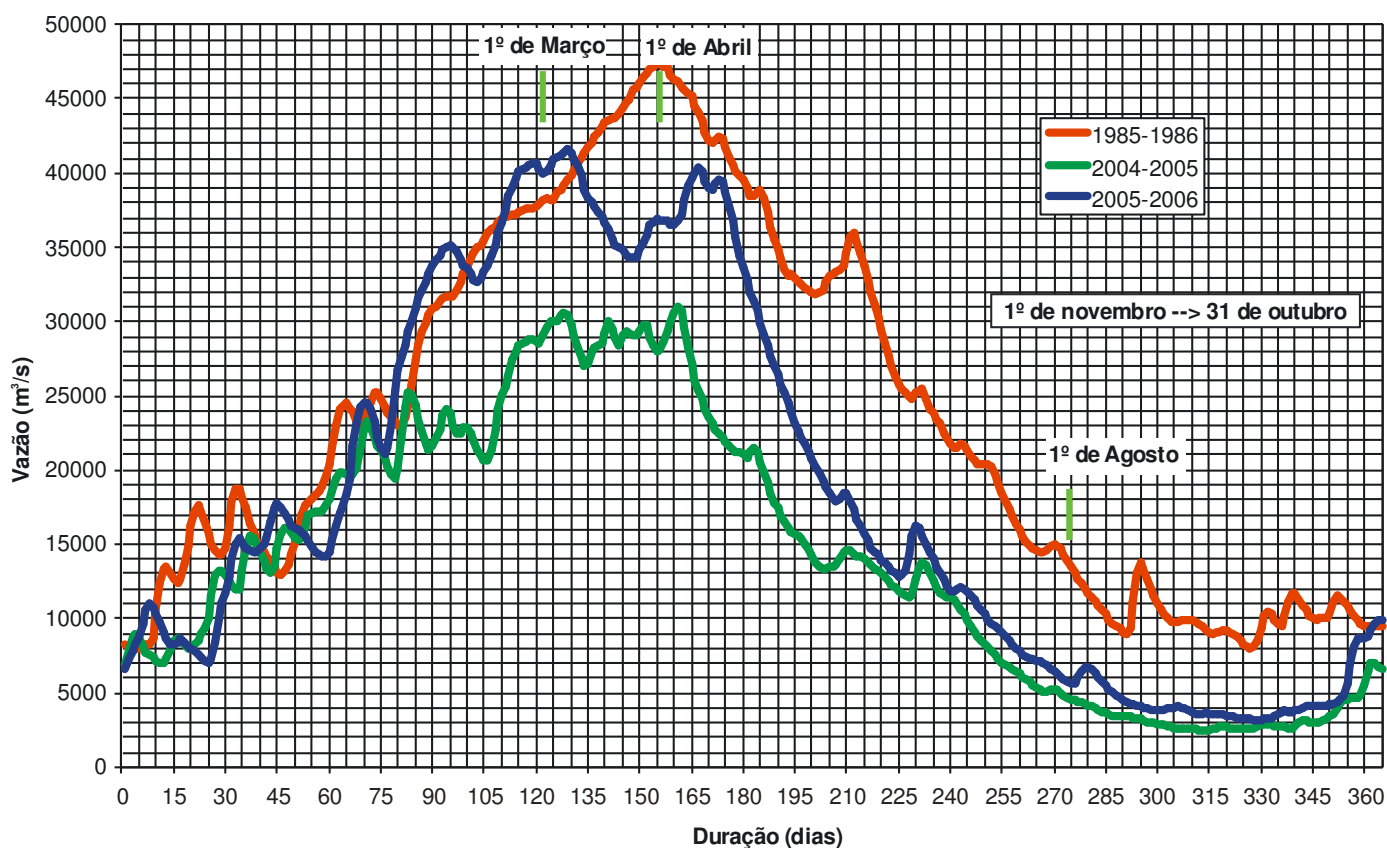
Um conjunto de dados de vazões diárias em Porto Velho (1967-2008) foi fornecido para Sogreah. Aparentemente, o “ano hidrológico” inicia-se aproximadamente em 1º de novembro e termina em 31 de outubro.

O estudo dessas informações permite estabelecer três anos típicos:

- Ano de vazão média: 2005-2006
- Ano de vazão alta: 1985-1986
- Ano de vazão baixa: 2004-2005

Os hidrogramas desses anos são fornecidos abaixo.

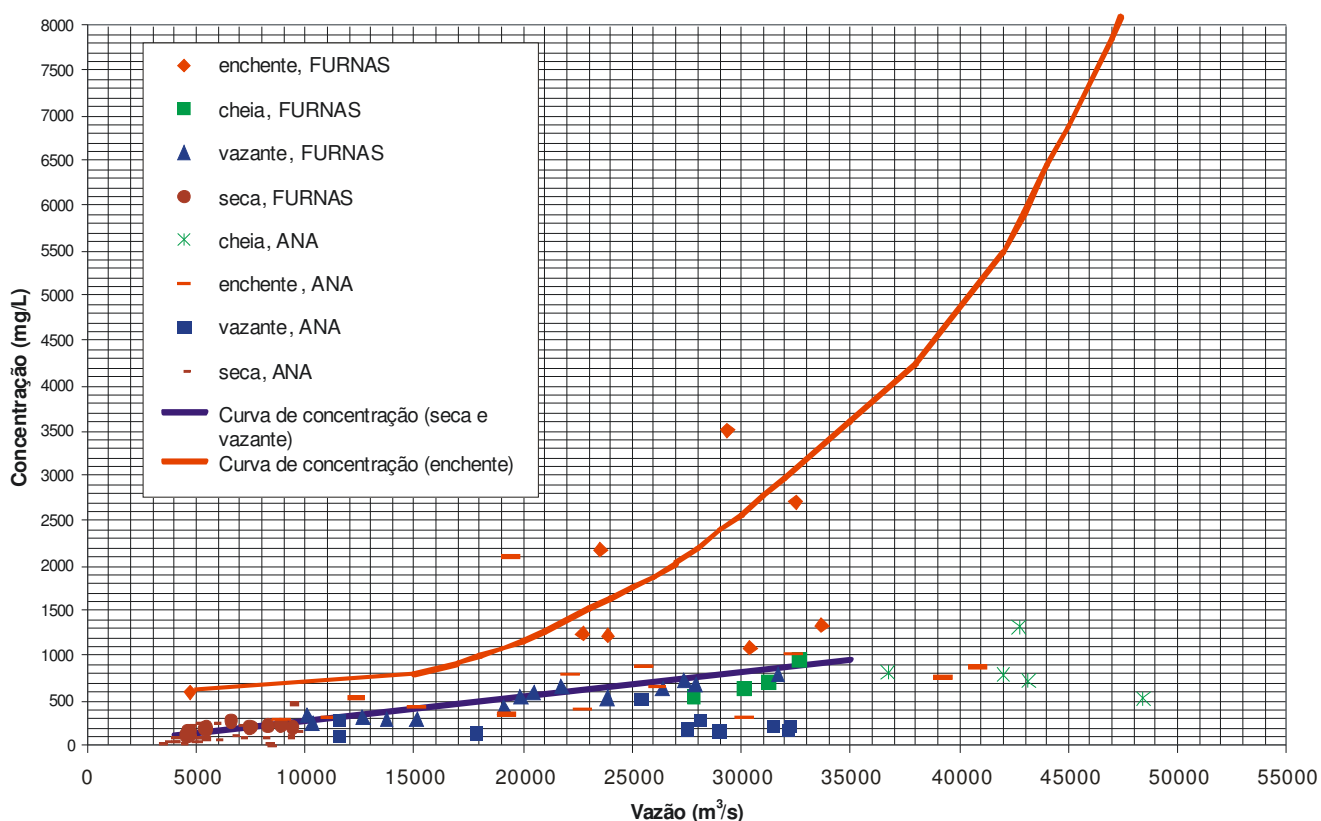
Hidrogramas do rio Madeira em Porto Velho



3.2 – Curvas de concentração de sedimentos em suspensão

A partir dos dados disponíveis, duas curvas de concentração de sedimentos em suspensão *versus* descarga foram obtidas. O gráfico abaixo apresenta o conjunto de dados e as curvas.

