CONVÊNIO CNPq – IRD

COOPERAÇÃO CIENTÍFICA BRASIL – FRANÇA

Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Período de 2001 a 2003

em parceria com a ANA, UnB, UFRJ, USP, UFF, UFAM, IEPA

Vitoria Regia na várzea de Curuai, junho de 2003 (Foto: Laurence M.B.,© IRD – HIBAm)

Abril de 2004

PROJETO HIBAM
RELATÓRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO FINAL
2001 - 2003
CNPq – IRD
em parceria com a ANA, UnB, UFRJ, USP, UFF, UFAM, IEPA

1 IDENTIFICAÇÃO

1.1. Título do projeto

Título completo: **Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica**

Título abreviado: **HIBAM**

1.2. Convênio CNPq/IRD Acordo de Cooperação Técnica Brasil\França

1.3. Processo nº 910011/97-4

1.4. Coordenação brasileira

Período 2001 a 2003
Eurides de Oliveira (Coordenador)
Agência Nacional das Águas - ANA, SPS, Área 05 Qd.3 Bl. L s/112, 70.610-200, Brasília, DF
Tel.(61) 445 5290 / Fax.(61) 445 5296
eurides@ana.gov.br

1.5. Coordenação francesa

Período janeiro de 2001 a junho de 2001	Período julho de 2001 a dezembro de 2003
Patrick Seyler IRD UR 154 – UMR LMTG Université Paul Sabatier 38, rue des 36 ponts 31400 Toulouse, FRANCE Tel: (33) 5 61 55 76 79 Fax: (33) 5 61 55 81 38 pseyler@lmtg.ups-tlse.fr	Laurence Maurice Bourgoin IRD, CP 7091, Lago Sul CEP 71619-970 Brasília DF, BRASIL Tel: (61) 307 10 82 Fax: (61) 248 5378 lmaurice@unb.br

1.6. Áreas de Conhecimento

1. Ciências Exatas e da Terra
1.06.00.00-0 - Química
1.06.03.00-0 - Físico-química
1.06.04.00-6 - Química Analítica
1.06.04.07-3 - Análise de Traços e Química Ambiental
1.07.00.00-5 - GeoCiências
1.07.01.00-1 - Geologia
1.07.01.01-0 - Mineralogia
1.07.01.03-6 - Geoquímica
1.07.01.06-0 - Geocronologia
1.07.01.11-7 - Sedimentologia
1.07.01.14-1 - Geologia Ambiental
1.07.02.06-7 - Sensoriamento Remoto
3. Engenharias
3.01.04.02-5 - Hidrologia
3.06.03.01-3 - Balanços Globais de Matéria e Energia
3.07.01.00-7 - Recursos Hídricos

1.7. Período de Implantação e de referência do Relatório

Janeiro de 2001 a dezembro de 2003

1.8 Nome das instituições brasileiras envolvidas no projeto

Por ordem alfabética:

- Agência Nacional de Águas (ANA) desde janeiro de 2002
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) até dezembro de 2001
- Inst. Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a partir de junho de 2003
- Inst. de Pesquisas Cientificas e Tecnológicas do estado do Amapá (IEPA), a partir de 2001
- Universidade do Amazonas, Centro de Ciências do Ambiente (CCA–UA), a partir de 2000
- Universidade de Brasília (Inst. Geociências-IG, Inst. Ecologia-IE, e Dep.Eng.Civil-ENC), desde 1997
- Universidade Federal Fluminense, Programa de Geoquímica (GEOQ-UFF) a partir de agosto de 2003
- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ-COPPE) a partir de 2001
- Universidade Federal Fluminense, Programa de Geoquímica (GEO-UFF) a partir de agosto de 2003
- Universidade de São Paulo, Escola Politécnica (EP-USP), a partir de 2001

1.9 Nomes dos participantes da equipe brasileira (por instituição)

Nome	Instituição	Estatuto	Disciplina	Período
Eurides de OLIVEIRA	ANA	Eng.	Hidrologia	2001 a 2003
Valdemar GUIMARAES	ANA	Eng.	Hidrologia	2001 a 2003
Marcos FREITAS	ANA	Dr.	Hidrologia	2001 a 2003
Naziano FILIZOLA	ANA/CCA-UA	Dr.	Hidro-Sedimentologia	2001 a 2003
Adriana CHAVES	ANEEL	Engenheira(MSc).	Hidrologia	2001
Jorge WERNECK	ANEEL	Engenheiro(MSc)	Hidrologia	2001
Patrícia TAKEI	ANEEL	Engenheira(Grad)	Hidrologia	2001
Geraldo BOAVENTURA	UnB-IG	Prof. Dr.	Geoquímica	2001 a 2003
Maria do S. RODRIGUES	UnB-IE	Profa. Dr.	Biólogia	2002 a 2003
Marcelo PINELLI	UnB-IG	Doutorando	Geoquímica	2001
Rafaela A. PORTUGAL	UnB-IG	Inic. Cient.	Geoquímica	2001 a 2003
Marcio Sousa da SILVA	IEPA	Mestrado	Altimetria	2001
Denizar BLITZKOW	EPUSP-PTR	Prof. Dr.	Geodésica	2001 a 2003
Ilce de Oliveira CAMPOS	EPUSP-PTR	Doutoranda	Geodésica	2001 a 2003
Susana VINZON	UFRJ-COPPE	Profa. Dra.	Sedimentologia	2001 a 2003
Rui Carlos V. da SILVA	UFRJ-COPPE	Prof. Dr.	Modelagem	2001 a 2003
Maximiliano STRASSER	UFRJ-COPPE	Doutorando	Transporte fundo	2001 a 2003
Alfredo RIBEIRO NETO	UFRJ-COPPE	Doutorando	Modelagem	2001 a 2003
Maria Salete ALVES	IBAMA-CSR	Geógrafa (MSc)	Geografia	2003
Luiz DRUDE DE LACERDA	UFF-GEO	Prof. Dr.	Geoquímica	2003
Marcelo C. BERNARDES	UFF-GEO	Prof. Dr.	Geoquímica	2003
Renato C. CORDEIRO	UFF-GEO	Prof. Dr.	Geoquímica	2003
Jorge João Abrão	UFF-GEO	Prof. Dr.	Geoquímica	2003
Total participantes brasileiros			**23**	

1.10. Nomes dos participantes da equipe francesa do IRD no Brasil (por ordem alfabética)

Nome	Instituição de acolhimento	Estatuto	Disciplina	Período
Francis SONDAG	UnB-IG	Engenheiro	Geoquímica	2003
Frédérique SEYLER	UnB-IG	Pesquisador	SensoriamentoR	Até 06/2001
Gérard COCHONNEAU	ANA	Engenheiro	Hidrologia	2001 a 2003
Jean MORILLAS	IG-UnB	Jovem pesquisador	Modelagem	Até 12/2001
Jean-Michel MARTINEZ	UnB	Jovem pesquisador	SensoriamentoR	2001 a 2003
Josyane RONCHAIL	ANA	Prof. Dr.	Meteorologia	2001 a 2003
Laurence MAURICE BOURGOIN	IG-UnB	Pesquisador	Geoquímica	2001 a 2003
Pascal KOSUTH	UnB-ENC	Pesquisador	Modelagem	2001 a 2002
Patricia MOREIRA TURCQ	GEO-UFF	Pesquisador	Geoquímica	Desde 08/2003
Patrick SEYLER	IG-UnB	Pesquisador	Geoquímica	Até 06/2001
Total participantes franceses			**10**	

2. RESUMO

2.1. Objetivos

O objetivo principal do Projeto HIBAM é conhecer os processos hidrológicos, sedimentologicos e geoquímicos, na escala da Bacia Amazônica continental com a finalidade de elaborar um modelo hidrodinamico e geoquímico do funcionamento atual de um grande sistema fluvial.

Objetivos científicos específicos

Esses estudos, calcados em três segmentos de pesquisa, pretendem responder às seguintes perguntas científicas:

1. *Qual é a dinâmica da hidrologia, da erosão, da alteração geoquímica e da exportação de matéria na Bacia Amazônica ?*
2. *Qual é o papel das várzeas na hidrologia e no balanço de transferência de matérias pelos rios Amazônicos do piemonte Andino ao Oceano Atlântico ?*
3. *Quais são os impactos da variabilidade climática na hidrologia e da pressão antrópica sobre as transferências de matéria na Bacia Amazônica ?*

Objetivos aplicados

I) Correlacionar ao nível do mar o nível das réguas das principais estações hidrológicas do curso principal da bacia Amazônica, posto que atualmente o nível que as mesmas indicam é arbitrário, formando uma rede possível de analisar com precisão as conseqüências de cheias e secas na região, bem como melhorar as previsões;

II) Elaborar um sistema de previsão de cheias apoiado nas novas técnicas desenvolvidas nas fases anteriores do Projeto e que leve em consideração a ocorrência de eventos climáticos do tipo " El Niño";

III) Construir um modelo hidrodinâmico da Bacia Amazônica;

IV) Construir um modelo de previsão das condições ambientais dos rios da Bacia em função das taxas de erosão e transporte de matéria;

V) Manter um Site (Internet), de livre acesso à comunidade, com informações consolidadas sobre a Bacia Amazônica;

VI) Desenvolver um Sistema de Informacões Geográficas com acesso ao banco de dados espacializado do programa;

VII) Colaborar na formação técnica e acadêmica (iniciação cientifica, mestrados e doutorados) .

2.2. Metas e resultados propostos

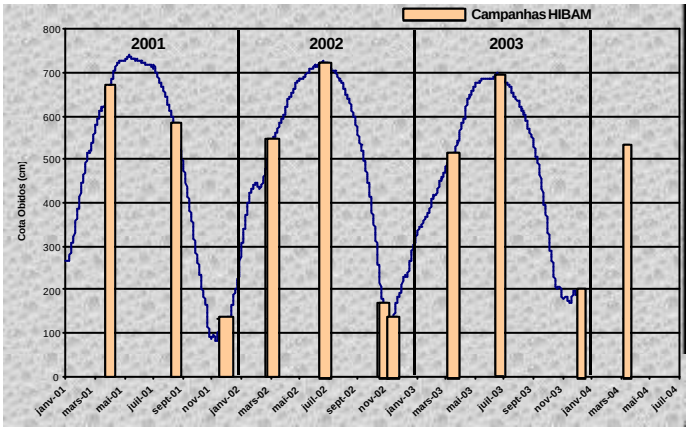
1- Estender a rede de estações de telé-transmissão via satélite para um monitoramento mais satisfatório das condições hidrológicas regionais.
2- Melhorar a modelagem da cheia do Amazonas para uma previsão mais satisfatória das inundações e estiagens.
3- Estimar o impacto da variabilidade hidrológica na bacia para um manejo sustentável dos recursos hídricos.
4- Estender os conhecimentos metodológicos adquiridos sobre a Bacia do Amazonas às outras grandes bacias hidrográficas do Brasil (Tocantins, São Francisco, Paraguai-Paraná...).
5- Desenvolver um método novo de estimativa dos fluxos de sedimentos por meio da utilização de um perfilador acústico de corrente por efeito Doppler.
6- Estimar o impacto dos fluxos de sedimentos para projetos com fins hidroelétricos.
7- Criar um banco de dados bio-geoquímicos de referência.
8- Gerar um Sistema de Informação Geográfica da Bacia Amazônica, com dados hidrometeorológicas do DNAEE/ANEEL/ANA e os mapas temáticos do RADAMBRASIL.
9- Adaptar os dados espacializados da umidade do solo para integração nos modelos hidrológicos.
10- Desenvolver métodos novos de caracterização da textura das imagens a base de análises multifractais.

2.3. Materiais e métodos utilizados

Os estudos realizados no âmbito do projeto HIBAM, no período 2001 a 2003 fizeram uso de dados recolhidos durante as **campanhas pontuais de medições** (Fig.1) assim como dos dados das redes hidrométricas brasileira, boliviana, equatoriana e peruana. Ao total, 10 campanhas de medições foram realizadas entre 2001 e 2003 sobre os rios Solimões, Negro, Madeira, Amazonas das fronteiras até Santarém. Uma decima primeira campanha foi realizada em março de 2004, sobre o trecho Manaus – Santarém.

Esses dados são basicamente de fluviometria com medição de vazão associada, de sedimentologia, das estações convencionais ou de tele-transmissão via satélite, além das medições nas estações da rede de referência HIBAM da descarga sólida (a partir das vazões e das concentrações de materiais em suspensão, MES, analisadas sobre a seção toda), das concentrações em elementos maiores, traço, metais pesados e carbono orgânico nas frações dissolvida e particulada nas águas de superfície.

Fig. 1 Distribuição das campanhas HIBAM realizadas no Brasil, na bacia Amazônica sobre o hidrograma do Rio Amazonas em Obidos, entre 2001 e 2003.



As campanhas de medição foram organizadas pelos pesquisadores do Programa HIBAM dentro dos limites de tempo e de orçamento disponíveis , levando-se em conta o custo bastante elevado de cada missão de campo. Neste sentido, de fazer frente aos altos custos,, as campanhas foram financiadas com recursos compartilhados pelo IRD , ANA, UFRJ e o CNPq, variando com as disponibilidades orçamentárias de cada entidade.

As medições de vazão, nas campanhas, foram realizadas com o uso de um Perfilador Acústico de Corrente por efeito Doppler (**ADCP**). As amostragens de água foram realizadas com o auxílio de

amostradores de água pontuais, de 5 e 10 litros (Fig. 2). Esses amostradores foram exclusivamente desenvolvidos e construídos para uso nas condições amazônicas por técnicos franceses e brasileiros do projeto.

Fig.2. Amostrador pontual de água com capacidade nominal de 10 litros, desenvolvido e construído por pesquisadores HIBAM.

Dentro da estratégia global de trabalho implementou-se também uma rede **global de estações de referência** (Fig. 3) com 10 estações dentro daquelas algumas são das redes hidrométricas nacionais. As amostragens de água foram coletadas a cada dez dias para o monitoramento da condutividade elétrica, da temperatura e para a análise das MES (matérias em suspensão) e do material dissolvido, estudando sua variabilidade sazonal. O critério de definição desses pontos foi o de obter maior representatividade em termos de contribuições tanto da matéria dissolvida quanto particulada em suspensão.

Fig.3. Rede de estações de referência do projeto HIBAM instaladas dentro das redes hidrométricas nacionais.
Os pontos na Bolívia, Peru e Equador fazem parte da rede de referência naqueles países instalada com os mesmos objetivos que a rede no Brasil.

Os dados gerados desse procedimento têm sido processados e estão sendo inseridos em um banco de dados georeferenciado, HIBAM. O banco está disponível na Internet em formato bruto e oficialmente, a partir do dia 02 de março de 2004, está disponível para consulta pública, através da página do projeto (http://www.mpl.ird.fr/hybam/whybam.html ou http://www.ana.gov.br/hibam).

Os estudos geoquímicos finos - análises dos elementos traço - foram embasados em um protocolo de amostragem "ultra-limpo", bem como sobre uma rede analítica de alto desempenho. Para estudar a variabilidade temporal das concentrações em elementos-traço, também foram realizadas amostragens em algumas das estações de referência. Essas estações, que no Brasil fazem parte da rede hidrogeoquímica da ANA, foram objeto de um protocolo de amostragem mensal. Todos os custos foram assumidos pelo IRD quanto à aquisição dos equipamentos de medição, de amostragem, de filtração e de conservação das amostras, bem como com o treinamento dos observadores. As análises geoquímicas (matéria dissolvida e particulada) foram efetuadas no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UnB (Brasília). Análises complementares e intercalibrações foram realizadas em laboratórios associados ao Programa HIBAM, na França (Laboratoire des Mécanismes de Transfert em Géologie – LMTG, em Toulouse).

2.4. Inserção/interesse do tema da pesquisa nos cenários nacional e internacional

O Projeto HIBAM, bem como os pesquisadores nele envolvidos, alcançaram grande inserção nos cenários nacional e internacional, principalmente após o simpósio internacional realizado em 1999, e pela forte presença de pesquisadores do projeto em congressos nacionais e internacionais. A partir daí o HIBAM passou a ser integrante de diversas redes de pesquisa no meio internacional. Dentre os programas mais destacados está o LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Bacia Amazônica). Nesse projeto o HIBAM é um dos realizadores do componente hidrológico. Além disso o HIBAM, também passou a integrar programas globais como o BAHC - Biological Aspects of the Hydrological Cycle, AARAM - Andean Amazonian Rivers Analysis and Monitoring e LUCIFS - Land Use and Climate Impacts on Fluvial Systems.

Nacionalmente os resultados do HIBAM tiveram impacto principalmente no setor elétrico com o uso da tecnologia Doppler e das Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) utilizadas nos sistemas de telemetria. Também tiveram repercussão os procedimentos para o estabelecimento dos balanços, principalmente o sedimentométrico, o qual a ANEEL expandiu para todas as demais bacias de seu interesse através do Programa PROBAS – Programa do Balanço Sedimentométrico do Brasil, com o apoio de pesquisadores do projeto. Os resultados do HIBAM interessaram à equipe do Comitê Coordenador do Projeto SIVAM (CCSIVAM). Uma cooperação foi iniciada com a CCSIVAM, onde os dados do HIBAM foram utilizados na definição dos parâmetros para monitoramento na componente hidrologia daquele referido projeto. Recentemente, com a inserção do IBAMA como novo parceiro no projeto através de seu Centro de Sensoriamento Remoto, o projeto HIBAM encontra-se inserido no Projeto ProVárzea daquele órgão, colaborando para o monitoramento das transformações ambientais, com ênfase nos ecossistemas sob pressão da ocupação humana e ao fornecimento de subsídios para o zoneamento ambiental, ordenamento territorial e à normalização da cartografia temática sobre Meio Ambiente.

3. RESULTADOS DA PESQUISA

3.1. Metas alcançadas

- Georeferenciamento ao nível do mar de 110 estações fluviométricas da ANA e do Projeto ao longo de 31 rios Amazônicos.
- Operação de uma rede de 10 estações de referência na bacia para coleta de amostras superficiais de água a cada 10 dias, gerando informações relevantes sobre a variação de sedimentos e parâmetros físico-químicos.
- Instalação e operação de uma rede mensal de estações de referência numa várzea piloto para o monitoramento das concentrações em materiais em suspensão, dos elementos maiores e do carbono orgânico.
- Realização de 11 campanhas de campo para obtenção de perfis batimétricos, medições de vazão e amostragem de águas e sedimentos para determinação de parâmetros físico-químicos, elementos maiores e traços, matéria orgânica e material em suspensão.
- Intensificação do uso dos 3 perfiladores acústico de corrente a efeito Doppler – ADCP, disponibilizado pela ANA/SIVAM, confirmando a performance dessa metodologia nas medições de vazões e seu potencial para medição de descarga sólida, conforme pesquisa em andamento (Dr. Naziano Pantoja Filizola Jr.). Muitas entidades operacionais, como a CPRM e empresas do setor elétrico, estão utilizando esta metodologia que foi implantada pelo projeto HiBAm.
- Treinamento de técnicos brasileiros e franceses no uso do ADCP em grandes rios, através da organização dos Cursos Internacionais de Medições em Grandes Rios em Manacapuru, rio Solimões, patrocinado pela ANA e Organização Mundial de Meteorologia – OMM com apoio à participação de técnicos de outros países, principalmente da América do Sul.
- Suporte às entidades operadoras de rede, quanto a treinamento na metodologia de medição de vazões com perfilador acústico de efeito Doppler (ADCP).
- Apoio técnico e consultivo para o Projeto SIVAM/SIPAM na implantação do módulo de hidrologia daquele projeto.
- Publicação de 23 artigos em livros, periódicos nacionais e internacionais com os resultados do projeto e 59 participações em seminários e/ou congressos no Brasil e no exterior com os resultados do projeto. Esses resultados abrangem os itens 2, 3, 5, 6, 8, 11 e 13.

3.2 – Geração de produtos

1. **Banco de dados HIBAM** (conforme citado anteriomente e descrito no anexo 2) Estes dados estarão também disponíveis através do site do projeto LBA, ao qual o Projeto HIBAM está atualmente associado.

No site do HiBAm encontram-se as seguintes informações:

- Resultados de 915 medições de vazão realizadas com ADCP (com cerca de 4000 arquivos brutos correspondentes);
- Dados totais mensais de chuva de 950 pluviômetros, atualizados até 2003;
- Dados de vazão diária em mais de 100 postos fluviométricos da bacia, atualizados até 2003;
- Dados de parâmetros fisico-químicos e/ou de concentrações em materiais em suspensão de 566 amostras de água;
- Resultados das análises químicas de 278 amostras de água e de 133 amostras de matéria em suspensão;
- Mapas com informações georeferenciadas (rede fluviométrica, modelo numérico de terreno da bacia amazônica), no formato "shape file".

2. **Um referencial altimétrico homogêneo para a Amazônia** (anexo 3). A partir das observações GPS e dos dados da altimetria por radar (Topex/Poseidon), através de diferentes modelos geoidais se obteve as altitudes das estações hidrométricas da rede brasileira na Amazônia realizando comparações. O modelo geoidal EGM96 e o modelo GFZ ofereceram resultados semelhantes e consistentes com o perfil d'água. Esta consistência mostra que a meta do projeto foi alcançada.

3. **Modelagens hidrologica e hidrodinâmica da Bacia Amazônica** (anexo 4). A modelagem hidrodinâmica tem como objetivo estabelecer a variação temporal dos níveis d'água e de vazão ao longo das estações fluviométricas localizadas no médio Amazonas, em função da propagação dessas vazões à montante, utilizando-se o modelo hidrodinâmico SIC (*Simulation of Irrigation Canal*). Após a calibração do modelo, realizaram-se simulações envolvendo as cheias dos rios Amazonas, Negro e Madeira para que se pudessem estudar as consequências da sincronização das cheias desses três rios sobre os níveis da água na cidade de Manaus. Além disso, realizou-se um cálculo inicial da capacidade de transporte de sedimentos no rio Amazonas compreendendo os trechos modelados.

4. **Amostradores pontuais para coleta de água** em qualquer ponto da coluna de água, desenvolvidos para trabalhos em grandes rios. Estes equipamentos encontram-se na superintendência do Serviço Geológico do Brasil, a CPRM, em Manaus. Nesta superintendência existem hoje técnicos capacitados a operarem tais equipamentos.

3. 3. Relevância e aplicabilidade dos resultados

A relevância e aplicabilidade dos resultados podem ser analisadas pelas publicações produzidas pelos pesquisadores do projeto entre 2001 e 2003 em revistas internacionais (23), e apresentadas em congressos e eventos científicos internacionais (59, sendo 33 em 2003).

Tendo em vista a inserção do HIBAM no cenário de grandes projetos nacionais e internacionais de pesquisa, sua contribuição vai ao encontro da necessidade do conhecimento dos processos hidrológicos e geoquímicos que ocorrem nos rios da Bacia Amazônica. Nesse sentido os trabalhos do projeto têm contribuído para esclarecer dúvidas quanto à quantificação dos fluxos, a entender melhor aqueles processos e suas variações tanto espaciais quanto temporais. Podemos citar como exemplo a utilização da metodologia de medição de vazão com o ADCP pelas empresas Itaipu Binacional, COPEL, Light Rio, Furnas e CPRM. As informações obtidas e os resultados gerados têm ajudado a sustentar as ações da ANA junto ao Projeto SIVAM/SIPAM, bem como a ANEEL junto às empresas do setor elétrico.

