



**PLANO DE CONSERVAÇÃO E USOS
MÚLTIPLOS DO RESERVATÓRIO DA
UHE – LUIS EDUARDO MAGALHÃES
– LAJEADO –
ESTADO DE TOCANTINS
E SEU ENTORNO**

Setembro – 2003

Prefácio

Neste Plano de Conservação e Otimização dos Usos Múltiplos do Reservatório da UHE – Luiz Eduardo Magalhães – Lajeado (To) e seu entorno, descreve-se o arcabouço conceitual, e o plano de ações estratégicos para a implantação dos projetos de usos múltiplos e conservação. Disponibilizam-se informações fundamentais para o estabelecimento de áreas de risco e o fornecimento dos usos de reservatório e seu entorno.

Planos estratégicos devem promover capacidade de desenvolvimento sustentável calcada em permanente capacidade de revisão e adaptação.

Neste plano estabelecem-se as bases e os conceitos produzindo idéias que possam dar oportunidade para uma gestão adaptativa, preditiva, integrada e de alto nível com a participação e contribuição da sociedade local, seus órgãos representativos, setores público e privado.

O aperfeiçoamento deste plano, seu aprofundamento e os projetos e ações a se implantar deve, sem dúvida, constituir objeto de discussões, seminários e reuniões técnicas que avancem estas propostas de acordo com os anseios e diretrizes da sociedade local e regional, a qual deverá sem dúvida, ter um papel relevante na gestão integrada deste enorme e importantíssimo recurso à sua disposição.

Prof. Dr. José Galizia Tundisi

Presidente

Instituto Internacional de Ecologia – IIE

São Carlos, 15 de Setembro de 2003

AGRADECIMENTOS

O Instituto Internacional de Ecologia agradece: à INVESTCO pelas facilidades concedidas e o apoio durante a realização do projeto, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico :Processos 680277/01-3 “Gerenciamento e utilização dos usos múltiplos do reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães (Tocantins)”. À FINEP (CTHIDRO): “Estudo comparado da Represa Luis Eduardo Magalhães (TO) e Barra Bonita (SP), com a finalidade de desenvolver modelos de gestão de recursos hídricos”. Ao ILEC (International Lake Environment Committee): “Avaliação e acompanhamento da eutrofização das represas de Barra Bonita (SP) e Carlos Botelho (Lobo-Broa) – SP”. À FAPESP (Programa PIPE): “Desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão no gerenciamento de reservatórios de abastecimento público e hidroelétricas”. Processo 00/007379-5 – FAPESP

SUMÁRIO EXECUTIVO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 – BASES CONCEITUAIS.....	13
1.2 – O RESERVATÓRIO DA UHE – LUIS EDUARDO MAGALHÃES: SÍNTESE DO CONHECIMENTO.....	16
1.2.1 - MODELAGEM NUMÉRICA DA CIRCULAÇÃO E DA QUALIDADE DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DA UHE – LUIS EDUARDO MAGALHÃES – TO.....	21
1.2.2 - INTERAÇÕES DO RESERVATÓRIO COM A BACIA HIDROGRÁFICA.....	49
1.2.3 – SÍNTESE.....	49
2 SERVIÇOS PROMOVIDOS PELA REPRESA DA UHE – LUIS EDUARDO MAGALHÃES.....	50
3 USOS MÚLTIPLOS DA REPRESA E BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	51
4 PRINCIPAIS IMPACTOS DOS USOS MÚLTIPLOS.....	53
5 IMPACTOS DOS USOS MÚLTIPLOS.....	53
5.1 – IMPACTOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS E NOS TRIBUTÁRIOS.....	53
5.2 – IMPACTOS NO RESERVATÓRIO.....	54
6 PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DA REGIÃO MARGINAL E DA INTERFACE TERRESTRE / LACUSTRE.....	55
7 REDUÇÃO DAS FONTES PONTUAIS DE NUTRIENTES.....	55
7.1 – TRATAMENTO DE ESGOTOS DOS MUNICÍPIOS.....	56
7.2 – TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	56
7.3 – TRATAMENTO DE EFLUENTES DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO.....	56
8 TRATAMENTO E REDUÇÃO DAS FONTES NÃO PONTUAIS DE NUTRIENTES, PESTICIDAS E HERBICIDAS.....	57
9 GERENCIAMENTO DOS TRIBUTÁRIOS.....	57
10 ESTABELECIMENTO DE PROGRAMAS DE CONTROLE E DA	

DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. INTRODUÇÃO DE COLETA SELETIVA E DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS...	58
11 IMPLANTAÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS TRIBUTÁRIOS E DO RESERVATÓRIO E DOS TRIBUTÁRIOS ATRAVÉS DE PROGRAMAS DE MONITORAMENTO.....	58
11.1 – MONITORAMENTO CONVENCIONAL.....	59
11.2 – MONITORAMENTO EM TEMPO REAL.....	59
12 INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS MODERNAS DE IRRIGAÇÃO E CONTROLE DOS EFLUENTES E DAS ATIVIDADES DE USOS MÚLTIPLOS.....	59
13 CONTROLE DA OCUPAÇÃO IRREGULAR NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO.....	60
14 ZONAS POTENCIAIS DE CORREDORES ECOLÓGICOS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO E NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS...	60
15 RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO DA DIVERSIDADE DA FAUNA ICTICA.....	61
16 CONTROLE DA ATIVIDADE PESQUEIRA.....	61
17 CONTROLE E REGULAÇÃO DAS ATIVIDADES DE AQUACULTURA NO RESERVATÓRIO.....	62
18 CONTROLE E REGULAMENTAÇÃO DA EXPLORAÇÃO SUB-AQUÁTICA DE AREIA E SEIXOS.....	63
19 CONTROLE E REGULAMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES NÁUTICAS NO RESERVATÓRIO – TRANSPORTE E NAVEGAÇÃO PARA O TURISMO E LAZER.....	63
20 CONTROLE DAS ATIVIDADES DE RECREAÇÃO NAS PRAIAS.....	64
21 ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL.....	65
21.1 – IMPLANTAÇÃO DE UM CONSÓRCIO DE PREFEITURAS MUNICIPAIS DOS MUNICÍPIOS PRÓXIMOS DOS RESERVATÓRIOS.....	66
21.2 – ESTÍMULO À COOPERAÇÃO – SETOR PÚBLICO / SETOR PRIVADO – NO GERENCIAMENTO DO LAGO E DISCIPLINAMENTO E AÇÕES.....	66

21.3 – REFORÇO E REVISÃO PERMANENTE DA LEGISLAÇÃO LOCAL E REGIONAL COM VISTAS À PRESERVAÇÃO DO LAGO E DISCIPLINAMENTO DAS AÇÕES.....	66
21.4 – CRIAÇÃO DE UM “FUNDO DE PESQUISA” PARA ESTIMULAR PESQUISAS NO RESERVATÓRIO E SEU ENTORNO.....	67
21.5 – CRIAR UMA “AUTORIDADE DE GERENCIAMENTO RESERVATÓRIO” E SEU ENTORNO.....	67
 22 AMPLIAR A PARTICIPAÇÃO DO PÚBLICO ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO SANITÁRIA E AMBIENTAL E PROMOVER O AUMENTO DA PERCEPÇÃO COLETIVA SOBRE O PROBLEMA DA CONSERVAÇÃO DO RESERVATÓRIO E SUA PROTEÇÃO PARA USOS MÚLTIPLOS.....	 68
23 PESQUISA.....	68
23.1 – PESQUISA LIMNOLÓGICA.....	68
23.2 – CONTROLE DE VETORES DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	69
23.3 - PROMOVER PESQUISAS PARA DETERMINAR BIOINDICADORES DE DETERMINADAS CONDIÇÕES ECOLÓGICAS, LIMNOLÓGICAS E DE CONTAMINAÇÃO.....	69
23.4 – PROGRAMAS PERMANENTES DE ATUALIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O LAGO PARA A FORMAÇÃO E INFORMAÇÃO DE GERENTES DO MEIO AMBIENTE DE ESTADOS E MUNICÍPIOS.....	69
23.5 – PESQUISA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA E SAÚDE HUMANA.....	70
 24 ESPECIFICIDADE DA LEGISLAÇÃO.....	 70
24.1 – TODOS OS MUNICÍPIOS CUJAS TERRAS FORAM ATINGIDOS PELA INUNDAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DEVEM RECEBER “ROYALTIES” COMO COMPENSAÇÃO. A LEGISLAÇÃO PODE TER MELHOR CONTROLE SOBRE O USO DESSES “ROYALTIES” PARA EFETIVAS AÇÕES DE PROTEÇÃO, RECUPERAÇÃO E CONTROLE DO RESERVATÓRIO. MAIOR CONTROLE SOCIAL DOS USOS DESTES “ROYALTIES” ATRAVÉS DA LEGISLAÇÃO DEVE SER EFETIVADO.....	70
24.2 – METAS PARA A INDÚSTRIA.....	70
24.3 – METAS PARA A REDUÇÃO DE ESGOTOS DESPEJADOS.....	71
24.4 – METAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA PORTARIA 1469 (MINISTÉRIO DA SAÚDE) NOS MUNICÍPIOS.....	71