Concentração de sedimentos em suspensão (Porto Velho) versus vazão

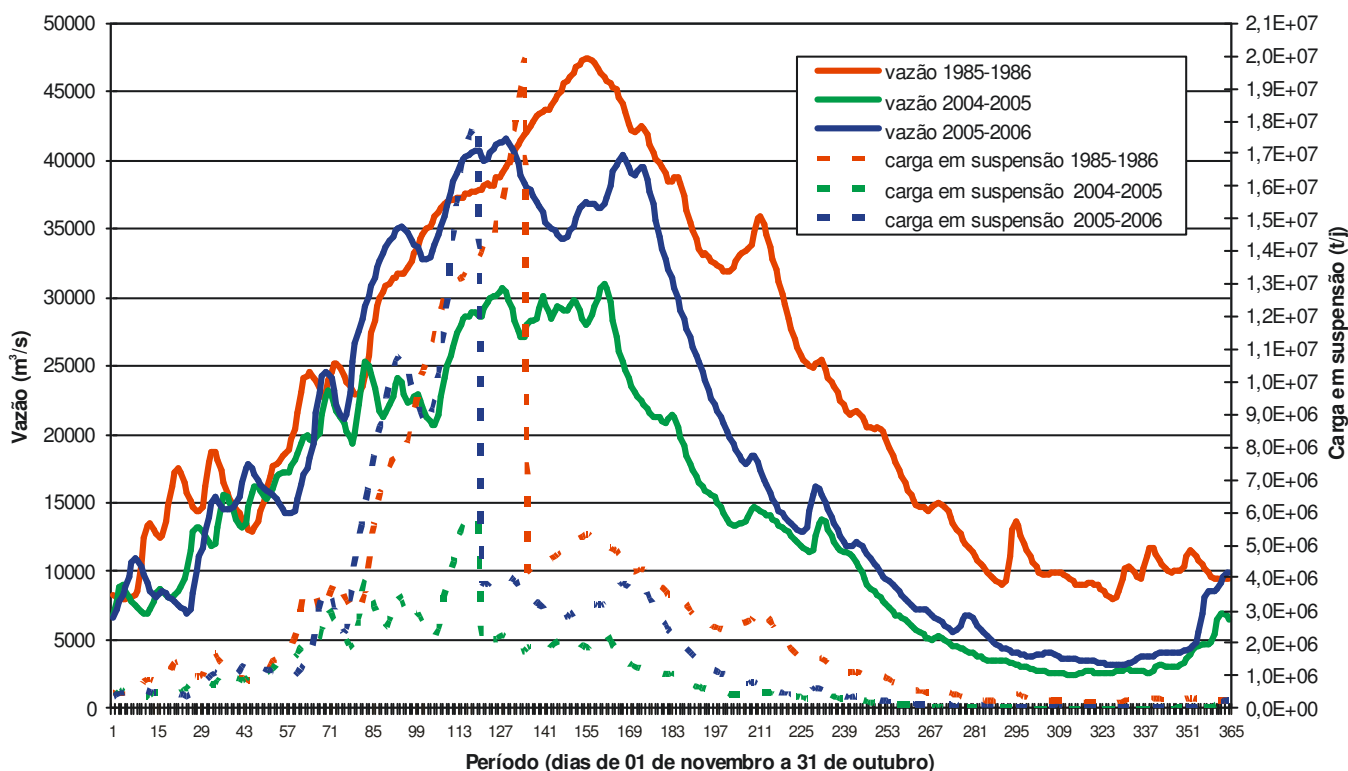


Uma curva corresponde à enchente com altas concentrações de sedimentos em suspensão. Essa concentração torna-se muito menor no pico da cheia, na vazante e durante os meses de seca. Uma segunda curva corresponde a estes três períodos.

3.3 – Transporte total dos sedimentos suspensos

Utilizando-se as curvas e os hidrogramas anteriores, torna-se fácil calcular as concentrações totais de sedimento em suspensão em cada ano analisado e o hidrograma do transporte de sedimento.

Hidrogramas e carga total em suspensão (Porto Velho)



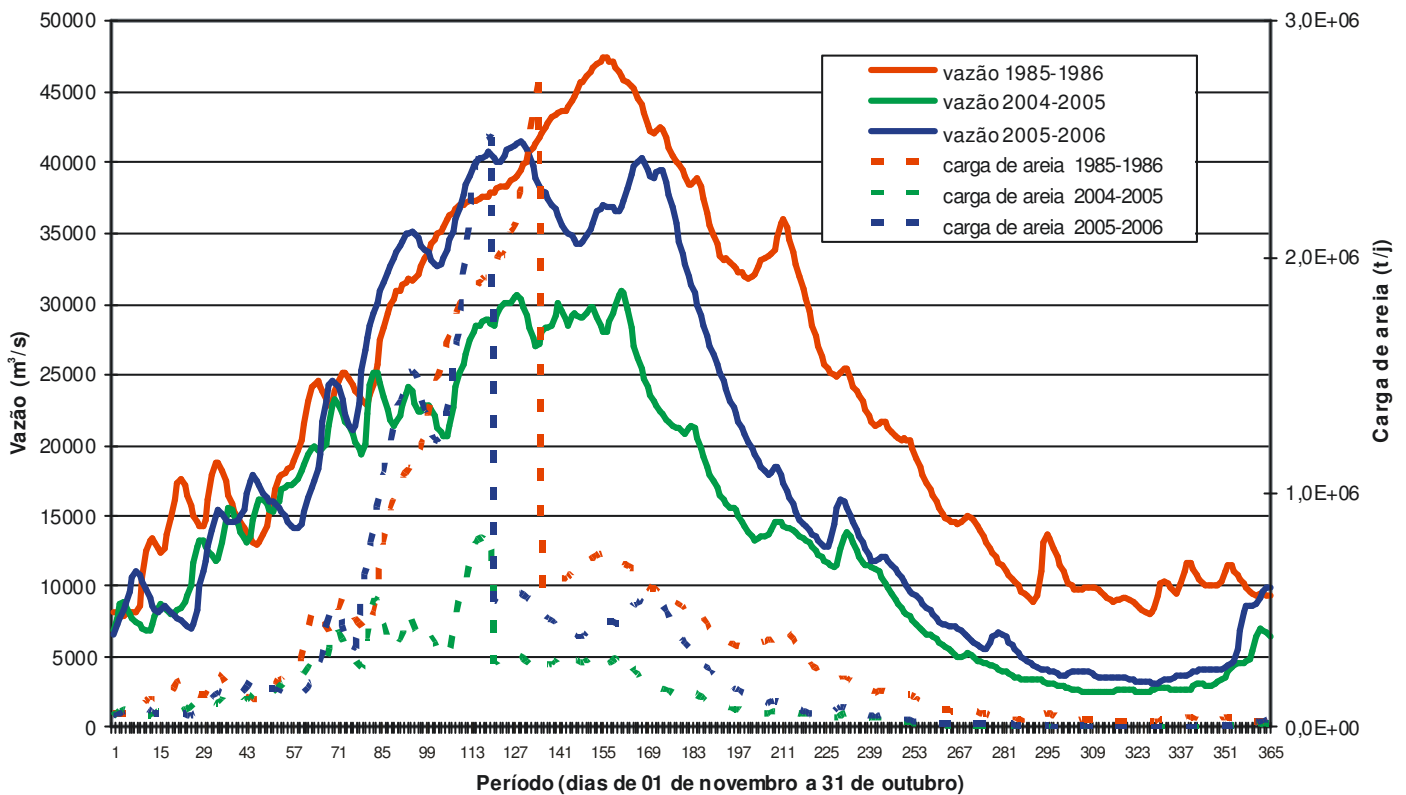
3.4 – Transporte de areia

Os estudos existentes demonstram que o transporte de areia (fundo + em suspensão) representa 14% do transporte total de sedimentos. A figura abaixo apresenta o transporte de areia para os três hidrogramas analisados.

A tabelas a seguir apresentam para cada ano analisado a quantidade total de sedimento transportado em suspensão, o transporte total de areia e o percentual de transporte de areia durante as enchentes e vazantes no rio Madeira.

Tipo	Ano	Transporte de Sedimento em Suspensão (10^9 t)	Transporte de Sedimento em Suspensão (10^8 m ³)	Transporte de Areia (10^6 m ³)	Transporte de Sedimento no Modelo (l)	Enchente (%)	Vazante (%)
Alto	1985-1986	1,15	1,62	88	880	65	35
Baixo	2004-2005	0,38	0,54	29	290	69	31
Médio	2005-2006	0,82	1,10	62	620	74	26

Hidrogramas e cargas de areia (Porto Velho)