Os dados produzidos têm servido, também para certificar os trabalhos da rede hidrométrica brasileira, tanto nas medições de vazão quanto nas medições de descarga sólida. As metodologias testadas e/ou desenvolvidas têm repercutido, principalmente na realização de estudos ambientais por agências locais

na Amazônia, seja através de contatos e trabalhos conjuntos, ainda informais, realizados com o Instituo Estadual de Proteção Ambiental do Amapá – IEPA. Finalmente os dados têm servido à comunida científica nacional e internacional no âmbito de diversos projetos, dentre os quais o LBA.

3.4. Formas de acompanhamento da pesquisa (implementadas/aperfeiçoadas)

A coordenação do projeto tem acompanhado o andamento das pesquisas através da atualização e análise periódica da lista de publicações realizadas pelos pesquisadores e da realização e participação em seminários técnico-científicos, sejam restritos (apenas o grupo HIBAM), ou abertos nacionais e/ou internacionais.

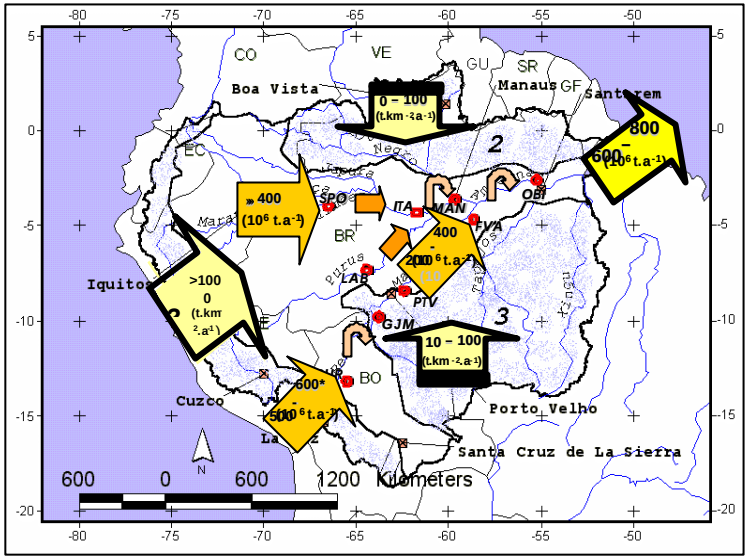
3.5. Dificuldades encontradas que justifiquem o não cumprimento das metas previstas

A instalação da nova Agência Nacional de Águas e suas dificuldades administrativas e financeiras, decorrentes de seu processo de iniciação, ocasionaram dificuldades para a realização de todas as campanhas de campo previstas. No sentido de cobrir este lapso, foi fundamental a contribuição financeira do IRD na realização das campanhas de medições, principalmente nos anos de 2002 e 2003, o que evitou que um número significativo de trabalhos de campo tivesse que ser interrompido.
O acúmulo de outras atividades e projetos por parte dos pesquisadores brasileiros, decorrente de suas fortes ações em outras áreas, associada ao baixo financiamento brasileiro para as atividades no HIBAM, têm dificultado uma maior participação brasileira nas atividades do projeto. Por conseguinte, a produção brasileira, em termos de artigos, tem sido baixa se comparada à dos pesquisadores franceses. Para melhorar esse aspecto, faz-se necessário complementar de maneira mais profícua a participação de pesquisadores brasileiros no projeto em questão, através da participação de outros pesquisadores e estudantes de diversas universidades do país para comporem as equipes do projeto. Esforços neste setndio têm sido envidados desde o ano 2000. Como resultado destacamos a participação ativa nas campanhas e na valorização dos resultados de pesquisadores do IEPA, da UFAM, da USP, da UFRJ (COPPE), de novos laboratórios da UnB, e desde agosto de 2003 da UFF.

3.6. Justificativas para a realização de atividades não previstas inicialmente no projeto

A quase totalidade das réguas limnimétricas das estações hidrológicas da rede brasileira na Amazônia e atualmente instaladas não estavam amarradas ao nível do mar, nem tampouco à rede de referências de nível do IBGE. Sendo assim, os níveis d'água registrados são dados em relação a uma referência de nível arbitrária, o que inseriu uma total aleatoriedade a qualquer tentativa de modelagem hidrodinâmica e de previsão de cheias. Em conseqüência, 110 estações fluviométricas da rede nacional foram georeferenciadas (o zero das réguas foi amarrado ao nivel do mar, após calibração de um modelo de geoíde) . Este trabalho foi realizado com a colaboração da USP (Escola Politécnica) e do IBGE.Ainda, com relação a atividades inicialmente não previstas, verificou-se que, dada a grande extensão – mais de 300.000 km² no Brasil [Junk, 1997], a dinâmica hidrológica das zonas úmidas, adjacentes aos grandes rios Amazônicos (várzeas), pode ter influência significante nos regimes locais dos grandes rios. No entanto, esta dinâmica é igualmente pouco conhecida, principalmente devido a um déficit de informações hidrológicas (as zonas inundadas são muito raramente aparelhadas por redes hidrológicas nacionais) e sedimentológicas. Essas deficiências motivaram a abertura de novas frentes na pesquisa do projeto HIBAM, seja no campo da altimetria, seja no campo dos estudos hidrológicos nas várzeas.

3.7. Análise dos resultados obtidos em função da proposta inicial

Perguntas cientificas iniciais	Resultados obtidos	Ilustração
Qual é a dinâmica da hidrologia, da erosão, da alteração geoquímica e da exportação de matéria na Bacia Amazônica ?	Os dados e informações sedimentométricas possibilitaram estimar a produção de sedimentos oriunda dos escudos das Guianas e do Brasil central, da ordem de 0 a 100 e de 10 a 100 10^6 ton.km^{-2}.ano^{-1}, sendo que essas contribuições representam pouco mais de 5% no fluxo total das MES aportadas pela Bacia Amazônica ao Oceano Atlântico. (Filizola et al. "in press" b) O uso da tecnologia Doppler (ADCP) permitiu um detalhamento dos perfis das velocidades e das descargas nas seções estudadas do Rio Amazonas e afluentes. Uma associação entre o princípio de base do ADCP e os sólidos em suspensão amostrados pontualmente nas seções em vários pontos e profundidades, permitiu calcular a descarga sólida (QS) (Filizola et al. 2004). A partir de uma série de vazões reconstruída sobre quase cem anos em **Óbidos** (1902-1999) Callède et al. (2002) mostram que as vazões máximas em Obidos têm tendência a aumentar e que as vazões mínimas diminuem a partir de 1970. A associação com a variabilidade de longo prazo do clima e/ou com o desmatamento é considerada. A analise por "wavelet" das vazões em Obidos confirmam a presença de um sinal ao inicio dos anos 70 e mostra que as vazões não são estacionárias e com escalas de variabilidade bianual até pluri-decenal. Essas escalas podem ser associadas com as do Pacífico equatorial e do Atlântico Sul (Labat et al. 2003a e 2003b). A determinação dos fluxos de carbono orgânico (dissolvido e particulado) nos principais afluentes do Rio Amazonas (Moreira-Turcq et al., 2003a) foi estimada, durante os dois periodos do ciclo hidrológico (altas águas e baixas águas), assim como o fluxo de carbono orgânico (32,7 ± 3,3 TgC yr-1) que é exportado anualmente pelo Rio Amazonas para o Oceano Atlântico (Moreira-Turcq et al., 2003a). Este fluxo representa entre 8 à 10% do que entra nos oceanos anualmente. Sendo que, o fluxo de carbono orgânico dissolvido é de 27 Tg C yr-1 e o de carbono orgânico particulado é de 5 Tg C yr-1 .	 *Figura 1: Fluxos de sedimentos em suspensão na bacia Amazônica (Filizola 2003). Valores médios inter-anuais (minimos e máximos), estimados a partir de dados da ANA (séries de 15 anos) e do Projeto HiBAm (1995-1999)* O aporte médio anual de MES do Rio Amazonas ao Oceano Atlântico está, de acordo com as três abordagens utilizadas neste estudo, dentro de uma faixa de variação entre 600 a 800 10^6 ton.ano^{-1}, o que valida os resultados da rede brasileira (Filizola, 1999) e questiona os resultados atualmente validados (Meade et al 1985) pela literatura especializada (Filizola, 2003). O uso de dados de alta freqüência das estações de referência permitiu identificar e marcar bem a sazonalidade do fluxo de MES na bacia Amazônica cujo comportamento nem sempre foi coincidente com a teoria ou com as observações até então validadas pela literatura especializada. Os sólidos em suspensão de diversos rios da bacia Amazônica foram estudados nas frações: (0.2 µm-5kD) particulada (> µm 0.2) e coloidal com uma combinação de ferramentas. As assinaturas das frações particuladas distinguem os rios Amazonas e Solimões dos rios do norte da bacia (Negro, Branco e Trombetas). As diferenças observadas podem ter sido herdadas dos processos do intemperismo que predominaram nas regiões pedoclimáticas drenadas pelos rios estudados. (Allard et al, 2002).

Quais são os impactos da variabilidade climática na hidrologia e sobre as transferências de matéria na Bacia Amazônica ?

Em muitas regiões tropicais, as chuvas dependem das condições oceânicas, particularmente das temperaturas de superfície dos oceanos (TSO) que, dada a sua persistência, podem ser um predictor sazonal eficaz. Esta hipótese foi explorada e **relações significativas entre chuvas anuais e TSO foram descritas para a região nordeste da bacia amazônica**, a este de 60°W e a norte de 5°S (Ronchail et al. 2002a, Molinier et al. 2003): um déficit pluviométrico está ligado com a fase quente da oscilação austral (AO) do Pacífico equatorial (eventos El Niño) e/ou as temperaturas anormalmente frias no Atlântico tropical sul (Fig. 2). Ao contrário excessos de chuva são registrados quando o Atlântico tropical norte e frio e/ou durante a fase fría da AO (eventos La Niña) (Fig. 2).
As TSO dos oceanos Atlântico e Pacífico permitem explicar 82% da variabilidade da chuva na parte nordeste da bacia amazônica.

Nas outras partes da Bacia Amazônica a origem das fortes chuvas esta estudada em relação com a circulação na atmosfera. Na parte sudeste da bacia, as chuvas são relacionadas com ondulações na alta troposfera (Fig. 3), um anticiclone subtropical enfraquecido no Atlântico sul, anomalias de oeste do vento de baixas capas que trazem vapor de água em direção ao sudeste da bacia (Fig. 3) e uma Zona de Convergência do Atlantico Sul (ZCAS) forte.
Esta configuração atmosférica está associada com as TSO do Atlântico Sul e merece maior investigação.

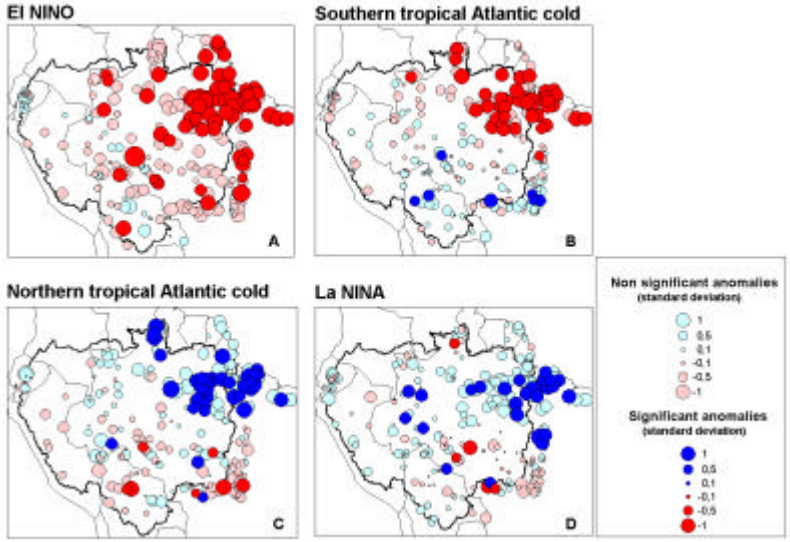


Figura 2: Anomalias de chuvas compósitas na bacia amazônica durante anos A) El Niño, B) com águas frias no Atlântico tropical sul, C) com águas frias no Atlântico tropical norte, D) La Niña. Período : 1977-99.

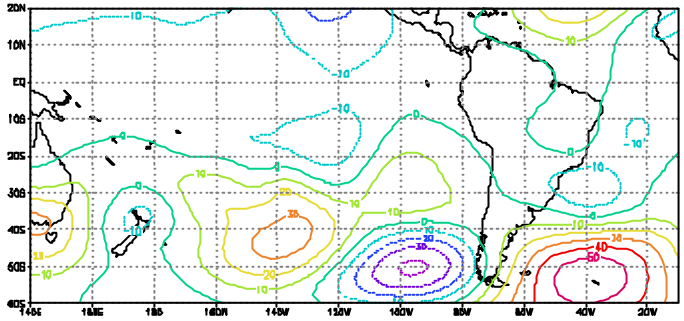


Figura 3 : Anomalias (m) do geopotencial a 200 hpa durante meses de verão chuvosos no sudeste da bacia amazônica (1977-99).

Qual é o papel das várzeas na hidrologia e no balanço de transferência de matérias pelos rios Amazônicos do piemonte Andino ao Oceano Atlântico ?

Estudo de uma zona piloto : a várzea do Lago Grande de Curuai

Hidrologia

A superfície inundada varia entre 700 (seca) e 2300 km² (cheia). Estes valores foram estabelecidos a partir de imagens satélite (radar e ótica) que permitem também estabelecer uma relação cota–superfície (fig.4 e detalhes no anexo 6). A amplitude da variação do nível d'água é da ordem de 7m, comparável à amplitude da variação no rio Amazonas em Óbidos, com o máximo da cota atingido em maio-junho e o mínimo em novembro. O tempo de residência das águas nos lagos da várzea de Curuai é estimado entre 4 e 7 meses.

Balanço de matéria

A várzea tem um papel de armazenamento dos sedimentos entrando com o fluxo de água do rio Amazonas. Em águas baixas as concentrações observadas dentro da várzea são bem maiores do que às concentrações das águas do rio, o que pode ser explicado pelo efeito do vento sobre os lagos rasos que "re-suspendem" os sedimentos finos do fundo (Fig.5). Por tanto, nessa época de águas baixas quase não tem fluxos de intercâmbio entre os lagos, nem fluxos de intercâmbio entre o rio e a várzea e esses sedimentos "re-suspendidos" ficam dentro da várzea. No restante do ano, e sobretudo de agosto a outubro, em período de saída das águas da várzea para o rio, as concentrações são inferiores às concentrações no rio, o que pode indicar uma deposição dentro da várzea e uma diluição pelas águas de escoamento das bacias florestais (Fig.6).

Um modelo da dinâmica hidrológica da várzea de Curuai está em fase de calibração. Já se pode estimar que o balanço sedimentar neto é negativo e corresponde a aproximadamente um armazenamento de 425 10^3 t/ano.

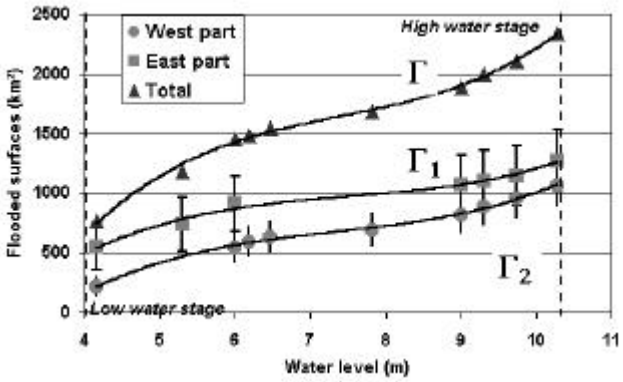


Fig. 4. Variação das áreas inundadas na várzea em relação ao nível das águas registradas na régua de Curuaí (AM).

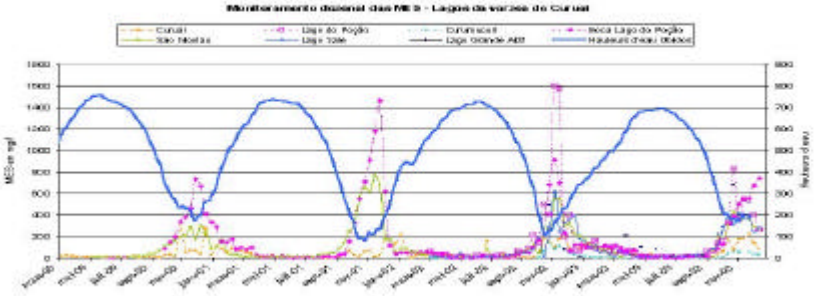


Fig.5. Variação temporal das concentrações em MES na várzea de Curuai.

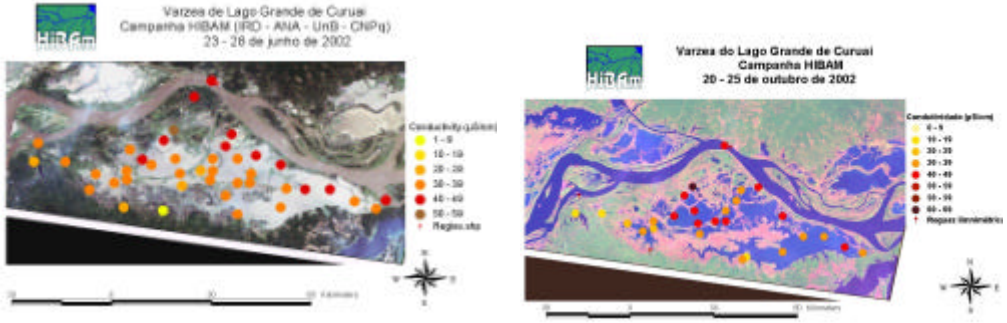


Fig. 6. Distribuição espacial das condutividades das águas da várzea de Curuai. Comparação dessa distribuição na época seca (outubro) e na época de cheia (junho).

Geoquímica das águas

Os elementos que apresentam as maiores concentrações são: Al, Mn, Fe, Rb, Sr, Ba, Cl, os cátions maiores e sulfetos. As maiores fontes de águas nos lagos das várzeas são: Rio Amazonas, escoamento das águas de terra firme, e o lençol freático.

Vale destacar que a distribuição do mercúrio nas águas e nos sedimentos desta várzea é relacionado à hidrodinâmica e ao conteúdo em matéria orgânica. As concentrações máximas nas águas como nos sedimentos foram encontradas nos lagos de água preta (Fig. 7).

Os primeiros resultados da modelagem (Figure 8) destacavam o fluxo negativo de elementos dissolvidos (caso do manganês e bario) que restam armazenados nos lagos de varzea durante o periodo de enchente e de estiagem. Ao contrario, observamos um fluxo positivo, entre a varzea e o Rio, de elementos dissolvidos durante o periodo de esvaziamento.

Matéria orgânica

As águas do Rio Amazonas são consideradas, relativamente pobres em relação às águas das Várzeas quanto ao teor em matéria orgânica, principalmente quanto as concentrações em carbono e nitrogênio orgânico particulado (Fig. 9). As várzeas são ambientes extremamente produtivos (parte desta produção é oriunda do fitoplâncton, mas a maior parte é originado das macrófitas e do perifiton). Grande parte desta produção é retida nos sedimentos das várzeas, outra fração é degradada in situ e o restante é exportado para o rio, durante a subida das águas, enriquecendo este em uma matéria orgânica bem mais lábil do que aquela que estava sendo transportada, que é caracterizada por uma origem altamente refratária.

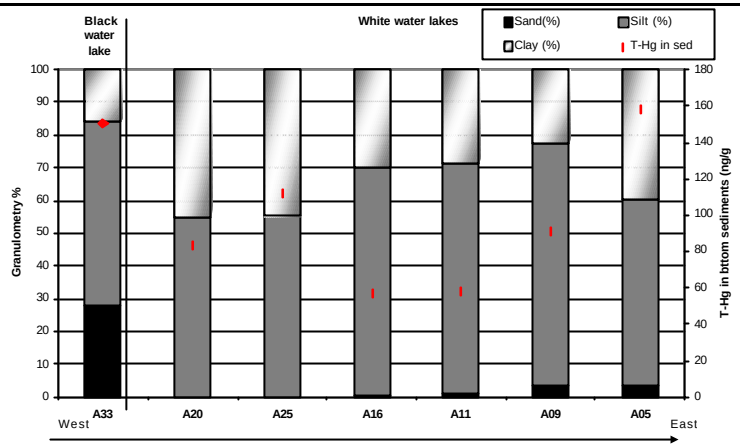


Figura 7. Distribuição do Hg nos sedimentos na várzea em função da granulometria.

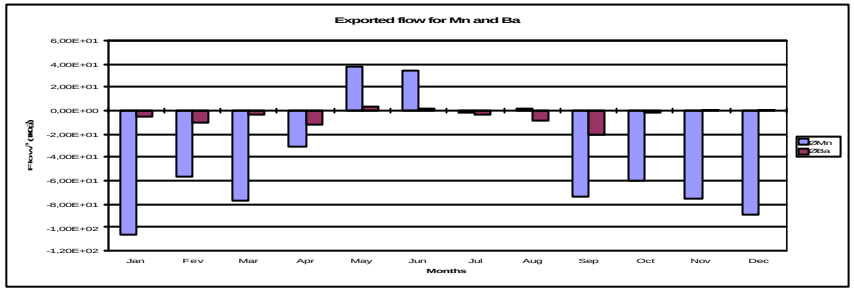


Fig 8. Modelagem dos fluxos quimicos dissolvidos(Ba e Mn) entre a Varzea de Curuai e o Rio Amazonas.

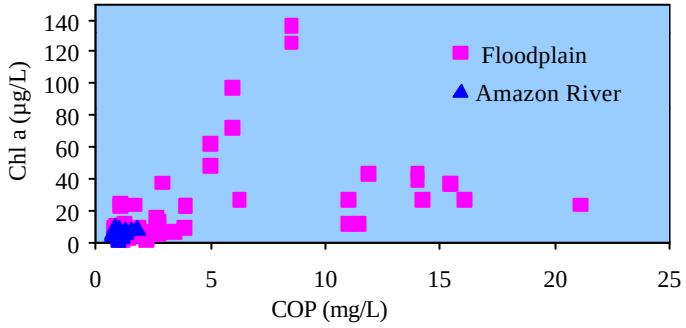


Fig 9. Comparação entre as concentrações de COP e clorofila a nas águas do Rio Amazonas e das várzeas, demonstrando a diferença marcante entre os dois ambientes quanto ao teor de matéria orgânica.