25 SEMINÁRIOS DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO.....	71
25.1 – SEMINÁRIOS ANUAIS.....	71
25.2 – SEMINÁRIOS QUINQUENAIS.....	72
25.3 – MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO.....	72
26 TÓPICOS ESPECIAIS PARA UMA GESTÃO INTEGRADA EFICIENTE.....	72
26.1 – GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS VOLTADOS ESPECIFICAMENTE PARA O SANEAMENTO.....	72
26.2 – GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS.....	73
26.3 – PESQUISAS EM SANEAMENTO.....	73
27 ZONEAMENTO AMBIENTAL DO RESERVATÓRIO E SEU ENTORNO.....	74
27.1 – MAPEAMENTOS UTILIZADOS.....	74
27.2 – HIDRODINÂMICA DO RESERVATÓRIO.....	74
27.3 – ÁREAS DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA USOS MÚLTIPLOS.....	74
28 ÁREA DE RISCO AMBIENTAL.....	76
28.1 – ALTO RISCO.....	76
28.2 – MÉDIO RISCO.....	76
28.3 – BAIXO RISCO.....	76
28.4 – FAIXA DE PROTEÇÃO.....	77
28.5 – UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	77
28.6 –APA	77
29. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
30. FIGURAS.....	85
31. EQUIPE TÉCNICA.....	95

SUMÁRIO EXECUTIVO

I – O PLANO

1. O objetivo principal do Plano de Conservação e Usos Múltiplos do Reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães, Lajeado, Estado de Tocantins, é promover condições e estratégias viáveis para a gestão sustentável da bacia hidrográfica e da represa, priorizando atividades de conservação e de otimização dos usos múltiplos.
2. Este Plano de Conservação e Usos Múltiplos propõe uma estratégia geral e articulada para promover o planejamento e a implementação de um gerenciamento integrado, preditivo e adaptativo ao nível de bacia hidrográfica. Propõe-se um arcabouço gerencial, com bases científicas e tecnológicas que tenham condições de implementar novos processos institucionais e de organização e que seja viabilizado através de instrumentos de gestão articulando ações e legislações locais, regionais, estaduais e federais. O plano estabelece fundamentalmente que o gerenciamento dos recursos hídricos e especificamente do reservatório e sua bacia hidrográfica, tem um conjunto de objetivos para a sociedade, considerando o empreendimento e seu futuro um recurso estratégico para a sociedade do Estado do Tocantins, e com reflexos regionais e nacionais.
3. A aplicação do critério de desenvolvimento sustentável ao reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães e a bacia hidrográfica implicam em uma avaliação estratégica dos recursos hídricos disponíveis, seu futuro uso na região e a minimização e a correção de impactos. A capacidade preditiva de gerenciamento de recursos hídricos e o “princípio da precaução” no desenvolvimento econômico que vá impactar estes recursos deve ser o ponto fundamental das ações.
4. A Represa da UHE Luiz Eduardo Magalhães ocupa posição estratégica no Médio Tocantins, não só pela dimensão da obra e pelas suas características, mas, principalmente pela situação geográfica e inserção regional, incluindo inserção na cadeia de reservatórios do Rio Tocantins.
5. Os elementos da estratégia de gerenciamento são:
 - i) o planejamento;
 - ii) o estágio de implementação;
 - iii) os fatores institucionais e organizacionais

II – OS USOS MÚLTIPLOS E IMPACTOS

6. Os usos múltiplos do reservatório são diversificados e tornam complexa a gestão dos recursos hídricos. Estes usos múltiplos, que tendem a se diversificar à medida que a economia regional se consolida e se fortalece, incluem, no presente e no futuro as

seguintes atividades: produção de hidroeletricidade, navegação, recreação, turismo, pesca, aquacultura, irrigação e apoio a atividades agrícolas, abastecimento público urbano e rural, atividades extrativas – areia e seixos no reservatório.

7. Estes usos múltiplos que ocorrem e ocorrerão na bacia hidrográfica e na represa, produzem um conjunto diversificado de impactos na bacia hidrográfica, nos tributários e na represa, com inúmeras conseqüências na qualidade da água – deterioração da qualidade da água, florescimentos de espécies de algas indesejáveis e nocivas à saúde humana, perda da biodiversidade e impactos nas atividades de recreação, turismo, pesca e navegação. Há perdas econômicas associadas à deterioração da qualidade da água.

III – ZONEAMENTO AMBIENTAL

8. O zoneamento ambiental do reservatório e seu entorno deve considerar a bacia hidrográfica, a região dos tributários, a zona de proteção exclusiva, as zonas de alto risco, médio risco e baixo risco, considerando-se os estudos, informações e os bancos de dados existentes, provenientes dos Relatórios de Impacto Ambiental, dos Programas Básicos Ambientais e informações científicas e tecnológicas existentes.
9. Áreas de Risco do Reservatório e seu entorno – As principais áreas de risco do reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães e seu entorno, podem ser assim caracterizados.

Por Risco entende-se o potencial de possível deterioração da qualidade da água com efeitos à saúde humana e comprometimento de usos múltiplos e atividades relacionadas a turismo, recreação, abastecimento público, irrigação.

- 9.1 – Áreas de Risco Moderado a Baixo: - localizadas nas duas margens da região entre a barragem e a cidade de Palmas.
- 9.2 – Áreas de Alto Risco: - localizada entre as zonas urbanas de Palmas e Porto Nacional com grande deterioração das margens (margem direita) com impactos severos no reservatório.
- 9.3 – Áreas de Risco Moderado: - situada à margem esquerda do reservatório, entre a Ponte Presidente Fernando Henrique Cardoso e localizada à frente da cidade de Porto Nacional.
- 9.4 – Áreas de Risco Moderado a Alto: - Todas as áreas do reservatório localizadas na região lindeira às zonas urbanas devido à descarga de esgotos domésticos e de fontes não pontuais provenientes dos usos do solo nessas regiões.
- 9.5 – Áreas de Risco Moderado: - Aquelas localizadas a montante do reservatório, próximos a Ipueiras e Brejinho do Nazaré.

IV – CONTROLE E MINIMIZAÇÃO DE IMPACTOS

10. Os principais impactos decorrentes dos usos da bacia hidrográfica da ocupação do solo e do desenvolvimento de atividades agrícolas, e da urbanização estão relacionados com a descarga dos esgotos domésticos não tratados, ou seja, fontes pontuais, as fontes não pontuais resultantes dos resíduos de fertilizantes nas áreas agrícolas, os herbicidas e pesticidas utilizados em agricultura. O controle destas fontes pontuais e não pontuais é fundamental para conter a expansão da eutrofização e da toxicidade no reservatório. Este controle é derivado do tratamento de esgotos, com as campanhas de educação em massa para tratamento das fontes não pontuais e para a aplicação de práticas agrícolas adequadas.
11. A proteção e conservação da região marginal do reservatório e da interface terrestre / lacustre deve ser feita através da legislação específica aplicada à zona de proteção exclusiva coibindo o uso do solo nesta faixa de proteção (com 10% de flexibilidade) aplicando legislação e fiscalização para impedir a proliferação de fossas negras e regulando e fiscalizando a disposição de resíduos sólidos. A implementação desta área deve ser acompanhada por campanhas maciças de esclarecimento e educação à população ribeirinha.
Também deve ocorrer regulamentação e fiscalização referentes à ocupação irregular do solo, ao desmatamento indiscriminado e à instalação de equipamentos de recreação que possam causar impacto na interface terrestre / lacustre. Esta interface pode ser protegida com um reflorestamento maciço com espécies nativas.
12. Em muitas represas, o início da deterioração, opera-se a partir dos tributários. Estes, começam a contribuir com resíduos, nutrientes (nitrogênio e fósforo) dissolvidos e particulados, material em suspensão. Proteção especial aos tributários deverá ser preparada através de medidas de incentivo, fiscalização e legislação adequada.
13. O controle da disposição e gerenciamento dos resíduos sólidos é fundamental. Cada área de despejo de resíduos sólidos transforma-se em uma fonte potencial de problemas e contaminações. O **chorume** proveniente destes resíduos contém matéria orgânica e metais pesados. Os resíduos sólidos devem ser tratados de forma adequada, legislação específica deve ser estabelecida, fiscalização periódica implementada. Coleta seletiva deve ser implementada em municípios, vilas e clubes para reduzir o volume de resíduos sólidos acumulados em áreas de lixões e outros locais de disposição. A prática de aterros sanitários em municípios deve ser incentivada e fiscalizada.
14. Controle das atividades de recreação nas praias deve ser realizado a partir das Prefeituras Municipais.
15. O controle da atividade pesqueira no reservatório acompanhado de medidas de restauração e manutenção da diversidade ictica é fundamental para o desenvolvimento econômico. Deve haver fiscalização rigorosa para impedir a introdução de espécies

exóticas no reservatório, com a finalidade de proteger a diversidade ictica de espécies nativas.