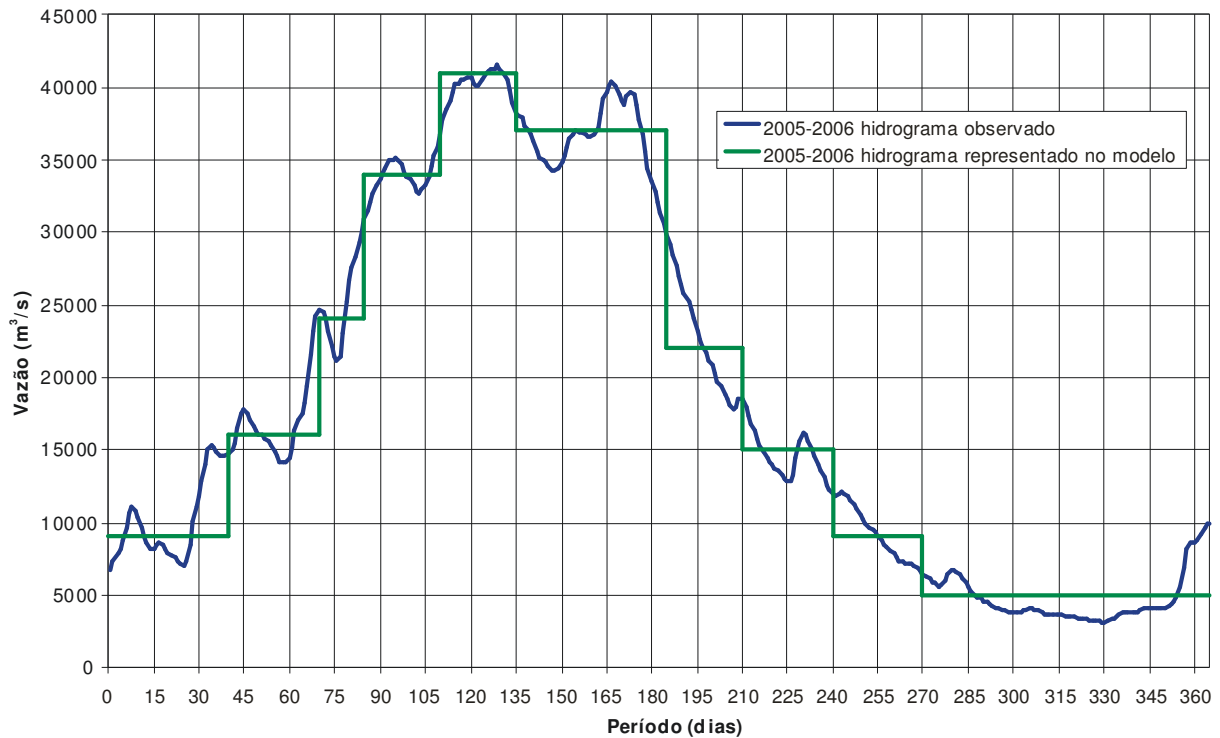


3.5 – Hidrogramas simplificados

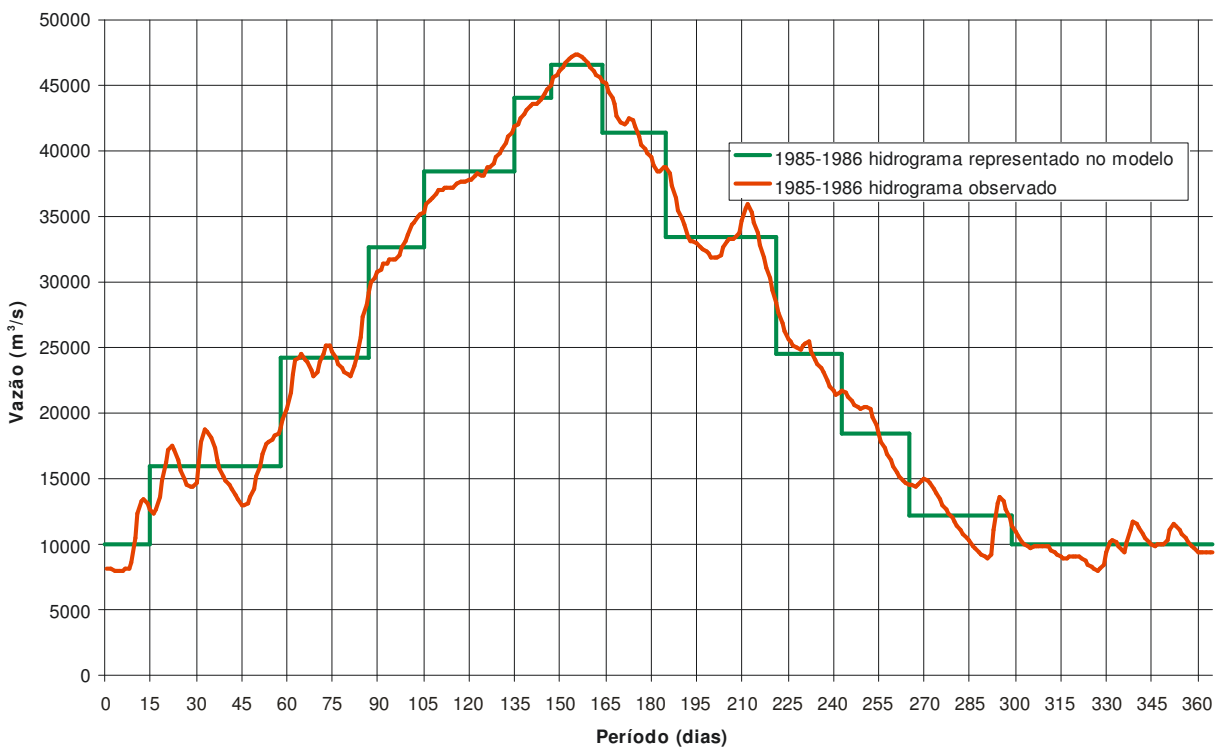
Os hidrogramas apresentados anteriormente foram simplificados para a operação e a observação do modelo, permitindo o controle simultâneo da vazão, dos correspondentes níveis d'água e da concentração de areia, além de possibilitar medições e observações para condições hidráulicas bem conhecidas.

Esses hidrogramas simplificados foram determinados de modo a se aproximarem das condições naturais de transporte de sedimentos arenosos.

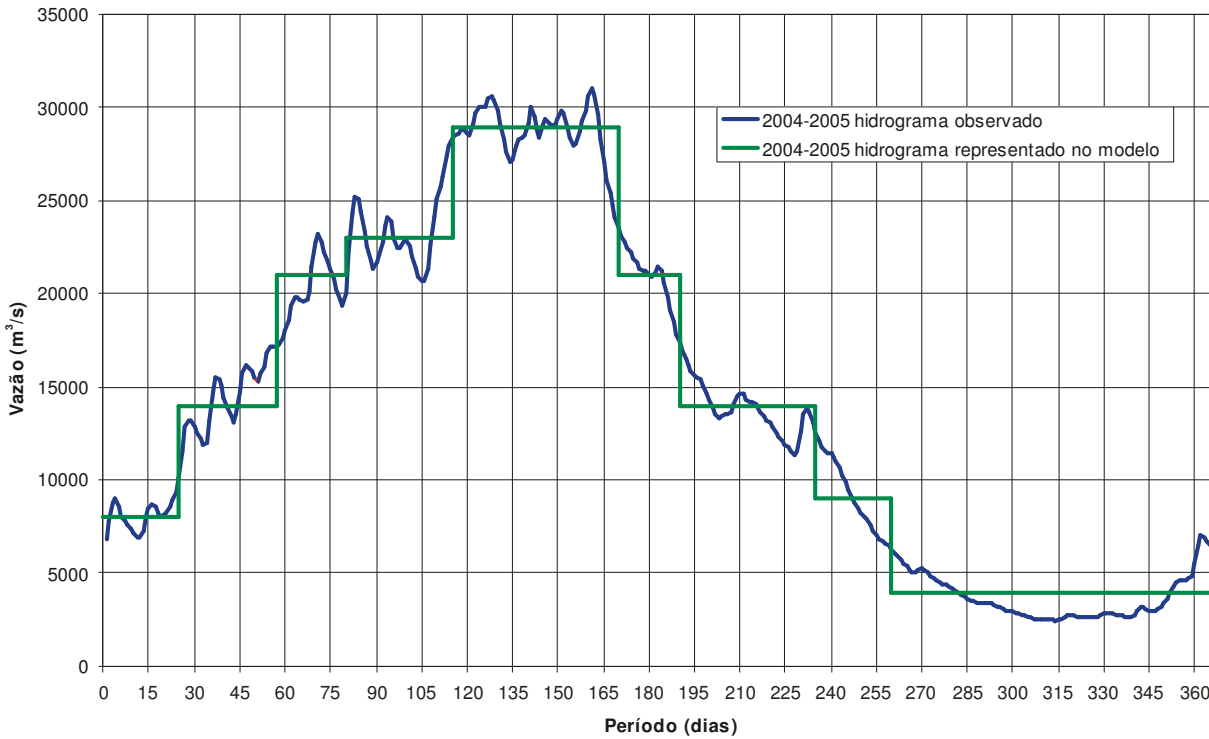
Hidrograma simplificado para o rio Madeira em Porto Velho em 2005-2006



Hidrograma simplificado para o rio Madeira em Porto Velho em 1985-1986



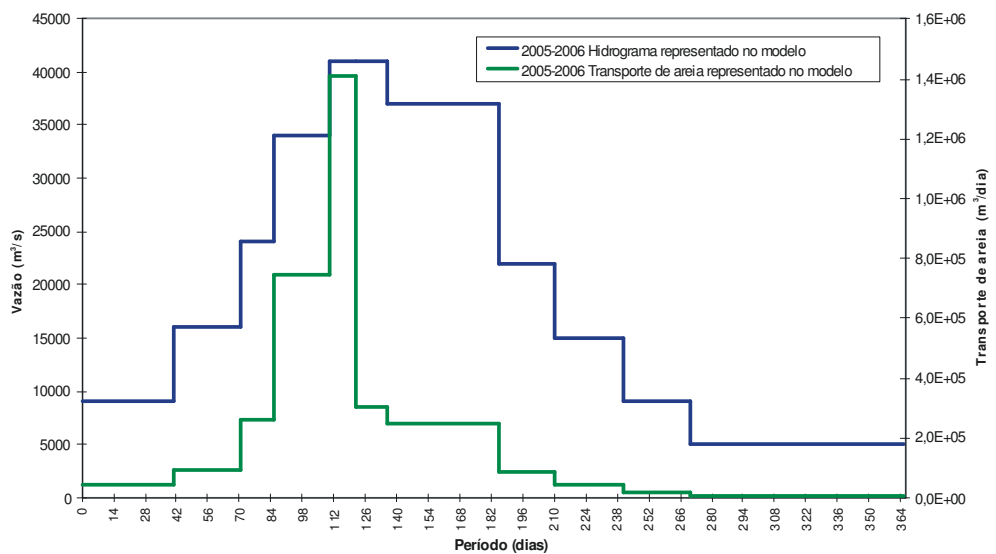
Hidrograma simplificado para o rio Madeira em Porto Velho em 2004-2005