4. COOPERAÇÃO

4.1. História, evolução e dificuldades da cooperação

A cooperação que gerou o projeto HIBAM iniciou-se em 1982 com a assinatura do Convênio CNPq/ORSTOM e, no ano seguinte, com o projeto direcionado à bacia amazônica, com os estudos sobre as metodologias de medições e de coleta de dados, sendo que em 1984 foi iniciada a instalação das 10 primeiras plataformas para transmissão de dados via satélite na Amazônia, doadas pelo governo francês. Também foi doada pela contraparte francesa uma estação de recepção dos dados e que estava situada na sede do DNAEE em Brasília. Esta primeira etapa foi basicamente de estudos de hidrometria e desenvolvimento de atividades de treinamento em técnicas clássicas de medição em grandes rios. No início da década de 90 realizou-se o primeiro balanço hídrico para a região Amazônica. Esses novos métodos possibilitaram uma melhoria dos estudos hidrológicos e uma ampliação da área de estudo, voltando-se também para a geoquímica das águas. Dando seqüência ao projeto, tivemos as metodologias de elaboração de balanços de matéria e seu acoplamento com ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, bem como o desenvolvimento de ferramentas derivadas do uso de produtos de sensoriamento remoto. Os estudos passaram assim, no final dos anos 90 e início do ano 2000 para uma nova fase na qual foram iniciados estudos de altimetria clássica com o uso de GPS diferencial, bem como a altimetria espacial com o uso do satélite altimétrico franco-americano TOPEX/POSEIDON.
As mudanças de sede do projeto do antigo DNAEE para a ANEEL e posteriormente para a ANA, não causaram, em termos institucionais, problemas de solução de continuidade. No entanto, problemas operacionais ocorreram em decorrência do baixo nível de financiamento das missões de campo, principalmente nos últimos dois anos. Esse baixo nível de investimento financeiro da parte brasileira acarretou uma baixa participação de pesquisadores brasileiros, principalmente dos vinculados às universidades, e forçou a contraparte francesa a dispender mais recursos do que o previsto. Outro problema se deu quanto à sobrecarga de outras atividades, distintas da pesquisa, por parte daqueles pesquisadores não vinculados às instituições universitárias.

Com o intuito de fazer frente aos probemas acima relacionados, entre os anos 2001 e 2003 foram integrados novos pesquisadores na equipe brasileira (Figura 4.1). Algumas destas iniciativas, bem sucedidas, já mostram os primeiros resultados, enquanto aguardam a avaliação do CNPq para sua participação oficial no projeto. Essas iniciativas são:

- Na USP com o Prof. Dr. Denizar Blitzkow e Ilce de Oliveira Campos em trabalhos de altimetria para referenciar os níveis das réguas hidrométricas dos principais rios amazônicos ao nível do mar, além da aplicação de técnicas de altimetria radar para a estimativa de níveis d'água (Hidrologia Espacial).
- Na UFRJ – COPPE, com a equipe dos Professores Rui Vieira e Susana Vinzon, envolvendo 2 doutorandos, em trabalhos de modelagem hidrodinâmica do rio Amazonas e cálculo do transporte de fundo no balanço de fluxos sólidos.
- Na UnB – IE, com a Profa. Maria do Soccoro Ibanez no estudo da produção fitoplanctônica nos lagos de várzeas
- Na UFF, com a equipe do Prof. Jorge João Abrão em trabalhos de caracterização da matéria orgânica e sedimentação nos rios e lagos da bacia Amazônica
- No IBAMA – CSR, com Lindalva Calvacanti e Maria Salete em trabalhos de mapeamento temático na várzea de Curuai a partir de imagens de satélite.

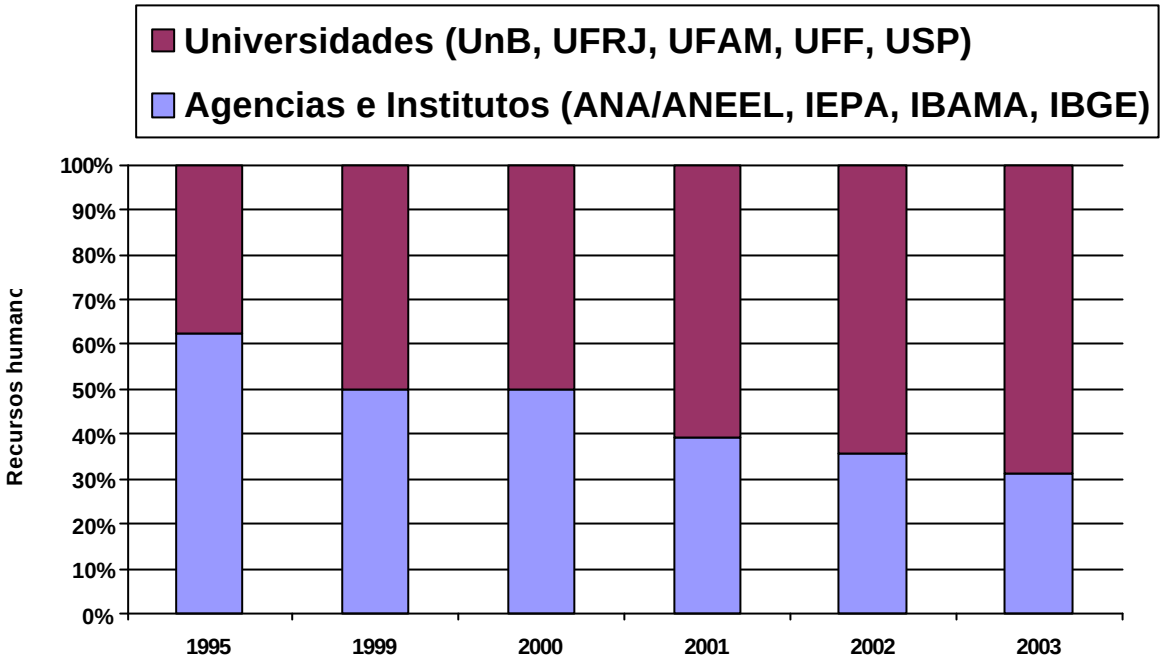


Figura 4.1. Evolução da parceria brasileira associada ao projeto HIBAM entre 1995 e 2003.

4.2. Eventos conjuntos para avaliação e reorientação da cooperação

Foram realizados eventos formais de avaliação das atividades do projeto, conforme segue:

- Seminário HIBAM na ANA em Brasília, em junho de 2001, correspondendo à fim do período de coordenação francesa do Dr. Patrick Seyler, para avaliação do primeiro ano do projeto e definição de estratégias.
- Reuniões cientificas e palestras, foram realizadas na ANA, na UnB e no LMTG (França) entre os pesquisadores do projeto para a apresentação de resultados preliminares e discussões cientificas.
- Seminário HIBAM na ANA, em outubro de 2002 para avaliação do projeto pelo CNPq.
- Seminário IRD com os parceiros brasileiros em dezembro de 2003.
- Reuniões técnicas de trabalho na CPRM em Manaus, envolvendo técnicos e pesquisadores do INPA, UFAM e da própria CPRM.
- Evento de lançamento do site WHYBAM, a base de dados do projeto na Internet.

4.3. Analise da cooperação inter institucional a nível nacional

A cooperação entre as entidades brasileiras que participaram do projeto direta ou indiretamente tem sido profícua tanto na troca de informações quanto no apoio ao uso comum de infra-estruturas, equipamentos e ações. Um exemplo desta cooperação, além da troca dos resultados e redação de artigos científicos, acontece, nas campanhas de campo, onde pesquisadores engenheiros e técnicos de várias entidades trabalham como uma equipe única ajudando-se mutuamente. Podemos citar o exemplo da participação do IBGE e USP, no levantamento altimétrico com metodologia DGPS, da CPRM, UFAM e UFRJ, nos levantamentos quantitativos e qualitativos dos principais rios da Amazônia, do IEPA no levantamento de vazões e sedimentos junto à foz da Amazônia e UFF nos levantamentos hidrogeoquímicos das Várzeas.

4.4. Analise da cooperação entre as equipes brasileiras e estrangeira

A integração das equipes do projeto tem sido fator relevante para a cooperação no desenvolvimento dos estudos e principalmente nas campanhas de campo ocasião em que os pesquisadores permanecem juntos por longo período.

Ressaltamos que o espírito de cordialidade e respeito tem se mostrado sempre presente na cooperação entre pesquisadores franceses e brasileiros dentro do projeto HiBAm, o que muito tem facilitado a realização das atividades.
Antes e durante as campanhas em particular, tem-se procurado realizar reuniões nas entidades da região objetivando informar sobre os trabalhos a serem desenvolvidos, divulgar as pesquisas e incentivar a participação de pesquisadores da região no Projeto.

5. EQUIPE

5.1 Qualificação das equipes envolvidas (brasileira e estrangeira)

O nível de qualificação do pessoal, principalmente docentes (com doutorado) se mostrou qualitativamente adequado à realização das metas propostas, tanto pelo lado brasileiro quanto pelo lado francês. Porém, em termos quantitativos, dada às dificuldades individuais em termos de tempo para a pesquisa, por parte de alguns pesquisadores brasileiros, constatou-se a necessidade de mais pessoal de entidades brasileiras em relação àqueles de entidades franceses, conforme já referido anteriormente. Esta necessidade encontra -se em fase de concretização a partir da entrada dos grupos e dos pesquisadores identificados no item 4.1.

5.2. Engajamento de recém-doutores, doutorandos, mestrandos e bolsistas de iniciação científica

O engajamento de pessoal formado dentro do projeto tem sido desejado e incentivado. Ao final desta fase haviam sido realizadas 3 dissertações de mestrado e uma de doutorado do lado brasileiro e uma do lado francês, assim como cinco dissertações de mestrado, e 4 estagios de graduação, do lado francês. Fruto deste processo inicial de engajamento, estão atualmente vinculados ao HIBAM: duas bolsistas de iniciação científica, 1 mestrando e 9 doutorandos (4 brasileiros e 5 franceses), além de 2 projetos CAPES-COFECUB em andamento. Pode-se destacar a falta de mestrandos.

Teses e dissertações (2001 - 2003) referentes aos estudos desenvolvidos no Brasil:

Estudantes brasileiros

Doutorados em andamento

Brasil

Oliveira I., 1999-2004. Referencial Altimétrico para o Rio Amazonas combinando: GPS, Altimetria Radar e modelos do geopotencial. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em co-tutela com a Université Paul Sabatier, Toulouse, France.

Pinelli M., 2000-2004. Geoquímica das águas em planícies alagadas. Universidade de Brasília-IG.

Ribeiro Neto A., 2001-2004. Modelagens hidrológica e hidrodinâmica dos rios Solimões, Madeira e Amazonas. Universidade Federal de Rio de Janeiro - COPPE.

Strasser M.A. 2003-2005. Estudo do transporte de fundo no curso médio do Rio Amazonas. Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE.

França

Barroux G., 2002-2005. Etude géochimique des lacs d'inondation du bassin amazonien ; exemples de Marchantaria e Curuai. UPS Toulouse.

Frappart F., 2002-2005.Application des données TOPEX/POSEIDON à l' étude de l'Hydrologie du Bassin Amazonien. UPS, Toulouse.

Guérin F., 2002-2005. Etudes des émissions de gaz à effet de serre dans les retenues de barrage en milieu tropical et comparaison avec les émissions de lacs naturels, UPS Toulouse.

Leon JG, 2003-2006. Contribution à l'é tude du régime hydrologique du Rio Negro par l'altimétrie satellitaire. UPS, Toulouse.

Nicod, J. 2001-2004. Modelisation hydro-sedimentaire du Rio Madeira. UPS, Toulouse

Mestrados em andamento

A.B. de Souza Princivalli Campos, 2003-2005. Geoquímica de Elementos-Traços em Águas em Planícies Alagadas da Bacia Amazônica. Universidade de Brasília-IG.

Titulados

Filizola N., 2000-2003. Transfert sédimentaire actuel par les fleuves amazoniens. Tese de Doutorado. Université Paul Sabatier, Toulouse, France.

Dutra Escarião R. 2001. Modelagem hidrológica da bacia do Rio Negro na Amazônia. Mestrado, Universidade de Brasília, 130 p.
Mercier M. 2001 Altimétrie spatiale sur les eaux continentales : apport des missions TOPEX/POSEIDON et ERS-1&2 à l'étude des lacs, mers intérieures et bassins fluviaux, Thèse de Doctorat de l'Université Toulouse III, 2001, 239p.
Ribeiro Neto A. 2001. Modelagem hidrodinâmica da bacia do rio Amazonas. Dissertação de Mestrado, Université de Brasília, 131 p.
Strasser M.A. 2002. Estudo da geometria das formas de fundo no curso médio do Rio Amazonas. Dissertação de Mestrado em Eng. Civil, área de Recursos Hídricos, COPPE-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 100 p.
Andraus Portugal R. 2002 e 2003. Estudo do papel das varzeas na distribuição nos sedimentos dos metais (Al, Fe, Mn e Hg) na Bacia Amazonica. Relatorios parcial e final de iniciação cientifica, Universidade de Brasilia, 21 p.

Estudantes franceses

Clerget, A. 2003. Productivité phytoplanctonique dans les zones d'inondation du Bassin Amazonien. Memoire de Maitrise, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
Coynel A. **2001**. Le carbone organique dissous et particulaire de fleuves situés en zone intertropicale : bassins du Zaïre et de l'Amazone. Mémoire de DEA, Université Bordeaux 1.
Jacamon F. 2001. Caractérisation minéralogique et géochimique de la matière en suspension des rivières. Mémoire de DEA, LMTG-UPS Toulouse, 29 p.
Nicod J. 2001. Modélisation du transport solide en régime transitoire sur la partie médiane de l'Amazone. Mémoire de DEA, UPS Toulouse, 54 p.
Barroux G. **2002**. Contribution à l'étude des systèmes d'eaux douces dans le bassin de l'Amazone : cas de la varzea de Curuai et de la varzea de l'ile de Marchantaria (Brésil). Mémoire de DEA, UPS Toulouse, 32 p.
Ecuyer R. 2002. Modélisation hydrologique de deux sous-bassins versants du Rio Negro par topModel. Rapport de stage ENSEEIHT, Toulouse, 28 p.
Carli M., **2003**. Apports en mercure du piémont andin aux eaux de surface du bassin amazonien – Contrôle hydrologique et impacts des activités humaines. Rapport 2ème année Ecole Polytechnique, Palaiseau, 31 p.
Ecuyer R. 2003. Applications de TOPMODEL à différents bassins versants. Rapport de DEA, INP/ENSEEIHT, Toulouse, 30 p.

5.3. Formação de recursos humanos decorrentes do projeto

Decorrente das ações do HIBAM, resultaram: cursos de formação para técnicos e pesquisadores de instituições brasileiras, francesas e dos demais países amazônicos interessados no aprendizado das técnicas de amostragem de água e de medição de vazões em grandes rios. Cabe citar o Curso de Medições em Grandes Rios patrocinado pela OMM e DNAEE/ANEEL e atualmente realizado pela ANA a cada dois anos, já referido anteriormente. As ações do projeto também proporcionaram a formação de pessoal brasileiro em técnicas de análises químicas, bem como da interpretação dos resultados nos laboratórios associados ao projeto na França. Um fator que também contribuiu para a formação de recursos humanos, foi o engajamento dos pesquisadores do IRD como professores visitantes, principalmente, na UnB e na UFF, sem ônus para a universidade. Esse fato facilitou a troca de conhecimentos e o acesso de ambas contrapartes (Brasil e França) a recursos e técnicas das infra-estruturas já instalada na UnB e aquelas proporcionadas com recursos do IRD.

5.4. Evasão de recursos humanos do projeto e dificuldades geradas

A maior dificuldade deu-se quanto à participação, ainda insuficiente, de pesquisadores e estudantes em mestrado e doutorado brasileiros no projeto. Essa participação se reflete no volume de publicações produzidas. A razão apontada pela maioria dos pesquisadores se deve à impossibilidade de uma dedicação maior sem um apoio financeiro individual adequado (bolsas de pesquisa, por exemplo) e que permita a dedicação de um tempo maior ao projeto HIBAM..

5.5. Produção científica (ordenar a lista em produção conjunta das equipes brasileira e estrangeira e das equipes em separado) decorrente do desenvolvimento e dos resultados do projeto.

A produção cientifica do projeto HIBAM para o período 2001-2003, perpassa por 23 artigos em revistas internacionais consideradas de nível "A" , além de 6 livros e capítulos de livro (Fig. 5.5).
Toda a produção cientifica da equipe do projeto HIBAM está apresentada e classificada em anexo 1.

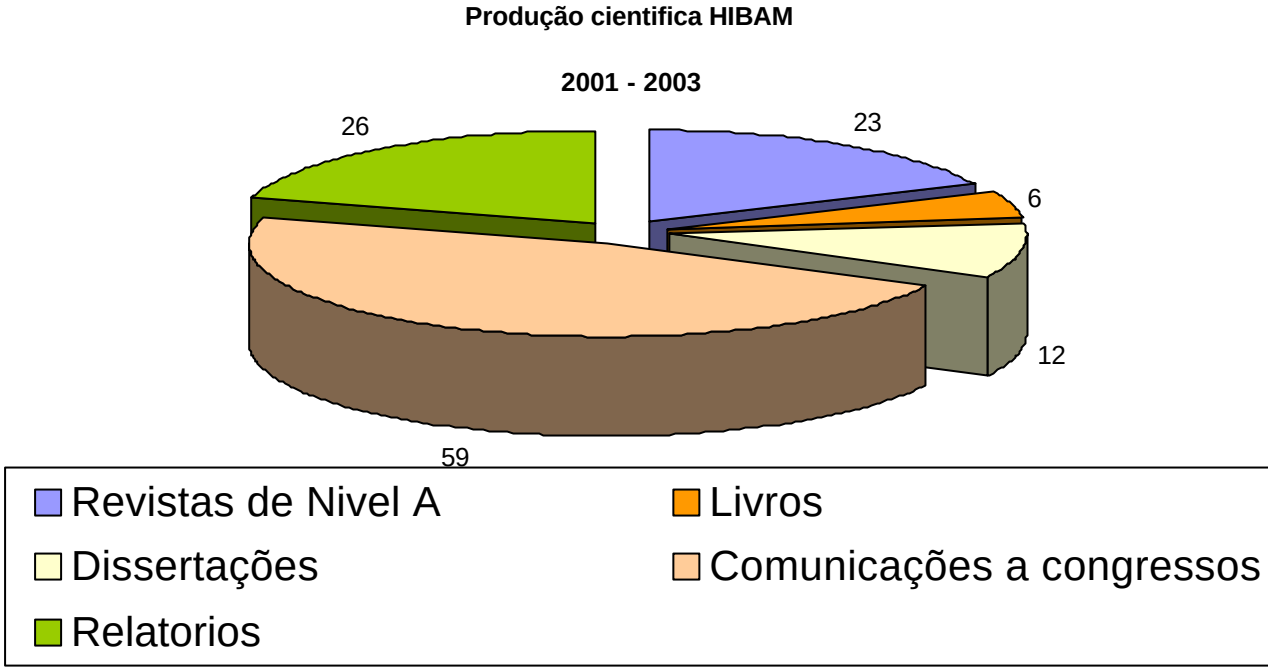


Figura 5.5. Produção cientifica do Projeto HIBAM para o período 2001 – 2003.

5.6. Participação em eventos técnico-científicos e similares

Foram registradas para o período 2001 – 2003, 59 participações dos pesquisadores do projeto HIBAM em eventos (congressos, etc.) nacionais e internacionais, sendo 32 só em 2003, além de uma participação relevante de trabalhos no *EGS-AGU-EGU Fall Meeting* organisado na França.

6. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

6.1. Outras dificuldades apresentadas durante o desenvolvimento do projeto

Atrasos na aprovação orçamentária que ocorreram em alguns exercícios não nos permitiram realizar campanhas de campo no início do ano civil o que em termos hidrológicos causou alguns problemas para calibrar os dados das estações de referência. Porém não chegaram a ter grande influência no cumprimento das metas.

6.2. Avaliação da interlocução com o CNPq

A interlocução da equipe HIBAM com o CNPq, esteve sempre pautada num clima de cordialidade e na busca de soluções para os problemas comuns. No entanto, cabe destacar a necessidade de uma maior interação da equipe HIBAM com a da Cooperação Internacional do CNPq no sentido de nuclear novos participantes para a equipe brasileira, principalmente na região amazônica, e que possam tornar mais produtiva ainda essa cooperação. As iniciativas nesse sentido, até o momento, têm partido na maioria das vezes da própria equipe HIBAM, após sugestão feita pelo CNPq. No entanto, a equipe HIBAM não apresenta o perfil adequado para esse tipo de nucleação, acreditando ser mais profícuo um trabalho em parceria com o CNPq.

7 – CONCLUSOES

7.1 – Impacto qualitativo do projeto para a Instituição (ANA)

A Agência Nacional de Águas tem sob sua responsabilidade a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, além de responsável pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos a ANA deve implantar a Lei das Águas, de 1997, que disciplina o uso dos recursos hídricos no Brasil, inspirado no modelo francês. Assim, os resultados das pesquisas do projeto e das informações levantadas pelas campanhas têm sido de grande importância para as tomadas de decisões no sentido de melhor gerenciar os recursos hídricos na região, principalmente o aproveitamento dos potenciais hidráulicos e seus impactos de curto, médio e longo prazo, assim como as melhores soluções para o transporte fluvial de derivados de petróleo e nas avaliações de enchentes em locais onde as cheias têm efeitos negativos para a população. Além disso os resultados do HIBAM têm servido como subsidio fundamental para a elaboração de projeto relativo à gestão compartilhada da Bacia Amazônica, pela Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA, junto ao Global Environmental Facility – GEF. Finalmente é preciso dizer também que os dados HIBAM estão agora depositados na base Beija-Flor do Projeto LBA, servindo ao uso da comunidade científica tanto nacional quanto internacional vinculada àquele projeto.

7.2 – Contribuição relevante para o desenvolvimento cientifico e tecnológico da área

Através do projeto Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica, grandes áreas do conhecimento foram beneficiadas:

- a área de hidrologia e hidrometria em geral, com o melhor entendimento das vazões e das descargas sólidas do rio Amazonas na sua foz com os resultados dos balanços hidrodinâmicos e de matéria; o uso de novas tecnologias, como a do perfilador a efeito Doppler acoplado a GPS para melhorar a precisão das medições de vazões;
- a área da hidrogeoquímica através dos resultados já obtidos na área piloto da várzea do Lago Grande do Curuaí que podem ser extrapolados à outros sitios;
- a área da altimetria espacial com os resultados da altimetria DGPS nos estudos de modelagem hidráulica e os resultados da altimetria por satélite ao logo dos principais rios da bacia,
- a climatologia com os resultados de estudos sobre, a influência do clima na vazão e no transporte de sedimentos,

7.3 – Projeção obtida em favor da pesquisa brasileira

O projeto HiBAM, apresenta grande potencial para estudos e desenvolvimento de pesquisa. Neste sentido o projeto e seus pesquisadores têm sido requisitados como conhecedores do sistema amazônico em suas areas de atuação tanto por entidades nacionais quanto internacionais, além de estarem inserindo- se em outros projetos de grande relevância para a região (LBA, Projeto Pro-Varzea, SIPAM,...). O aumento do interesse de outras universidades no projeto tem potencializado o aproveitamento de estudantes e por conseguinte favorecido a formação de mestres e doutores.

7.4 – Analises prospectivas das pesquisas realizadas e desenvolvidas na área

As pesquisas realizadas pelo projeto podem ser consideradas bastante positivas considerando as propostas do projeto, como pode ser visto no item 3.7.
Os resultados gerados pelo projeto HIBAM podem ser aplicados em diferentes areas como por exemplo: :

- Na gestão dos recursos hidricos com melhor conhecimento da hidrologia e da geoquimica
- Na previsão de cheias pelo conhecimento da dinâmica hidrológica dos principais rios da bacia
- Na previsão das condições de navegabilidade
- No desenvolvimento de estudos e projetos de infra-estrutura e seus impactos no meio ambiente

- Na avaliação dos impactos das atividades de origem antrópica sobre a hidrologia, os aportes de matéria e a qualidade das águas
- No conhecimento tecnológico com a formação e entreinamento de pessoal em novas tecnologias aplicadas no levantamento e tratamento de dados (hidrologia a geoquímica).