16. O controle e regulamentação das atividades de aquacultura no reservatório são igualmente importantes. Os projetos deverão passar por rigorosa análise, a aquacultura só poderá ser realizada com espécies nativas, e as atividades devem ser controladas para evitar deterioração do reservatório. Frequentemente, o uso de rações aumenta a eutrofização. Devem ter prioridade os projetos de aquacultura que destaquem ações sociais e de geração de empregos através do apoio a cooperativas com rigorosa fiscalização técnica e análise de impacto. A introdução de qualquer tipo de aquacultura com espécies exóticas deve ser terminantemente proibida no reservatório.
17. O controle das atividades de extração de areia e seixos no reservatório deverá ser realizado através de rigorosa fiscalização.
18. O controle das atividades náuticas no reservatório deve ser implementado, principalmente no que se refere aos problemas da segurança coletiva nas praias e segurança coletiva no transporte de passageiros para navegação.
19. As praias próximas a Porto Nacional e Palmas são áreas em que pode ocorrer risco para a saúde pública em caso de acúmulos de cianofíceas e de bactérias coliformes totais e fecais. Este acúmulo pode ocorrer em certos períodos, devido a mecanismos de circulação diferenciados ao longo do reservatório, mostrados pelo trabalho de hidrodinâmica. Nos períodos em que ocorrer índice excessivo de cianobactérias e coliformes acima dos limites estabelecidos pela Portaria 1469 há necessidade de suspensão das atividades de recreação. Monitoramento intensivo destas praias deve ocorrer permanentemente.
20. As áreas de matas ripárias ao longo dos tributários, devem ser consideradas como corredores ecológicos e mantidas intactas para estímulo à recomposição de fauna terrestre e manutenção dos processos ecológicos nos tributários. A ligação destas áreas com corredores transversais de espécies nativas pode ser uma solução para a região na manutenção de corredores ecológicos. As matas galeria dos tributários podem ser interligadas com matas de espécies nativas, reflorestadas nas margens do reservatório.
21. Monitoramento da qualidade da água, dos tributários, da represa e das regiões próximas às praias e a jusante da barragem da UHE – Luis Eduardo Magalhães é essencial para o conhecimento permanente do estado das águas e do impacto decorrente das atividades humanas e da ocupação do solo. Este monitoramento deve ser intenso na região das praias próximas a Palmas, a montante e a jusante da ponte Presidente Fernando Henrique Cardoso.
22. **ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL** – O monitoramento deve manter as características de monitoramento preventivo, deve priorizar dados físicos, químicos e biológicos e ações voltadas para a conformação com a Portaria 1469 do Ministério da

Saúde. O Plano de Conservação e Usos Múltiplos deve contemplar o estímulo à ampla organização institucional com participação efetiva de órgãos municipais, estaduais e federais. A legislação local deve prever uma integração das Prefeituras Municipais em um consórcio para gestão do reservatório, um estímulo à cooperação do reservatório, ampliação da capacidade de informação ao público, através da educação sanitária e ambiental, e ampliar a legislação específica sobre o controle e gestão do reservatório e seu entorno. Uma “autoridade de gestão do reservatório” deve ser constituída para integrar e consolidar ações. Este grupo multidisciplinar deve acompanhar permanentemente o processo de gerenciamento a implementação de ações e o desenvolvimento tecnológico concomitantemente.

23. **APOIO À PESQUISA** – Deve-se criar um Fundo de Pesquisa para estimular a pesquisa científica no reservatório, especialmente aquela voltada, para o estudo de problemas relacionados à saúde pública, estabelecimento de espécies, indicadores da qualidade da água, e o estudo de espécies nativas de peixes (biologia, comportamento) visando aproveitamento do potencial íctico do reservatório.
24. **ESPECIFICIDADE DA LEGISLAÇÃO** – Devem-se estabelecer legislações específicas para o controle das emissões dos efluentes pelas indústrias, deve-se estabelecer controles adequados do uso dos “royalties” provenientes das compensações financeiras recebidas do empreendedor. E deve-se estabelecer metas, prazos e dar apoio para a implantação da Portaria 1469 nos municípios.

25. TÓPICOS ESPECIAIS

- 25.1 – Recomenda-se a implementação de procedimentos e legislação especial voltados especificamente para o saneamento básico e o controle ambiental permanente.
- 25.2 – Recomenda-se a formação de um grupo de trabalho específico voltado para a proteção e monitoramento de recursos hídricos subterrâneos.
- 25.3 – Recomenda-se a implantação de um grupo permanente de trabalho para estimular pesquisa tecnológica em saneamento básico para apoio a pequenas áreas urbanas e zonas rurais.
- 25.4 – **Treinamento** – O treinamento de gerentes de recursos hídricos, de gerentes municipais voltados especificamente para a gestão ambiental, de técnicos em meio ambiente, de legisladores e de especialistas em fiscalização e impacto ambiental deve ser permanente e em serviço de tal forma que priorize ações práticas voltadas para a solução dos problemas e com embasamento teórico suficiente para compreender a complexidade do processo ambiental e suas soluções. O treinamento em todos os níveis deve promover uma visão sistêmica, integrada e gerencial objetiva.

1. INTRODUÇÃO

1.1 – BASES CONCEITUAIS

A água doce é um recurso estratégico, finito, fundamental para o desenvolvimento sustentável, combate à pobreza, crescimento econômico e estabilidade social e ambiental. Os sistemas aquáticos de águas interiores, rios, represas, lagos naturais, áreas pantanosas, e alagados, águas temporárias, são essenciais à manutenção da vida, à produção de biomassa, à reciclagem de nitrogênio e fósforo no planeta e à manutenção da biodiversidade aquática e terrestre. Tanto as águas superficiais como as águas subterrâneas são um recurso mineral de alto valor estratégico, econômico e social. A **declaração final** do fórum mundial da água de 2003, realizada no ano internacional da água, em Kyoto, de 16 a 23 de Março, enfatiza a necessidade de **suprimento adequado de água** para a **melhoria da saúde humana, saneamento básico, produção de alimentos, transporte, energia**, turismo e **recreação**. Para atingir estes objetivos, é necessário **capacidade gerencial suficiente e competente, governabilidade efetiva e transporte dos recursos hídricos e financiamento adequado** para infra-estrutura e manutenção dos ciclos, inclusive do ciclo hidrosocial (World Water Council, declaração final, Março de 2003, Kyoto, 1-9 pp).

Uma represa do porte da Represa da UHE – Luis Eduardo Magalhães, no Estado de Tocantins, embora tenha causado impactos no ecossistema aquático, original Rio Tocantins, abre novas perspectivas de desenvolvimento econômico e social, e ao mesmo tempo, impõe aos governos federal, estadual e municipal, à sociedade local e regional, aos órgãos de controle e aos usuários, da água – abastecimento público, indústria, agricultura, transporte e navegação, energia, um conjunto de planos, ações, atitudes e estratégias, que permitam otimizar os usos múltiplos, corrigir e minimizar impactos e ampliar a capacidade de gestão integrada das águas, voltada para o aproveitamento múltiplo e a manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

O sistema de gestão deve ter bases conceituais bem definidas e determinadas por um conjunto de organizações: institucionais, técnicas e tecnologias, usuários, científicas e de divulgação. Este sistema deve ser baseado segundo um conjunto de princípios bem delineados e de alta capacidade de gestão:

- Dados científicos confiáveis e dados de excelente qualidade.
- Mecanismos institucionais abrangentes e articulados.
- Metas estabelecidas com bases científicas e tecnologias adequadas.
- Leis ambientais e mecanismos regulatórios de controle bem definidos e institucionalmente desenvolvidos com adaptações periódicas à realidade regional e local.
- Suporte público abrangente, permanente e envolvendo toda a sociedade.
- Disponibilidade de dados e informações à sociedade local e regional, ao Ministério Público e aos órgãos ambientais federal, estadual e municipal.
- Uso permanente de informações científicas para instrumentalizar decisões.
- Acordos flexíveis e com capacidade de adaptação permanente ao desenvolvimento econômico e social e às alterações dos usos múltiplos.
- Vigilância permanente através do monitoramento, da avaliação qualitativa e quantitativa de impactos e da informação à sociedade.
- Participação da sociedade no processo e divulgação permanente.

Evidentemente, um conjunto de princípios fundamentais do gerenciamento de recursos hídricos deve ser aplicado a esta gestão do reservatório e, principalmente da bacia hidrográfica. Estes princípios estabelecidos em várias reuniões internacionais e na Política Nacional Brasileira para os Recursos Hídricos estabelecem que:

Princípios de Dublin:

- Águas doces são um recurso finito e vulnerável, essencial para manter a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente.
- Desenvolvimento de recursos hídricos e gerenciamento devem ser baseados em uma abordagem participativa envolvendo planejadores, usuários e administradores em todos os níveis.
- As mulheres têm papel central no gerenciamento, provisão e conservação das águas.
- A água tem valor econômico em todos os seus usos competitivos e deveria ser reconhecida como um bem essencial.

Política Nacional dos Recursos Hídricos:

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem o objetivo de assegurar:

1. A atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.
2. A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.
3. A prevenção e a defesa contra eventos críticos, de origem natural ou decorrentes dos usos integrado dos recursos hídricos.

1.2 – O RESERVATÓRIO DA UHE – LUIS EDUARDO MAGALHÃES: SÍNTESE DO CONHECIMENTO

O conhecimento das características básicas do reservatório de funcionamento é de fundamental importância para a gestão **integrada, preditiva e adaptativa** do sistema. Portanto, o conjunto de informações existentes sobre o reservatório e suas características essenciais deve ser sintetizado e acompanhado de um conjunto de informações detalhadas sobre os principais processos e suas características. Os dados fundamentais sobre a represa da UHE – Luis Eduardo Magalhães, são:

Características	Dados
Extensão do reservatório	172 km
Área	626,00 km ²
Área de drenagem	184.219,00 km ²
Volume útil do reservatório para operação	5,5 bilhões de m ³
Volume operacional	4,9 bilhões de m ³
Nível da água a montante – NA normal	212 m
Nível da água a jusante – NA mínimo normal	173,80 m
Nível da água a jusante – NA máximo normal	187,20 m
Nível da água no canal de fuga – NA médio	175,80 m
Queda líquida de referência	29,00 m
Vazão de regularização a jusante da barragem	1.524,00 m ³
Vazão média	2.547,99 m ³ /s
Vazão mínima defluente	284,00 m ³
Vazão média de longo termo (1921 a 1994)	2.532,00 m ³ /s
Vazão vertedouro	4.870, m ³ /s
Cota do rio Tocantins	180 m
Velocidade média do rio Tocantins	300 m/h
Tempo de residência – TR	24 dias
Vida útil do reservatório	100 anos
Profundidade média	3 m
Profundidade máxima / operação	22 m
Profundidade junto à barragem	35 m
Índice de desenvolvimento da margem	15,096
Índice de desenvolvimento de volume	1,190

As características principais do Rio Tocantins em 2 anos anteriores ao enchimento e também as características principais limnológicas do reservatório foram determinadas em estudos intensivos contratados pela INVESTCO e coordenados e sintetizados por equipes do Instituto Internacional de Ecologia, principalmente no período pós-enchimento (2001-2002-2003). Os resultados existentes apontam as seguintes características essenciais do reservatório: (Reis, 2002).

