



**Curso de Atualização em Limnologia Longitudinal -
Ênfase em Hidroacústica
Itaipú Binacional - Foz do Iguaçu (PR)
01 a 05 de junho de 2009
Relatório Final**



**Prof. José Fernandes Bezerra Neto
Prof. Ricardo Motta Pinto Coelho**



Introdução

A hidroacústica tem experimentado um grande avanço nas últimas décadas (Kalikhman & Yudanov, 2006). Essa nova modalidade do conhecimento científico teve a sua origem em aplicações quase que exclusivamente devotadas às atividades de defesa (Lurton, 2002). No entanto, mais recentemente, o desenvolvimento de novas e poderosas sondas portáteis aliado aos notáveis avanços tecnológicos sofridos pelos transdutores acústicos (*single beam, dual beam, split beam e multi-beam*, etc), juntamente ao aperfeiçoamento dos inúmeros programas de análises de dados possibilitou o aparecimento de diversas aplicações de interesse em Oceanografia e Ictiologia, sobretudo a Pesca (MacLennan & Simmonds, 1992). Como seria de se esperar, o uso da hidroacústica também vem se difundindo bastante na Limnologia. No entanto, apesar do notável avanço tanto em termos de novos métodos de análises de dados quanto na proposição de novas técnicas associadas aos novos protocolos aplicáveis a várias sub-áreas da Limnologia e Ecologia das Águas Continentais, é igualmente notável o fato de que são ainda quase inexistentes os estudos usando essa abordagem na Limnologia Brasileira.

As aplicações da hidroacústica são especialmente bem-vindas no estudo de grandes reservatórios tropicais. Problemas tais como a identificação de bancos de macrófitas submersas, delimitação de paliteiros (restos de vegetação arbórea submersa), delimitação de áreas mais propensas à emissão de gases associados ao efeito estufa GFE, tais como o metano, além de diversos aspectos ligados a Ecologia, Comportamento e Ecofisiologia da ictiofauna são facilmente tratados e quantificados com o uso desses sistemas. Além dessas novas possibilidades, é importante ressaltar que essas sondas oferecem ainda uma vasta gama de possibilidades de aplicações em sedimentologia, morfometria, batimetria e hidrodinâmica de lagos e reservatórios.

O Laboratório de Gestão de Reservatórios da UFMG foi um dos primeiros centros de pesquisa brasileiros a trabalhar com essas novas sondas hidroacústicas em Limnologia. O sistema *Biosonics* DT-X equipado com um transdutor de 200 Khz do LGAR foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

(FAPEMIG). Ele vem sendo usado pelos pesquisadores do LGAR intensivamente desde 2006. Esse equipamento já vem sendo usado com sucesso em uma série de ambientes tais como os lagos da província lacustre do médio rio Doce (lagos Dom Helvécio, Carioca, Jacaré, Malba, Águas Claras) diversos reservatórios da região metropolitana de Belo Horizonte (Pampulha, Ibirité, Serra Azul e Nado) além do reservatório de Nova Ponte (CEMIG). Esses estudos permitiram a elaboração de uma série de publicações científicas, dissertações de mestrado e programas de pós-doutoramento. O LGAR vem usando essa sonda para a realização de vários estudos nas áreas de morfometria e batimetria, comportamento de migração vertical do zooplâncton, mensuração do estoque pesqueiro, estudo do efeito atrator de tanques rede sobre a ictiofauna nativa e, mais recentemente, no estudo da dinâmica de emissão de gases a partir de sedimentos.

Ao presidir a presidência da Sociedade Brasileira de Limnologia tive o prazer de compartilhar a SBL com a Secretária Dra. Andréia Figueiredo (Eletrobrás). Foi ela quem abriu os contatos entre o LGAR/UFMG e a Divisão do Meio Ambiente de Itaipú. Esse contato continuou com uma visita que eu fiz a Itaipú em novembro de 2008 onde foram lançados os fundamentos para que um programa de intercâmbio entre as duas instituições pudesse acontecer. Um dos primeiros produtos dessa parceria é o Curso de Capacitação em Limnologia Longitudinal – Ênfase em Hidroacústica que foi oferecido pelos docentes do LGAR, professores José Fernandes Bezerra Neto e Ricardo Motta Pinto Coelho entre os dias 01 e 05 de junho do corrente e que é o objeto desse relato.

Objetivos

O Curso de capacitação em teoria e métodos em limnologia longitudinal (ou horizontal) teve como objetivo central a capacitação de profissionais da Itaipu Binacional nos fundamentos teóricos, métodos e técnicas da hidroacústica voltada aos ambientes epicontinentais. O curso ainda teve um foco na questão da espacialização de dados usados nos programas de monitoramento de grandes reservatórios tropicais. Grande ênfase foi dada aos diversos desafios metodológicos que a hidroacústica oferece para as aplicações em ecologia de reservatórios.

Conteúdo Abordado

O conteúdo abordado no curso foi o seguinte:

- (a) noções básicas de cartografia e de sistemas de posicionamento global de satélites;
- (b) treinamento e uso de sistemas de alta precisão para a obtenção das coordenadas geográficas, ou seja, através do uso dos aparelhos tipo DGPS (modelos Trimble AgGPS 132, *Trimble Navigation Ltd* e o modelo nacional DGPS GTR-A (TechGeo Ltda.);
- (c) fundamentos da hidroacústica em geral e a apresentação e discussão de vários casos de estudo e exemplos selecionados a partir de aplicações na literatura internacional com foco na limnologia de reservatórios;
- (d) treinamento prático com um sistema de aquisição de dados hidroacústicos sonda *Biosonics* DT-X para a obtenção dos dados de profundidade, identificação de bancos de macrófitas submersas, áreas de paliteiros e exploração das diversas possibilidades de uso da sonda para o monitoramento de movimento de peixes no canal da piracema bem como no reservatório de Itaipú.
- (e) Fundamentos teórico-práticos para a confecção de cartas batimétrica de um pequeno reservatório ou de um braço de um grande reservatório bem como contendo a espacialização de outros tipos de dados usando o *software Surfer* 8.0.

Parte Prática

A parte prática do curso concentrou-se essencialmente na problemática associada ao uso da sonda em trabalhos de campo. Inicialmente, foi feita uma demonstração de como deve ser montada a estrutura física onde é fixado o transdutor e foram repassados aos alunos todos os detalhes sobre como são feitas as ligações elétricas entre os diferentes elementos que

compõem o sistema de aquisição de dados de hidroacústica. Durante a parte prática, foram testadas diferentes configurações de operação da sonda particularmente os níveis de coleta de diferentes frequências sonoras (dB), a intensidade de emissão de pulsos, etc. (Fig. 01). Explicações detalhadas foram dadas sobre os efeitos que certas variáveis ambientais tais como temperatura e a condutividade podem ter nas prospecções hidroacústicas.


DT4 File Information - BioSonics - Advanced Digital Hydroacoustics	
Device Info	
Transducer Configuration:	1
Beam Width:	6.60 [°]
Receiver Sensitivity:	-51.3 [dB]
File Info	
Ping Count:	1197
Samples Per Ping:	562
Operating Info	
Source Level:	220.7 [dB]
Frequency:	199 [kHz]
Operating Mode:	Split
Pulse Duration:	0.2 [ms]
Ping Period:	100 [ms]
Collection Threshold:	-90 [dB]
Environment	
Sound Velocity:	1481.6 [m/s]
Absorption:	0.0081 [dB/m]
OK	
Footer:	
	Powered by: BioSonics Inc. Advanced Digital Hydroacoustics
Fax: 206-782-2244 (USA) www.biosonicsinc.com bio@BioSonicsInc.com	

Fig. 01 – Tela de configuração de parâmetros para uso da sonda hidroacústica Biosonics DT-X. Durante a parte prática do curso, grande ênfase foi dada nas explicações bem como nos efeitos das diferentes configurações possíveis de serem usadas na mensuração de alvos sonoros tais como peixes, macrófitas, gases, etc.

Cronograma de Atividades

O curso foi oferecido à Divisão de Meio Ambiente da Itaipú Binacional entre os dias 01 e 05 de junho de 2009. O curso pode ser dividido em duas partes distintas: (a) uma parte

teórica, onde foi oferecido o conteúdo teórico básico do curso. Essa parte do curso foi oferecida no Refúgio Biológico de Itaipú Binacional (Fig. 02). A segunda parte do curso foi a parte prática que foi oferecida em diversos locais tais como o reservatório de Itaipú (Fig. 03), o rio Paraná e em vários pontos do sistema de transposição de peixes desse sistema (Canal da Piracema). A tabela (Tab. 01) abaixo, fornece maiores detalhes sobre o cronograma de atividades desenvolvido.

Tab. 01 – Cronograma do curso.

Dia	Data	Manhã	Tarde
Dia 01	2 Feira 01/06/09	Apresentação do Curso Aula Teórica 1	Trab. de Campo 1
Dia 02	3 Feira 02/06/09	Aula Teórica 2	Trab. Campo 2
Dia 03	4 Feira 03/06/09	Trab. Campo 3	Trab. Campo 4
Dia 04	5 Feira 04/06/09	Análise Dados 1	Análise Dados 2
Dia 5	6 Feira 05/06/09	Encerramento	



Fig. 02 – Aspecto do pavilhão central do Refúgio Biológico, uma estação ecológica mantida pela Itaipú Binacional, onde foram oferecidas as aulas teóricas do curso.



Fig. 03 – Aspecto de um braço do reservatório de Itaipú próximo ao Refúgio Biológico. Grande parte das prospecções com a sonda Biosonics DT-X foram aqui realizadas.