LISTA DOS ANEXOS

Anexo 1 - Produção cientifica conjunta das equipes brasileira e estrangeiras
Produção cientifica da equipe brasileira (em 1ro autor)
Produção cientifica da equipe estrangeira (em 1ro autor)

Anexo 2 – WHYBAM : A nova ferramenta de consulta "on line" do Banco de dados HiBAm

Anexo 3 - Um referencial altimétrico para a Amazônia –
Estudo conjunto do Modelo do Geóide e da Altimetria por Satélite

Anexo 4 – Modelagens hidrologica e hidrodinâmica da Bacia Amazônica

Anexo 5 – Clima e hidrologia da Bacia Amazônica

Anexo 6 – Estudo da dinâmica de enchente por geoprocessamento

Anexo 1

Produção cientifica conjunta das equipes brasileira e estrangeiras

Em revistas internacionais com comitê de leitura

2003

Aalto R., Maurice-Bourgoin L., Dunne T., Montgomery, D.R., Nittrouer C. and Guyot J.L., 2003. Episodic sediment accumulation on Amazonian floodplains influenced by El Niño/Southern Oscillation. Nature, 425: 493-497.

Allard T., Ponthieu M., Weber T., Filizola N., Guyot J.L., Benedetti M. 2002. Nature and properties of suspended solids in the Amazon Basin. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris, 173 (1) : 67-75.

Aucour A.M., Tao F., Moreira-Turcq P., Seyler P., Benedetti M. 2003. The Amazon River : initial mixing at the Rio Negro/Solimões confluence. Isotopic constraints and major elements redistribution. Chemical Geology, 271-285.

Benedetti M., Mounier S., Filizola N., Benaim J., Seyler P. 2003. Carbon and metal concentrations, size distributions and fluxes in major rivers of the Amazon basin. Hydrological Processes, 17 : 1363-1377.

Gerard M., Seyler P., Benedetti M., Alves V.P., Boaventura G., Sondag F. 2003. Rare earth elements in the Amazon basin. Hydrological Processes, 17: 1379-1392.

Maurice-Bourgoin L., Quémerais B., Moreira-Turcq P., Seyler P. 2003. Transport, distribution and speciation of mercury in the Amazon River at the confluence of black and white waters of the Negro and Solimões rivers. Hydrological Processes, 17: 1405-1417.

Maurice-Bourgoin L., Alanoca L., Fraizy P. and Vauchel P., 2003. Sources of mercury in surface waters of the upper Madeira erosive basins. J. Phys. IV France, 107:855-858.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Guyot J.L., Etcheber H. 2003. Characteristics of organic matter in the mixing zone of the Rio Negro and Rio Solimões of the Amazon River. Hydrological Processes, 17: 1393-1404.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Guyot J.L., Etcheber H. 2003. Exportation of organic carbon from the Amazon River and its main tributaries. Hydrological Processes, 17: 1329-1344.

Seyler P., Boaventura G. 2003. Distribution and partition of trace metals in the Amazon Basin. Hydrological Processes, 17: 1345-1361.

Seyler P., Pinelli, M., Boaventura, G.R. 2003.A first quantitative estimate of trace metal fluxes from Amazon River and its main tributaries. J. Phys. IV, 107: 1213-1218.

2002

Allard T., Ponthieu M., Weber T., Filizola N., Guyot J. L., Benedetti M. 2002. Nature and properties of suspended solids in the Amazon Basin. Bull. Soc. Géol. France, 2002, t.173, n°1,pp.67-75.

Benedetti M.F., Ranville J.F., Ponthieu M., Pinheiro J.P. 2002. Field flow fractionation characterization and binding properties of particulate and colloidal organic matter from the Rio Amazon and Rio Negro. Organic Geochemistry, 33, 269-279.

Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., Molinier M., de Oliveira E. 2002. L'Amazone à Obidos (Brésil). Etude statistique des débits et bilan hydrologique. Hydrological Sciences Journal, 47(2) : 321-333.

Chapelon N., Douville H., Kosuth P., Oki T. 2002. Off-line simulation of the Amazon water balance : a sensitivity study with implications for Global Soil Wetness Project. Climate Dynamics, 19 : 141-154.

Cordeiro R.C., Turcq B., Ribeiro M.G., Lacerda L.D., Capitaneo J., Oliveira da Silva A., Sifedine A., Moreira-Turcq P. 2002. Forest fires indicators and mercury deposition in an intense land use change region in Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). The Science of the Total Environment 293(1-3) : 247-256.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimarães V., de Oliveira E. 2002. Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic. International Journal of Climatology, 22 : 1663-1686.

Seyler F., Chaplot V., Muller F., Cerri C.E., Bernoux M., Balester V., Feller C., Cerri C.C. 2002. Pasture mapping by classification of Landsat TM images. Analysis of the spectral behaviour of the pasture class in a real medium scale environment: The case of the Piracicaba catchment (12400 km², Brazil). International Journal of Remote Sensing, 23 : 4985-5004.

2001

Callède J., Kosuth P., Oliveira E. 2001. Etablissement de la relation hauteur-débit de l'Amazone à Óbidos : méthode de la dénivelée normale à géométrie variable. Hydrological Sciences Journal, 46(3) : 451-463.

Marengo J.A., Liebmann B., Kousky V.E., Filizola N., Wainer I.C. 2001. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. Journal of Climate, Vol. 14, No. 5, pp. 833–852.

Muller F., Seyler F. 2001. Apport de l'utilisation d'imagerie radar JERS-1 pour l'obtention du réseau de drainage du Rio Negro et la détermination des limites de quelques unes de ses sous-unités hydrographiques. Création d'un système d'information géographique appliqué à l'hydrologie du le Rio Negro. Résumé. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, 161 : 91.

Oliveira Campos I., Mercier F., Maheu C., Cochonneau G., Kosuth P., Blitzkow D., Cazenave A. 2001. Temporal variations of river basin waters from Topex/Poseidon satellite altimetry : application to the Amazon Basin. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris 333 , 633-643

Seyler F., Muller F., Cochonneau G., Guyot J.L. 2001. Résolution et précision des outils numériques (MNT et image satellite) nécessaires à la délimitation de bassins versants en région tropicale. Résumé. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, 161 : 92.

Participação em eventos técnico-cientificos

2003

Barroux G., Viers J., Seyler P., Oliva P., Dupré B., Guyot J.L., and Pinelli M. How plants of the Amazon floodplain (brazil) can affect the geochemical status of trace elements in the Amazon river mainstream. 13th Int. Conference on Heavy Metals in the Environment, Grenoble, May 26th - 30th, 2003, France.

Beaume J.P., Kosuth P., Leguennec B., Neto A., Nicod J. 2003. Hydrodynamic 1D model of the Amazon river applied to the sediment transport. AGU-EGU Fall Meeting, Nice, April 2003.

Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., Seyler F., Guimaraes V., Oliveira E. 2003. Amazon river discharge variability at the Obidos gauging station during the last century. Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003. Geophysical Research Abstracts, 5, 9224.

Dubreuil V., Jallet A., Jumeau V., Ronchail J. 2003. Suivi de la saison des pluies 1999-2000 au Mato Grosso (Brésil) par imagerie infrarouge GOES. Varsovie.

Filizola, N., Fraizy, P., Guyot, J.L., Seyler, F., Baby, P. and Herail, G. 2003. Fatores de controle atual da erosão fluvial nas vertentes Amazônica, Paraguaia e do altiplano, nos Andes Bolivianos. In: I Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia. Manaus, 27 a 29 de Agosto de 2003.

Frappart F., Cazenave A., Mechoso C.R., Seyler F., Sassier H., Phalippou L. 2003. Monitoring water levels in the Pantanal floodplain using satellite altimetry data. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Frappart F., Cazenave A., Seyler F., Sassier H., Phalippou L. 2003. Topex/Poseidon waveforms over the Amazon basin : Classification of inland waters on the basis of their radar echo. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, Juillet 2003.

Frappart F., Seyler F., Cazenave A., Maheu C., Martinez J.M., Sassier H., Phalippou L. 2003. Determination of the water volume variation in the Rio Negro sub-basin by remote sensing. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, Juillet 2003.

Gibson J., Aggarwal P., Hogan J., Kendall C., Martinelli L., Stichler W., Rank D., Goni I., Choudhry M., Gat J., Bhattacharya S., Sugimoto A., Fekete B., Pietroniro A., Maurer T., Panarello H., Stone D., Seyler P., Maurice-Bourgoin L., Herczeg A. 2002. Isotope Studies in Large River Basins: A New Global Research Focus. EOS, 83 : 616-617.

Ibañez M.S., Nogueira I. S. and Maurice-Bourgoin L., 2003. Composição da comunidade fitoplanctônica da várzea do Curuaí, Amazonas. IX Congresso Brasileiro de Limnologia, Juiz de Fora. 20-25 de julho de 2003.

Kosuth P., Cazenave A., Blitzkow D. 2003. Amazon river altimetry through satellite radar altimetry and GPS positionning. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Kosuth P., Laraque A., Sousa da Silva M., Filizola N. 2003. Downstream Amazon river dynamics under oceanic tide influence. Sediment dynamics and channel change in rivers and estuaries, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Kosuth P., Seyler F., Strasser M., Nicod J., Sousa da Silva M., Cochonneau G., Guyot J.L., Oliveira E., Vinzon S. 2003. Study of Amazonian rivers morphological characteristics. Sediment dynamics and channel change in rivers and estuaries, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Labat D., Goddéris Y., Probst J.L., Guyot J.L. 2003. Relationship between runoff and temperature fluctuations at both global and continental scales. Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Martinez J.M., Kosuth P., Cochonneau G., Maurice-Bourgoin L., Seyler F., Bourrel L., Guyot J.L. 2003. Application of remote sensing for the quantification of an Amazon floodplain extension, dynamics and river water storage. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Martinez J.M., Maurice-Bourgoin L., Kosuth P., Seyler F., Guyot J.L. 2003. Analisis of multitemporal MODIS and Landsat 7 images acquired over Amazonian floodplains lakes for sediment concentration retrieval. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, Juillet 2003.

Martinez J.M., Seyler F., Guyot J.L., Bourrel L., Cochonneau G. 2003. Assessment of the volume of waters stored by the Amazonian floodplain using remote sensing data. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Rhéault I., Guyot J.L. 2003. Use of 210Pb geochronology to explore the century-scale mercury contamination history and the importance of floodplain accumulation in Andean tributaries of the Amazon River. IV South American Symposium on Isotope Geology, August 25-27th, Salvador (Brazil).

Maurice-Bourgoin L., Kosuth P., Chaffaut I., Martinelli L.A., Ometto J.P. 2003. Isotope tracing of the hydrological dynamics of an Amazonian floodplain. IV South American Symposium on Isotope Geology, August 25-27th, Salvador (Brazil).

Maurice-Bourgoin L., Alanoca L., Fraizy P., Vauchel P. 2003. Sources of mercury in surface waters of the upper Madeira erosive basins. XII Conf. On Heavy Metals in the Environment, May 26-30, 2003, Grenoble, France.

Maurice-Bourgoin L., Boaventura G.R., Seyler P., Kosuth P., Martinez J.M., Moreira-Turcq P., Portugal R.A. 2003. Papel das zonas de enchente na geoquímica das águas de superfície do Rio Amazonas – estudo de uma várzea piloto. II^{ndo} Encontro de Quimica Ambiental, 2003, March 17-19 2003, Brasilia (Brasil).

Maurice-Bourgoin L., Ronchail J., Vauchel P., Aalto R., Guyot J.L., Gallaire R., Fuertes O. 2003. Climate control (ENSO) on the flooding of the Beni River, a large andean tributary of the Amazon. Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003. Geophysical Research Abstracts, 5, 9895.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Etcheber H., Jouanneau J.M., Turcq B., Guyot J.L. 2003. Role of floodplains in the organic matter fate, transport, and sink : case of the Amazon Floodplains. Hydrological and biogeochemical controls on the origin, transport, and degradation of carbon, nutrients, and contaminants in large river systems, EGS, Nice, April 2003.

Muller F., Seyler F., Cochonneau G., Guyot J.L. 2003. Watersheds extraction using DEM and drainage network in the whole Amazon River basin. Banff, Alberta, Canada.

Ronchail J., Bourrel L., Cochonneau G., Vauchel P., Philipps L., Castro A., Guyot J.L., Oliveira E. 2003. Evidences of tropical-extratropical atmospheric interactions in the discharge of the Mamoré basin (SW Amazon). II Workshop on extreme climatic and paleoclimatic events in South America : teleconnections between low and high latitudes, São Paulo, May 2003.

Ronchail J., Bourrel L., Maurice-Bourgoin L., Cochonneau G., Vauchel P., de Oliveira E., Guyot J.L., Phillips L., Castro A. 2003. Clima e hidrologia na região sudoeste da bacia amazônica: Variabilidade no tempo e no espaço das relações entre TSO e vazões. I Simpósio ABRH de Recursos Hídricos da Amazônia, Manaus 27-29 agosto 2003.

Ronchail J., Bourrel L., Maurice-Bourgoin L., Vauchel P., Cochonneau G., Guyot J.L., Philipps L., Castro A. 2003. Hydrology and climate in the southwestern Amazon basin (Bolivia). Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003. Geophysical Research Abstracts, 5, 10982.

Ronchail J., Cochonneau G., Guyot J.L., de Oliveira E. 2003. Space-time rainfall variability in the Amazon basin. Associated oceanic and atmospheric conditions. Seventh International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Wellington, 24-28 March 2003.

Seyler P., Pinelli M., and Boaventura G. 2003. A first quantitative estimate of trace metal fluxes from amazon river and its main tributaries.

Seyler P., Viers J., Pinelli M., Barroux G., Oliva P., Dupre B., Boaventura G. 2003. Seasonal variation of some trace element content in the vegetation and riverwater of the Amazon floodplain. Hydrological and biogeochemical controls on the origin, transport, and degradation of carbon, nutrients, and contaminants in large river systems, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Sondag F., Boaventura G., Cochonneau G., Seyler F., Maurice-Bourgoin L., Seyler P., Moreira-Turcq P., Guyot J.L. 2003. O observatório regional do meio ambiente HIBAM : controles geodinámico, hidrológico e bio-geoquímico da alteração e do transporte de material na bacia amazônica. II Encontro Nacional de Química Ambiental, Brasília, Março de 2003.

Strasser, M.A., Vinzon, S.B., Mascarenhas, F.C.B., 2003. Análise de perfis de velocidades ao longo de dunas no rio Amazonas, In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Curitiba, Agosto de 2003.

2002

Boaventura, G.R., 2002. Determinação de Elementos traço em amostras de água usando a Espectrômetria de massa com fonte de plasma ICP/MS. In: *2ª Reunião ordinária da Academia Brasileira de Ciências*, Recife.

Dessay N., Laurent H., Machado L., Ronchail J., Shimabukuro Y., 2002. Detecting deforested areas from NDVI series in Amazonia 1982-1999. 2nd International Scientific Conference of the Large Scale Biosphere-Atmosphere (LBA) Experiment, Manaus, July 7-10 2002.

Filizola N., Fraizy P., Guyot J.L., Seyler F., Gerbault M., Baby P., Hérail G. 2002. Actual erosion by rivers in the Bolivian andes. International Symposium on Andean Geodynamics, Toulouse, Sept. 2002.

Karszenbaum H., Kandus P., Martinez J.M., Tiffenberg J. 2002. Change detection for mapping fire disturbed areas in wetland ecosystems: Results from multitemporal analysis of ERS 2 images. 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment (IRSE), 8-12 Avril, 2002, Buenos Aires, Argentine.

Kosuth P. 2002. Hydrological dynamics of the varzea of Lago Grande de Curuai : water and sediment balance, influence of river stage and local rainfall, long term dynamics. Second International LBA Scientific Conference, Manaus, July 2002.

Kosuth P., Strasser M., Oliveira Campos I., Nicod J., Ribeiro Netto A., Sousa da Silva M., Oliveira E., Cochonneau G. 2002. Water surface and river bottom longitudinal profiles and characteristics along Amazon river mainstream in Brazil. Second International LBA Scientific Conference, Manaus, July 2002.

Laraque A., Guyot J.L., Filizola N. 2002. Flujos sedimentarios y exportaciones especificas en las principales subcuencas amazonicas. V Seminario Colombiano de Limnologia & I Reunion Internacional de limnologia del Alto Amazonas. Leticia (Amazonas) Colombie - Mayo 20 a 24 de 2002.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Guyot J.L., 2002. Sediment-Associated Mercury Distribution within a Major Amazon Tributary: Century-Scale Contamination History and Importance of the flood plain accumulation The structure, Function and management Implications of Fluvial Sedimentary systems (Dyer F., Thoms M.C. and Olley J.M., Eds), IAHS Publ. No 276,161-168.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Guyot J.L., Etcheber H. 2002. Flux of organic carbon in Amazon Basin. Influence de la gestion de la biomasse sur l'érosion et la sequestration du carbone, Montpellier, 23 au 28 Septembre.

Moreira-Turcq P., Turcq B., Seyler P., Jouanneau J.M., Guyot J.L. 2002. Carbon accumulation in Amazon varzeas. Second International LBA Scientific Conference. Manaus, July 2002.

de Oliveira Campos, I.; Blitzkow, D.; Simões da F. Junior, E. ; Kosuth, P. ; Cazenave, A., 2002. Refencial altimetrico para a Amazônia: resultados preliminares. Simpósio Brasileiro de Geomática, 09-13 de julho de 2002, Presidente Prudente, SP, Brazil.

Ronchail J., Bourrel L., Cochonneau G., Oliveira E., Guyot J.L. 2002. Rainfall and associated atmospheric circulation during the 92-93 floodings in south-western Amazon (Llanos de Mojos-Bolivia). 2nd International Scientific Conference of the Large Scale Biosphere-Atmosphere (LBA) Experiment, Manaus, July 7-10 2002.

Ronchail J., Cochonneau G. 2002. Main patterns of summer rainfall variability and associated circulation in western and southern Amazon. VAMOS/CLIVAR Conference on South American low-level jet. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 5-7 February 2002.

Ronchail J., Cochonneau G., de Oliveira E., Guyot J.L. 2002. Summer rainfall variability in southeastern Amazon. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu, 4 - 9 aout 2002.

Strasser, M.A., Vinzon, S.B., Kosuth, P., 2002. Bottom structures geometry of the Amazon river, In: International Conference on Fluvial Hydraulics, *River Flow 2002*, Louvain-la-Neuve, Rotterdam: Balkema, v.2, pp.1185-1193.

Strasser, M.A., Vinzon, S.B., Mascarenhas, F.C.B., 2002. Estimação preliminar do transporte de sedimentos de arraste no rio Amazonas, In: V Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Anais V ENES, v. 1, pp. 209 - 218, São Paulo.

Vinzon, S.B., Oliveira, M.B., Strasser, M.A., 2002. Efeito das dunas na resistência ao escoamento no rio Amazonas, In: V Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Anais V ENES, v. 1, pp. 201 - 207, São Paulo.

2001

Cazenave, A.; Dominh, K; Maheu, C.; Mercier, F.; de Oliveira Campos, I.; Toumazou, V.; Gennero, M.C.; Mangiarotti, S.; Creataux, J.F.; Berger, M.; Samain, O.; Delmas, O. 2001. Applications of Space Geodesy to Study Continental Waters. Fourth International GEWEX Conference, 10-14 Sept. 2001, Collège de France, Paris, France.

Kosuth P., Seyler P., Laraque A., Guyot J.L. 2001. Water and Sediment Dynamics in the Várzea of Lago Grande de Curuai.) NASA Land Surface Hydrology Program (LSHP) and NOAA/OGP GAPP Program Joint Meeting, Potomac, Maryland, USA May 2001 (Poster).

Martinez J.M., Karszenbaum H., Le Toan T., Kandus P., Parmuchi G., Pratolongo P., Tiffenberg J. 2001. Detecting anthropic and natural disturbances in wetland ecosystems with multitemporal ERS 2 data. Retrieval of Bio- and Geo-Physical Parameters from SAR Data for Land Applications Workshop, Sheffield, 11-14 Septembre 2001.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Fraizy P., Barnaud V., Guyot J.L. 2001. Modulation of Mercury Transport through Fluvial Systems by Channel-Floodplain Interaction: A Case Study for the Beni River, Bolivian Amazonia. 6th Int. Conference on Mercury as a global pollutant, Minamata, Japan.

Moreira-Turcq P., Turcq B., Seyler P., Jouanneau J.M., Guyot J.L. 2001. Carbon sink in Amazon varzeas. Symposium on Climatic variability during the Quaternary in South America, Lisbonne, du 23 au 27 juillet 2001.

Oliveira Campos I., Dominh K., Mercier F., Kosuth P., Cazenave A. 2001. Water level variations in the Amazon Basin from Satellite Altimetry. XXVI EGS Assembly, Nice, March 2001.

Ribeiro Neto, A., Eid, N.J., Kosuth, P., 2001. Modelagem hidrodinâmica do rio Amazonas. In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, CD-ROM, Aracaju, Brasil, 25 a 29 de novembro.

Ronchail J., Bourrel L. 2001. Enchentes, chuvas e circulação atmosférica na bacia amazônica boliviana. Actes de Congremet VIII-Climet IX, 7-11 may 2001, Buenos-Aires.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimarães V., de Oliveira E. 2001. Variabilidade das chuvas na bacia amazonica e TSM no Pacifico equatoriale e no Atlantico tropical. Congremet VIII-Climet IX, 7-11 may 2001, Buenos-Aires.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimarães V., de Oliveira E. 2001. Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic oceans. Symposium on Climate variability during the Quaternary in South America in V Iberian Quaternary Meeting, July 2001, 23-27, Lisbon (Portugal).

Roulet M., Forsberg B.R., Guimarães J.R.D., Maurice-Bourgoin L., Lucotte M., Zeidemann V.K. 2001. The geochemical relationship between Mercury and Oxy-hydroxides in Amazonian soils and sediments. VIth international Conference on mercury as a Global Pollutant, Minamata, Japon, 15-19 octobre, 2001.

Seyler P., Cerri C.C. 2001. Trace metals concentrations of the small amazonian watersheds before and after deforestation. LBA International Symposium, Atlanta.

Produção cientifica
da equipe brasileira (em 1ro autor)

Em revistas internacionais com comitê de leitura

2003

Filizola, N. & Guyot, J.L. (*submitted*) The use of Doppler technology for suspended sediment discharge determinations at the River Amazon. *Hydrological Sciences Journal*.

Filizola,N., Guyot,J.L., Boaventura,G.(in press). Suspended sediment yield in the Brazilian Amazon drainage basin. *Hydrological Processes*.

Filizola N., Guimarães V.S., Guyot J.L. (in press). Water discharge measurements at the Amazon river with the Acoustic Doppler Current Profiler. *Hydrological Processes*.

Filizola N., 2003. Transfert sédimentaire actuel par les fleuves amazoniens. Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse III.