Em sua fase inicial o rio Tocantins apresenta comportamento ecológico bastante diferenciado em relação aos seus tributários em função de vários fatores, dentre os quais destacam-se:

- A morfometria de sua bacia de drenagem (extensão, profundidade, velocidade da corrente, volume de água, vazão, dentre outros);
- As características geológicas e geomorfológicas da sua bacia de drenagem;
- A faixa de proteção ciliar;
- O uso e ocupação do rio e da bacia hidrográfica;
- A incidência de radiação, dentre outros.

A análise de componentes principais indicou diferenças importantes na qualidade de suas águas, tais como no pH, na alcalinidade total, na dureza total, na condutividade e na temperatura. Em relação aos rios Crixás, Areias, Água Suja, Mangues, Lajeado e aos ribeirões São João, Lajeado e Santa Luzia, o Tocantins apresenta-se como um rio de águas alcalinas, de elevada condutividade, com altos teores de cálcio e magnésio e grande diversidade planctônica, enquanto os tributários apresentam, -se mais ácidos, com baixa condutividade, elevadas concentrações de sódio, potássio e cloreto e temperatura mais baixa de suas águas, devido provavelmente, a maior proteção ciliar.

O monitoramento limnológico, realizado no período de 1999 a 2001 no rio Tocantins e seus principais tributários, demonstrou a existência de duas fases reguladoras do comportamento dos sistemas lóticos envolvidos nesta investigação:

- a- Período seco – época em que ocorre uma diminuição considerável da concentração dos sólidos em suspensão, da cor, da turbidez e da comunidade planctônica, além do aumento da condutividade e da transparência da água;
- b- Período chuvoso – quando o volume da água altera significativamente, com aumento da vazão, entrada do material alóctone transportado da bacia hidrográfica, diminuição da condutividade, redução e em alguns sistemas o desaparecimento de representantes da comunidade planctônica.

O aumento dos sólidos em suspensão está associado, principalmente, com o transporte de material alóctone de origem inorgânica da bacia hidrográfica, cuja cobertura vegetal típica de cerrado mantém extensas áreas de solo exposto, facilitando o transporte de materiais.

A transparência, a cor e a turbidez indicou variação com o ciclo estacional. Com a estiagem o decréscimo dos sólidos em suspensão aumenta a transparência, reduz a cor e a turbidez facilitando o desenvolvimento do plâncton com o predomínio de clorofíceas, diatomáceas e rotíferos.

O padrão de distribuição temporal dos organismos zooplanctônicos, tanto no rio Tocantins como nos afluentes esteve, entre fatores, condicionado aos pulsos de precipitação na bacia hidrográfica. O período de maior índice pluviométrico coincide com a queda da densidade do zooplâncton com posterior aumento na estiagem. Os rotíferos indicaram maior densidade e diversidade entre os representantes zooplanctônicos.

Na fase em que o reservatório teve seu processo de enchimento, de modo geral os estudos demonstraram a formação de três compartimentos, sendo dois deles C1 e C2 estratificados termicamente e quimicamente, com a formação de termoclinas resultantes do aquecimento térmico diurno. O terceiro compartimento – C3 a partir da região de montante da Ilha do Cachimbo, nas proximidades do ribeirão Conceição (Porto Nacional/Brejinho Nazaré) é mais sujeito à ação do vento e comporta-se ainda como ambiente lótico.

No reservatório a diferença de conteúdo térmico é função das variações de superfície e o transporte de calor depende das condições de estabilidade da coluna d'água e da energia cinética do vento. Nas proximidades da barragem, área mais profunda do reservatório, verifica-se a ocorrência de estabilidade térmica da coluna de vento. Nesta área o oxigênio dissolvido segue o mesmo comportamento, reduzindo suas concentrações com a profundidade no sentido da estabilidade térmica.

O aumento da matéria orgânica provocou um aumento da demanda biológica e da demanda bioquímica de oxigênio, permitindo o desenvolvimento de anoxia nas camadas mais profundas. Durante esta fase a relação N:P apresentou variações acentuadas. O aumento de P total foi devido à decomposição da matéria orgânica afogada, da contribuição de fontes pontuais e não pontuais de resíduos domésticos e de outra origens, tais como abatedouros, criação de animais e diversas outras fontes.

Como consequência do aumento do P no reservatório, iniciou-se um processo de eutrofização, inicialmente promovido também pela anoxia no fundo e da redissolução do fósforo a partir da camada anóxica. Esse processo de eutrofização em curso produziu florescimentos de *Mycrocystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis racoborski*. A presença de cianofíceas com biomassa elevada (média de 12 mg/L de clorofila-a total) tende a acelerar o processo pela contribuição de matéria orgânica particulada após a morte e decomposição subsequente desses organismos.

A aplicação dos números adimensionais na fase de enchimento mostrou que no Reservatório da Usina Hidroelétrica do Lajeado, a ação do vento e o aquecimento térmico da superfície (radiação solar) são funções de força importantes na determinação dos mecanismos de funcionamento deste sistema determinando períodos de estabilidade e mistura que precisam ser monitorados. Essa modelagem subsidiará a escolha do modelo de gerenciamento mais adequado, conforme a seguir indicado.

<p>Adimensionais – UHE Luis Eduardo Magalhães UHE Lajeado</p>
<p>Número de Lago: $L_n < 1$ -microestratificação com termoclina próxima a superfície -modelo 1 – D não se aplica</p>
<p>Número de Wedderburn: $3 > W > 10$ -para ventos $> 2,00$ $W < 3$ -para ventos = 2,00 $3 < W < 10$ -para ventos = 1,00 $W > 10$ -aplicabilidade do modelo depende da velocidade do vento</p>
<p>Número de Richardson: $Ri < 1$ e $Ri > 1$ -para ventos de 2,00 a 45,00m/s – $Ri < 1$ -para vento de 1,00 – $Ri > 1$ -modelo depende da energia cinética do vento</p>
<p>Número de Rossby: $R > 1$ -modelo 1-D aplicável</p>
<p>Número de Fraude: Fi e $Fo \gg 1$ -modelo 1-D não se aplica</p>

(Reis, 2002)

Além dos estudos limnológicos realizados no reservatório e nos tributários, um extenso estudo hidrodinâmico foi contratado pelo Instituto Internacional de Ecologia e realizado pela firma HIDROMARES, composta por especialistas da Universidade de São Paulo. O projeto “Modelagem numérica da Circulação e da Qualidade de Água no Reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães – To”, apresentou as características essenciais do reservatório do ponto de vista hidrodinâmico, e da qualidade da água e mostrou mecanismos de funcionamento que serão de extrema importância na gestão.

1.2.1 - “Modelagem numérica da Circulação e da Qualidade de Água no Reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães – To”

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho contempla os resultados da modelagem matemática da circulação no reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães, TO, como parte de um plano de gerenciamento conduzido pelo Instituto Internacional de Ecologia, IIE e apoiado pelo grupo INVESTCO. O modelo empregado é descrito na seção 7, e foi adquirido da empresa holandesa W1 1 Deift Hydraulics e implementado pelo grupo de pesquisadores da empresa Hidromares Ltda. O reservatório foi formado em 2001 pelo represamento do Rio Tocantins e apresenta uma zona de influência da inundação que atinge aproximadamente 180 km, desde a cidade de Lajeado, localizada na extremidade mais à jusante, até Porto Nacional, na extremidade mais à montante. O reservatório está localizado no estado do Tocantins. A Figura 1 e Figura 2 são ilustrações tridimensionais da batimetria, interpeladas na grade computacional empregada pelo modelo Deift-3D. A profundidade média no domínio está entre 2-6 metros (região colorida em amarelo-alaranjado) e as profundidades máximas correspondem, em geral, corria a calha do Rio Tocantins e com a região próxima à barragem, onde atinge até 40 m. A calha do rio tem profundidade média em torno de 20 metros e corresponde aos tons esverdeados, na Figura 1 e Figura 2. A principal motivação desse estudo é auxiliar o gerenciamento da qualidade de água do reservatório através da modelagem matemática do escoamento através do reservatório. Seus resultados pretendem suportar as condições operacionais da usina, dando subsídios a métodos de gerenciamento, tal como o Método de Tomada de Decisão Baseado em Risco Máximo. Entretanto, a flexibilidade do modelo hidrodinâmico e de seus módulos agregados (Qualidade de Água e demais ferramentas) têm se mostrado extremamente eficaz em estudos diagnósticos que envolvem o conhecimento do estado hidrodinâmico do sistema e a preservação da qualidade do ambiente aquático. A natureza complexa dos processos físicos, químicos e biológicos, e suas mútuas interações, acrescidas ao tratamento quadridimensional, que muitos problemas requerem, somente pode ser abordada através de modelos matemáticos

robustos (Hamilton, 1999), tal como a suíte de modelos WL 1 Delft. O conjunto de forçantes principais, nesse ambiente, deve considerar as variações de empuxo geradas por estratificação de massa do sistema (devido ao aporte de afluentes com índices térmicos diferenciados), efeito de estratificação hidráulico, corrente de gravidade e influência de forçantes externas, tal como ventos, fluxos interfaciais verticais, vazões dos tributários e contribuição dos principais sorvedouros (barragem e vertedouros). Outros aspectos importantes a serem considerados na dinâmica de fluidos são a geometria do ambiente e as feições batimétricas, os quais afetam a correta parametrização do modelo, tal como os coeficientes de mistura turbulenta e os parâmetros de viscosidade e atrito de fundo.