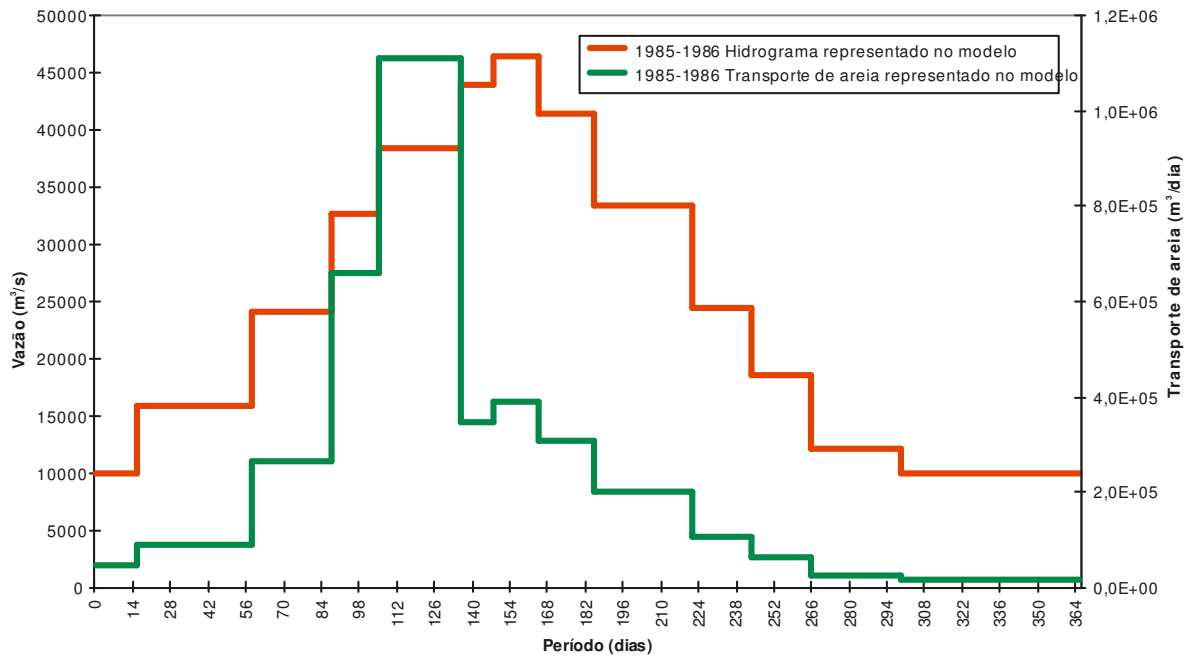
3.6 – Transporte de areia associado ao hidrograma simplificado

O transporte de areia correspondente aos hidrogramas simplificados foi determinado com base nos gráficos de concentração (para as partes em enchente e em vazante). Os hidrogramas definidos são fornecidos abaixo.

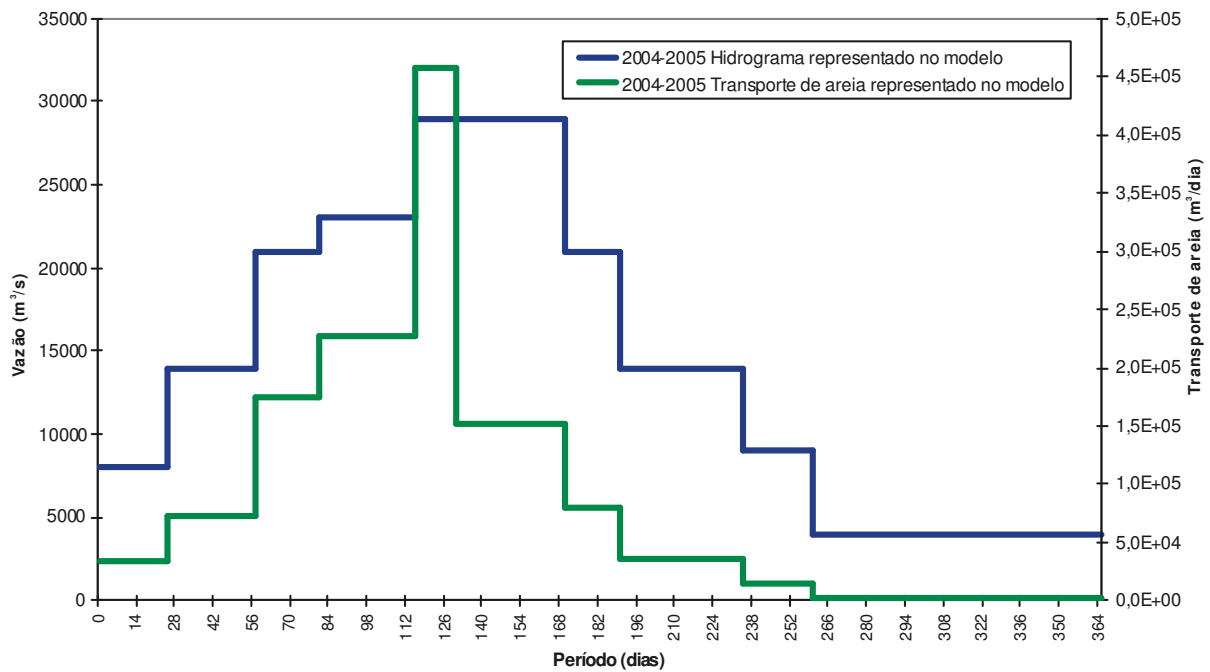
Hidrograma simplificado e transporte de areia em 2005-2006



Hidrograma simplificado e transporte de areia (1985-1986)



Hidrograma simplificado e transporte de areia em 2004-2005



4 - HIDRÁULICA DO MODELO E CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DE AREIA

4.1 – Determinação das escalas

Conforme a semelhança de Froude e Schields (vide acima), os hidrogramas e o transporte de areia foram transformados em valores no modelo.

Alguma incerteza refere-se à escala temporal do transporte de sedimento que depende do transporte de areia no modelo. Para ter uma idéia precisa desse tempo, a única possibilidade seria possuir informações precisas sobre processos de erosão/deposição na região durante um longo período, as quais não estão disponíveis. Além disso, sabemos que no estado natural do rio, não há tendência de acumulação ou erosão de sedimento de um ano para o outro. O rio possui a capacidade de transportar os sedimentos durante um ciclo anual. Obviamente, alguma sedimentação pode ocorrer localmente durante algumas semanas ou meses, mas o estoque total de sedimentos encontra-se em equilíbrio.

Portanto, a duração de um ano sedimentológico é determinada de acordo com a experiência da Sogreah para este tipo de modelo e escala. Esse parâmetro, neste caso, não é importante: os parâmetros importantes são aqueles de Schields, que caracterizam o início do movimento e o volume de sedimento transportado em cada etapa de vazão e durante todo o ano, que caracteriza a capacidade de transporte. O que importa é que a escala de tempo adotada permite o transporte adequado do volume de sedimentos durante cada etapa de tempo e durante o ano.

A fase de calibragem (vide abaixo) realmente comprova ser possível reproduzir o transporte de sedimentos em cada etapa da descarga e durante todo o ano, de acordo com as condições naturais, sem observar uma tendência de sedimentação na extensão do rio Madeira reproduzida no modelo. Além disso, a escala adotada foi conservadora. O tempo sedimentológico do modelo poderia ser diferente do tempo real em escala, mas poderia ser apenas um pouco mais longo (digamos, por exemplo, + 10 % até 30%). Portanto, a capacidade da vazão de erodir e transportar sedimentos de áreas depositadas não pode ser superestimada. Se a escala de tempo do transporte de sedimentos for de alguma maneira maior, isso não alterará a quantidade de sedimentos transportados nem tampouco qualquer outra condição hidráulica. O volume de sedimentos e as condições hidráulicas estão na escala adequada e como a vazão está longe de estar saturada pela carga natural de sedimentos, o modelo reproduz adequadamente a capacidade de transporte de sedimentos da vazão.

Portanto, a escala de tempo é tal que, um ano será reproduzido em 2h 45' no modelo.

De acordo com a configuração dos hidrogramas, a parte em ascensão dos hidrogramas durará de 50' a 1 h.