2002

Cordeiro R.C., Turcq B., Ribeiro M.G., Lacerda L.D., Capitaneo J., Oliveira da Silva A., Sifedine A., Moreira-Turcq P. 2002. Forest fires indicators and mercury deposition in an intense land use change region in Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). The Science of the Total Environment 293(1-3) : 247-256.

2001

Marengo J.A., Liebmann B., Kousky V.E., Filizola N., Wainer I.C. 2001. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. Journal of Climate, Vol. 14, No. 5: 833–852.

Oliveira Campos I., Mercier F., Maheu C., Cochonneau G., Kosuth P., Blitzkow D., Cazenave A. 2001. Temporal variations of river basin waters from Topex/Poseidon satellite altimetry : application to the Amazon Basin. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 333: 633-643

Participação em eventos técnico-cientificos

2003

Filizola, N., Fraizy, P., Guyot, J.L., Seyler, F., Baby, P. and Herail, G. 2003. Fatores de controle atual da erosão fluvial nas vertentes Amazônica, Paraguaia e do altiplano, nos Andes Bolivianos. In: I Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia. Manaus, 27 a 29 de Agosto de 2003.

Ibañez M.S., Nogueira I. S. and Maurice-Bourgoin L., 2003. Composição da comunidade fitoplanctônica da várzea do Curuaí, Amazonas. IX Congresso Brasileiro de Limnologia, Juiz de Fora. 20-25 de julho de 2003.

Strasser, M.A., Vinzon, S.B., Mascarenhas, F.C.B., 2003. Análise de perfis de velocidades ao longo de dunas no rio Amazonas, In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Curitiba, Agosto de 2003.

2002

Boaventura, G.R., 2002. Determinação de Elementos traço em amostras de água usando a Espectrômetria de massa com fonte de plasma ICP/MS. In: *2ª Reunião ordinária da Academia Brasileira de Ciências*, Recife.

Filizola N., Fraizy P., Guyot J.L., Seyler F., Gerbault M., Baby P., Hérail G. 2002. Actual erosion by rivers in the Bolivian andes. International Symposium on Andean Geodynamics, Toulouse, Sept. 2002.

Oliveira Campos de, I.; Blitzkow, D.; Simões da F. Junior, E. ; Kosuth, P. ; Cazenave, A., 2002. Refencial altimetrico para a Amazônia: resultados preliminares. Simpósio Brasileiro de Geomática, 09-13 de julho de 2002, Presidente Prudente, SP, Brazil.

Strasser, M.A., Vinzon, S.B., Kosuth, P., 2002. Bottom structures geometry of the Amazon river, In: International Conference on Fluvial Hydraulics, *River Flow 2002*, Louvain-la-Neuve, Rotterdam: Balkema, v.2, pp.1185-1193.

Strasser, M.A., Vinzon, S.B., Mascarenhas, F.C.B., 2002. Estimação preliminar do transporte de sedimentos de arraste no rio Amazonas, In: V Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Anais V ENES, v. 1, pp. 209 - 218, São Paulo.

Vinzon, S.B., Oliveira, M.B., Strasser, M.A., 2002. Efeito das dunas na resistência ao escoamento no rio Amazonas, In: V Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Anais V ENES, v. 1, pp. 201 - 207, São Paulo.

2001

Oliveira Campos I., Dominh K., Mercier F., Kosuth P., Cazenave A. 2001. Water level variations in the Amazon Basin from Satellite Altimetry. XXVI EGS Assembly, Nice, March 2001.

Ribeiro Neto, A., Eid, N.J., Kosuth, P., 2001. Modelagem hidrodinâmica do rio Amazonas. In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, CD-ROM, Aracaju, Brasil, 25 a 29 de novembro.

Produção cientifica
da equipe estrangeira (em 1ro autor)

Em revistas internacionais com comitê de leitura

2003

Aalto R., Maurice-Bourgoin L., Dunne T., Montgomery, D.R., Nittrouer C. and Guyot J.L., 2003. Episodic sediment accumulation on Amazonian floodplains influenced by El Niño/Southern Oscillation. Nature, 425: 493-497.

Allard T., Ponthieu M., Weber T., Filizola N., Guyot J.L., Benedetti M. 2002. Nature and properties of suspended solids in the Amazon Basin. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris , 173 (1) : 67-75.

Aucour A.M., Tao F., Moreira-Turcq P., Seyler P., Benedetti M. 2003. The Amazon River : initial mixing at the Rio Negro/Solimões confluence. Isotopic constraints and major elements redistribution. Chemical Geology , 271-285.

Benedetti M., Mounier S., Filizola N., Benaim J., Seyler P. 2003. Carbon and metal concentrations, size distributions and fluxes in major rivers of the Amazon basin. Hydrological Processes, 17 : 1363-1377.

Gerard M.; Seyler P.; Sondag F.; Boaventura G., Pinelli Alves V., Benedetti M. 2003. Rare earth elements in the Amazon basin. Hydrological Processes, 17: 1379-1392

Maurice-Bourgoin L., Quémerais B., Moreira-Turcq P., Seyler P. 2003. Transport, distribution and speciation of mercury in the Amazon River at the confluence of black and white waters of the Negro and Solimões rivers. Hydrological Processes, 17: 1405-1417.

Maurice-Bourgoin L., Alanoca L., Fraizy P. and Vauchel P., 2003. Sources of mercury in surface waters of the upper Madeira erosive basins. J. Phys. IV France, 107:855-858.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Guyot J.L., Etcheber H. 2003. Characteristics of organic matter in the mixing zone of the Rio Negro and Rio Solimões of the Amazon River. Hydrological Processes, 17: 1393-1404.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Guyot J.L., Etcheber H. 2003. Exportation of organic carbon from the Amazon River and its main tributaries. Hydrological Processes, 17: 1329-1344.

Seyler P., Boaventura G. 2003. Distribution and partition of trace metals in the Amazon Basin. Hydrological Processes, 17: 1345-1361.

Seyler P., Pinelli, M., Boaventura, G.R. 2003.A first quantitative estimate of trace metal fluxes from Amazon River and its main tributaries. J. Phys. IV, 107: 1213-1218.

2002

Allard T., Ponthieu M., Weber T., Filizola N., Guyot J. L., Benedetti M. 2002. Nature and properties of suspended solids in the Amazon Basin. Bull. Soc. Géol. France, 2002, t.173, n°1,pp.67-75.

Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., Molinier M., de Oliveira E. 2002. L'Amazone à Obidos (Brésil). Etude statistique des débits et bilan hydrologique. Hydrological Sciences Journal, 47(2) : 321-333.

Chapelon N., Douville H., Kosuth P., Oki T. 2002. Off-line simulation of the Amazon water balance : a sensitivity study with implications for Global Soil Wetness Project. Climate Dynamics, 19 : 141-154.

Gibson J., Aggarwal P., Hogan J., Kendall C., Martinelli L., Stichler W., Rank D., Goni I., Choudhry M., Gat J., Bhattacharya S., Sugimoto A., Fekete B., Pietroniro A., Maurer T., Panarello H., Stone D., Seyler P., Maurice-Bourgoin L., Herczeg A. 2002. Isotope Studies in Large River Basins: A New Global Research Focus. EOS, 83 : 616-617.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimarães V., de Oliveira E. 2002. Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic. International Journal of Climatology , 22 : 1663-1686.

Seyler F., Chaplot V., Muller F., Cerri C.E., Bernoux M., Balester V., Feller C., Cerri C.C. 2002. Pasture mapping by classification of Landsat TM images. Analysis of the spectral behaviour of the pasture class in a real medium scale environment: The case of the Piracicaba catchment (12400 km^2, Brazil). International Journal of Remote Sensing, 23 : 4985-5004.

2001

Callède J., Kosuth P., Oliveira E. 2001. Etablissement de la relation hauteur-débit de l'Amazone à Óbidos : méthode de la dénivelée normale à géométrie variable. Hydrological Sciences Journal, 46(3) : 451-463.

Maurice-Bourgoin L., Quiroga I., Alanoca L., Chincheros J., Quintanilla J. 2001. Distribución del mercurio en la cuenca amazónica boliviana (Rio Beni) - Impacto sobre las poblaciones ribereñas. Revista Boliviana de Quimica, Vol.18 (1) :16-27.

Moreira-Turcq P., Cauwet G., Martin J.M. 2001. Contribution of flow cytometry to estimate picoplankton biomass in estuarine systems. Hydrobiologia , 462 : 157-168.

Muller F., Seyler F. 2001. Apport de l'utilisation d'imagerie radar JERS-1 pour l'obtention du réseau de drainage du Rio Negro et la détermination des limites de quelques unes de ses sous-unités hydrographiques. Création d'un système d'information géographique appliqué à l'hydrologie du le Rio N egro. Résumé. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, 161 : 91.

Seyler F., Muller F., Cochonneau G., Guyot J.L. 2001. Résolution et précision des outils numériques (MNT et image satellite) nécessaires à la délimitation de bass ins versants en région tropicale. Résumé. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, 161 : 92.

Participação em eventos técnico-cientificos

2003

Barroux G., Viers J., Seyler P., Oliva P., Dupré B., Guyot J.L., and Pinelli M. How plants of the Amazon floodplain (brazil) can affect the geochemical status of trace elements in the Amazon river mainstream. 13th Int. Conference on Heavy Metals in the Environment, Grenoble, May 26th - 30th, 2003, France.

Beaume J.P., Kosuth P., Leguennec B., Neto A., Nicod J. 2003. Hydrodynamic 1D model of the Amazon river applied to the sediment transport. AGU-EGU Fall Meeting, Nice, April 2003.

Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., Seyler F., Guimaraes V., Oliveira E. 2003. Amazon river discharge variability at the Obidos gauging station during the last century. Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003. Geophysical Research Abstracts, 5, 9224.

Dubreuil V., Jallet A., Jumeau V., Ronchail J. 2003. Suivi de la saison des pluies 1999-2000 au Mato Grosso (Brésil) par imagerie infrarouge GOES. Varsovie.

Frappart F., Cazenave A., Mechoso C.R., Seyler F., Sassier H., Phalippou L. 2003. Monitoring water levels in the Pantanal floodplain using satellite altimetry data. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Frappart F., Cazenave A., Seyler F., Sassier H., Phalippou L. 2003. Topex/Poseidon waveforms over the Amazon basin : Classification of inland waters on the basis of their radar echo. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, Juillet 2003.

Frappart F., Seyler F., Cazenave A., Maheu C., Martinez J.M., Sassier H., Phalippou L. 2003. Determination of the water volume variation in the Rio Negro sub-basin by remote sensing. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, Juillet 2003.

Gautier E., Brunstein D., Bourrel L., Vauchel P., Guyot J.L. 2003. Temporal relations between meander deformation, water discharge and sediment fluxes, the specificity of the Rio Beni (Bolivian Amazonia). Sediment dynamics and channel change in rivers and estuaries, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April, 2003, France.

Kosuth P., Cazenave A., Blitzkow D. 2003. Amazon river altimetry through satellite radar altimetry and GPS positionning. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Kosuth P., Laraque A., Sousa da Silva M., Filizola N. 2003. Downstream Amazon river dynamics under oceanic tide influence. Sediment dynamics and channel change in rivers and estuaries, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Kosuth P., Seyler F., Strasser M., Nicod J., Sousa da Silva M., Cochonneau G., Guyot J.L., Oliveira E., Vinzon S. 2003. Study of Amazonian rivers morphological characteristics. Sediment dynamics and channel change in rivers and estuaries, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Labat D., Goddéris Y., Probst J.L., Guyot J.L. 2003. Relationship between runoff and temperature fluctuations at both global and continental scales. Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Martinez J.M., Kosuth P., Cochonneau G., Maurice-Bourgoin L., Seyler F., Bourrel L., Guyot J.L. 2003. Application of remote sensing for the quantification of an Amazon floodplain extension, dynamics and river water storage. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Martinez J.M., Maurice-Bourgoin L., Kosuth P., Seyler F., Guyot J.L. 2003. Analisis of multitemporal MODIS and Landsat 7 images acquired over Amazonian floodplains lakes for sediment concentration retrieval. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, Juillet 2003.

Martinez J.M., Seyler F., Guyot J.L., Bourrel L., Cochonneau G. 2003. Assessment of the volume of waters stored by the Amazonian floodplain using remote sensing data. Satellite observations of rivers and wetlands, and applications of the time-variable gravity in hydrology, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Rhéault I., Guyot J.L. 2003. Use of 210Pb geochronology to explore the century-scale mercury contamination history and the importance of floodplain accumulation in Andean tributaries of the Amazon River. IV South American Symposium on Isotope Geology, August 25-27th, Salvador (Brazil).

Maurice-Bourgoin L., Kosuth P., Chaffaut I., Martinelli L.A., Ometto J.P. 2003. Isotope tracing of the hydrological dynamics of an Amazonian floddplain. IV South American Symposium on Isotope Geology, August 25-27th, Salvador (Brazil).

Maurice-Bourgoin L., Alanoca L., Fraizy P., Vauchel P. 2003. Sources of mercury in surface waters of the upper Madeira erosive basins. XII Conf. On Heavy Metals in the Environment, May 26-30, 2003, Grenoble, France.

Maurice-Bourgoin L., Boaventura G.R., Seyler P., Kosuth P., Martinez J.M., Moreira-Turcq P., Portugal R.A. 2003. Papel das zonas de enchente na geoquímica das águas de superfície do Rio Amazonas – estudo de uma várzea piloto. II^{ndo} Encontro de Quimica Ambiental, 2003, March 17-19 2003, Brasilia (Brasil).

Maurice-Bourgoin L., Ronchail J., Vauchel P., Aalto R., Guyot J.L., Gallaire R., Fuertes O. 2003. Climate control (ENSO) on the flooding of the Beni River, a large andean tributary of the Amazon. Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003. Geophysical Research Abstracts, 5, 9895.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Etcheber H., Jouanneau J.M., Turcq B., Guyot J.L. 2003. Role of floodplains in the organic matter fate, transport, and sink : case of the Amazon Floodplains. Hydrological and biogeochemical controls on the origin, transport, and degradation of carbon, nutrients, and contaminants in large river systems, EGS, Nice, April 2003.

Muller F., Seyler F., Cochonneau G., Guyot J.L. 2003. Watersheds extraction using DEM and drainage network in the whole Amazon River basin. Banff, Alberta, Canada.

Ronchail J., Bourrel L., Cochonneau G., Vauchel P., Philipps L., Castro A., Guyot J.L., Oliveira E. 2003. Evidences of tropical-extratropical atmospheric interactions in the discharge of the Mamoré basin (SW Amazon). II Workshop on extreme climatic and paleoclimatic events in South America : teleconnections between low and high latitudes, São Paulo, May 2003.

Ronchail J., Bourrel L., Maurice-Bourgoin L., Cochonneau G., Vauchel P., de Oliveira E., Guyot J.L., Phillips L., Castro A. 2003. Clima e hidrologia na região sudoeste da bacia amazônica: Variabilidade no tempo e no espaço das relações entre TSO e vazões. I Simpósio ABRH de Recursos Hídricos da Amazônia, Manaus 27-29 agosto 2003.

Ronchail J., Bourrel L., Maurice-Bourgoin L., Vauchel P., Cochonneau G., Guyot J.L., Philipps L., Castro A. 2003. Hydrology and climate in the southwestern Amazon basin (Bolivia). Climate change impacts on the hydrological cycle, extremes, forecasting and implications on engineering designs, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003. Geophysical Research Abstracts, 5, 10982.

Ronchail J., Cochonneau G., Guyot J.L., de Oliveira E. 2003. Space-time rainfall variability in the Amazon basin. Associated oceanic and atmospheric conditions. Seventh International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Wellington, 24-28 March 2003.

Seyler P., Pinelli M., and Boaventura G. 2003. A first quantitative estimate of trace metal fluxes from amazon river and its main tributaries.

Seyler P., Viers J., Pinelli M., Barroux G., Oliva P., Dupre B., Boaventura G. 2003. Seasonal variation of some trace element content in the vegetation and riverwater of the Amazon floodplain. Hydrological and biogeochemical controls on the origin, transport, and degradation of carbon, nutrients, and contaminants in large river systems, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, April 2003.

Sondag F., Boaventura G., Cochonneau G., Seyler F., Maurice-Bourgoin L., Seyler P., Moreira-Turcq P., Guyot J.L. 2003. O observatório regional do meio ambiente HIBAM : controles geodinámico, hidrológico e bio-geoquímico da alteração e do transporte de material na bacia amazônica. II Encontro Nacional de Química Ambiental, Brasília, Março de 2003.

2002

Dessay N., Laurent H., Machado L., Ronchail J., Shimabukuro Y., 2002. Detecting deforested areas from NDVI series in Amazonia 1982-1999. 2nd International Scientific Conference of the Large Scale Biosphere-Atmosphere (LBA) Experiment, Manaus, July 7-10 2002.

Karszenbaum H., Kandus P., Martinez J.M., Tiffenberg J. 2002. Change detection for mapping fire disturbed areas in wetland ecosystems: Results from multitemporal analysis of ERS 2 images. 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment (IRSE), 8-12 Avril, 2002, Buenos Aires, Argentine.

Kosuth P. 2002. Hydrological dynamics of the varzea of Lago Grande de Curuai : water and sediment balance, influence of river stage and local rainfall, long term dynamics. Second International LBA Scientific Conference, Manaus, July 2002.

Kosuth P., Strasser M., Oliveira Campos I., Nicod J., Ribeiro Netto A., Sousa da Silva M., Oliveira E., Cochonneau G. 2002. Water surface and river bottom longitudinal profiles and characteristics along Amazon river mainstream in Brazil. Second International LBA Scientific Conference, Manaus, July 2002.

Laraque A., Guyot J.L., Filizola N. 2002. Flujos sedimentarios y exportaciones especificas en las principales subcuencas amazonicas. V Seminario Colombiano de Limnologia & I Reunion Internacional de limnologia del Alto Amazonas. Leticia (Amazonas) Colombie - Mayo 20 a 24 de 2002.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Guyot J.L., 2002. Sediment-Associated Mercury Distribution within a Major Amazon Tributary: Century-Scale Contamination History and Importance of the flood plain accumulation The structure, Function and management Implications of Fluvial Sedimentary systems (Dyer F., Thoms M.C. and Olley J.M., Eds), IAHS Publ. No 276,161-168.

Moreira-Turcq P., Seyler P., Guyot J.L., Etcheber H. 2002. Flux of organic carbon in Amazon Basin. Influence de la gestion de la biomasse sur l'érosion et la sequestration du carbone, Montpellier, 23 au 28 Septembre.

Moreira-Turcq P., Turcq B., Seyler P., Jouanneau J.M., Guyot J.L. 2002. Carbon accumulation in Amazon varzeas. Second International LBA Scientific Conference. Manaus, July 2002.

Ronchail J., Bourrel L., Cochonneau G., Oliveira E., Guyot J.L. 2002. Rainfall and associated atmospheric circulation during the 92-93 floodings in south-western Amazon (Llanos de Mojos-Bolivia). 2nd International Scientific Conference of the Large Scale Biosphere-Atmosphere (LBA) Experiment, Manaus, July 7-10 2002.

Ronchail J., Cochonneau G. 2002. Main patterns of summer rainfall variability and associated circulation in western and southern Amazon. VAMOS/CLIVAR Conference on South American low-level jet. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 5-7 February 2002.

Ronchail J., Cochonneau G., de Oliveira E., Guyot J.L. 2002. Summer rainfall variability in southeastern Amazon. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu, Brazil, 4 - 9 August 2002.

2001

Cazenave, A.; Dominh, K; Maheu, C.; Mercier, F.; de Oliveira Campos, I.; Toumazou, V.; Gennero, M.C.; Mangiarotti, S.; Creataux, J.F.; Berger, M.; Samain, O.; Delmas, O. 2001. Applications of Space Geodesy to Study Continental Waters. Fourth International GEWEX Conference, 10-14 Sept. 2001, Collège de France, Paris, France.

Kosuth P., Seyler P., Laraque A., Guyot J.L. 2001. Water and Sediment Dynamics in the Várzea of Lago Grande de Curuai.) NASA Land Surface Hydrology Program (LSHP) and NOAA/OGP GAPP Program Joint Meeting, Potomac, Maryland, USA May 2001 (Poster).

Martinez J.M., Karszenbaum H., Le Toan T., Kandus P., Parmuchi G., Pratolongo P., Tiffenberg J. 2001. Detecting anthropic and natural disturbances in wetland ecosystems with multitemporal ERS 2 data. Retrieval of Bio- and Geo-Physical Parameters from SAR Data for Land Applications Workshop, Sheffield, 11-14 Septembre 2001.

Maurice-Bourgoin L., Aalto R., Fraizy P., Barnaud V., Guyot J.L. 2001. Modulation of Mercury Transport through Fluvial Systems by Channel-Floodplain Interaction: A Case Study for the Beni River, Bolivian Amazonia. 6th Int. Conference on Mercury as a global pollutant, Minamata, Japan.

Moreira-Turcq P., Turcq B., Seyler P., Jouanneau J.M., Guyot J.L. 2001. Carbon sink in Amazon varzeas. Symposium on Climatic variability during the Quaternary in South America, Lisbonne, du 23 au 27 juillet 2001.

Ronchail J., Bourrel L. 2001. Enchentes, chuvas e circulação atmosférica na bacia amazônica boliviana. Actes de Congremet VIII-Climet IX, 7-11 may 2001, Buenos-Aires.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimarães V., de Oliveira E. 2001. Variabilidade das chuvas na bacia amazonica e TSM no Pacifico equatoriale e no Atlantico tropical. Congremet VIII-Climet IX, 7-11 may 2001, Buenos-Aires.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimarães V., de Oliveira E. 2001. Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic oceans. Symposium on Climate variability during the Quaternary in South America in V Iberian Quaternary Meeting, July 2001, 23-27, Lisbon (Portugal).

Seyler P., Cerri C.C. 2001. Trace metals concentrations of the small amazonian watersheds before and after deforestation. LBA International Symposium, Atlanta, USA.

Anexo 2

WHYBAM
A nova ferramenta de consulta "on line" do Banco de dados HiBAm

Gérard Cochonneau (HIBAM IRD/LMTG), Eurides de Oliveira, Naziano Filizola, Walter de Oliveira (ANA) - Abril 2004

Motivação e objetivos

O projeto Hibam realiza desde 1994 campanhas de medição ao longo do rio Amazonas e dos seus principais afluentes. Assim, coletou-se um acervo de dados de hidrologia e geoquímica de grande interesse para esta região, tendo em vista a escassez de dados em regiões pouco povoadas e de difícil acesso.

Para facilitar o acesso a esses dados, foi desenvolvida uma base de dados "on-line", acessível através da rede Internet, cuja primeira versão foi apresentada na ANA em março de 2004 e que, desde então, foi consultada por cerca de 200 pesquisadores e técnicos interessados.

Material e método

Os dados colocados "on-line" dizem respeito atualmente às campanhas realizadas pelo projeto HiBAm no território brasileiro até 2002 e aos dados de vazão e chuva dos principais postos fluviométricos e pluviométricos da rede de observação gerenciada pela Ana.

A base de dados foi implementada em ambiente MySQL e o aplicativo que permite a consulta e a obtenção dos dados foi desenvolvido em linguagem PHP.