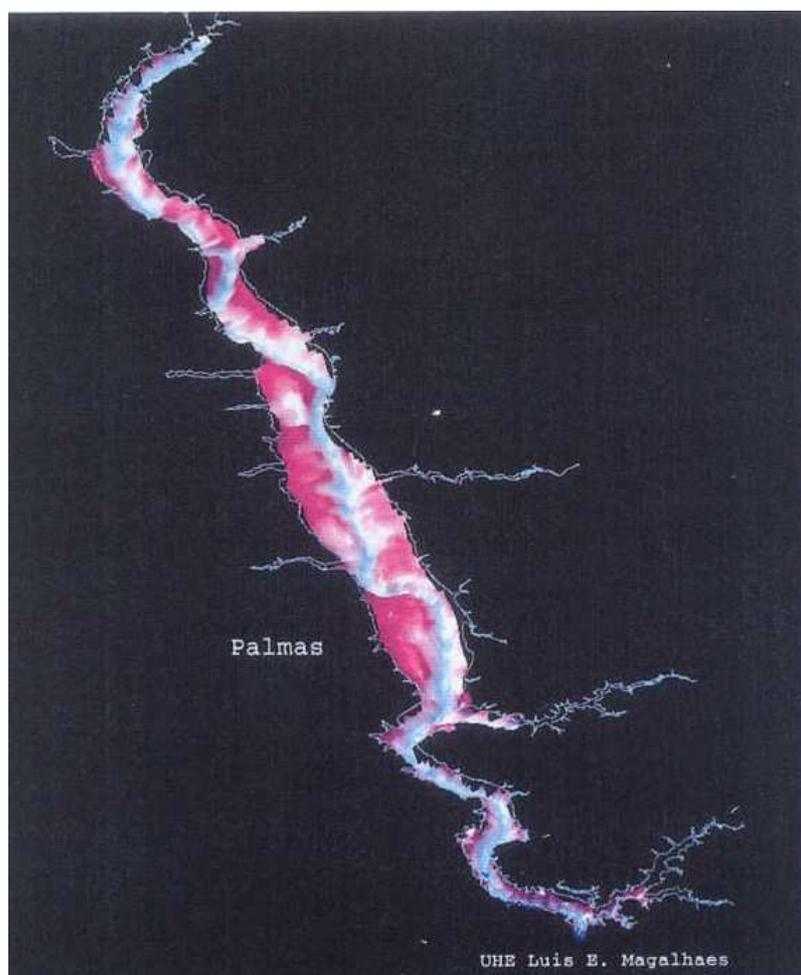


Figura 1 – Imagem tridimensional da batimetria utilizada no Modelo Delft-3D

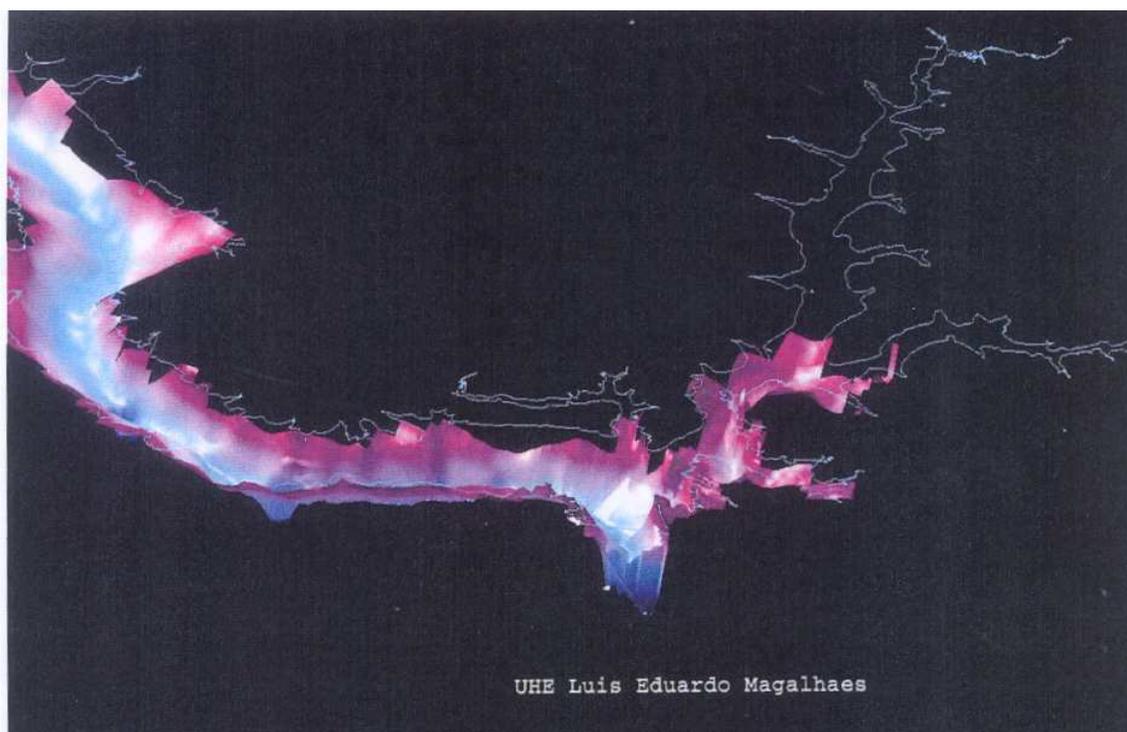


Figura 2 – Zoom da grade batimétrica. Vista NE da barragem

2. OBJETIVOS

Os objetivos originais do Projeto são descritos a seguir. Consideramos, no entanto, alguns refinamentos adicionados durante a execução do trabalho, os quais veio a completar e melhor orientar o prosseguimento do Projeto.

- Realizar medições do escoamento através de diversas seções transversais distribuídas ao longo do reservatório;
- Implementar o modelo numérico hidrodinâmico Delft3D para o estudo da circulação no reservatório, sob condições diversas de aporte, vazão (turbinada e vertida) e ventos;
- Implementar o módulo de qualidade de água Deift3D para o estudo de alguns aspectos da qualidade da água do reservatório.

Os refinamentos mencionados visam, sobretudo, contemplar os seguintes aspectos:

- Proporcionar o completo conhecimento do regime hidrodinâmico do reservatório sob condições ambientais e operacionais diversas;
- Auxiliar a operação do reservatório, estudando as modificações dos cenários ambientais (condições meteorológicas e hidrológicas) e antropogênicas;
- Simulação lagrangeana da trajetória de efluentes e partículas lançadas no reservatório;
- Estudo diagnóstico da dinâmica do reservatório, considerando a estratificação das massas de água e o cisalhamento vertical da corrente.
- Estudo da difusão e advecção de traçadores passivos (conservativos) e de substâncias não conservativas.

3. METOLOGIA E ATIVIDADES DE CAMPO

A parte experimental da metodologia adotada contemplou, principalmente, a formação de um banco de dados hidrológicos e meteorológicos. A principal finalidade desse banco de dados foi destinada à calibração do modelo, e posteriormente sua validação. Utilizou-se de medições hidrológicas coletadas durante o verão de 2002. Foram efetuadas medições em 87 estações, em 2 transectos ao longo dos 180 km de extensão da zona de influência da barragem, nas profundidades padrões de 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20 25, 30, 35 e 40 m. Medições de intensidade do vento e sua direção foram tomadas simultaneamente em cada estação, próximo da superfície, permitindo sua posterior inclusão como importante forçante hidrodinâmica do sistema. Para realização das medições hidrológicas utilizamos um correntógrafo acústico 3DACM, da Falmouth Scientific Instruments, o qual registrou a intensidade e direção da corrente em cada ponto e nível determinado. Esse aparelho foi submerso até a profundidade desejada, enquanto as informações foram simultaneamente monitoradas e registradas por um computador a bordo. As atividades experimentais foram conduzidas entre 16/03/2002 e 26/03/2002. Os dados correspondentes ao produto final apresentam valores da intensidade da corrente (em cmls) e a direção correspondente com relação ao Norte Verdadeiro (o valor da declinação magnética utilizado foi de 19°57'W). Os vetores velocidade assim obtidos foram corrigidos utilizando o valor estimado para a data 11/11/2002, segundo o modelo geomagnético IGRF2000. Em seguida o vetor velocidade foi projetado nas componentes leste-oeste (U) e norte-sul (V). $U > 0$ apontando para leste e $V > 0$ para o norte, dando prosseguimento aos demais cálculos de redução e apresentação gráfica dos resultados. O conjunto de figuras a seguir representa o valor da corrente em cada estação e em cada nível amostrado. Por exemplo: a figura 0952-1-S.tif corresponde à estação 0952 (0952), amostrada no primeiro ponto do transecto, a partir da margem direita (1) no nível 5 m a partir da superfície (5). O nome da estação (0952, como usado no exemplo acima) bem como demais informações sobre o tratamento dos dados empregados podem ser vistos nos relatórios anteriormente apresentados. A Figura 3 ilustra como os dados medidos foram representados graficamente.