A parte prática do curso teve quatro momentos distintos:

- (a) investigação de um braço do reservatório com a finalidade de mostrar a potencialidade da sonda em identificar e mensurar paliteiros e bancos de macrófitas submersas.
- (b) Investigação da calha central do reservatório que objetivou mostrar se era possível para a sonda realizar estudos de batimetria a grandes profundidades bem como tipificar a natureza dos sedimentos de fundo do antigo canal do rio Paraná.
- (c) Investigar as possibilidades de uso da sonda em um ambiente lótico, ou seja, o rio Paraná, a jusante do reservatório de Itaipú.

- (d) Investigar as potencialidades do uso da sonda Biosonics DT-X no monitoramento do deslocamento da ictiofauna ao longo do sistema de transposição de peixes, o canal da Piracema (Bela Vista).

A figura 04, abaixo, ilustra a localização de todos os sítios pesquisados seja no reservatório de Itaipú, no rio Paraná e ao longo do canal da piracema.

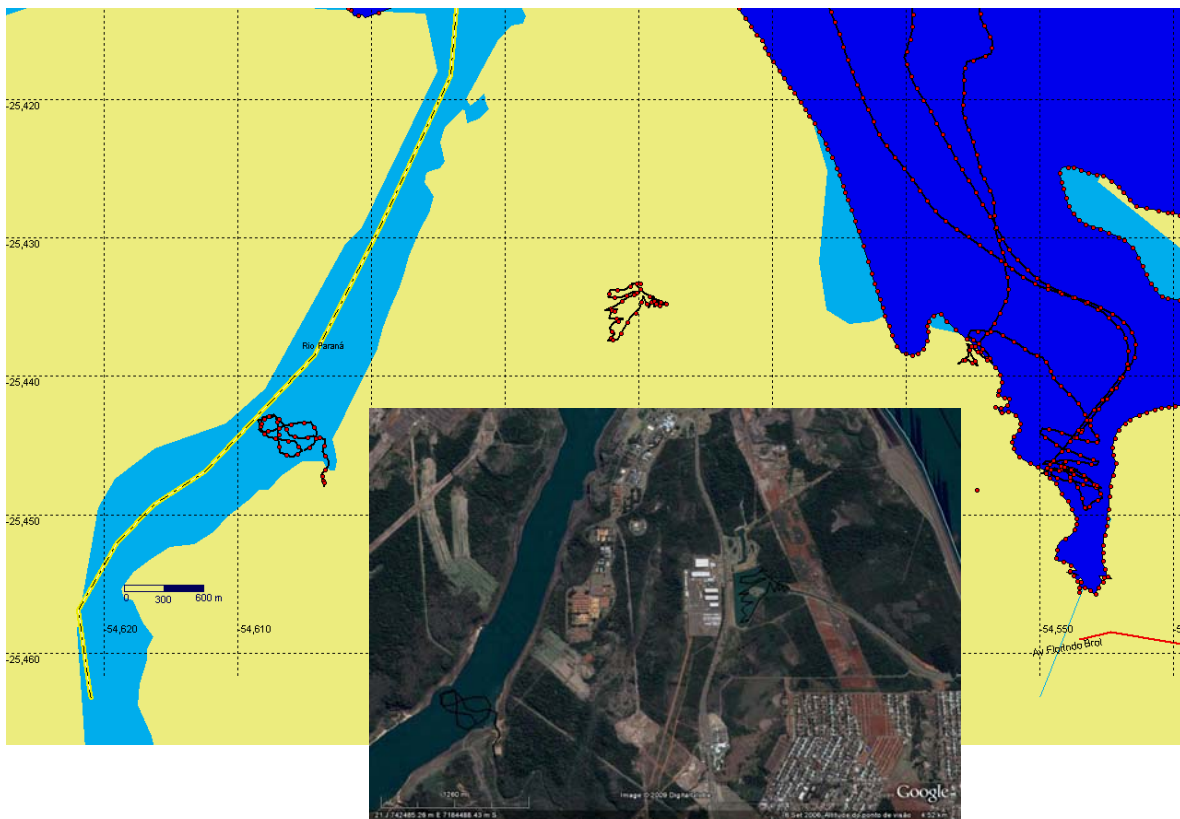


Fig. 04 – Visão geral (ampliada) dos trajetos realizados com embarcação no reservatório de Itaipú, no rio Paraná (jusante) e na Lagoa Principal (Canal da Piracema) entre os dias 1 e 3 de junho de 2009. No reservatório, pode-se ver o braço onde foram feitas as investigações com a sonda Biosonics. No encarte, o rio Paraná, a jusante da barragem.

Resultados das Prospecções Hidroacústicas

Dia 01 de Junho de 2009



Res. de Itaipú
Zona de Paliteiros e de
Macrófitas Submersas

Fig. 05 – Presença marcante de paliteiros no braço do reservatório de Itaipú que fica localizado próximo ao ancoradouro da Estação “Refúgio Biológico”, propriedade de Itaipú Binacional.

Na tarde do primeiro dia do curso, dia 01/06, foi explorado, com grande detalhe, o braço do reservatório que pode ser visto na Fig 05. Durante essa tarde, percorreu-se, com a embarcação, vários trechos do braço que permitiram a insonificação de formações tais como aquelas vistas na figura. Nessa figura, pode-se ver com grande nitidez os paliteiros submersos no reservatório. Pode-se ver que essas estruturas chegam a ocupar até dois terços de toda a coluna de água do reservatório nesse braço específico (Fig. 06).

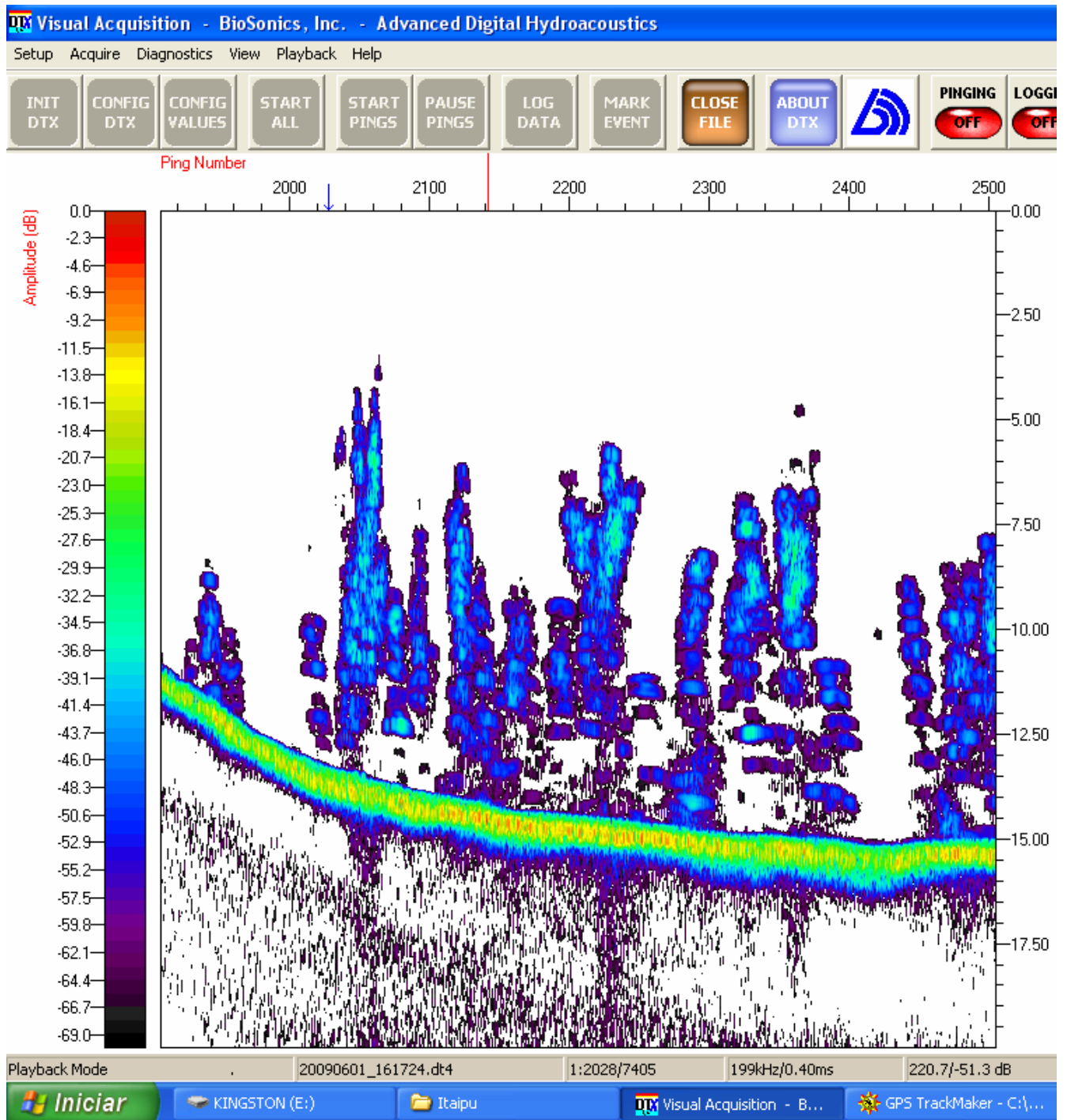


Fig. 06 – Ecograma obtido com a sonda Biosonics DT-X ilustrando as formações de paliteiros encontrada no braço do reservatório de Itaipú, em braço anexo ao Refúgio Biológico, Itaipú Binacional. Data da aquisição dos dados: 01 de junho de 2009, 16:17 horas.