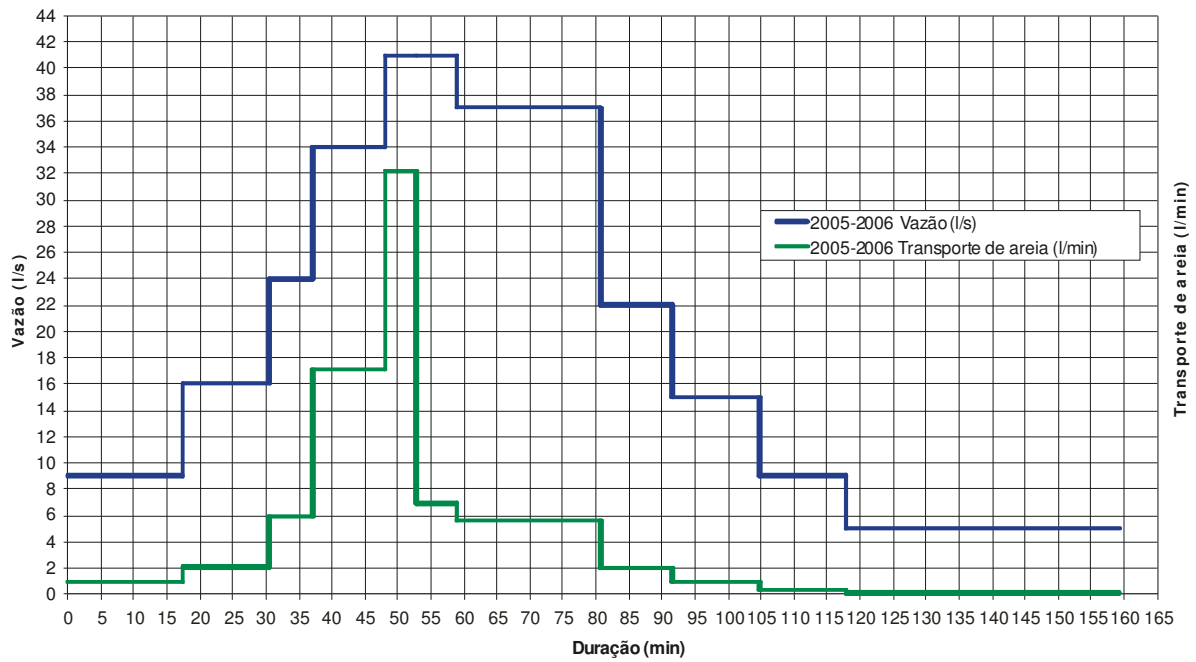
Os volumes dos sedimentos secos injetados no modelo são:

- Ano 2005-2006 : 632 l
- Ano 1985-1986 : 880 l
- Ano 2004-2005 : 320 l

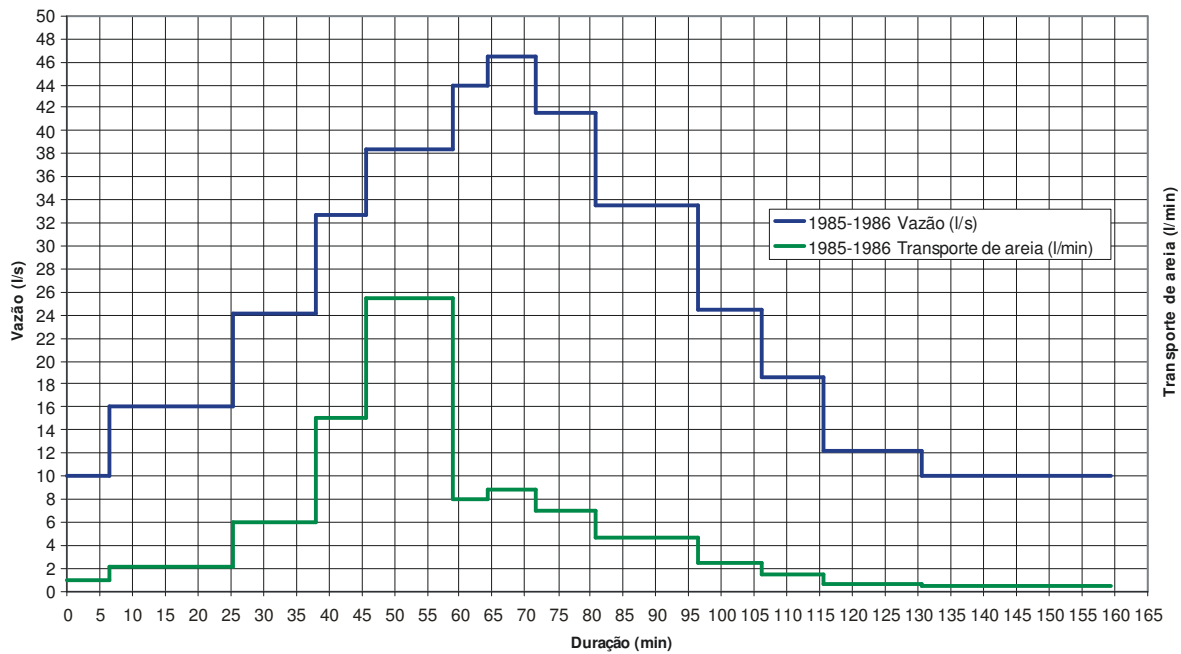
4.2 – Hidrogramas e sedimentos utilizados no modelo

As seguintes figuras apresentam os hidrografias analisados e o correspondente transporte de sedimentos injetado no modelo.

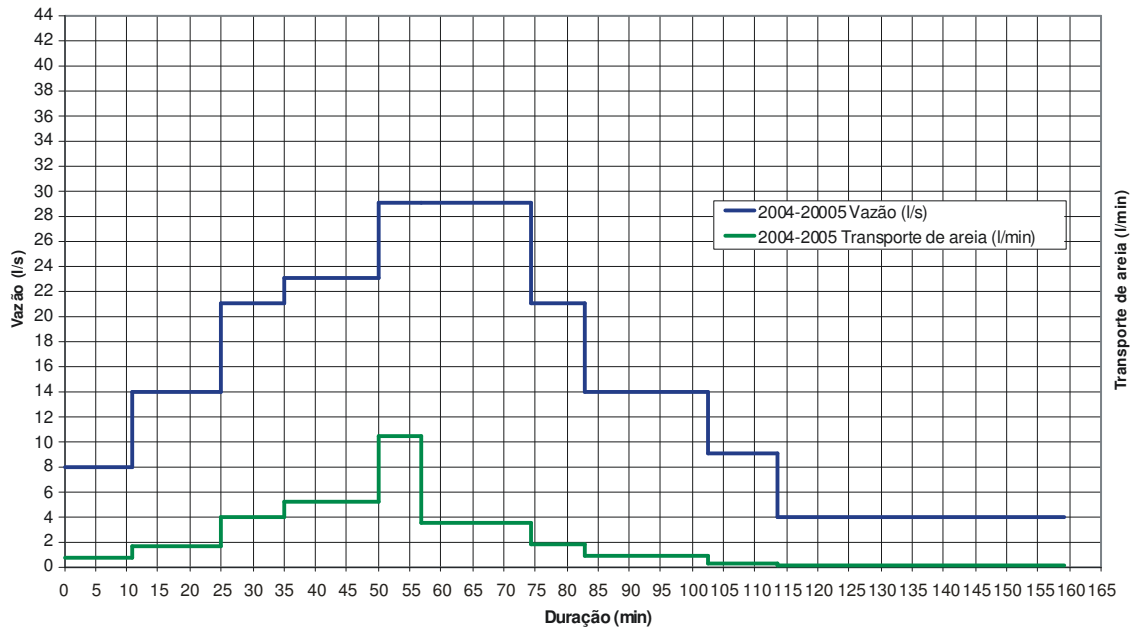
Vazão e transporte de areia no modelo em 2005-2006



Vazão e transporte de areia no modelo em 1985-1986



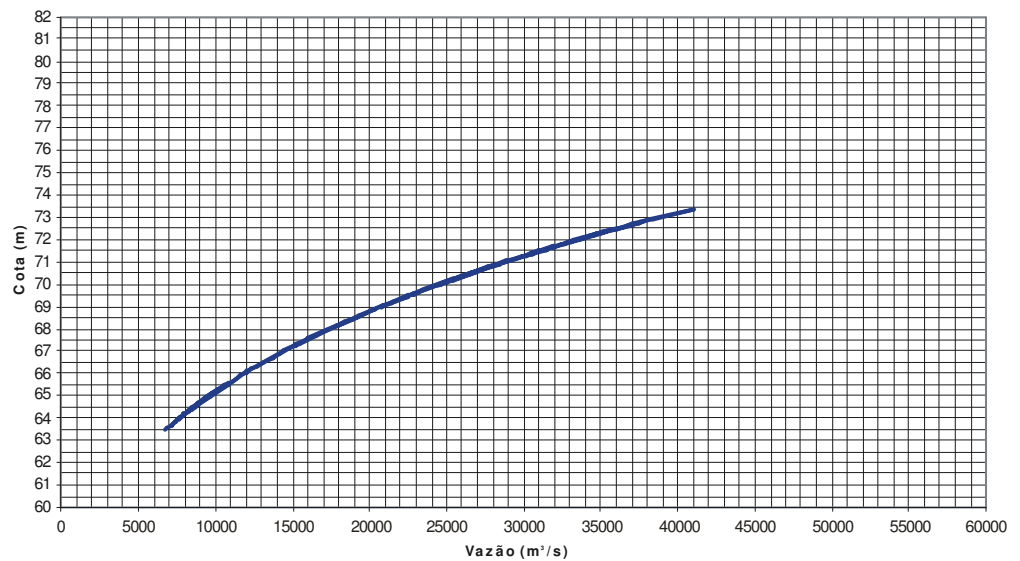
Vazão e transporte de areia no modelo em 2004-2005



4.3 – Curva-chave a jusante

A curva-chave a jusante resultou dos dados observados e fornecidos pela Energia Sustentável do Brasil. A figura abaixo apresenta essa curva-chave.