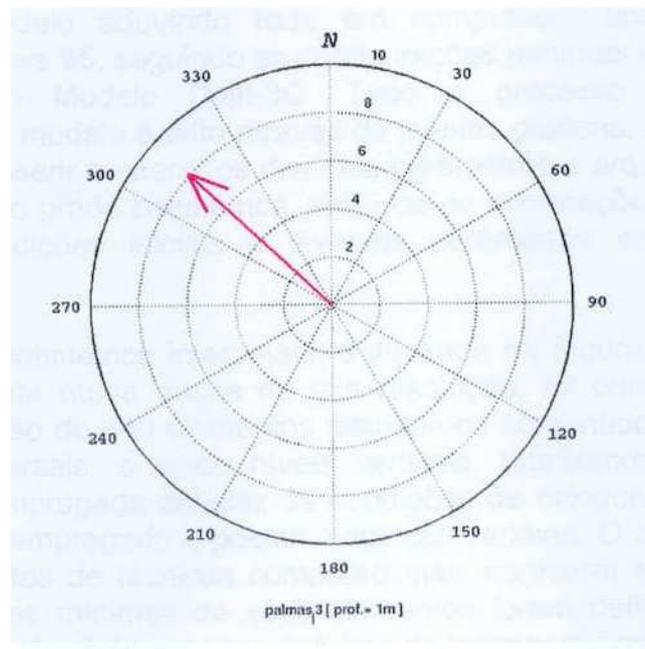


Figura 3 – Representação vetorial da circulação medida numa estação localizada a jusante de Palmas (estação palmas_j3). A medida foi realizada a 1 metro abaixo da superfície

4. O MODELO NUMÉRICO Delft-3D

Para o desenvolvimento teórico utilizamos a suíte de modelos computacionais da empresa holandesa WL 1 Delft Hydraulics. Seu núcleo é um modelo hidrodinâmico tridimensional capaz de resolver, completamente, o sistema de equações do movimento para um fluido geofísico. As principais aproximações consideradas são: fluido de Boussinesq e aproximação de águas rasas (o que acarreta na aproximação hidrostática). Nos experimentos numéricos processados foram consideradas as condições para um fluido baroclínico, com distribuição de temperatura entre 28 e 30 graus Celsius, sem influência de outras forçantes além dos fluxos correspondentes a entrada e saída do sistema. Foram estipulados quatro limites abertos no domínio onde, em cada um deles foi definido o tipo de condição de contorno mais apropriada. Os contornos de maior interesse são à entrada do sistema, definido pela seção transversal mais à jusante, e a saída principal, representando as turbinas e vertedouros.

A versão do modelo adquirido roda em computador tipo PC, com sistema operacional Windows 95, seguindo as configurações mínimas constantes no Manual de Instalação do Modelo Deift-3D. Todo o processo de configuração e implementação do modelo é feito através de janelas gráficas, onde o usuário tem a oportunidade de inserir e alterar os diversos parâmetros e arquivos de configuração externos, tais como grade batimétrica, arquivos de informações sobre as condições de contorno, condições iniciais e diversos parâmetros ambientais, biológicos, químicos e físicos.

A representação batimétrica interpelada é ilustrada na Figura 4. A grade numérica empregada consiste numa malha de alta resolução, tal como visto na Figura 5. Apresenta dimensão de 440 elementos distribuídos no sentido longitudinal, por 105 elementos transversais, e cinco níveis verticais, totalizando 231000 pontos de grade. A grade empregada satisfaz as condições de ortogonalidade exigidas pelo método numérico empregado e possui resolução variável. O seu aspecto curvilíneo e vários incrementos de técnicas computacionais conferem excelentes resultados, onde as dimensões mínimas de seus elementos foram definidas nas regiões de maior interesse do domínio, a saber, próximo da barragem (tal como visto na Figura 6) e próximo da cidade de Palmas. Essas dimensões, para cada elemento de grade variam entre 1 0 e 1 00 m, dependendo do interesse mencionado.

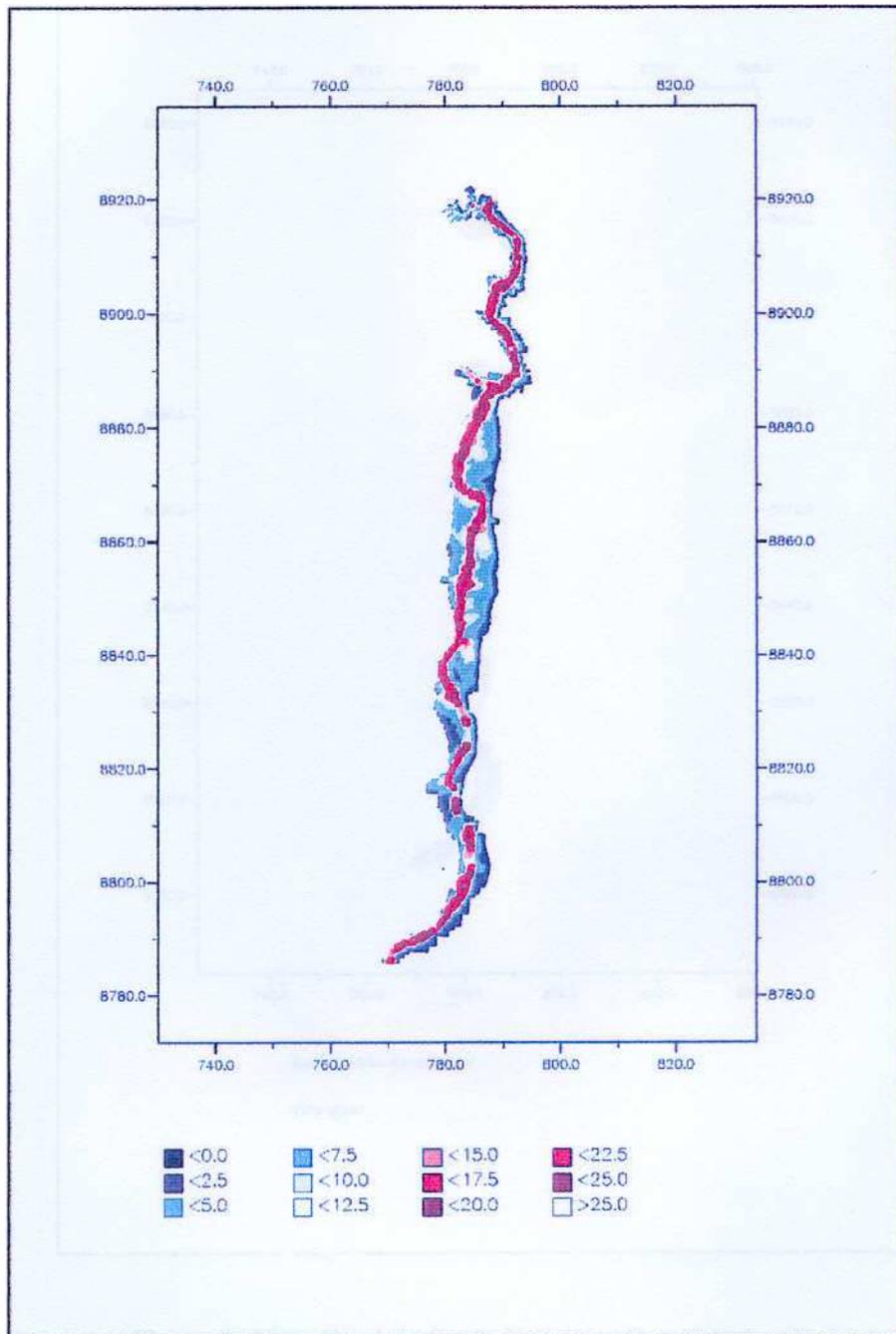


Figura 4 – Batimetria interpolada à grade do modelo numérico.