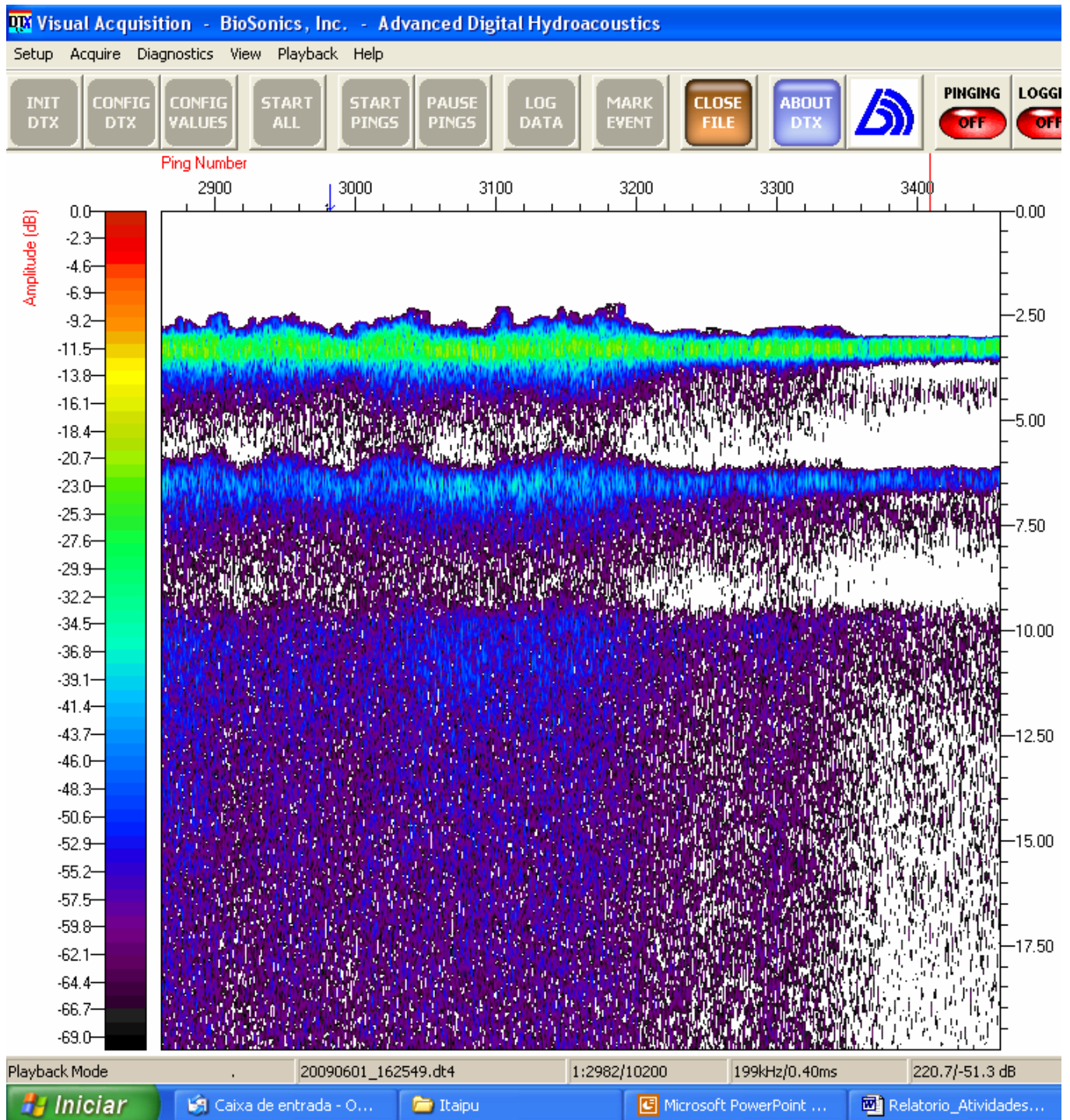


Fig. 07 – Ecograma obtido com a sonda *Biosonics* DT-X ilustrando possíveis bancos de macrófitas submersas (*Hydrilla* sp.) encontrados no braço do reservatório de Itaipú, em braço anexo ao Refúgio Biológico, Itaipú Binacional (01 de junho, 16:25 horas).



Fig. 08 – A macrófita *Hydrilla* spp. Pode ocupar extensas áreas em lagos e reservatórios que apresentam boa transparência da água ($Z_{\text{Secchi}} > 2,0$ metros). Foto: Google.

As macrófitas submersas existentes no Reservatório de Itaipú puderam ser insonificadas com grande precisão pela sonda DT-X. Vários bancos da macrófita puderam ser identificados a partir dos ecogramas gravados e um bom exemplo pode ser visto na figura 07 acima.

A macrófita *Hydrilla* vem causando uma série de problemas ambientais em vários reservatórios brasileiros bem como em outras partes do mundo (Fig. 08). A figura mostra um exemplo de florescimento intenso da macrófita em lagos da Florida, nos Estados Unidos. Um programa de monitoramento de suas populações pode ser muito aperfeiçoado se puder ser acoplado a prospecções hidroacústicas específicas que podem, dentre outros aspectos, quantificar a sua extensão, a altura das formações. Essas informações, se forem conjugadas com dados batimétricos atualizados e com informações sobre a hidrodinâmica dos reservatórios, poderão, por exemplo, serem usadas para se identificar quais as áreas onde as suas populações podem ser mantidas ou onde elas devem ser combatidas ou mesmo retiradas mecanicamente.

As maiores densidades de peixes nessa área de estudos foram vistas em profundidades acima de 10 metros. Essa característica pode ser vista na figura 08 abaixo. Os ecosinais foram obtidos tanto com a embarcação em movimento quanto com a embarcação parada (à direita) e são típicos de peixes (Ω invertido, para a embarcação em movimento). Quando a embarcação diminui a velocidade ou mesmo pára, os sinais se transformam em rastros horizontais (Fig. 09, à direita). É ainda possível ver nesse ecograma a vegetação submersa que existia no local antes do barramento.

Durante o curso, foram abordadas as diferentes técnicas de quantificação da ictiofauna (ecocontagem e eointegração) bem como foram discutidos quais os melhores parâmetros de configuração da sonda para a insonificação de diferentes feições do fundo, da ictiofauna e da vegetação submersa.

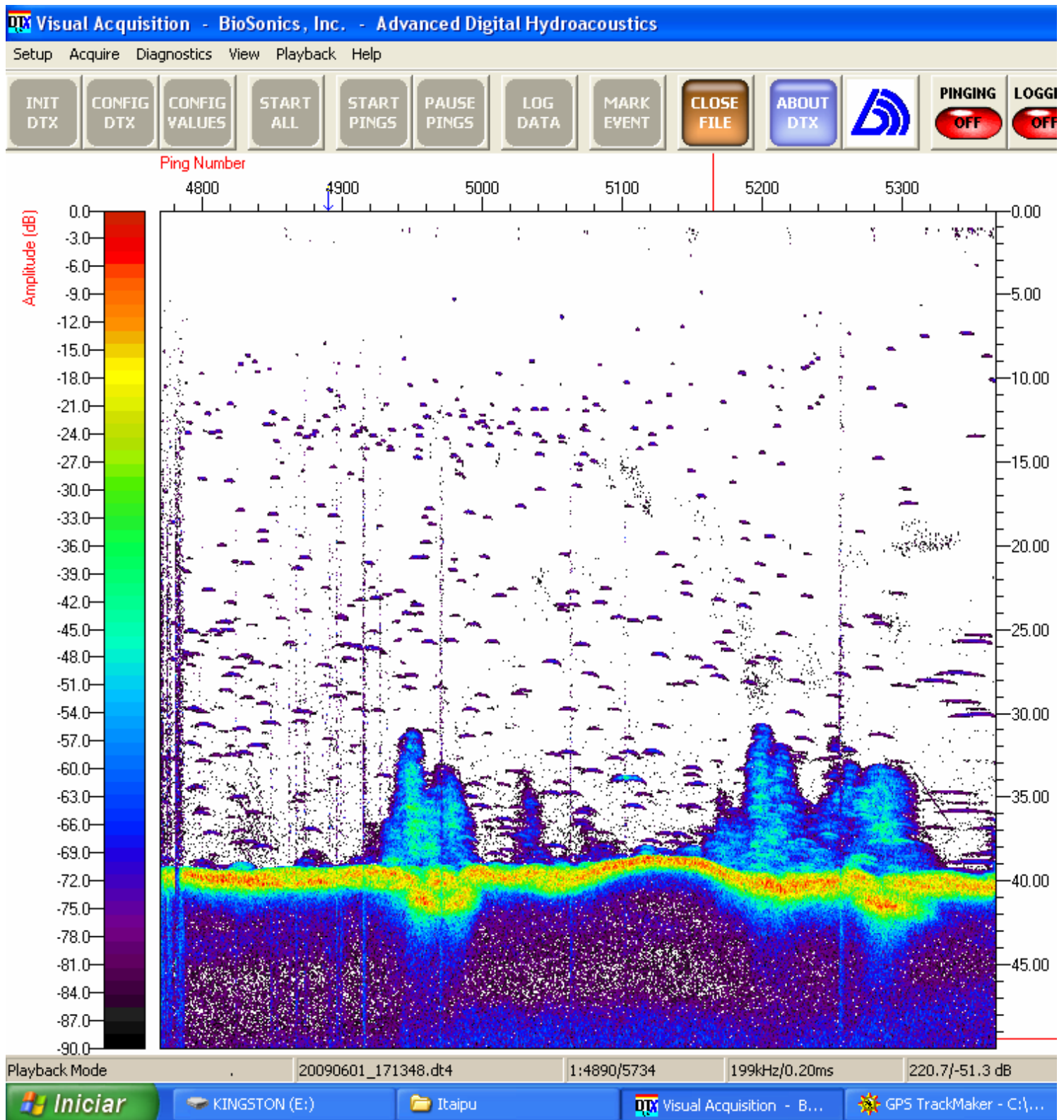


Fig. 09 - Ecograma da zona limnética do reservatório de Itaipú, obtido no dia 01 de junho de 2009 por volta das 17:13 horas. Além de grande quantidade de peixes, pode-se ver a vegetação submersa associada à possível presença de gases nos sedimentos (cor amarelada e vermelha). O LGAR está, no momento, quantificando todos os transectos realizados no

reservatório de Itaipú. A mudança no padrão das assinaturas acústicas à direita é consequência do fato de que a embarcação parou naquele momento. Esses traços são típicos de peixes.