Fisicamente, a base de dados foi implantada num servidor do IRD - US-Espace em Montpellier (França); a mesma será espelhada num servidor da ANA, logo que o equipamento adequado estiver disponível.

Metas alcançadas

1. **Disponibilização "on-line" de informações e dados das campanhas do projeto HiBAm até 2002.**

A base de dados WHYBAM pode ser acessada através dos sites do projeto Hibam (http://www.mpl.ird.fr/hybam ou http://www.ana.gov.br/hibam), no item "base de dados".

Mediante um cadastramento inicial, o usuário pode consultar os dados por campanha e/ou por local de medição, via um navegador Web e sem instalação de software adicional.

Os dados são apresentados na forma de tabelas que podem ser carregadas pelo usuário em formato compatível com Excel.

No momento, para a parte brasileira da bacia, são disponíveis :

-parâmetros de fisica-química e/ou matéria em suspensão de 566 amostras de água,

-resultados das análises químicas de 278 amostras de água e de 133 amostras de matéria em suspensão,

-resultados de 915 medições de vazão realizadas com ADCP (e os cerca de 4000 arquivos "raw-data" correspondentes),

-totais mensais de chuva em 950 pluviômetros, atualizados até 2003,

-vazão diária em mais de 100 postos fluviométricos da bacia, atualizados até 2003,

-planos de informação georeferenciada (rede fluviométrica, modelo numérico de terreno da bacia amazônica), no formato ArcView.

Anexo 3

Um referencial altimétrico para a Amazônia
Estudo conjunto do Modelo do Geóide e da Altimetria por Satélite

Denizar Blitzkow e Ilce de Oliveira (USP) e Pascal Kosuth (IRD) - Abril de 2004

1. Resumo

O presente projeto foi estabelecido visando a vinculação do "zero" (origem) da régua das estações hidrométricas da região Amazônica a um sistema consistente de altitudes, tendo a superfície geoidal como referência. Para isso, foi proposto um trabalho de observações GPS próximo das estações, bem como, o cálculo de um modelo geoidal para a região. A presente atividade tem uma importância fundamental no estudo das variações de altura do nível d'água e suas consequências para a navegação, para utilização dos portos e para os estudos do processo de sedimentação nas várzeas. Até o presente foram estimados valores da altitude ortométrica em 27 estações hidrométricas. Além disso, foram estimadas altitudes ortométricas através da altimetria por radar, Topex/Poseidon (T/P), em 7 estações no Solimões. Isto permitiu uma comparação das duas tecnologias.

Objetivos

Com o objetivo de desenvolver o modelagem hidrodinâmico dos escoamentos do rio Amazonas e o modelagem sedimentológico do transporte de materiais em suspensão (MES), estava necessária a determinação das altitudes das estações fluviometricas da ANEEL com referencia ao nível do mar.

A rede de nivelamento geométrico direto do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatisticas), atravessa Amazonas ao longo da pista Trans-Amazonica (Belém – Porto Velho e Porto Velho - Manaus), com marcas em Santarém, Manaus, Itacoatiara, Manacapuru e Porto Velho.

Em 1999, o Programa HiBAm inicio um Projeto, junto com a USP (Pfr Denizar Blitzkow, Departamento de Engenharia do Transporte da Escola Politecnica da USP Universidade de São Paulo) e o IBGE (Goiania) a traves do convênio USP-IBGE. O objetivo desse programa era realizar o nivelamento das principais estações fluviometricas do rio Amazonas usando duas técnicas espaciais :

1. **posicionamento GPS acoplado a modelos de geoide**, e verificando a consistencia dos resultados a traves da analise do perfil da linha d'agua dos rios, baseado no monitoramento diario das cotas do rio pela rede da ANEEL. Desse Projeto nasceu uma proposta cientifica ao CAPES-COFECUB que foi aprovada para o período 2000-2001.

2. **a altimetria radar** com satélites como TOPEX/POSEIDON (NASA-CNES). Essa técnica deu lugar a outra proposta com o CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) da França como parceiro principal, que foi aprovada e apoiada financeiramente pelo PNTS da França (Programme National d'Etudes Spatiales) . A técnica consiste em analisar o eco das ondas radar do satélite sobre as superfícies d'água da Bacia Amazônica

2. Atividades desenvolvidas

2.1 Observações GPS

Foram feitas duas campanhas para a coleta de dados com receptores de sinais do sistema GPS, ao longo do rio Amazonas e do Solimões. A figura 1 mostra a localização dos pontos implantados.

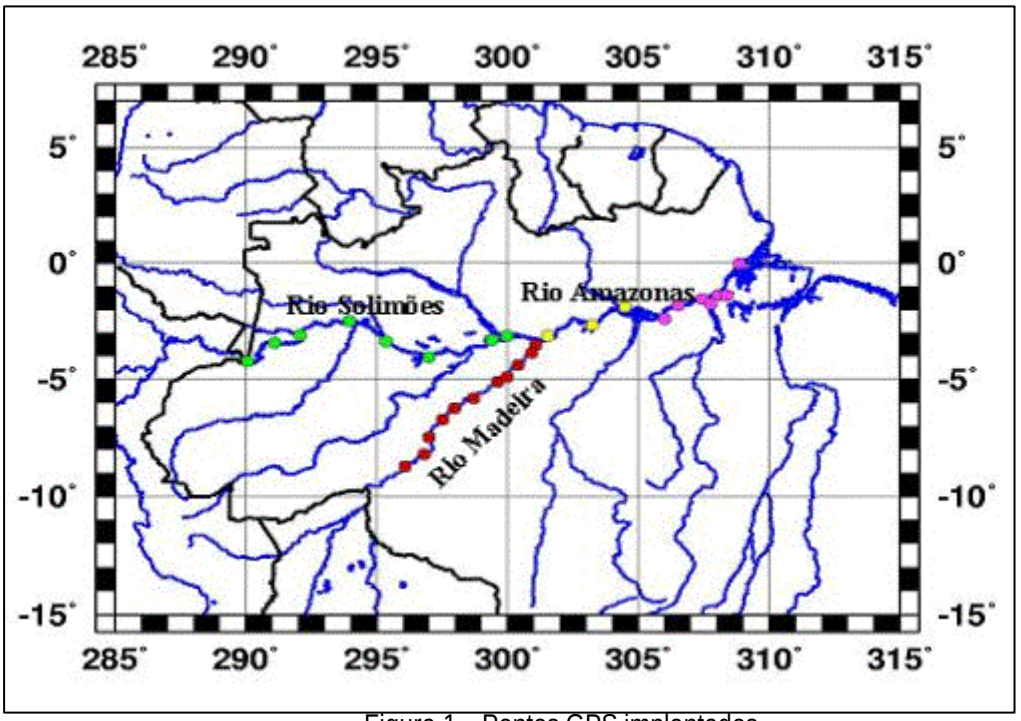


Figura 1 – Pontos GPS implantados

2.2 Nivelamento

O desnível entre a estação implantada por GPS e as réguas limnimétricas foi determinado por nivelamento geométrico a partir das estações SAT implantadas ou existentes. A figura 2 mostra a disposição das réguas bem como um croqui do desnível determinado.

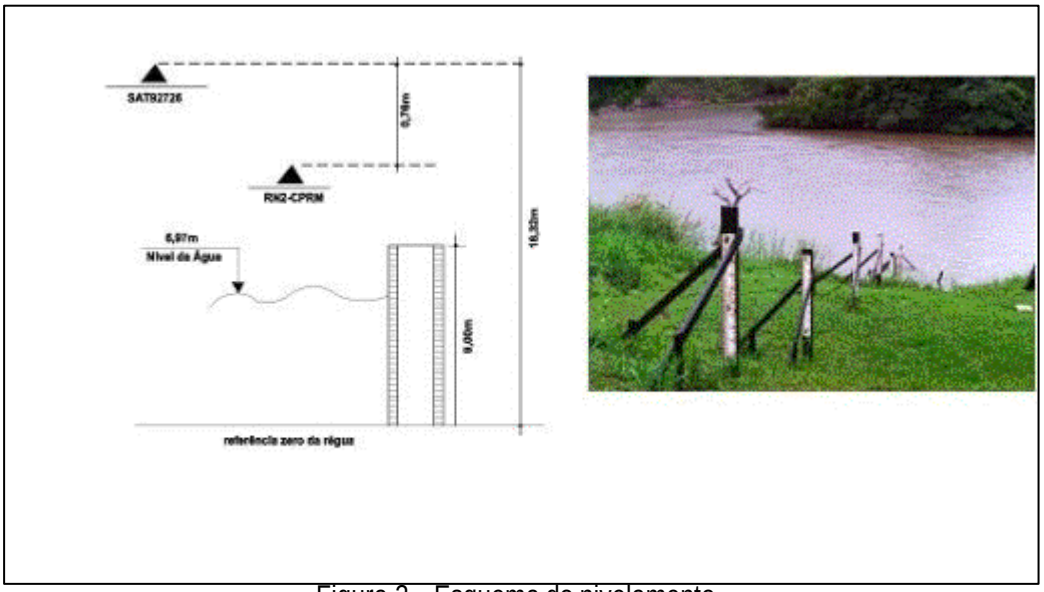


Figura 2 – Esquema do nivelamento.

2.3 Dados Topex/Poseidon

A altimetria radar por satélite permite determinar a altitude da superfície d'água ao longo da traça do satélite, na sua interseção com um rio, um lago ou uma zona de enchente.

Analisando os dados do satélite TOPEX/POSEIDON de 1992 ate 2000, e usando um modelo de geoide para traduzir as cotas com referencia ao elipsoï de em cotas com referencia ao geoide ou nível médio do mar, é possível determinar as cotas do rio e ate os níveis das réguas (interpolando entre duas traças do satélite).
A Figura 3 mostra a cobertura T/P sobre a região amazônica e as estações liminimétricas que podem ser usadas para estudo.

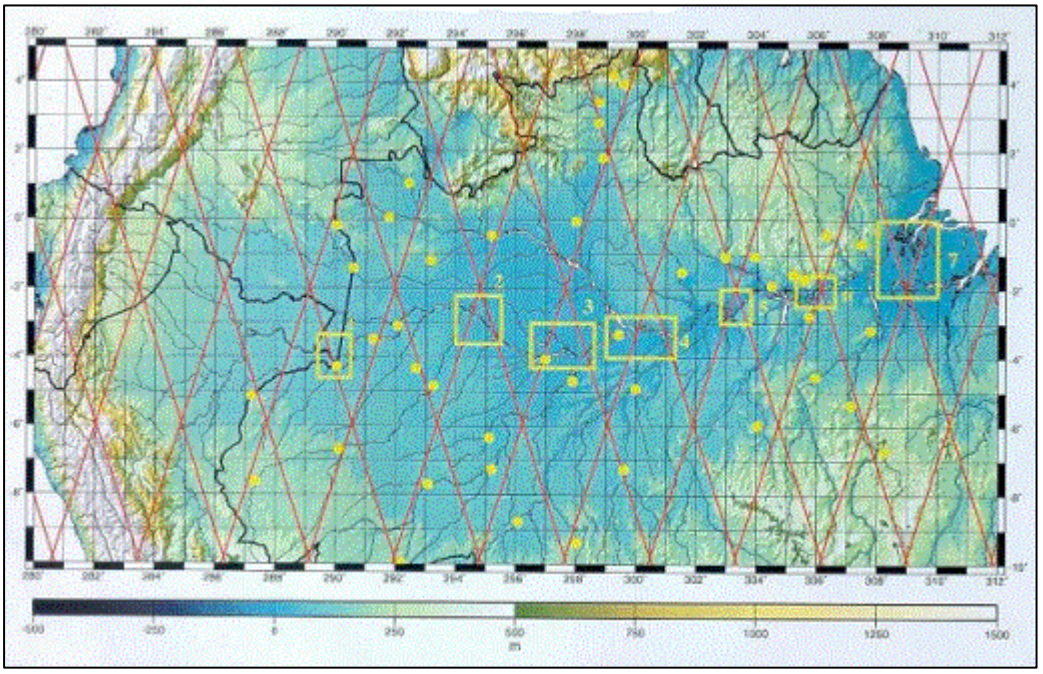


Figura 3 – Cobertura T/P sobre a região amazônica

4. Resultados

A partir das observações GPS e dos dados da altimetria por radar (T/P), bem como, de diferentes modelos geoidais se obteve as altitudes das estações hidrométricas realizando comparações. O modelo EGM96 até grau e ordem 180 e 360 e o modelo GFZ ofereceram resultados semelhantes e consistentes com o perfil d'água. Esta consistência mostra que a meta do projeto foi alcançada.

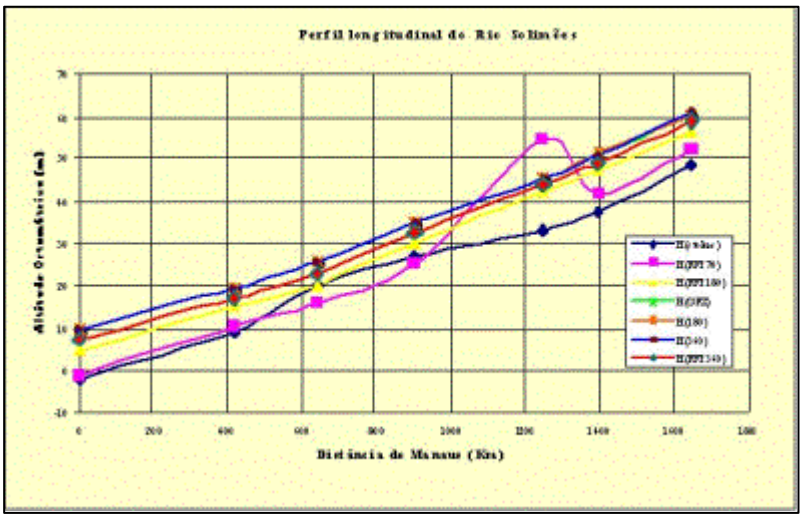


Figura 4 – Perfil longitudinal do Rio Solimões para os diferentes métodos de cálculo da ondulação geoidal.

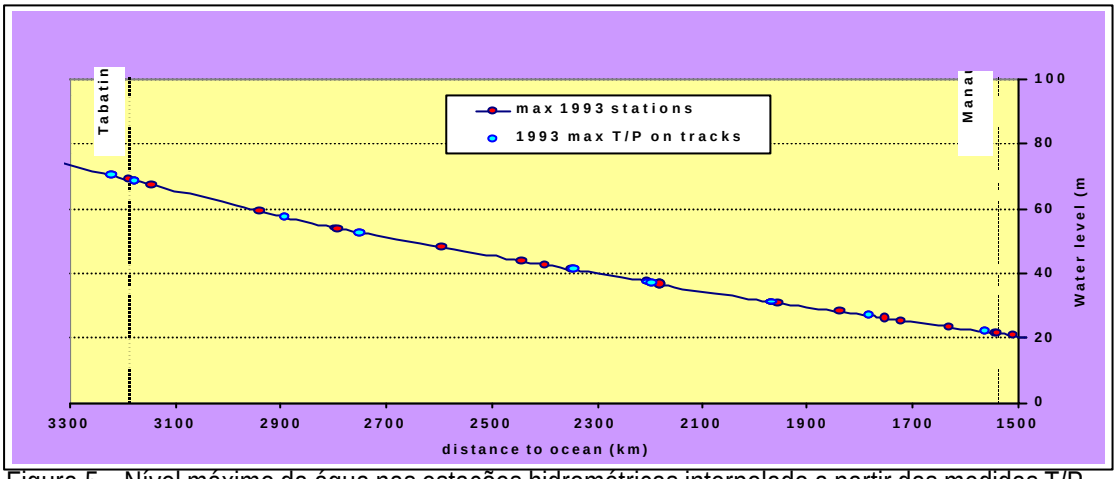


Figura 5 – Nível máximo da água nas estações hidrométricas interpolado a partir das medidas T/P.

Anexo 4

MODELAGENS HIDROLÓGICA E HIDRODINAMICA DA BACIA AMAZÔNICA

Rui Vieira e Alfredo Ribeiro Neto (UFRJ-COPPE), e Pascal Kosuth (IRD)

1. MODELAGEM HIDRODINÂMICA DA BACIA AMAZÔNICA - PERÍODO 2000-2001

A modelagem hidrodinâmica tinha como objetivo estabelecer a variação temporal dos níveis d'água e de vazão ao longo das estações fluviométricas localizadas no médio Amazonas, em função da propagação dessas vazões à montante, utilizando-se o modelo hidrodinâmico SIC (*Simulation of Irrigation Canal*). Após a calibração do modelo, realizaram-se simulações envolvendo as cheias dos rios Amazonas, Negro e Madeira para que se pudessem estudar as consequências da sincronização das cheias desses três rios sobre os níveis da água na cidade de Manaus. Além disso, realizou-se um cálculo inicial da capacidade de transporte de sedimentos no rio Amazonas compreendendo os trechos modelados.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

A modelagem deu-se no trecho do rio Amazonas que se estende de Manacapuru a Óbidos e engloba os afluentes Negro até a estação de Moura e Madeira até Faz. Vista Alegre.

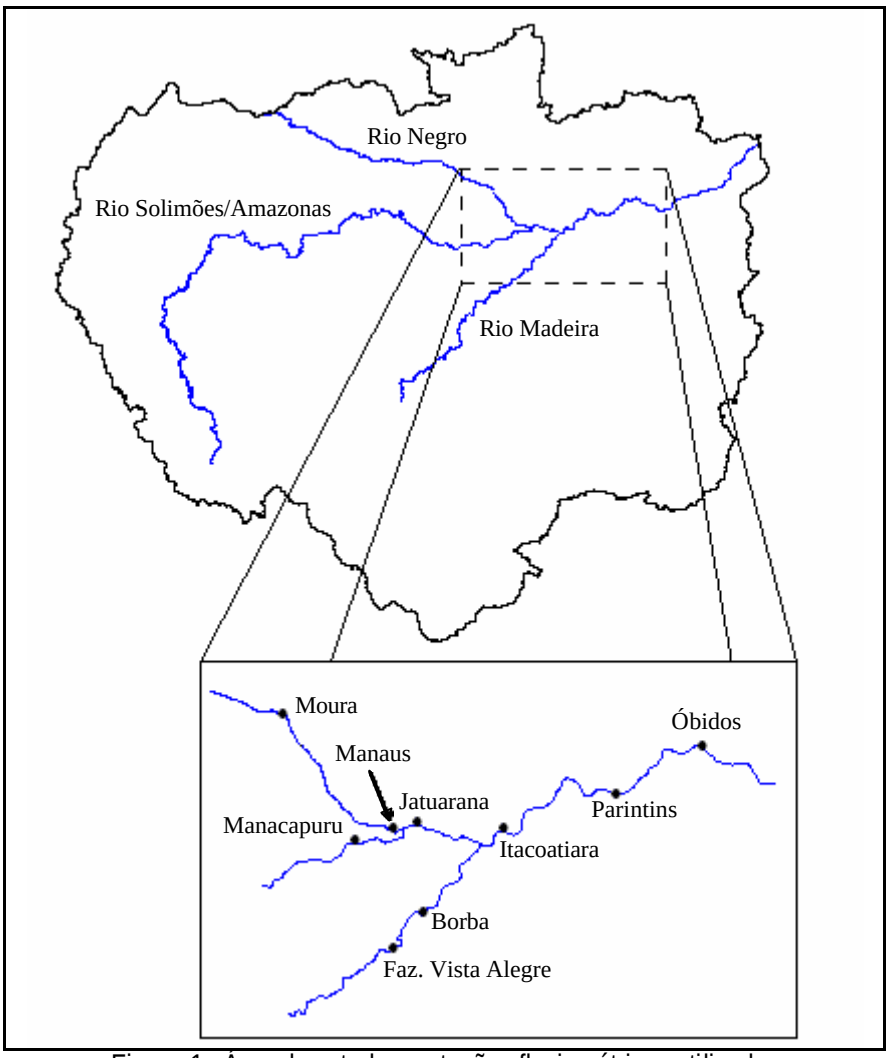


Figura 1 - Área de estudo e estações fluviométricas utilizadas

1.2. RESULTADO DA CALIBRAÇÃO DO MODELO

Utilizou-se o período de dados de 1990 a 1999. Para a calibração dos parâmetros do modelo, utilizaram-se os dados de 1995 a 1999 e para a verificação os dados de 1990 a 1994. Os parâmetros calibrados foram o coeficiente de rugosidade de Manning (n) e a geometria da área de inundação. A Figura 2 mostra o resultado das simulações realizadas na calibração. Pode-se verificar o efeito da introdução da área de inundação (leito maior) no amortecimento do hidrograma na estação de Óbidos.

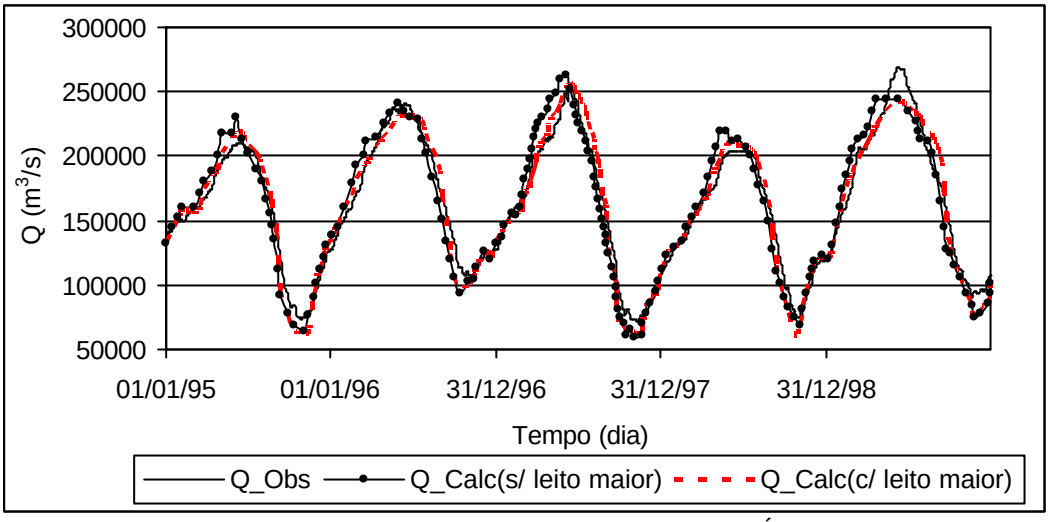


Figura 2 - Hidrograma calculado e observado em Óbidos

2. MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA AMAZÔNICA - PERÍODO 2002-2003

Para a realização da modelagem hidrológica da bacia, fez-se necessário, primeiramente, o levantamento dos dados existentes e a escolha de um modelo hidrológico adequado para a Amazônia. Inicialmente, o modelo será aplicado em uma sub-bacia da bacia amazônica para que se possa avaliar sua potencialidade e, em seguida, deve-se utilizá-lo para toda a bacia.

2.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

Na bacia amazônica, há 976 estações pluviométricas e 641 estações fluviométricas com séries de vazões e/ou cotas. A densidade de estações pluviométricas é de 6.264 km^2 para cada posto.

O USGS (*United States Geological Survey*) realizou a digitalização do "Mapa de Solos do Brasil" (produzido pela EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Um mapa de uso do solo, também disponibilizado pelo USGS, foi levantado a partir de imagens do sensor NOAA AVHRR com resolução espacial de 1 x 1 km.