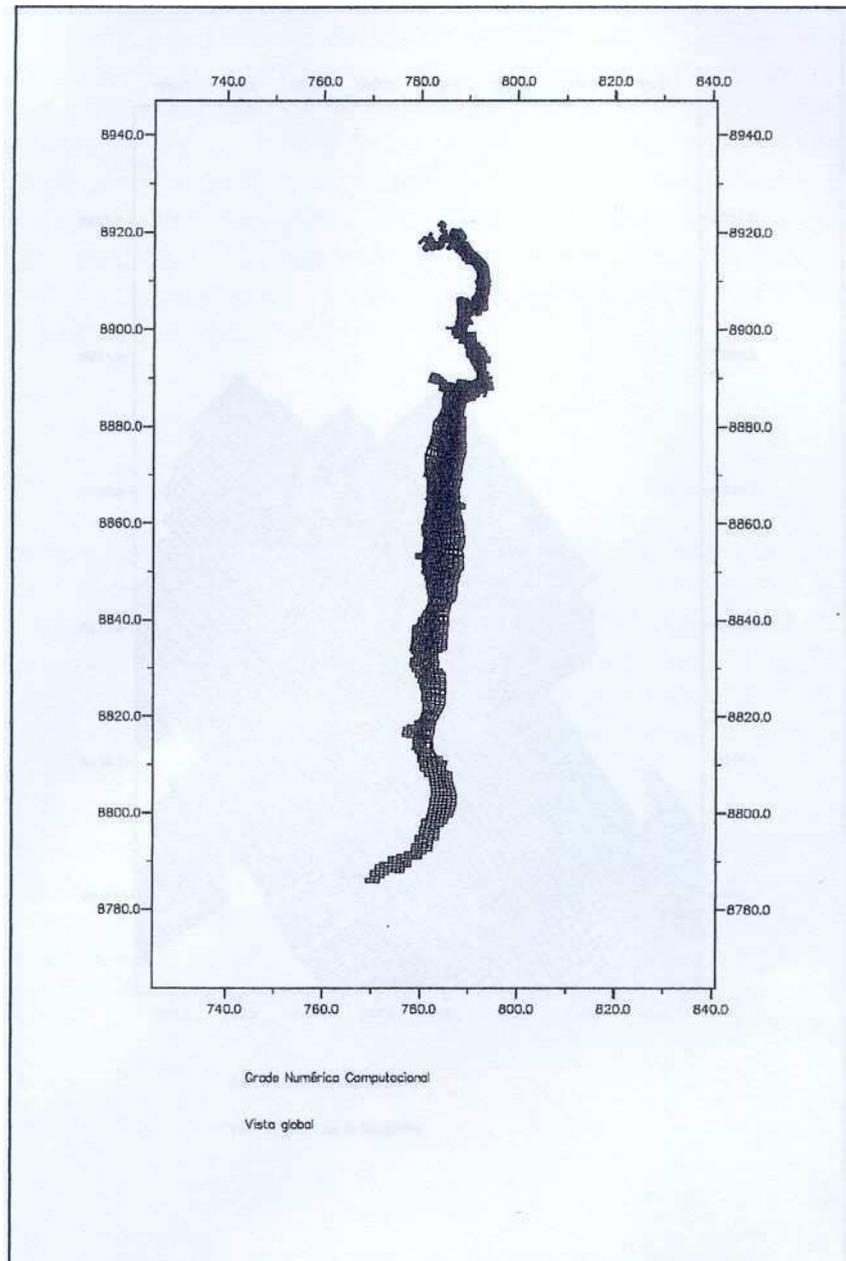


Figura 5 – Vista geral da grade numérica computacional

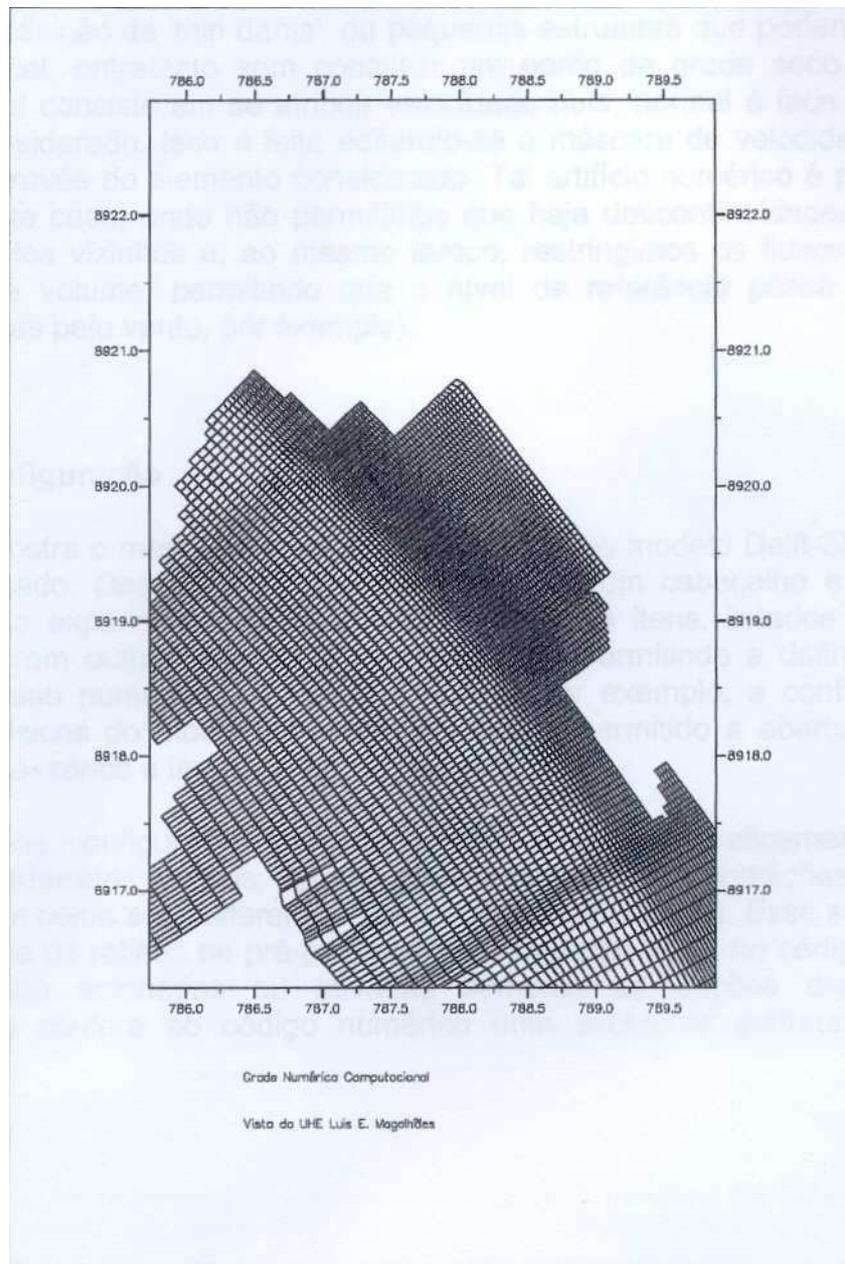


Figura 6 – Vista detalhada da grade, na região da UHE Luiz E. Magalhães

O aterro, construído para suportar a ponte em Palmas, foi considerado no modelo através da definição de 'thin dams', ou pequenas estruturas que podem interferir na circulação local, entretanto sem constituir um ponto de grade seco. Tal artifício computacional consiste em se atribuir velocidade nula, normal à face do elemento de grade considerado. Isso é feito editando-se a máscara de velocidades, fixando valor zero, através do elemento considerado. Tal artifício numérico é perfeitamente aplicável neste caso, onde não permitimos que haja descontinuidades de pressão entre elementos vizinhos e, ao mesmo tempo, restringimos os fluxos entre esses elementos de volume, permitindo que o nível de referência possa ser alterado (ondas geradas pelo vento, por exemplo).

Menu de configuração

A Figura 7 mostra o menu principal de configuração do modelo Delft-3D. O primeiro item selecionado, Description, permite a edição de um cabeçalho e comentários pertinentes ao experimento desenvolvido. Os demais itens, listados na coluna à esquerda, abrem outras janelas de configurações, permitindo a definição total de todo o processo numérico. A Figura 8 ilustra, por exemplo, a configuração dos parâmetros físicos do modelo, mostrando como é permitido a abertura de outros subitens necessários a implementação do estudo.

Todos os itens configuráveis do modelo são acessados graficamente, inclusive aqueles considerados cruciais, como o estabelecimento das condições iniciais e de contorno, bem como suas diferentes formulações incorporadas. Esse sistema se faz efetivo através de rotinas de pré-processamento incorporadas no código original do modelo, sendo acionadas ou ativadas somente as opções desejadas. Tal procedimento confere ao código numérico uma excelente estrutura e elevada otimização.