Dia 02 de Junho de 2009 (parte I)

No segundo dia de aulas práticas a grande ênfase foi dada na insonificação da antiga calha central do rio Paraná em uma região próxima à barragem (Figs. 10 e 11). As profundidades nesse local chegam a mais do que 150 metros. Um dos primeiros fatores a serem destacados é o fato de que a sonda Biosonics DT-X na configuração atual (transdutor de 200 KHz) consegue processar os dados obtidos a essas profundidades com grande precisão. Os ecogramas obtidos nessa região revelaram uma riqueza impressionante de detalhes e merecem serem analisados com grande cuidado. Outro aspecto muito importante é a complexa estratificação das camadas, pois até sete diferentes camadas puderam ser identificadas nos ecogramas (Fig. 12). Esses diferentes padrões podem estar associados a diferentes densidades da água ou mesmo a diferentes características físico-químicas da água. É possível ainda notar precisamente onde existia a vegetação ripária ao lado do canal antigo do rio uma vez que os remanescentes dessa vegetação podem ser vistos nos ecogramas gerados. É possível ainda notar a elevada densidade de peixes em profundidades que variam entre 15 e 50 metros sendo que os maiores peixes se encontram a maiores profundidades. Finalmente, os diferentes padrões de coloração (cores amarela e avermelhadas observadas) nos sedimentos do fundo do antigo canal fluvial sugerem a heterogeneidade e complexidade nos sedimentos do fundo do reservatório.

O tipo de ecograma visto acima requer uma atenção especial para ser interpretado. Isso somente pode ser feito através de programas específicos. A sonda Biosonics DT-X pode ser acoplada a diferentes tipos de programas para o processamento de dados. A própria empresa oferece um pacote de programas que inclui pelo menos três diferentes programas: (a) *Visual Analyzer*; (b) *Visual Bottom Typer* e (c) *Ecosav*. O primeiro programa está voltado para a quantificação da ictiofauna através dos métodos de ecocontagem e de ecointegração. O segundo programa está voltado para as análises de batimetria e de sedimentologia. Finalmente, o quarto programa é especificamente voltado para a

quantificação das macrófitas submersas. Outras empresas tais como a *Echoview* ainda oferecem programas adicionais de suporte a essas análises.



Fig. 10 – Aspecto da zona central do Reservatório de Itaipú, próximo ao transecto executado na calha central do reservatório. Foto: rmpe em 02 de junho de 2009.

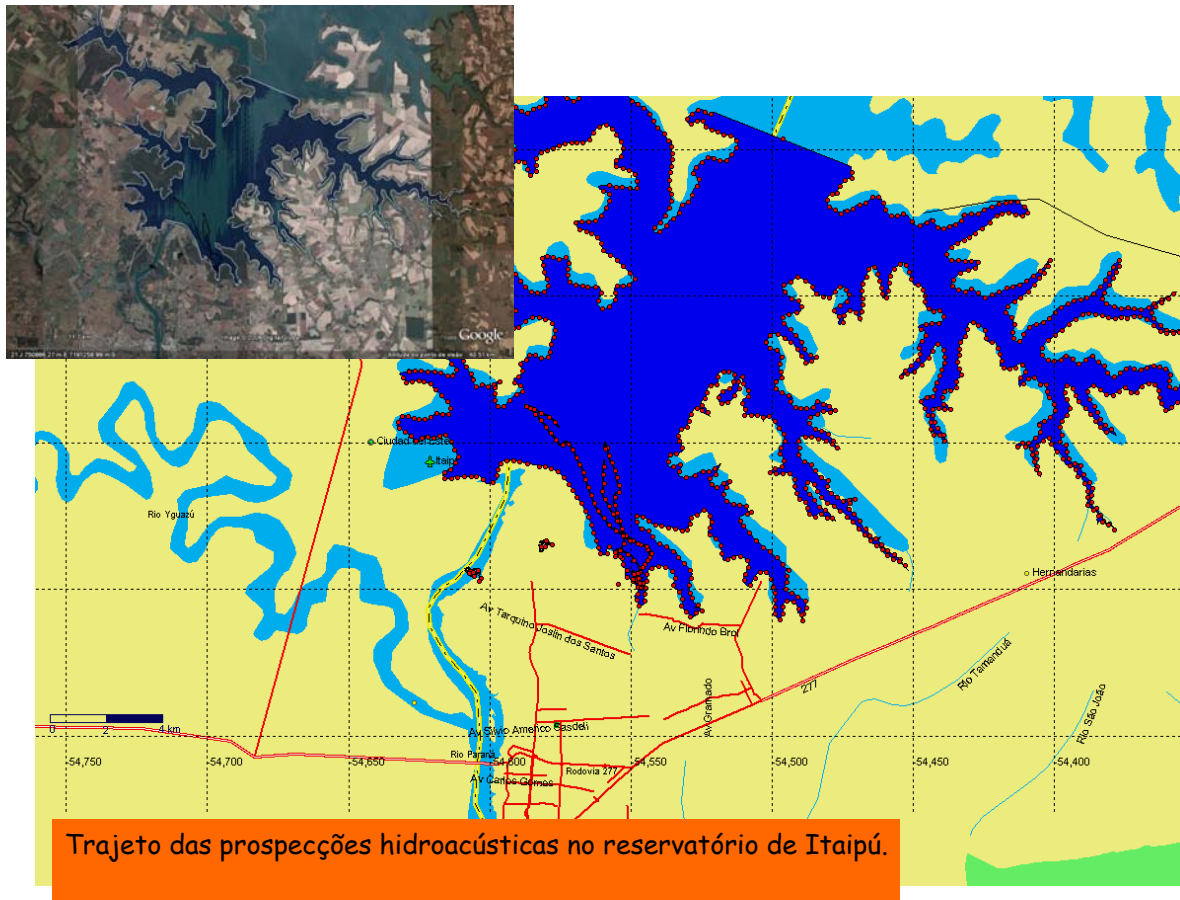


Fig. 11 – Visão geral (não ampliada) dos trajetos realizados com embarcação no reservatório de Itaipú, no rio Paraná (jusante) e na Lagoa Principal (Canal da Piracema) entre os dias 1 e 3 de junho de 2009. O canal central do rio Paraná, à montante foi pesquisado em dois transectos opostos realizados por volta das 14:50 hs.

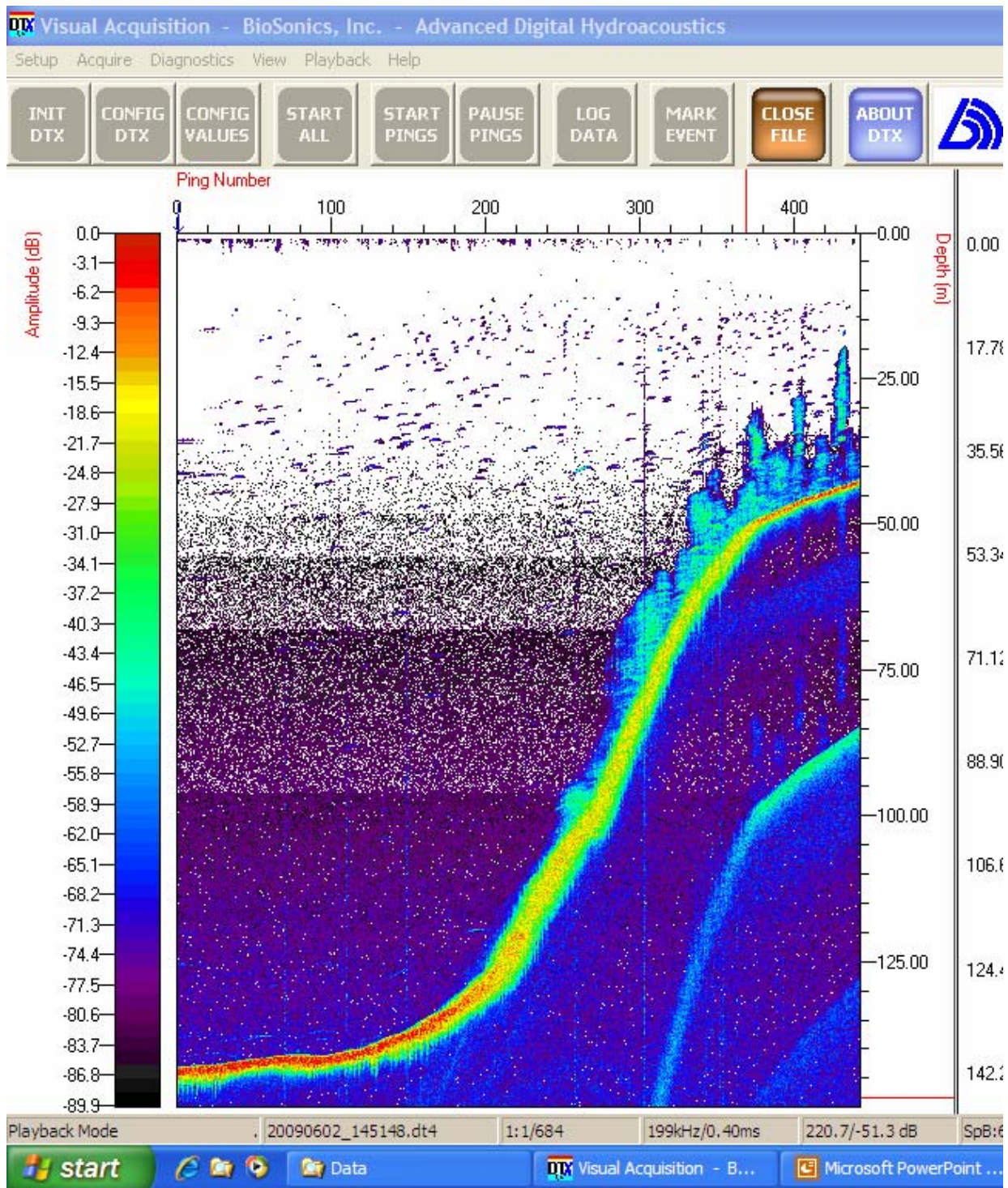


Fig. 12 – Exemplo de um dos ecogramas contendo a antiga calha central do rio Paraná, no Reservatório de Itaipú tomado no dia 02 de junho de 2009, por volta das 15:00 horas.