Modelo reduzido - Curva chave



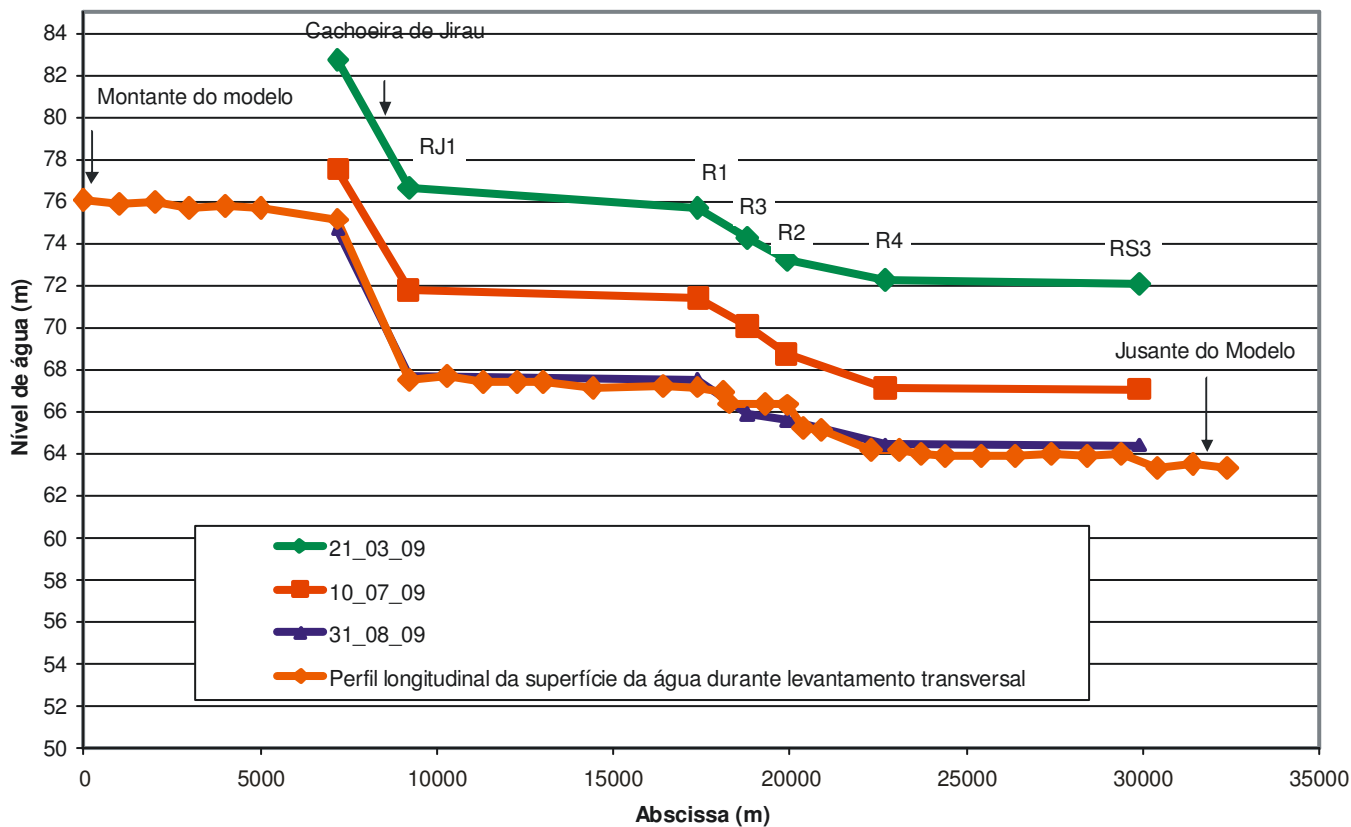
4.4 – Calibragem hidráulica

A calibragem hidráulica tem por objetivo reproduzir o perfil longitudinal da superfície da água no modelo. A partir dos dados fornecidos pela Energia Sustentável do Brasil, os seguintes perfis longitudinais foram utilizados para calibrar o modelo, ou seja, para ajustar as perdas de carga em cada cachoeira.

A tabela abaixo fornece a localização e o nome das estações de medição de nível d'água ao longo do rio Madeira utilizadas para a calibragem do modelo.

Nº	Nome	Nº da seção transversal no modelo	Margem
RS3	Luca	03/04	Direita
R4	Porto	11/12	Direita
R2	Ilha	15	Esquerda
R3	Bananal	16bis	Direita
R1	Montante	19	Direita
RJ1	Jirau (a jusante da cachoeira)	26	Direita
RJ2	Jirau (a montante da cachoeira)	28	Direita

Perfil longitudinal do nível d'água observado no modelo de Jirau



A localização das medições do nível d'água é fornecida no Apêndice A.

4.5 – Testes hidráulicos

Duas séries de testes são realizadas no modelo:

- Análise das condições naturais do rio Madeira (níveis d'água e transporte de sedimentos)
- Análises dos impactos da implantação do projeto (níveis d'água e transporte de sedimentos):
 - ☐ Vazões e velocidades no reservatório para várias regras de operação do projeto;
 - ☐ Determinação da sedimentação no reservatório e do padrão de erosão de acordo com a operação do empreendimento;
 - ☐ Simulação do transporte de troncos e detritos flutuantes;
 - ☐ Simulação do comportamento de ovos e larvas de peixes sob os efeitos de correntes no modelo para diferentes condições de cheia e operação do empreendimento.

Os testes das condições naturais do rio Madeira, sem a implantação do empreendimento, foram realizados e a construção do projeto no modelo encontra-se em andamento.

Algumas fotografias do modelo durante os testes de simulação das condições naturais (ano 2005-2006) são fornecidas no Apêndice B.

A apresentação de uma visão global do modelo após um teste de simulação das condições naturais (ano 2005-2006) é fornecida como exemplo no Apêndice C. Um relatório específico será elaborado para descrever os resultados dos testes realizados.

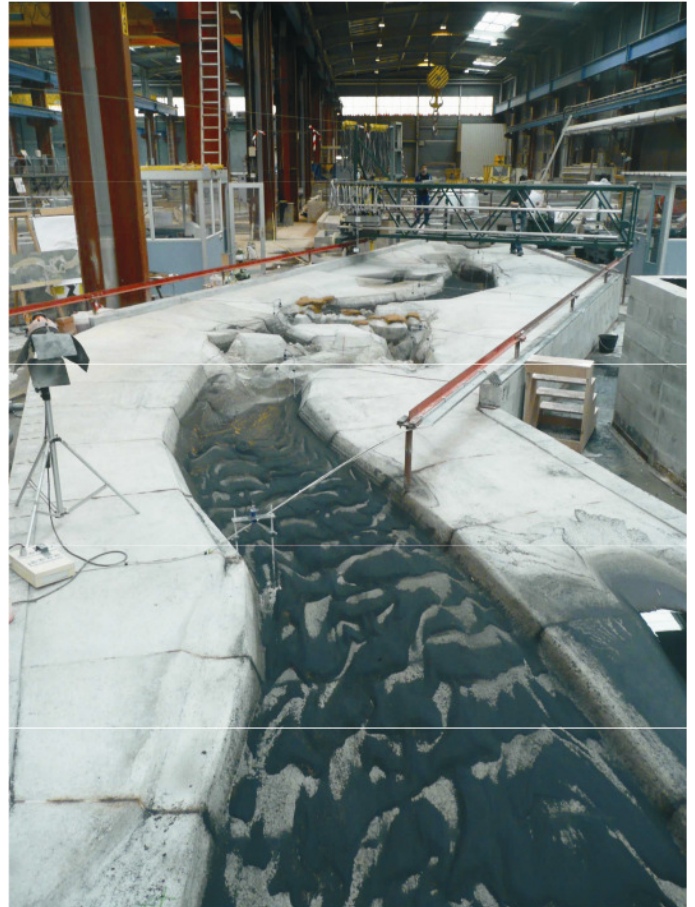
Visões globais do modelo são fornecidas abaixo a partir de jusante até montante.

Algumas fotografias dos detalhes e equipamentos são fornecidas no Apêndice B.

Nas condições naturais, a vegetação que cobre algumas ilhas é representada para ajustar as perdas de carga em vazões elevadas.