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) a ser utilizado possui resolução de 90 metros e é disponibilizado pela NASA.

As variáveis climatológicas utilizadas no cálculo da evapotranspiração potencial são obtidas por meio de projetos científicos internacionais. O *International Satellite Land Surface Climatology Project* (ISLSCP) fornece uma série mensal de 1986 a 1995 para as variáveis radiação líquida, pressão de vapor e temperatura do ar. A série de velocidade do vento e pressão atmosférica cobre o período de 1987 a 1988.

2.2. ESCOLHA DO MODELO HIDROLÓGICO

O modelo escolhido foi o MGB (Modelo Hidrológico de Grandes Bacias), desenvolvido por COLLISCHONN (2001). O MGB é um modelo distribuído por células quadradas e realiza simulações a nível diário. Cada célula é dividida em blocos de acordo com o tipo de solo e a respectiva cobertura vegetal. Cada bloco eqüivale a uma área hidrologicamente homogênea, ou seja, áreas em que se verifica um comportamento hidrológico semelhante. A propagação do escoamento na bacia é feita com reservatórios lineares e a propagação na rede de drenagem é realizada com o modelo de Muskingum-Cunge.

2.3. ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para estudo de caso está inserida na porção brasileira da bacia do rio Madeira. Essa área compreende a região entre as estações fluviométricas de Porto Velho e Faz. Vista Alegre (Figura 3) e sua

superfície total é de 334.000 km². A Figura 3 mostra a divisão da área em sub-bacias conforme a discretização realizada pelo modelo.

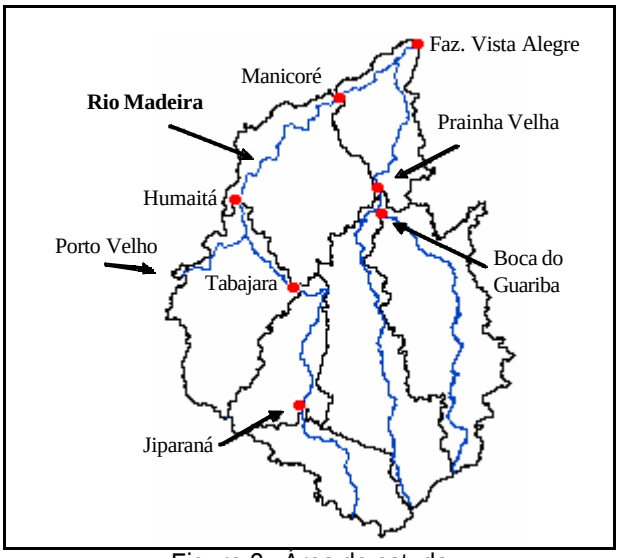


Figura 3 - Área de estudo

2.4. PRIMEIROS RESULTADOS

Realizou-se uma simulação para o período 1987-1988. Os hidrogramas calculado e observado em Faz. Vista Alegre são mostrados na Figura 4. Os próximos passos da modelagem consistiram em simulações com períodos de tempo maiores.

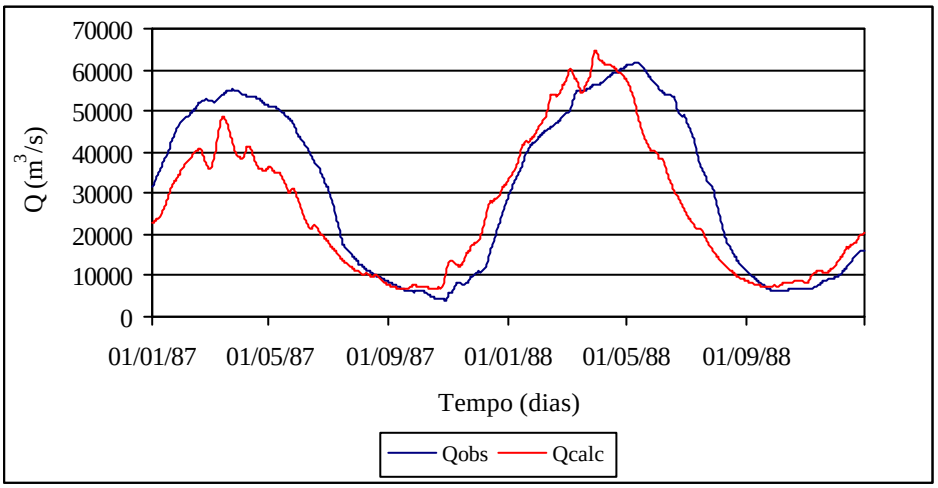


Figura 4 - Hidrogramas calculado e observado em Faz. Vista Alegre

Anexo 5

CLIMA E HIDROLOGIA NA BACIA AMAZÔNICA

Josyane Ronchail – Abril de 2004

Com a participação de (ordem alfabética) :
Eurides de Oliveira e Valdemar Guimarães (ANA), Adriana Goretti de Miranda Chaves (ANEEL),
David Labat, Gérard Cochonneau, Jacques Callède, Jean Loup Guyot, Laurence Maurice-Bourgoin, Luc Bourrel,
Michel Molinier, Philippe Vauchel (IRD)

MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS:
A Agência Nacional de Águas (ANA- Brasília-DF) recebe solicitações de diversos tipos sobre a:
- Previsibilidade das enchentes para a proteção das pessoas e dos bens,
- Previsibilidade das estiagens para a navegação (transporte de pessoas e de produtos agrícolas para exportação),
- Previsibilidade do assoreamento dos reservatórios.

Por estas razões investigamos as condições oceano-atmosféricas que causam a variabilidade das chuvas, das vazões e do transporte de sedimentos na bacia amazônica e procuramos predictores da variabilidade hidrológica, em particular entre as temperaturas de superfície dos oceanos (TSO), que, dada a sua persistência, podem ser um predictor sazonal eficaz.

MATERIAL E MÉTODO:

- Dados diários de chuva e de vazões do Brasil, Bolívia, Peru, Equador (Hibam), dados atmosféricos (Reanálises do NCEP-NCAR) e dados oceânicos do Climate Diagnostic Center - National Oceanic and Atmospheric Administration (CDC - NOAA).

- Correlações, análises compósitas, T-test, análises multivariadas (EOF, classificações), análises temporais (tendência, ruptura, análise do sinal, wavelet).

METAS ALCANÇADAS:

1. **Definição das relações entre chuvas na bacia amazônica (1977-99) e temperaturas de superfície dos Oceanos (TSO) Atlântico e Pacífico**

- **Relações significativas entre chuvas anuais e TSO foram descritas para a região nordeste da bacia amazônica** (Ronchail et al. 2002a, Molinier et al. 2003): um déficit pluviométrico está ligado com a fase quente da Oscilação Austral (OA) do Pacífico equatorial (eventos El Niño) e/ou as temperaturas anormalmente frias no Atlântico tropical sul (Figuras 1A e 1B). Ao contrário excessos de chuva são registrados quando o Atlântico tropical norte é frio e/ou durante a fase fria da OA (eventos La Niña) (Figuras 1C e 1D). As TSO dos oceanos Atlântico e Pacífico permitem explicar 82% da variabilidade da chuva na parte nordeste da bacia amazônica.

- A parte sul da bacia é uma região de transição entre o norte do continente de um lado e o sudeste da América do Sul (SESA) do outro, que são duas regiões com respostas opostas à OA do Pacifico. A ausência de anomalia sistemática e então significativa durante El Niño pode resultar dessa situação de transição. Porem, nessa região sul existem tendências ao déficit de chuva durante La Niña e, ao contrário, ao excesso de chuva quando o Atlântico tropical sul é anormalmente frio.

- Na região oeste e no centro da bacia amazônica, só podem ser mencionadas tendências de déficit de chuva durante a parte central dos eventos El Niño no oeste da Amazônia brasileira e, ao contrário, uma tendência ao excesso de chuva na Amazônia equatoriana.

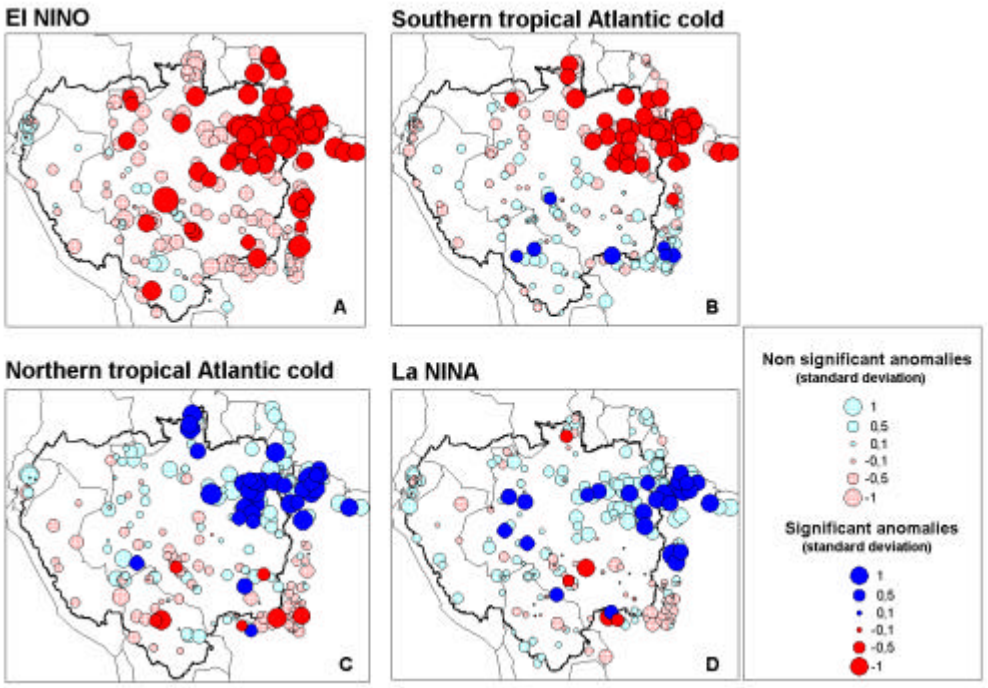


Figura 1: Anomalias de chuvas compósitas na bacia amazônica durante anos A) El Niño, B) com águas frias no Atlântico tropical sul, C) com águas frias no Atlântico tropical norte, D) La Niña. Período : 1977-99.

- A análise estacional das chuvas durante estes eventos oceânicos permite a observação de mais detalhes:

* Os eventos El Niño são preponderantes. Produzem as anomalias mais longas, que podem permanecer durante um ano inteiro e que têm a sua maior extensão no nordeste da bacia mas também ocorrem nas regiões noroeste e leste.

* As anomalias pluviométricas associadas com eventos La Niña ou com anomalias de TSO no Atlântico tropical têm uma duração menor, às vezes reduzida ao outono (março -abril-maio), estação de chuvas no nordeste da bacia amazônica.

2. Definição da origem das chuvas no sul da bacia amazônica em relação com a circulação atmosférica na América do Sul (1977-1999)

A fraqueza dos sinais oceânicos nas partes sul e oeste da bacia amazônica sugere a procura de indicadores atmosféricos para explicar as anomalias hidrológicas nessas regiões.

2.1 No sudeste da bacia amazônica

Mostramos que os excessos de chuva na parte sudeste da bacia amazônica (1977-99), para as escalas de tempo intra-sazonal e interanual, encontram-se na presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) numa posição mais oriental do que o normal (Figura 3) e na ocorrência de transporte, na direção da região estudada, do vapor d'água proveniente do centro da Amazônia, com uma circulação de oeste não habitual (Figura 4a), (Ronchail and Cochonneau 2002, Ronchail et al. 2002b).

Ao contrário, os períodos secos no sudeste da bacia amazônica correspondem ao enfraquecimento da ZCAS, à instalação de um "Jet" de Baixo Nível (Low Level Jet) ao Leste dos Andes (Figura 4B) e ao transporte de vapor d'água na direção da pampa Argentina.

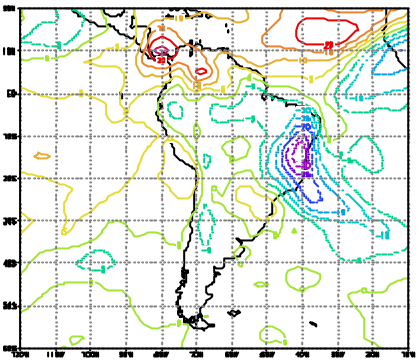


Figura 3: Diferença de OLR (Outgoing Lonwave Radiation) entre dias de verão chuvosos e secos no sudeste da bacia amazônica. Valores negativos (azul) indicam um aumento da nebulosidade e a posição da ZCAS.

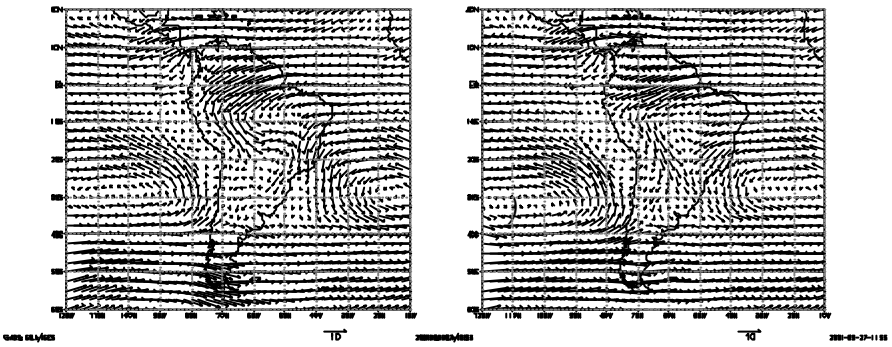


Figure 4: Vento compósito a 850hpa (esquerda) durante meses de verão chuvosos no sudeste da bacia amazônica, (direita) durante meses secos. Período: 1977-99.

2.2 No sudoeste da bacia amazônica

A análise das condições atmosféricas durante os dias de chuva forte que ocasionaram as fortes vazões do Rio Mamoré e as inundações de 1992 e 1993 nos "Llanos de Mojos" (Bolívia) mostram em particular (Ronchail et al. 2002c, Ronchail et al. 2003a):

- a ZCAS numa posição mais a oeste e sul do que o normal, com orientação NW-SE, da Amazônia boliviana até o Sudeste da América do Sul (SESA) (Figura 5).
- condições depressionárias numa grande parte do continente sul americano nas baixas e altas camadas da atmosfera.
- alísios do sul e circulações meridianas reforçadas nas camadas baixas.

Padrões pluviogênicos comuns às regiões SO da Amazonia e à SESA podem explicar a similitude de alguns padrões de variabilidade nas duas regiões (cf ponto 1).

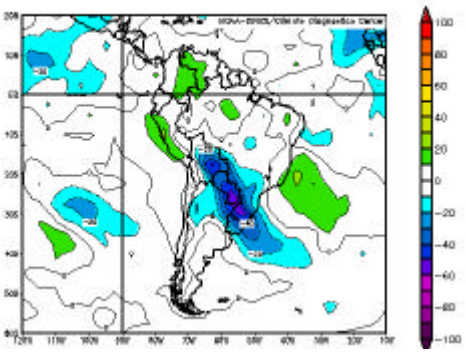


Figura 5: Anomalias compósitas de OLR (Outgoing Longwave Radiation) durante dias com chuvas superiores a 20mm na região sudoeste da bacia amazônica (fevereiro 1992-janeiro 1992). Valores negativos indicam uma nebulosidade importante.

3. Definição de relações entre a variabilidade das vazões e o clima

3.1 O Rio Amazonas em Óbidos (1902-1999)

Callède et al. (2002) reconstruíram uma série de cem anos de vazões em Óbidos (1902-1999), localizada a 800 km da foz do Rio Amazonas. Callède et al. (2004) mostram que as vazões máximas e médias em Obidos aumentam de repente a partir de 1970 (Figura 7). A associação com a variabilidade a longo prazo do clima e/ou com o desmatamento é considerada.

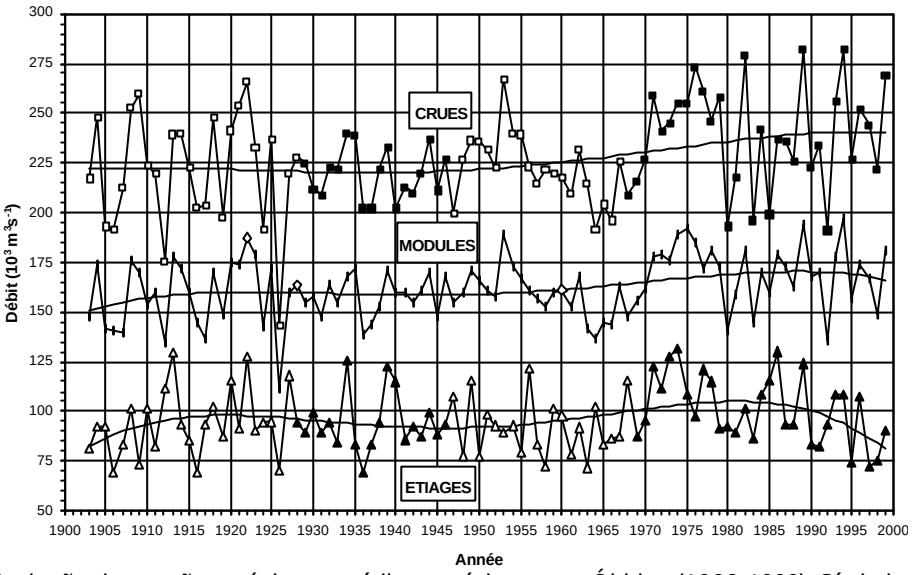


Figura 7 : Evolução das vazões máximas, médias e mínimas em Óbidos (1902-1999). Símbolos com fundo preto são valores observados. Os com fundo branco foram reconstruídos a partir das cotas de Manaus.

A análise por "wavelet" das vazões em Óbidos confirmam a presença de um sinal ao início dos anos 70 numa escala bi-decenal (Figura 8) que pode ser associada com a variabilidade a longo prazo dos oceanos Pacífico e Atlântico. O global wavelet spectrum (Figura 9) mostra a importância das escalas de tempo decenal a pluri decenal nas séries de chuva, vazão mínima e vazão máxima. A figura 8 também mostra a falta de permanência da variabilidade a 3-6 anos, típica de ENSO (Labat et al. 2004 e 2003a).

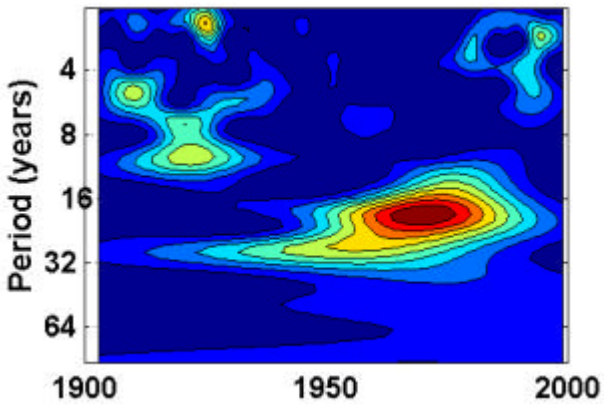


Figura 8: Morlet wavelet análises da vazão media anual em Óbidos.

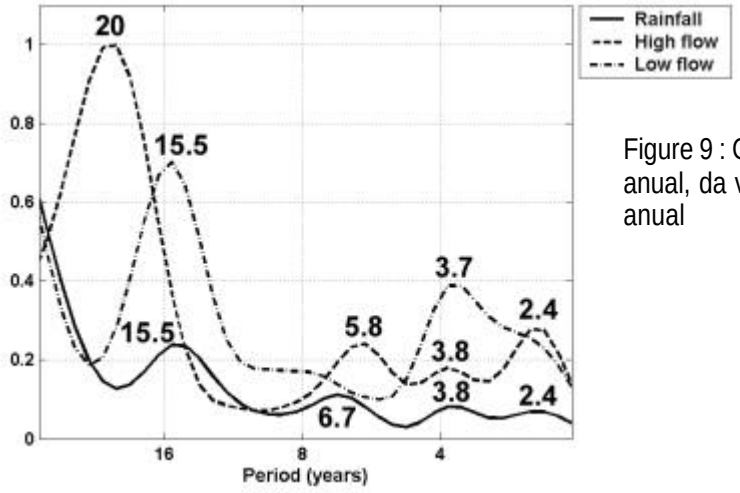


Figure 9 : Global wavelet spectrum da chuva média anual, da vazão máxima anual, da vazão mínima anual em Óbidos (1950-2000)

3.2 A análise regional das relações vazão - TSO no sul da bacia amazônica: Madeira - Tapajós - Xingu

Nas bacias do sul foram identificadas 4 regiões onde as relações TSO-vazão são específicas (Figura 10):

- região 1, mais ao norte, a jusante, onde o papel do Atlântico norte e do Pacífico equatorial é o mais importante: as vazões são menores quando ocorre El Niño e quando o Atlântico tropical norte é mas quente do que o normal (Ronchail et al. 2004). Essas relações são permanentes durante o período 1974-2001. As TSO do Atlântico chegam a explicar 50% da variabilidade das vazões mínimas em Altamira (Rio Xingu) (Figura 11).

- região 2 , mais ao sul, nas partes a montante do Xingu e Tapajós, onde só foi encontrada uma relação não permanente com as TSO do Atlântico sul (Ronchail et al. 2004).

- região 3, no Mamoré-Madeira, onde tem, durante os anos 90', boas relações com a OA do Pacífico e com as TSO do Atlântico Sul. Inundações e vazões altas ocorrem durante El Niño e quando o Atlântico sul tropical (subtropical) é mais frio (quente) do que o normal (Ronchail et al. 2003b, 2003c, e 2004).

- região 4, no Rio Beni (Alto Madeira), andino, onde as relações TSO-hidrologia são opostas às do Mamoré. Vazões altas (Maurice-Bourgoin et al. 2003, Ronchail et al. 2003c e 2004), eventos de sedimentação (Aalto et al. 2003) e abundante transporte de matéria em suspensão (Bourrel et al. 2003) são associados com eventos La Niña e com TSO altas no Atlântico sul tropical. As TSO do Atlântico e do Pacífico chegam a explicar 38% da variabilidade das vazões de Feveirero-Março-Abril em Rurrenabaque (Rio Beni).