Dia 02 de Junho de 2009 (parte II)

Fig. 13 – Aspecto do rio Paraná no local do transecto realizado com a sonda hidroacústica Biosonics DT-X no dia 03 de junho de 2009.

Ainda no dia 02 de junho, a embarcação foi reposicionada para navegar no leito do rio Paraná, à jusante da barragem (Fig. 13) em um ponto próximo a desembocadura do canal da Piracema (Figs. 14). Inicialmente, foram feitas quatro travessias na calha central do rio Paraná e em seguida a embarcação penetrou no canal da Piracema, onde foram feitas prospeções tanto com a embarcação parada quanto com ela em movimento.

Os transectos realizados na calha central do rio Paraná demonstraram claramente a existência de grande quantidade de peixes no local (Fig. 15). Os sedimentos de fundo também puderam ser visualizados bem como a profundidade nos diferentes compartimentos do rio. No entanto, a quantificação dos peixes ficou muito prejudicada pelos padrões gerados pelo intenso movimento de água no rio. Dessa forma, as nossas observações

sugerem que o estudo hidroacústico de ambientes lóticos, particularmente aqueles onde é intensa a movimentação das águas exige configuração específica e talvez novos tipos de programas de análises de dados.

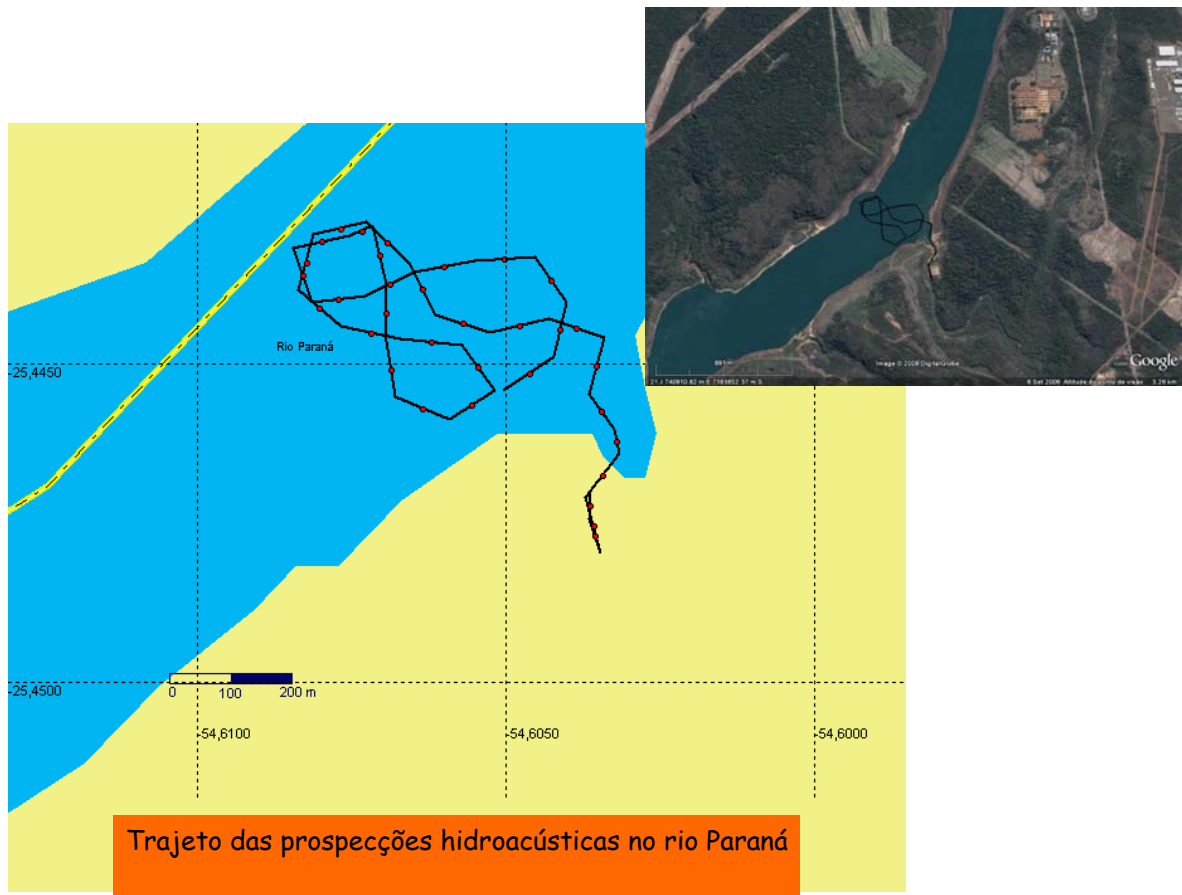


Fig. 14 - Transectos realizados no rio Paraná com a sonda hidroacústica Biosonics DT-X ao longo do rio Paraná, nas imediações da entrada do sistema de transposição de peixes da UHE Itaipu, Foz do Iguaçu, Paraná. No painel maior, uma representação dos transectos a partir do software *Trackmaker*; no encarte à direita, na parte superior, uma justaposição dos transectos a uma imagem do serviço *Google Earth*.

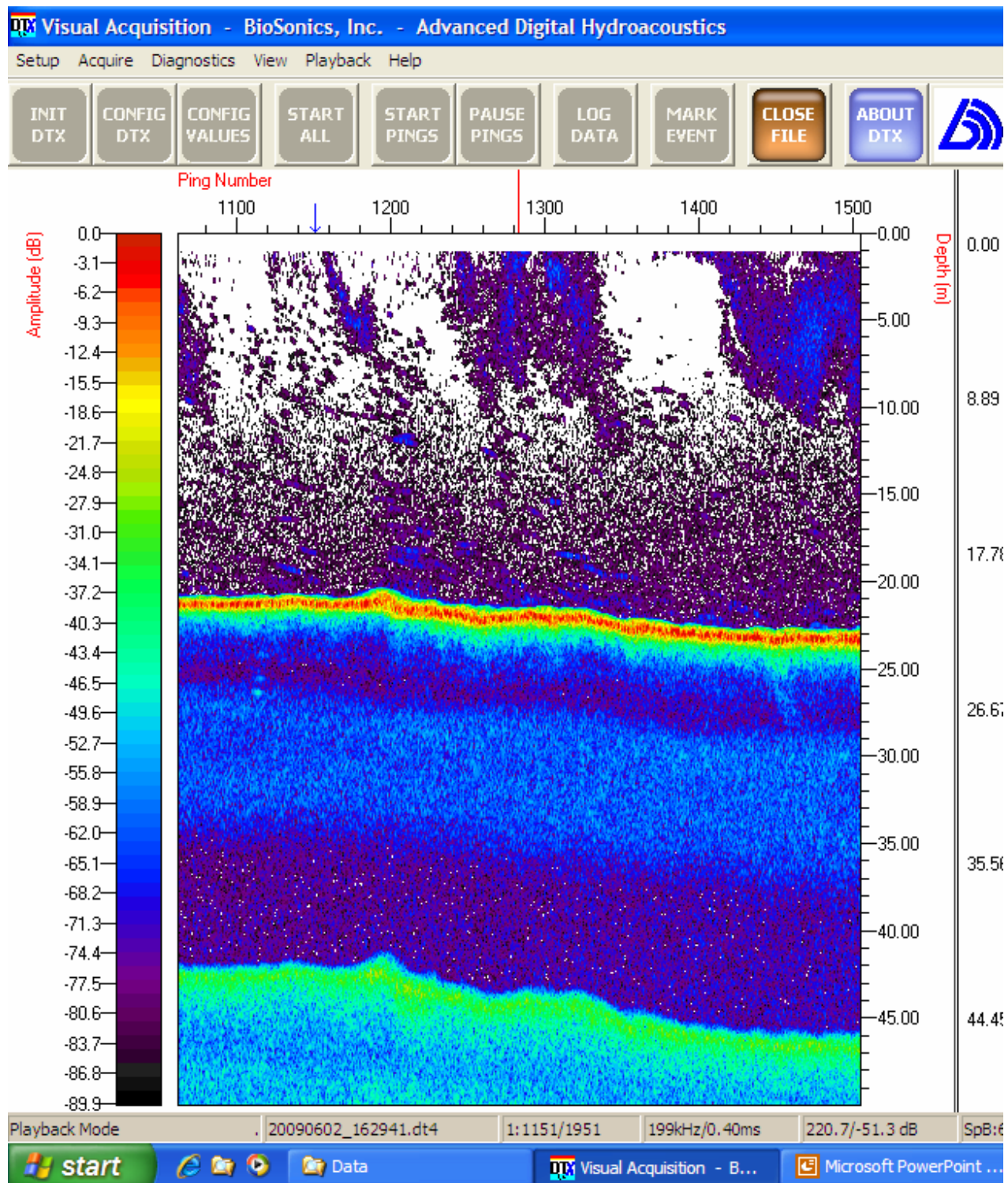


Fig. 15 – Ecograma da calha do rio Paraná, a jusante do Reservatório de Itaipú, próximo a entrada do canal da Piracema (Bela Vista). Dados obtidos em 02/06/2009 às 16:30 hs.