Durante o teste



Após o teste (ano 2005-2006): algumas dunas são percebidas a jusante

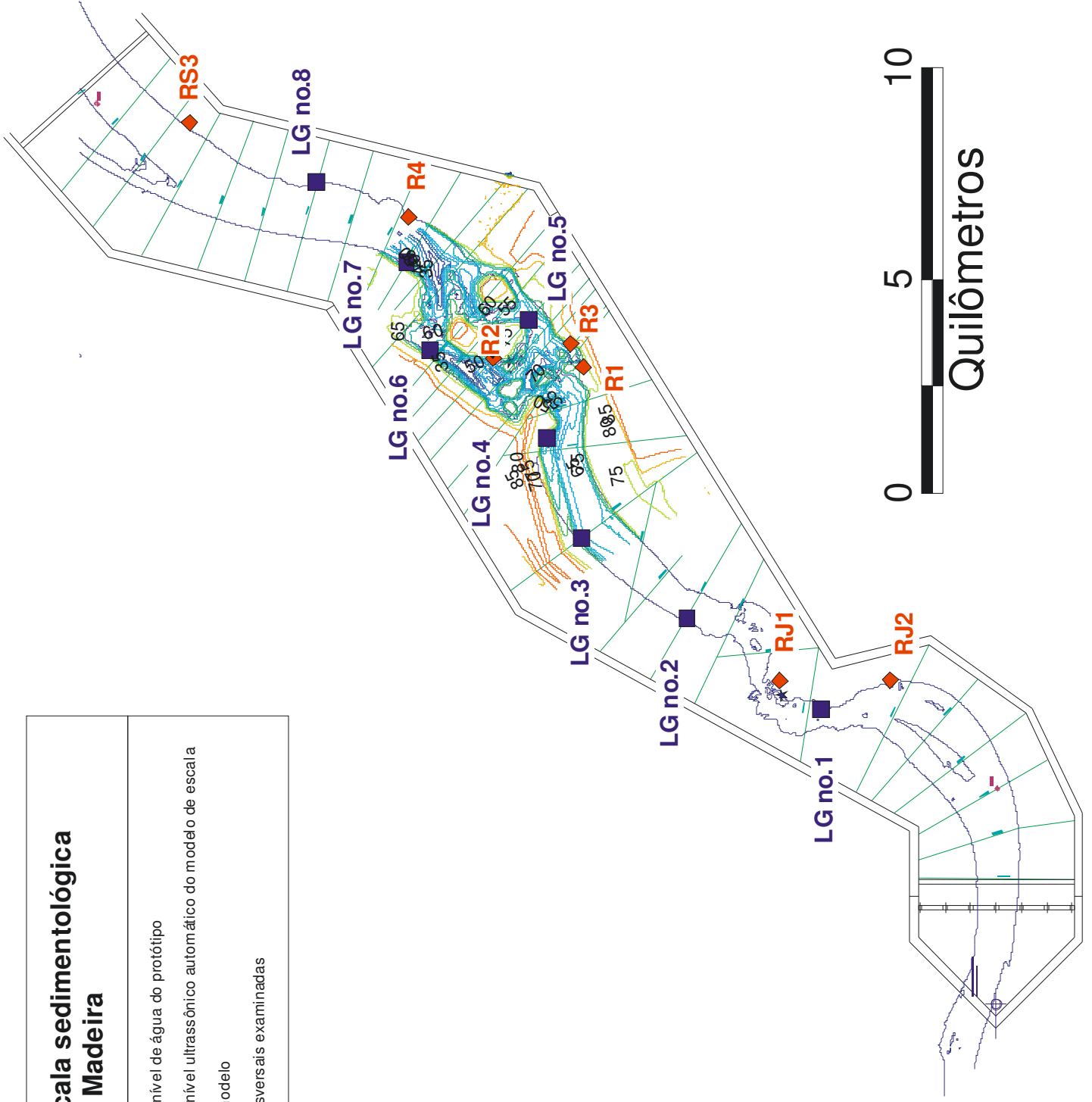


Cachoeiras a montante do eixo da barragem (linha vermelha) após o teste: nenhuma sedimentação percebida na área das cachoeiras

APÊNDICE A
LAYOUT DO MODELO
MEDIÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA AO LONGO DO RIO MADEIRA /
LOCALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES ULTRASSÔNICAS
DO MODELO REDUZIDO

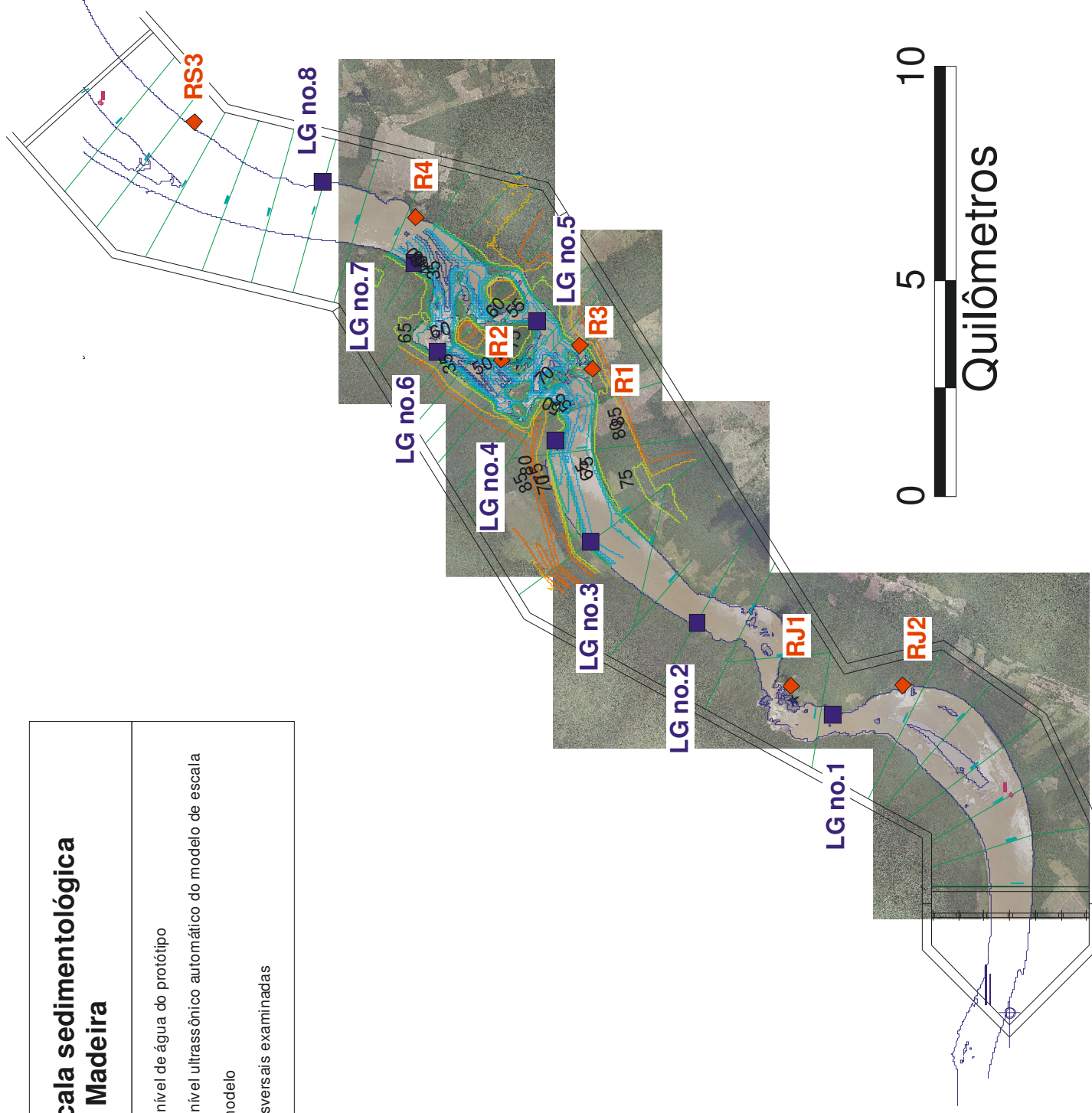
Modelo de escala sedimentológica de Jirau e Rio Madeira

- ◆ Medidas do nível de água do protótipo
- Medidas do nível ultrassônico automático do modelo de escala
- Limites do modelo
- Seções transversais examinadas



Modelo de escala sedimentológica de Jirau e Rio Madeira

- ◆ Medidas do nível de água do protótipo
- Medidas do nível ultrassônico automático do modelo de escala
- Limites do modelo
- Seções transversais examinadas