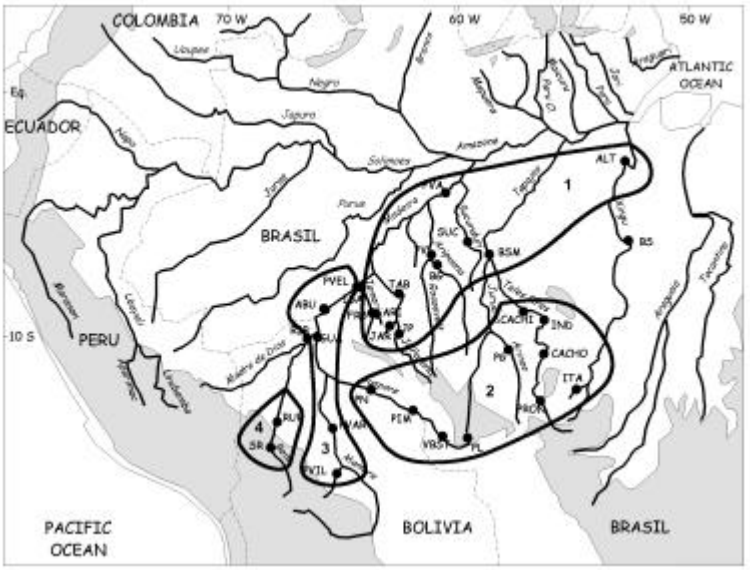


Figura 10: Regiões do sul da bacia amazônica com relações TSO-vazão específicas

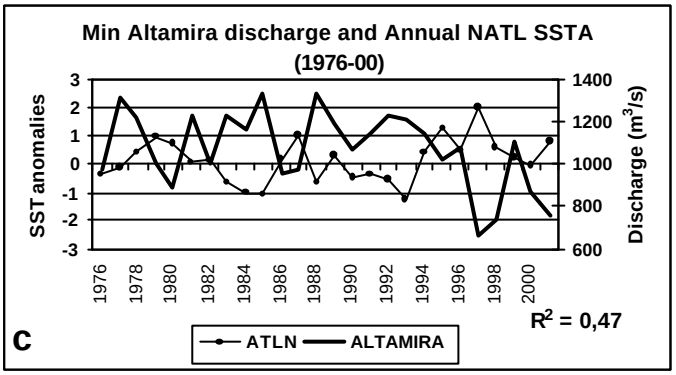


Figura 11: Evolução temporal das TSO anuais no Atlântico norte tropical e das vazões mínimas do Rio Xingu em Altamira.

Anexo 6

ESTUDO DAS DINAMICAS DE ENCHENTE POR GEOPROCESSAMENTO

Jean-Michel Martinez (HIBAM IRD) - Abril 2004

Com a participação de (ordem alfabética) : Marcelo Bernardes, Gérard Cochonneau, Pascal Kosuth, Laurence Maurice Bourgoin, Patricia Moreira Turcq, Frédérique Seyler

O objetivo da parte do geoprocessamento é de estudar os fluxos de água e de matéria sólida entre a planície amazônica e os principais rios da sua bacia. Nos dois últimos anos trabalhamos mais particularmente sobre a Várzea de Curuai que é estudada desde 1999, por vários pesquisadores do grupo HYBAM.
Neste período foram investigados dois eixos:
i) um mapeamento multitemporal da Várzea de Curuai a fim de mapear as zonas de enchente ao longo do ciclo hidrológico;
ii) estudar a cor das águas dos lados das Várzeas para estimar o conteúdo em sedimentos em suspensão nessas águas.

1 Mapeamento das zonas de enchente

O método usado permite mapear a extensão das zonas de enchente, a distribuição da vegetação e de avaliar a quantidade de água presa nos lagos. Este método foi desenvolvido em primeiro na várzea de Curuaí para qual usemos uma série de 21 imagens do satélite JERS adquiridas entre 1993 e 1997.
Quantificando as variações registradas na série de imagens o algarítmo atribui a cada pixel da imagem sua pontencialidade de estar inundada: sempre inundada, ocasionalmente inundada, ou nunca inundada. Adicionalmente a análise das imagens permite mapear a grande tipo de vegetação: floresta, vegetação pioneira, áreas descampadas. A partir deste mapeamento o mesmo algorítimo é utilizado para explorar seqüências parciais de imagens, para detectar quando um pixel “ocasionalmente inundado” está submergido durante o ciclo de inundação. Essa técnica autoriza estudar a dinâmica de enchente e de definir a relação nível da inundação / superfícies alagadas usando dados sobre o nível das águas da régua de estação hidrológica de Curuai. A integração dessa relação permite computar o volume de água presa nos lagos. A figura 1 mostra a várzea de Curuaí classificada em 7 temas. A figura 2 mostra na parte oeste da várzea a dinâmica de enchente desde o baixo nível de água até o pico de enchente.

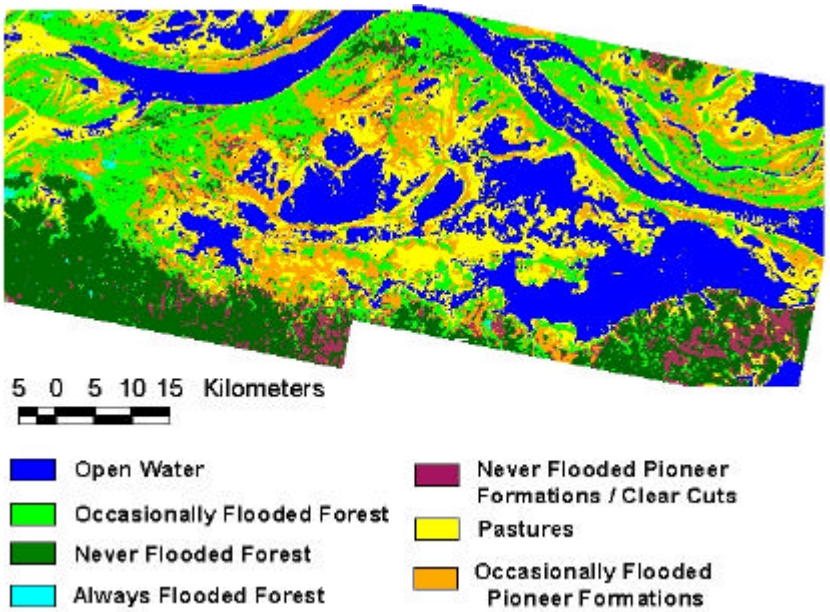
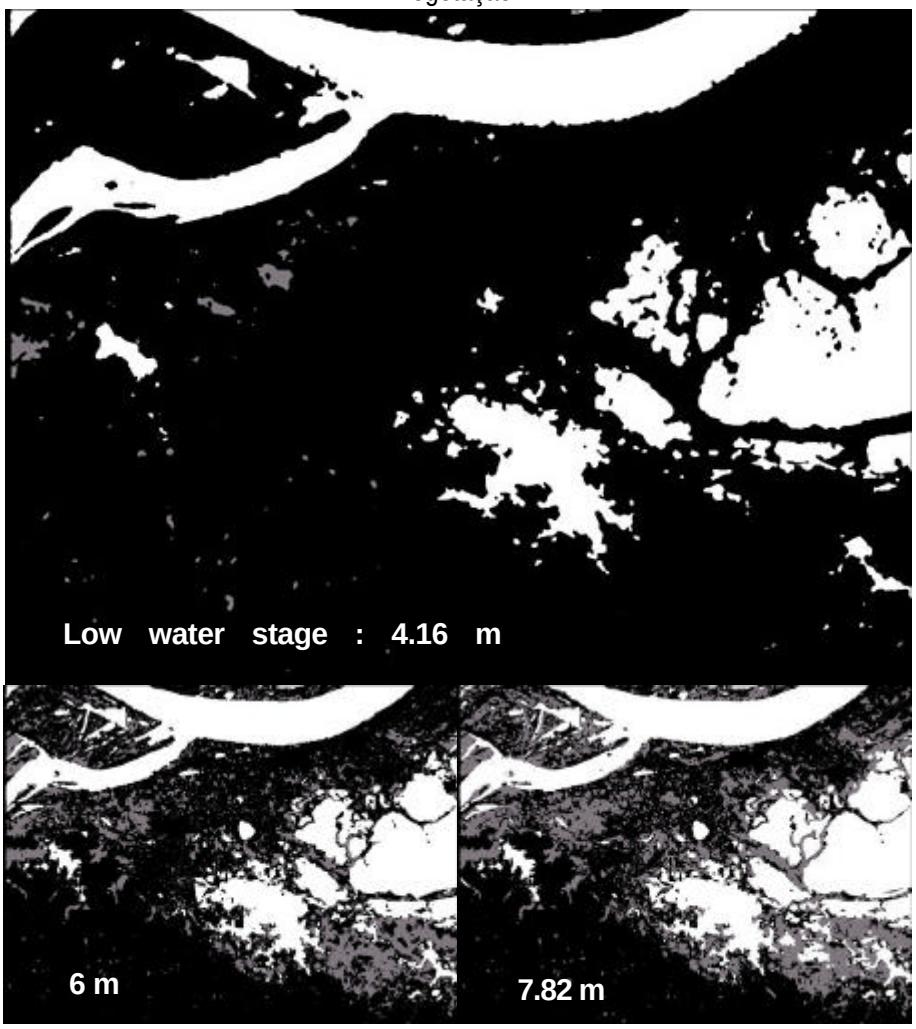


Figure 1. Mapa da várzea de Curuaí monstrando as zonas regularmente alagadas e os principais tipos de vegetação.



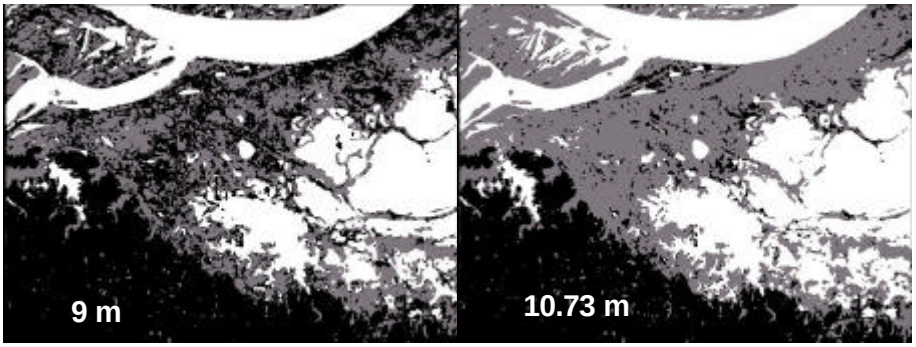


Figure 2. Dinâmica da enchente e da vegetação na parte oeste da várzea de Curuai para 5 diferentes níveis de enchente desde o nível o mais baixo das águas (4,16 metros na régua de Curuaí) ate o pico de enchente (10,73 m). Áreas brancas representam zonas totalmente alagadas (lagos e rio), áreas pretas zonas que não são alagadas e áreas cinzas zonas alagadas em baixo da vegetação

Este trabalho permitiu analisar como a vegetação é distribuída espacialmente em relação a duração da enchente. A figura 3 mostra a percentagem de vegetação inundada em função da duração da enchente para 3 tipos de vegetação: pastagem, vegetação pioneira, floresta. A duração da enchente limita claramente como a floresta se estabelece nas áreas freqüentemente inundadas : só 16% da floresta ocasionalmente inundada está localizada em áreas inundadas mais do que 52 dias por ano, mais 50% desta mesma floresta é localizada em áreas inundadas em menos de 110 dias. Do contrário as pastagens e a vegetação pioneira são localizadas nas áreas freqüentemente inundadas: quase 50% deste tipo de vegetação está localizado em áreas inundadas mais do que 252 dias por ano. Estas observações demonstram o papel essencial da enchente na dinâmica da Várzea. Adicionalmente se pode notar na figura 3 que uma parte significativa das áreas das pastagens são localizadas em áreas pouco inundadas. Tendo como hipótese que as pastagens, assim como a vegetação pioneira, deveria ficar em áreas freqüentemente inundadas, este fato indica que uma parte significativa das pastagens são na realidade áreas que foram desmatadas.

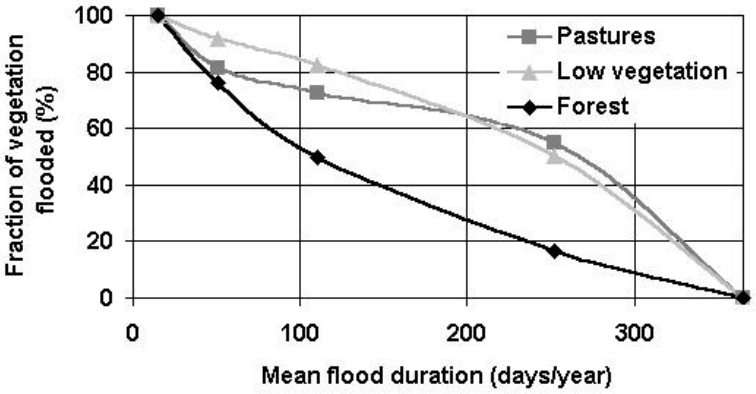


Figure 3 Repartição dos tipos principais de vegetação (pastagens, áreas pioneiras e floresta) ocasionalmente inundados em função da duração media da enchente (dias/ano).

A figura 4 mostra a relação entre o nível da enchente e a superfícies alagadas, definindo uma função de ordem 3. Esta função integrada entre os dois níveis mínimo e máximo nos fornece diretamente o volume de água estocada na planície de Curuai, usando o modelo hidrológico simples para discriminar as águas vindo do Rio Amazonas, da chuva e da bacia local permitiu calcular os fluxos de água entre o Rio e a Várzea. A figura 5 mostra a evolução na década de 90, com os fluxos de água entrando e saindo. Está aparecendo que os fluxos da planície em direção ao rio são altamente variáveis (variação média de 22% neste período de 10 anos) , e que, ao contrário, os fluxos do Rio em direção a Várzea está mais estável (variação média de 10%).

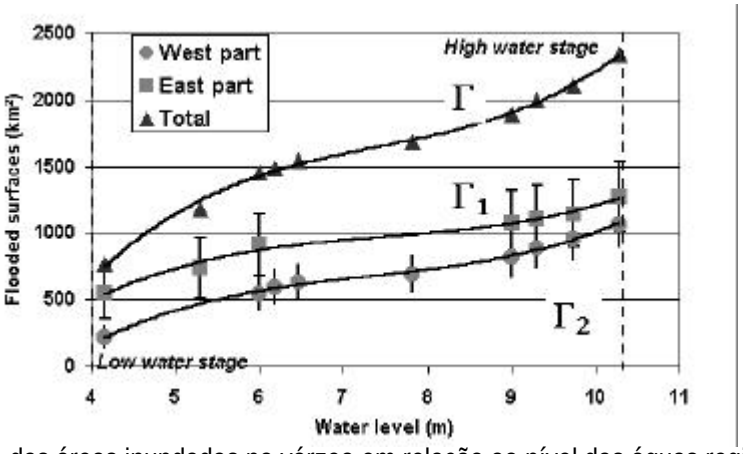


Figure 4. Variação das áreas inundadas na várzea em relação ao nível das águas registradas na régua de Curuaí.

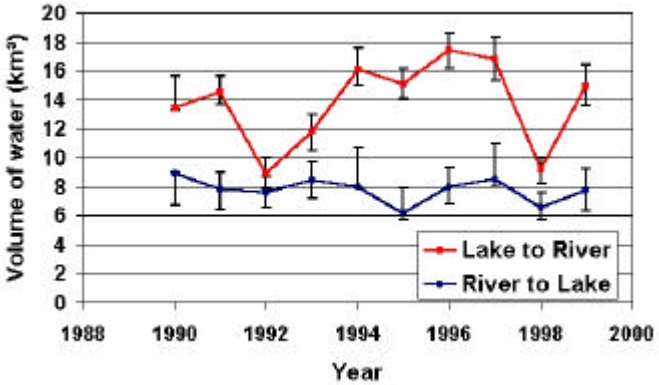


Figure 5. Variação dos fluxos de água Rio-Várzea e Várzea-Rio usando um modelo hidrológico simples. Dados coletados usando o banco de dados da ANA na estação de Curuaí.

A técnica de mapeamento foi aplicada a toda a bacia usando os mosaicos J-ERS disponível sobre a Amazônia. A figure 6 mostra o mapeamento da bacia Amazônica entera. Aparecem claramente as floresta inundadas do Rio Solimões e do Rio Negro. As zonas de cerrados alagadas do Rio Branco e da Bolivia (Rio Mamore e Guapore) são as seguintes maiores zonas de inundações. Este trabalho permitiu de computar para toda a bacia as extensões mínimas e máximas das zonas de enchente : de 210 000 km² ate 610 000 km². Estas primeiras estimativas desde Junk em 1983, são bem encima dos números normalmente usados (300 000 km²) devido à incorporação das zonas de enchente do Rio Branco, dos afluentes do Rio Madeira e do Rio Solimões.

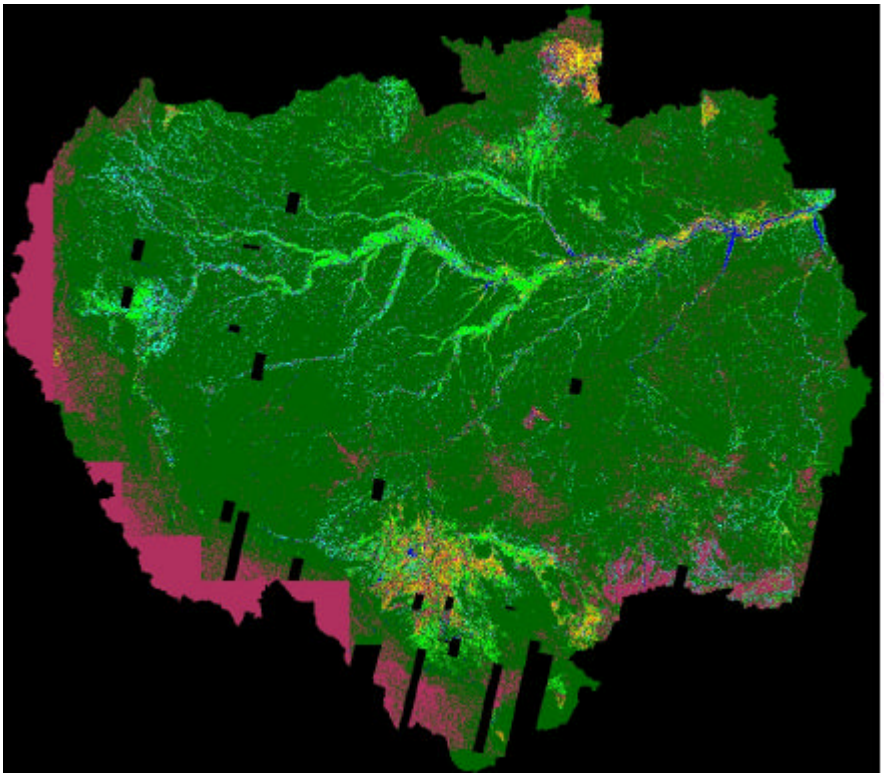


Figure 6. Mapas das zonas de enchente em toda a bacia Amazônica (incluindo o Brasil e os demais paises vizinhos). Mesma legenda da Figura 1.

2 Cor das águas

O objetivo desta parte é de desenvolver uma ferramenta permitindo monitorar o conteúdo em sedimento das águas usando dados de satélite. Analisando várias imagens por ano seria possível estimar a quantidade de material estocado nos lagos e de calcular o balanço sedimentar. Para este objetivo, o método tem que estar baseado sobre uma fonte de dados permitindo obter um grande número de imagens cada ano e de ter uma cobertura espacial larga.

Este compromisso é oferecido pelo Satélite de resolução média como MODIS da Nasa e MERIS da Agência Espacial Européia. Estes sensores têm uma resolução espacial fina (entre 300 a 500 metros) e permite obter imagens duas vezes por dia como MODIS, e a cada três dias como o MERIS, sobre áreas maiores do que centenas de milhares de quilômetros quadrados. O uso de tal satélite é comum para medir as concentrações de clorofila e determinar a produção primária das águas de superfícies dos oceanos, mas o uso deste tipo de dado em águas continentais é ainda raro.

Os primeiros trabalhos realizados usando imagens MODIS e MERIS mostraram o potencial deste tipo de sensor para medir o conteúdo em sedimento. A figura 7 mostra a variação em função do tempo da reflectança medida por MODIS das águas do Rio Amazonas na estação de Obidos em 2002, e a variação de material em suspensão medida a cada 10 dias durante vários anos na mesma estação. A figura 8 mostra a variação da reflectança MODIS para um lago da várzea de Curuaí e as medições de sedimentos realizados no mesmo lago, ambas em 2002. Essa duas figuras demostram que sensores como o MODIS ou o MERIS permitem seguir com precisão o conteúdo em sedimentos das águas de superfície dos rios e dos lagos.

Os futuros trabalhos terão como objetivo determinar como os parâmetros do sensor e as características física e químicas das águas e dos sedimentos afetam a resposta espectral das águas. Esse trabalho tem como apoio a Agência Espacial Européia que aceitou nos fornecer 300 imagens MERIS sobre a Várzea de Curuai e o Rio Amazonas dentro do período 2003/2006.

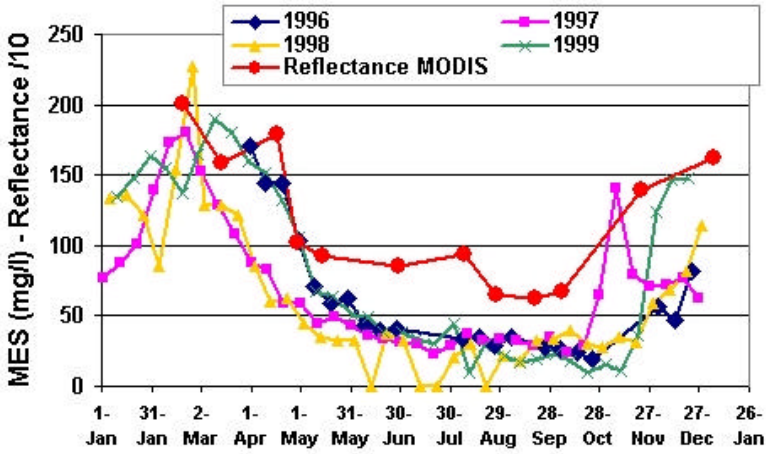


Figure 7 : Reflectanca medida por MODIS (banda do vermelho) em 2002 das águas do Rio Amazonas em Obidos e comparação com a conteúdo em sedimentos medido na mesma estação de 1996 a 1999. A reflectança foi dividida por 10 para uma melhor comparação visual.

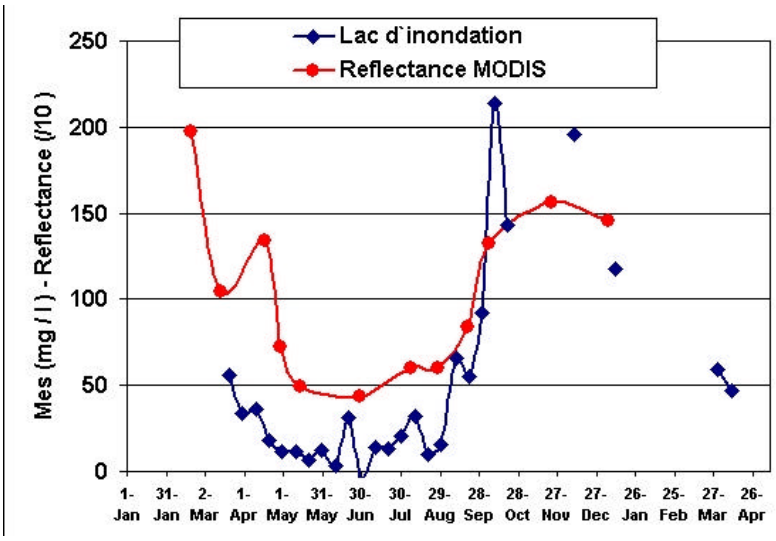


Figure 8 : Reflectanca medida por MODIS (banda do vermelho) em 2002 das águas de um lago da várzea de Curaí e comparação com a conteúdo em sedimentos medido no mesmo ano. A reflectança foi dividida por 10 para uma melhor comparaçãao visual.