Fig. 16 – Preparo da embarcação para a realização de prospecções hidroacústicas no rio Paraná, no dia 02 de junho de 2009.

As pesquisas com a sonda Biosonics DT-X junto a desembocadura do canal da Piracema junto ao rio Paraná foram altamente satisfatórias (Fig. 16). Em primeiro lugar, ficou evidente que o local apresenta pouca movimentação das águas o que favorece em muito a obtenção de ecogramas passíveis de serem processados pelos diferentes programas com grande exatidão. Foram realizadas insonificações tanto na posição vertical quanto na horizontal e os ecogramas revelaram que o local abriga uma densa e variada ictiofauna (Fig. 17). Os dados aqui obtidos reforçam a idéia de que este é o local mais apropriado para se trabalhar com o sistema DT-X pelo menos com a configuração atual de que dispomos e com o grau de experiência que temos no momento.

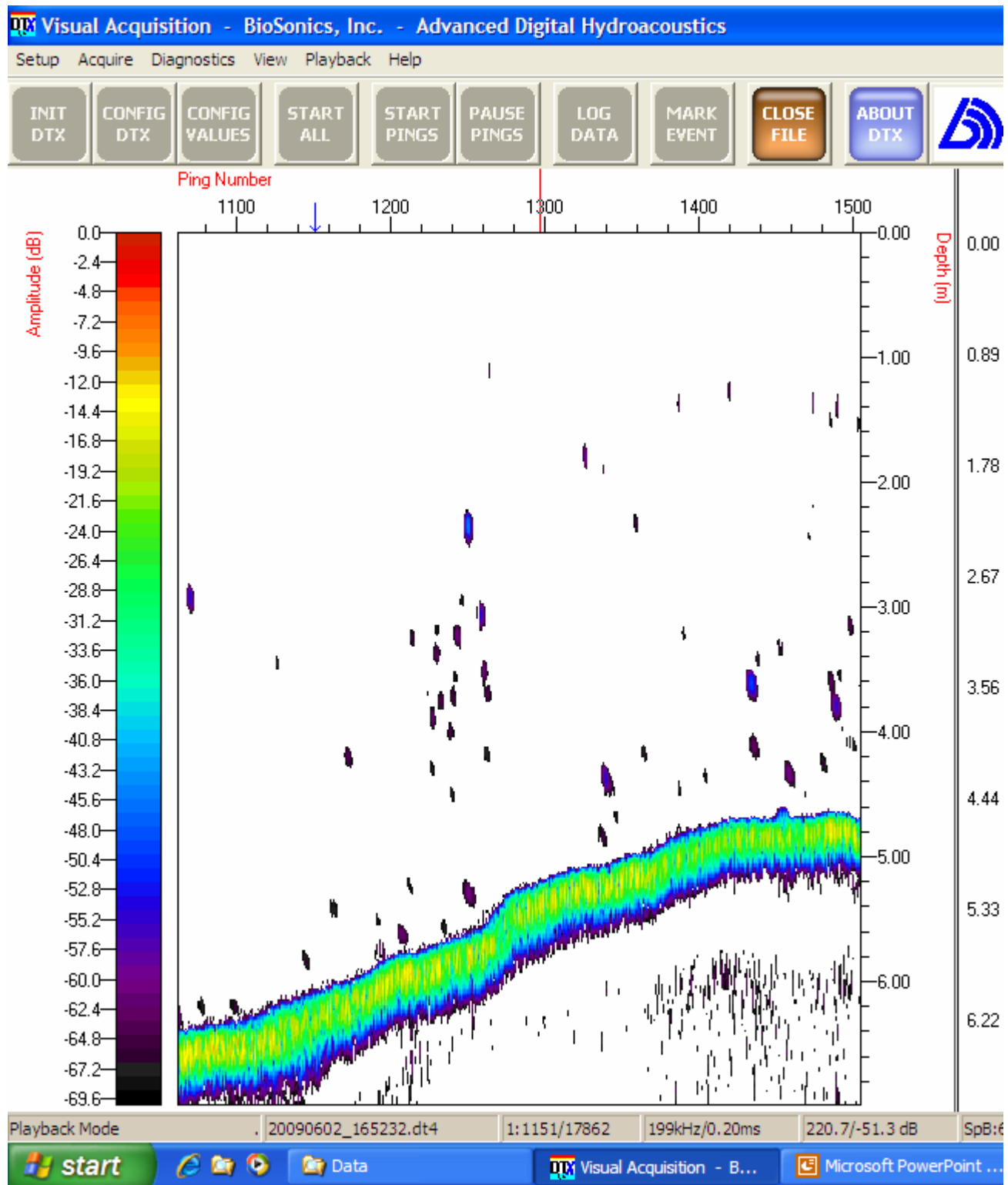


Fig. 17 – Ecograma do canal da piracema logo antes de sua foz junto ao rio Paraná. Data da coleta de dados: 02 de junho de 2009, às 16:52 horas.

Dia 03 de Junho de 2009

Esse dia foi totalmente dedicado a pesquisas no sistema de transposição de peixes, o Canal da Piracema, ou do Ribeirão Bela Vista (Fig. 18). Esse sistema foi construído através de um convênio entre a Itaipú Binacional e o Governo do Paraná e visa atender a múltiplos usos e funções. O canal tem sido usado, por exemplo, para a prática da canoagem e também é uma rota que pode ser usada pelos peixes grandes migradores para transpor a barragem de Itaipú ou também para descer do reservatório ao rio Paraná. Embora a empresa tenha vários programas de monitoramento da ictiofauna nesse sistema que incluem dentre outros aspectos a radio-telemetria, postos de observação direta, programas de captura e recaptura existe um interesse em se averiguar se a hidroacústica ativa pode ser ainda uma ferramenta adicional para ser usada no monitoramento da ictiofauna.

Inicialmente, os objetivos específicos das prospecções hidroacústicas foram os seguintes:

(a) testar e escolher locais apropriados para se montar estações de monitoramento permanente através do posicionamento horizontal dos transdutores; (b) estimar as densidades de peixes na lagoa principal bem como realizar um pequeno estudo batimétrico no local.

Em relação ao primeiro objetivo, foram testados três pontos diferentes situados em locais com características bem distintas. O primeiro local escolhido foi uma seção estreita do canal principal de saída da água da Lagoa Principal. A largura nesse local não passa de 2,5 metros. O segundo local escolhido foi um ponto fora da seção desse canal em um local mais largo. Em ambos os locais, a profundidade foi sempre inferior a 2,0 metros. A largura nesse local chega a quase 12 metros. O último local a ser pesquisado foi junto a tomada da água do reservatório em uma estrutura de concreto que dá início para o canal propriamente dito. A profundidade nesse local é de aproximadamente 2,0 metros e a largura em torno de 15 metros.

As prospecções realizadas mostraram ecogramas com padrões que parecem estarem sendo muito afetados pela turbulência e pela correnteza do locais pesquisados (Fig.19). Embora, as análises tenham nos permitido identificar alguns exemplares é quase certo que a

turbulência dos locais pesquisados é um fator que impede a análise quantitativa dos dados obtidos.



Fig. 18 – Quatro diferentes momentos dos trabalhos de prospecções hidroacústicas no sistema de transposição de peixes (Canal da Piracema) de Itaipú. Esse canal desemboca em uma pequena lagoa artificial, a Lagoa Principal (à direita em cima). Essa lagoa foi totalmente percorrida em vários trajetos em zigue-zague para a obtenção de dados de morfometria e de posicionamento de peixes (ver próxima figura).