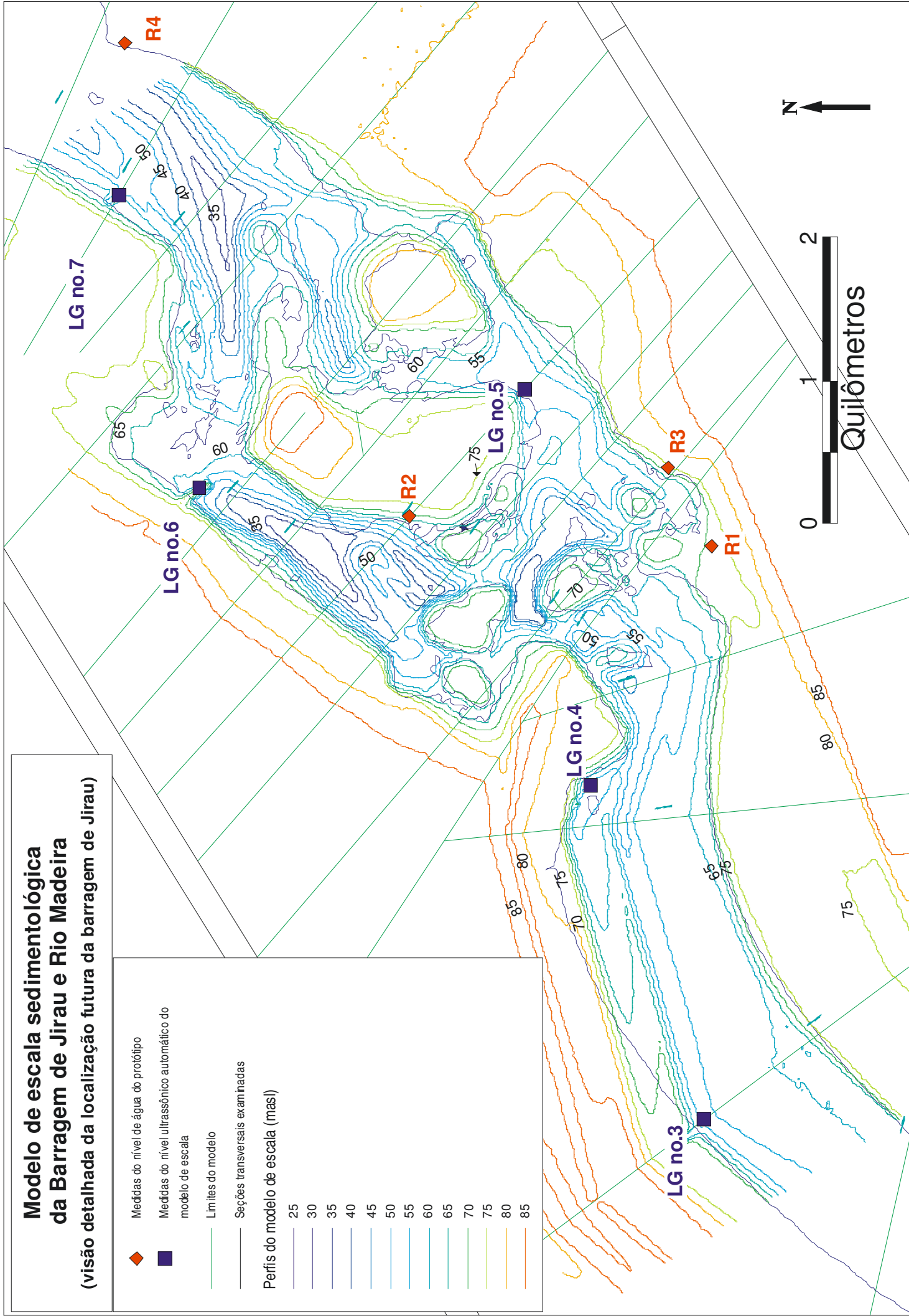
Modelo de escala sedimentológica da Barragem de Jirau e Rio Madeira

(visão detalhada da localização futura da barragem de Jirau)

- ◆ Medidas do nível de água do protótipo
- Medidas do nível ultrassônico automático do modelo de escala
- Limites do modelo
- Seções transversais examinadas

Perfis do modelo de escala (masl)

- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- 70
- 75
- 80
- 85



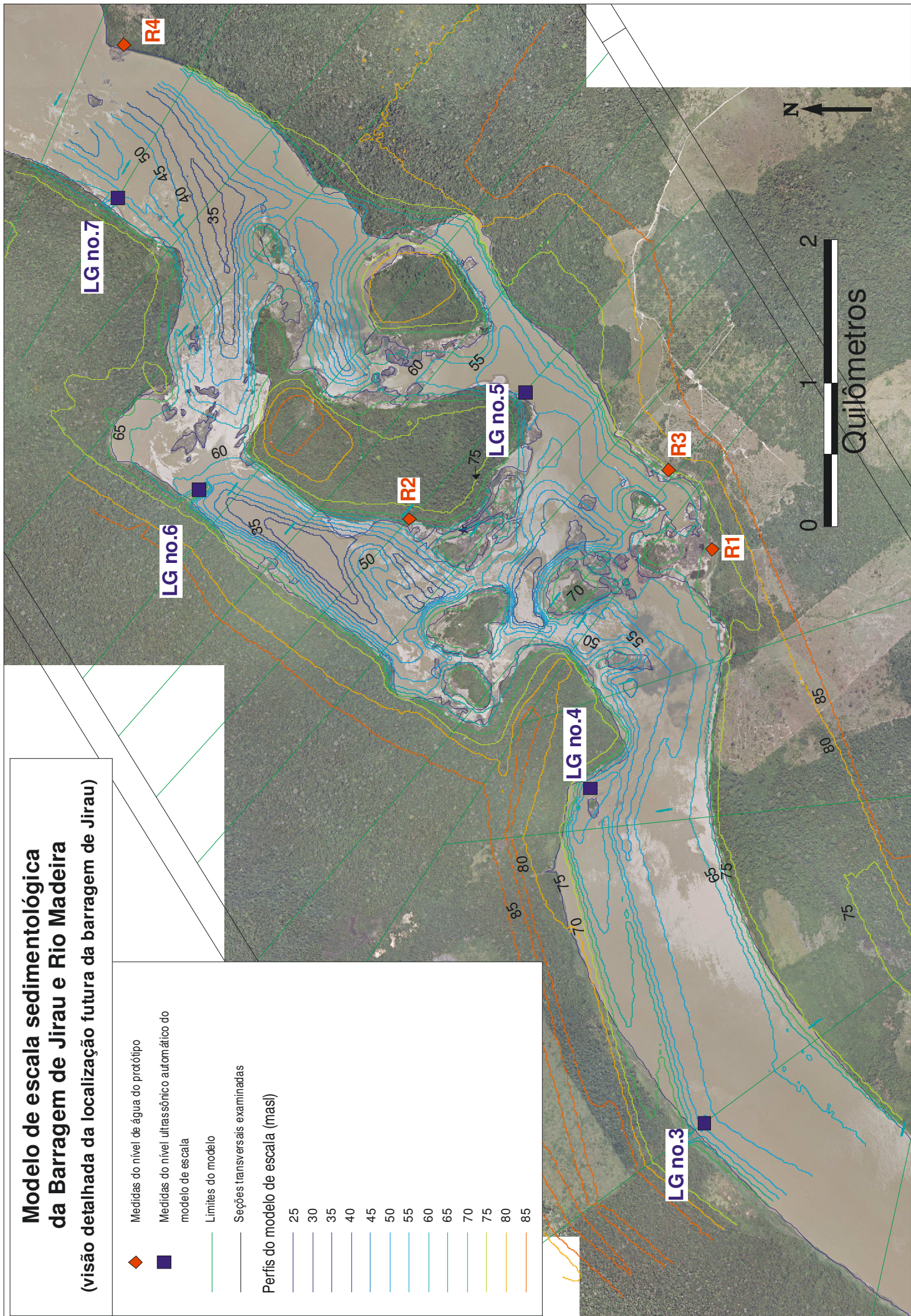
Modelo de escala sedimentológica da Barragem de Jirau e Rio Madeira

(visão detalhada da localização futura da barragem de Jirau)

- ◆ Medidas do nível de água do protótipo
- Medidas do nível ultrasônico automático do modelo de escala
- Limites do modelo
- Seções transversais examinadas

Perfis do modelo de escala (mas)

- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- 70
- 75
- 80
- 85



APÊNDICE B
FOTOGRAFIAS DO MODELO



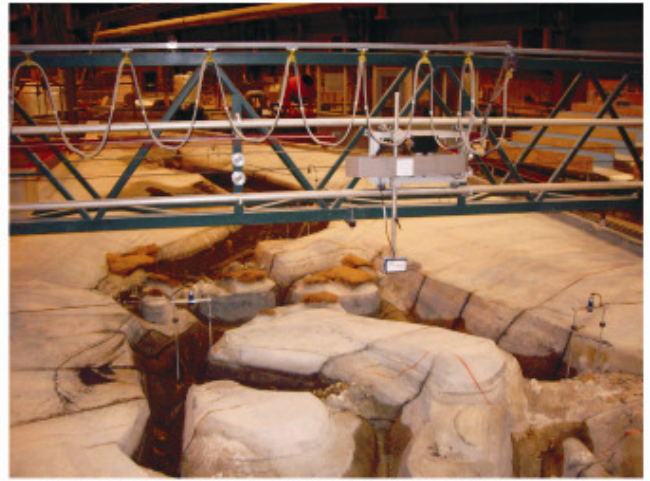
A MONTANTE DA BARRAGEM : VISTA DAS ILHAS



VISTA DE JUSANTE PARA MONTANTE
A PARTIR DO EIXO DA BARRAGEM



DETALHE DA INJEÇÃO DE
SEDIMENTOS A MONTANTE



DETALHE DO SISTEMA DE LEVANTAMENTO
DE SEDIMENTAÇÃO



DETALHE DO SISTEMA DE LEVANTAMENTO DE SEDIMENTAÇÃO



CORREDEIRAS DE JIRAU E MEDIÇÃO
DO NÍVEL D'ÁGUA

APÊNDICE C
VISÃO DO MODELO NO FINAL DOS TESTES DE SIMULAÇÃO DAS
CONDIÇÕES NATURAIS (ANO 2005-2006)