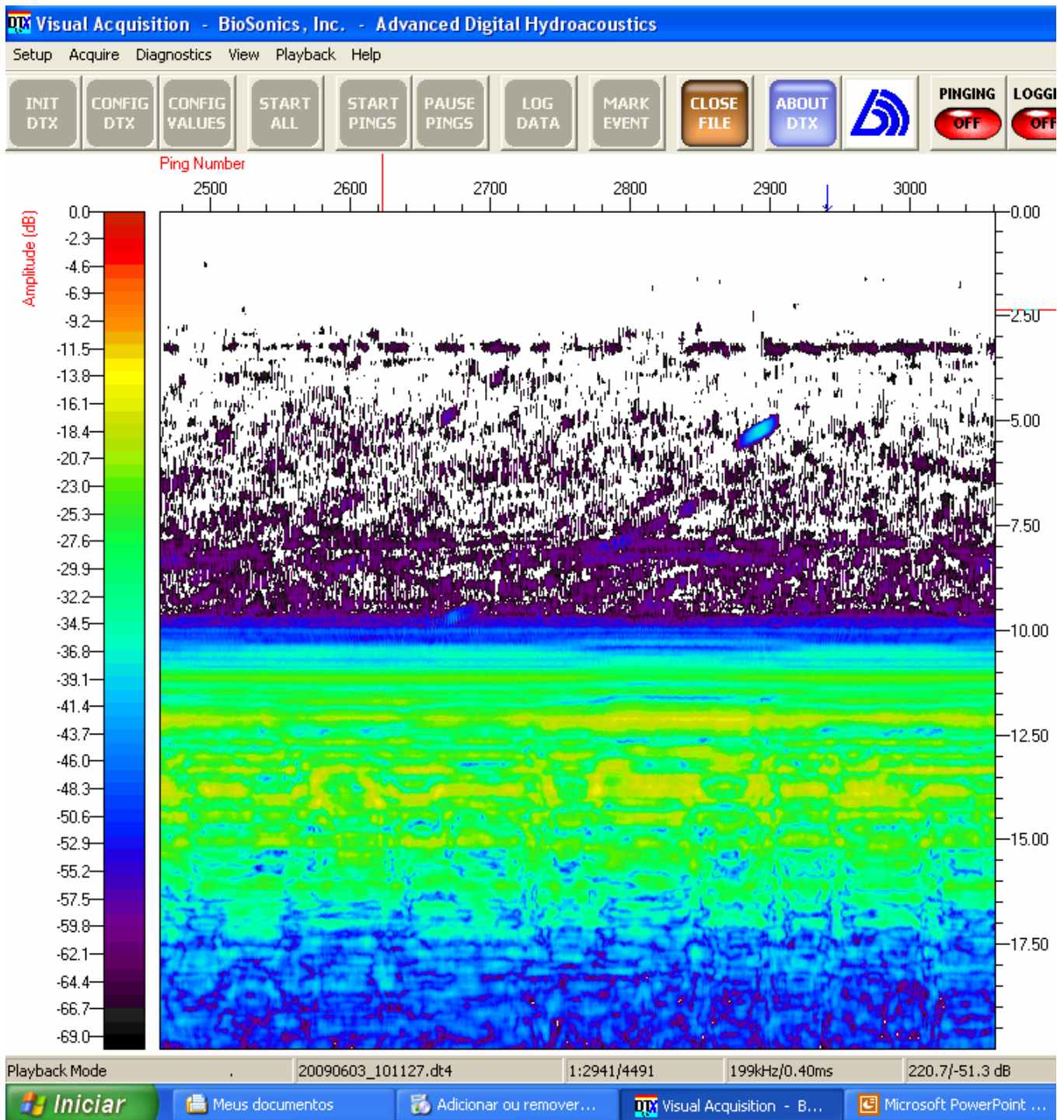


Fig. 19 – Ecograma típico da insonificação de uma seção do canal da piracema em uma região de alta turbulência das águas. Data da coleta: 03 de junho de 2009, às 10:11 hs.

Uma parte importante das pesquisas hidroacústicas no canal da Piracema estiveram concentradas na Lagoa Principal. Ali foram feitos diversos transectos com a sonda ligada (Fig. 20) tendo em vista a obtenção de uma carta batimétrica para o local e de uma carta temática contendo a distribuição de peixes. A acurada descrição morfométrica do local de estudos é um dos pré-requisitos para um estudo batimétrico georeferenciado. Assim, uma das primeiras coisas a fazer é a delimitação precisa da orla da lagoa (Fig. 21-A).

As pesquisas com a sonda DT-X na Lagoa Principal do Canal da Piracema revelaram uma distribuição extremamente heterogênea dos peixes naquele local (Fig. 21-B). As densidades foram, em geral, muito baixas em todo o corpo lântico, com exceção da porção extremo oeste onde foi constatada uma elevada densidade de alvos-acústicos. Essa região, corresponde à entrada da água na Lagoa. O processamento desse tipo de informação foi feito em três etapas a saber:

- (a) coleta de dados com a sonda na lagoa devidamente acoplada a um aparelho de GPS;
- (b) calibração de uma imagem de satélites contendo a orla da lagoa;
- (c) retirada do polígono da orla da lagoa a partir da imagem calibrada;
- (d) processamento das informações hidroacústicas no programa *Visual Analyzer*®;
- (e) geração de um arquivo texto contendo as densidades de peixes associadas às coordenadas geográficas de cada segmento considerado;
- (f) interpolação dos segmentos para toda a superfície da lagoa usando o software *Surfer 8.0*®.
- (g) consolidação final dos dados o que inclui a comparação com dados de literatura e com observações de campo sobre a ictiofauna do local pesquisado.

Essa representação ilustra as possibilidades de uso da sonda hidroacústica na obtenção de cartas temáticas a baixo custo e com extrema rapidez e demonstra uma das melhores potencialidades dessa abordagem metodológica para a gestão do canal da Piracema.

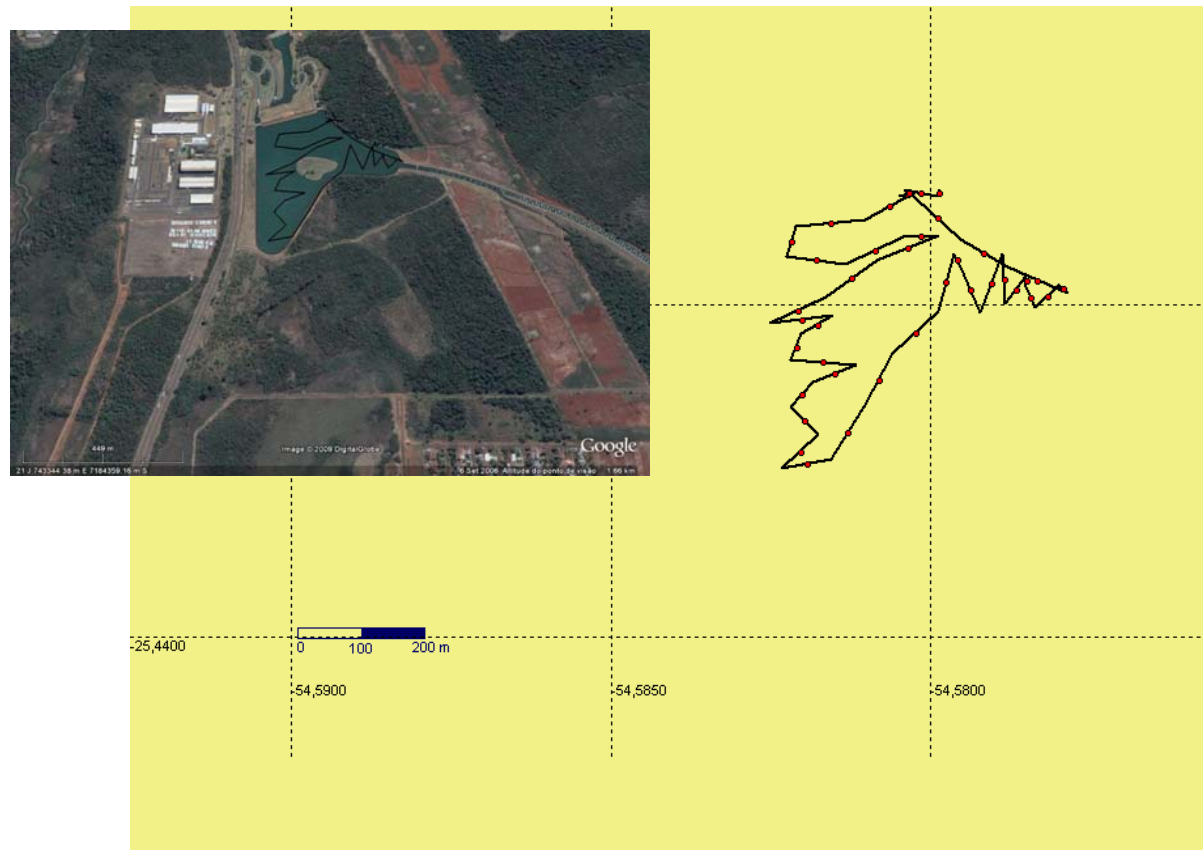


Fig. 20 – Representação dos transectos realizados na Lagoa Principal visando a quantificação da ictiofauna presente no local bem como gerar uma carta batimétrica do local de estudos, os trajetos feitos foram posicionados em uma imagem de satélite obtida pelo serviço *Google Earth*®.

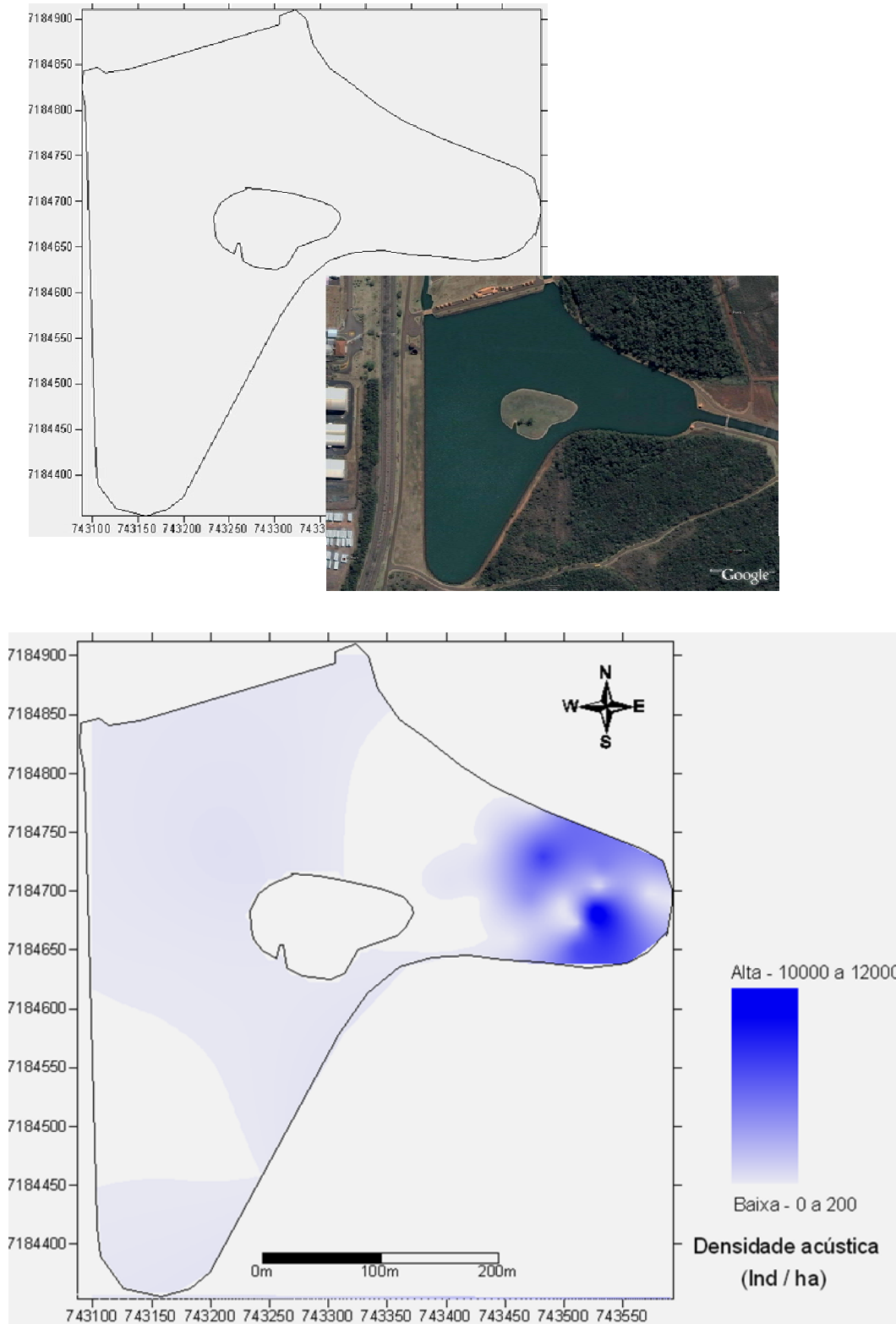


Fig. 21 – Determinação da orla da Lagoa Principal (A). Análise hidroacústica da distribuição horizontal de alvos de som típicos para peixes a partir das prospecções hidroacústicas realizadas com a sonda DT-X na Lagoa principal do canal de Piracema de Itaipú no dia 03 de junho de 2009. (B)

(h) Observações Finais

- Os estudos preliminares sugerem que a sonda *Biosonics* é um equipamento apropriado para a realização de estudos sobre a batimetria do reservatório de Itaipú já que a mesma pode insonificar com precisão até a profundidade (Z_{\max}) de 150 metros.
- A sonda *Biosonics* DT-X foi capaz de detectar com grande precisão os bancos submersos de *Hydrilla* sp.
- A sonda *Biosonics* DT-X foi capaz de detectar a distribuição especial da ictiofauna à montante do reservatório;
- A sonda *Biosonics* DT-X foi capaz de mapear com precisão os paliteiros existentes no reservatório.
- As prospecções hidroacústicas revelaram elevadas densidades de peixes na saída do canal da Piracema junto ao rio Paraná.
- As prospecções hidroacústicas em regime estacionário com o posicionamento horizontal do transdutor no canal da Piracema foram bastante afetadas pelo fluxo turbulento da água, pela baixa profundidade e pela pequena largura das seções pesquisadas.

Recomendações à Itaipú Binacional

A nova ferramenta da hidroacústica poderá ser muito útil na gestão ambiental do reservatório de Itaipú (MG). Juntamente com outras ferramentas tais como as sondas multi-parâmetros e a disponibilidade de acoplamento desses sistemas a aparelhos de posicionamento geográfico assistido por satélites com grande precisão essas sondas permitem a aquisição em pequeno intervalo de tempo de uma vasta gama de informações limnológicas que poderão ser associadas a toda uma série de dados secundários já existentes que envolvem todos os possíveis aspectos relevantes para esse contexto, incluindo séries históricas de dados limnológicos, da ictiofauna, dados climatológicos, sobre usos do solo, etc. Dentro dessa ótica recomendamos:

- Implementar um programa de monitoramento hidroacústico de macrófitas submersas associando-o aos programas existentes de pesquisa sobre macrófitas (*Hydrilla* sp.) e moluscos exóticos (*Limnoperma fortunei* e *Corbicula* sp.).
- Implementar um programa de monitoramento hidroacústico da ictiofauna do reservatório com ênfase nas questões de distribuição espacial e aspectos comportamentais (migração e uso das regiões mais profundas). Esse monitoramento deverá ser associado aos programas já existentes de monitoramento da ictiofauna.
- Atualizar a carta batimétrica do reservatório com vistas ao futuro zoneamento ecológico do reservatório.
- Atualizar os mapeamentos existentes dos paliteiros e bancos de macrófitas com o uso adicional da hidroacústica.
- Realizar uma modelagem de hidrodinâmica do reservatório a partir do momento em que a carta batimétrica do mesmo estiver atualizada.
- Reavaliar os estudos de sedimentologia a partir da nova carta batimétrica e da relação cota *versus* volume do reservatório.
- Atualizar o zoneamento ecológico do reservatório (ver um exemplo do zoneamento ecológico realizado no reservatório de Furnas (sub-eixo do rio Sapucaí), pelo LGAR/UFMG, na Fig. 22).

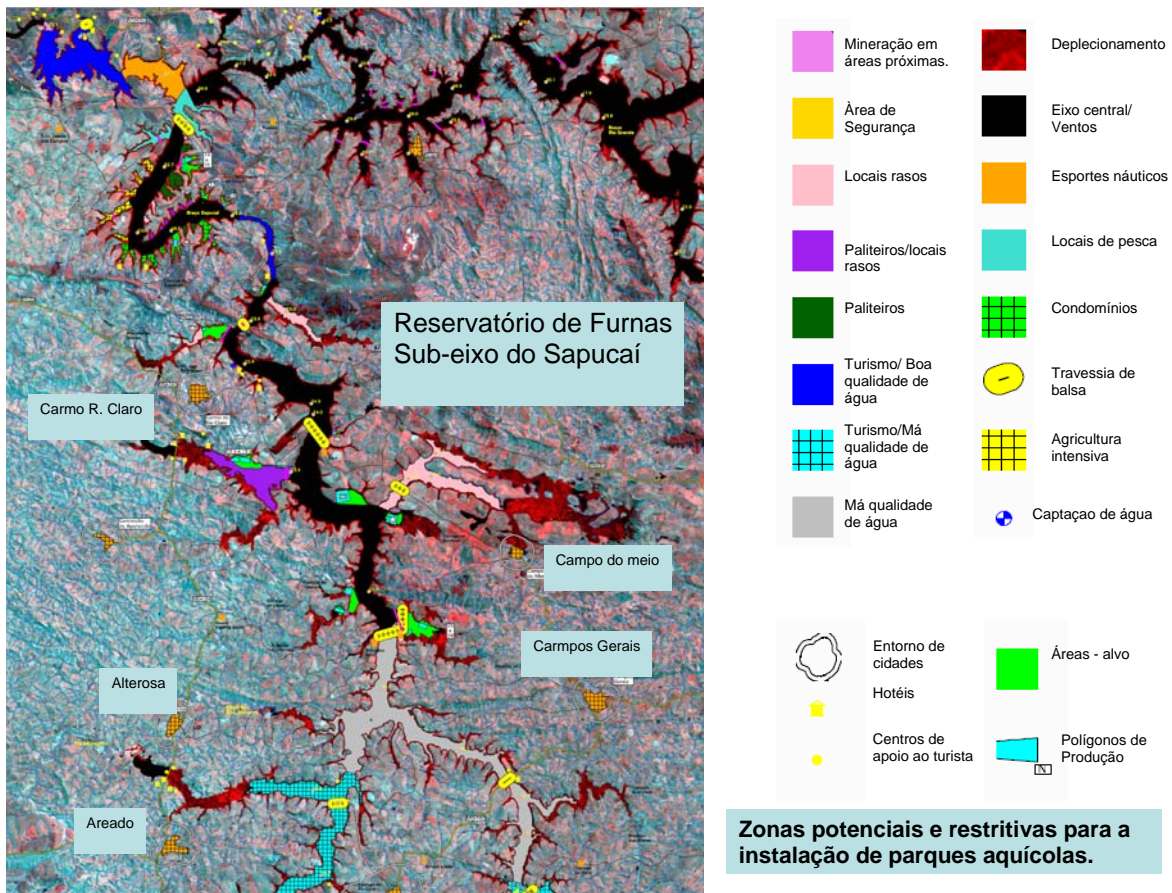


Fig. 22 – Zoneamento do reservatório de Furnas (sub-eixo do rio Sapucaí) realizado pelo LGAR/UFMG dentro do convênio 8713 - UFMG/FUNDEP/ /SECTES/SEAP-PR. Para maiores detalhes sobre como foi feito esse zoneamento favor acessar: http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Parques_Aquícolas/website/index.htm



Muito Obrigado a Itaipú !!

Foz do Iguaçu, 05 de junho de 2009

Ricardo M. Pinto-Coelho
José Fernandes Bezerra Neto

Anexos

- (1) DVD contendo as aulas ministradas, a apresentação final contendo o sumário das atividades realizadas e os arquivos no formato *.DT4 com todas as prospecções hidroacústicas realizadas.
- (2) Contrato firmado entre a FUNDEP-UFMG e a Itaipu Binacional formalizando o curso.

Literatura

- Kalikhman, I.L. & K.I. Yudanov. 2006. *Acoustic fish reconnaissance*. Taylor & Francis, Boca Raton, Fla. USA. 245 p. ISBN0-8493-2333-9.
- Lurton, X. *An introduction to underwater acoustics*. Principles and applications. Springer. Chichester, UK. 347 p. ISBN 3-540-42967-0.
- MacLennan, D.N. & E.J. Simmonds. 1992. *Fisheries Acoustics*. Chapman & Hall Fish and Fisheries Series 5. London. 325 p. ISBN 0-412-33060-1.

Contatos

Prof. Ricardo Motta Pinto Coelho
Prof. José Fernandes Bezerra Neto
Departamento de Biologia Geral
ICB – UFMG
31270-901 Belo Horizonte (MG)
Telefax: +31 3409 2605
E-mail: rmpe@icb.ufmg.br / joseneto@icb.ufmg.br
<http://www.icb.ufmg.br/~rmpe>