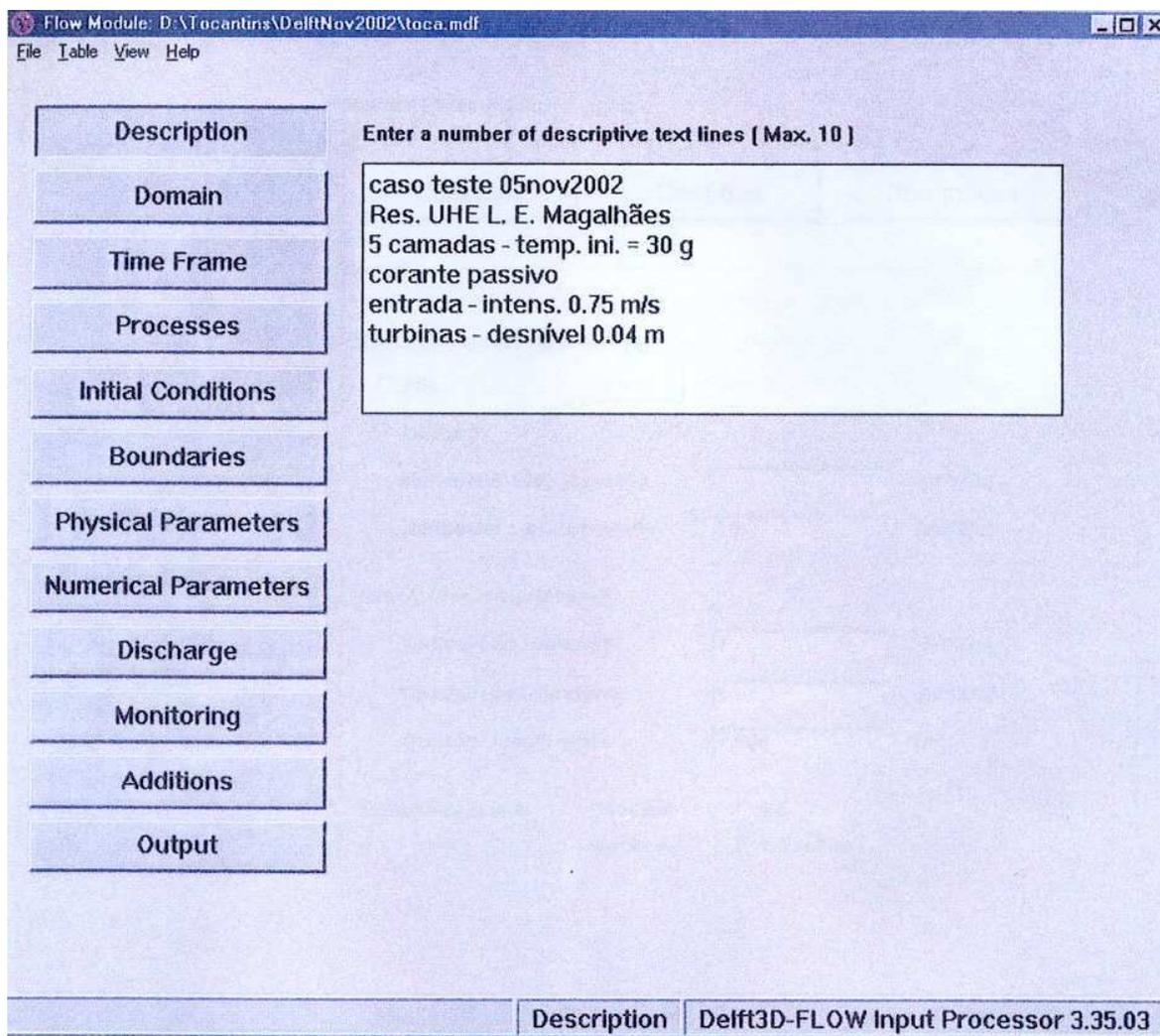


Figura 7 – Menu de configuração do módulo hidrodinâmico tri-dimensional. As demais opções de configuração tornam-se acessíveis pelos botões alinhados à esquerda.

5. RESULTADOS

O experimento descrito contempla as condições ambientais do reservatório contemplando uma situação frequente. Os parâmetros mais significativos são resumidos a seguir.

Forçante principal: corrente de gravidade (modo externo do gradiente de pressão)

Forçantes adicionais: circulação gerada pela inclinação das isopicnais (gradiente térmico); vento variável (de acordo com a Tabela 1) e fluxos verticais de calor nulos.

Sorvedouros: turbinas e Rio Lajeado (a noroeste da barragem)

Vazão: variável, simulando duas condições de operação da usina.

Configuração do modelo:

níveis de camada sigma: 5

descarga de corante passivo

fluxo na entrada: velocidade = 0.45 m/s

desnível nas turbinas: -0.03 m

início da simulação: 15/03/2002

final da simulação: 31/03/2002

time step: 15 minutos

processos envolvidos: temperatura e constituintes (corante passivo e poluente genérico)

Condições iniciais:

data de referência: 15/03/2002

início: 15/03/2002

final: 31/03/2002

passo de integração: 15 minutos

processos:

temperatura perfil verticalmente distribuído: 28' - 30' C

efluente passivo descarregado a montante de Palmas

contaminante genérico descarregado a jusante de Palmas, próximo ao aterro.

Condições atmosféricas variáveis:

Tabela 1 – Condições especificadas para o campo de ventos (valores modelados)

Vento: Intensidade	Vento: direção	Data	Hora
1 m/s	180°	15/03/2002	00:00
1 m/s	0°	20/03/2002	12:00
3 m/s	90°	20/03/2002	15:00
0	0°	21/03/2002	00:00
3 m/s	180°	21/03/2002	12:00
3 m/s	180°	31/03/2002	00:00

Nessa situação pretendeu-se avaliar o efeito da variação do campo de ventos nas condições hidrodinâmicas do reservatório, bem como sobre os processos difusivos e advectivos. O vento predominante é de sul, com intensidades entre 1 e 3 m/s. Os dois eventos marcantes são a intensificação e variação da direção simulada em 20/03/2002 as 15:00h e o relaxamento do vento em 21/03/2002 às 00:00h.

Condições operacionais e vazão do Rio Tocantins:

A vazão do rio Tocantins foi forçada no contorno sul do domínio, de acordo com os valores especificados na Tabela 2. No modelo Delft, a vazão pode ser definida de maneira implícita ou explícita. Optamos por defini-la implicitamente, em termos da intensidade do escoamento (em m/s), ao invés de definir a vazão propriamente (em m³/s). Essa opção foi baseada em dois fatores:

1) Dessa maneira podemos definir a vazão de saída em termos do rebaixamento da superfície livre introduzindo um gradiente horizontal de pressão, de tal modo que esse gradiente se ajusta e o volume do domínio permanece constante (não transborda nem seca);

2) Uma vez que os dados observados foram obtidos na mesma unidade (de velocidade) não é necessário convertê-los para vazão (em m³/s).

Os valores foram definidos na camada superficial e na última camada (mais próxima ao fundo). O modelo Delft possui uma rotina interna na qual esses valores estabelecidos são interpelados para as camadas intermediárias.

Tabela 2 – Vazão do Rio Tocantins expressa em termos da velocidade do escoamento

Intensidade do escoamento (sup / fun)	Data	Hora
0,45 m/s e 0,25 m/s	15/03/2002	00:00
0,45 m/s e 0,25 m/s	31/03/2002	00:00

A vazão de saída do domínio é ajustada de acordo com os valores de desnível da superfície livre, e foram especificadas de modo a simular três condições de operação da usina:

- 1) Condição de operação normal (equivalente a um rebaixamento de 3 em do n. r.);
- 2) Produção e vazão vertida suspensas;
- 3) Produção dobrada (equivalente a um rebaixamento de 6 em do n.r.)

Os valores de vazão para as turbinas estão na Tabela 3 a seguir,

Tabela 3 – Condições simuladas de operação da usina

Condição operacional da Usina	Desnível	Data	Hora
“normal”	- 3 cm	15/03/2002	00:00
Produção	0	20/03/2002	12:00
suspensa			
“normal”	-3 cm	21/03/2002	12:00
Produção	-6 cm	25/03/2002	12:00
dobrada			
“normal”	-3 cm	26/03/2002	12:00
“normal”	-3 cm	31/03/2002	00:00

As demais saídas do domínio foram nomeadas como saídas 1 e 2, identificadas pelo Rio Lajeado, no extremo NO. Os valores de desnível, para essas duas saídas, foram mantidos constante e perene iguais a -1 mm.

Como mencionado anteriormente, embora os desníveis iniciais tenham sido mantidos constantes, eles se acomodam ao escoamento do sistema. Dessa forma é permitido que a vazão seja controlada e o volume do reservatório se mantenha praticamente inalterado.

Parâmetros físicos:

Os parâmetros físicos de maior relevância utilizados na parametrização do modelo são apresentados no Painel 1 abaixo:

Painel 1 – Principais parâmetros físicos utilizados pelo modelo

Parâmetros físicos
Relaxação temporal de Thatcher-Harleman = 180 min. (superfície e fundo)
Rugosidade do leito uniforme: formulação de White-Colebrook $U=V=0.050$
Parametrização do atrito:
Viscosidade turbulenta horizontal: $1 \text{ m}^{**2}/\text{s}$
Difusividade turbulenta horizontal: $10 \text{ m}^{**2}/\text{s}$
Viscosidade turbulenta vertical: $1 \text{ m}^{**2}/\text{s}$
Difusividade turbulenta vertical: $1 \text{ m}^{**2}/\text{s}$
Parâmetro de Ozmidov: 1m (escala de comprimento para os processos de mistura)

Difusores:

O presente experimento numérico inclui o estudo diagnóstico dos processos difusivos e advectivos de dois difusores dispostos de acordo com o descrito no Painel 2. Esse arranjo considera a emissão de duas substâncias genéricas chamadas de corante ou efluente passivo e outra, chamada de poluente passivo. As duas substâncias são conservativas e, portanto não sofrem nenhum tipo de decaimento ou crescimento em suas taxas de concentração. Possuem as mesmas propriedades idealizadas, sendo diferenciadas somente pela nomenclatura utilizada. São substâncias passivas, no sentido de não interagirem com as propriedades físico-químicas da água e, conseqüentemente, não afetam o regime hidrodinâmico do reservatório. O propósito da inclusão desses traçadores passivos é justamente avaliar os efeitos quantitativos acarretados pela presença do aterro próximo a Palmas. Outras alterações antropogênicas podem ser facilmente incorporadas no modelo, tais como pontes, estruturas, barreiras, sorvedouros e difusores.

Painel 2 – Descrição dos difusores próximo a Palmas

Difusores
Difusor 1: descarga de corante passivo (ou efluente passivo) 4 pontos de grade (140,75), (140,76), (140,77) e (140,78) Localização: à montante de Palmas, na calha do rio. Descarga constante do efluente 0,25 m ³ /s (em cada ponto) Temperatura do efluente: 30° C Concentração do efluente: 1 kg/m ³
Difusor 2: descarga de poluente passivo 4 pontos de grade (21), (51), (73) e (88) Localização: à jusante de Palmas, próximo ao aterro. Descarga constante do poluente 0,25 m ³ /s (em cada ponto) Temperatura do efluente: 30° C Concentração do poluente: 1 kg/m ³

Os resultados desse estudo referem-se à descrição do regime hidrodinâmico do reservatório sob influência de sua vazão estimada a partir das medições efetuadas em campo. A informação mais notável é observada na região central do reservatório, nas proximidades da cidade de Palmas, onde verificamos restrições ao fluxo impostas pela presença do aterro. Este age como uma verdadeira barreira, fazendo com que as linhas de corrente sejam distorcidas, assimétricas e concentradas junto à margem esquerda. Na margem direita, à jusante do aterro, identificamos uma região dinamicamente estagnada, onde o escoamento cai consideravelmente e as correntes são da ordem de 1-2 em/s nessa localidade mais abrigada.

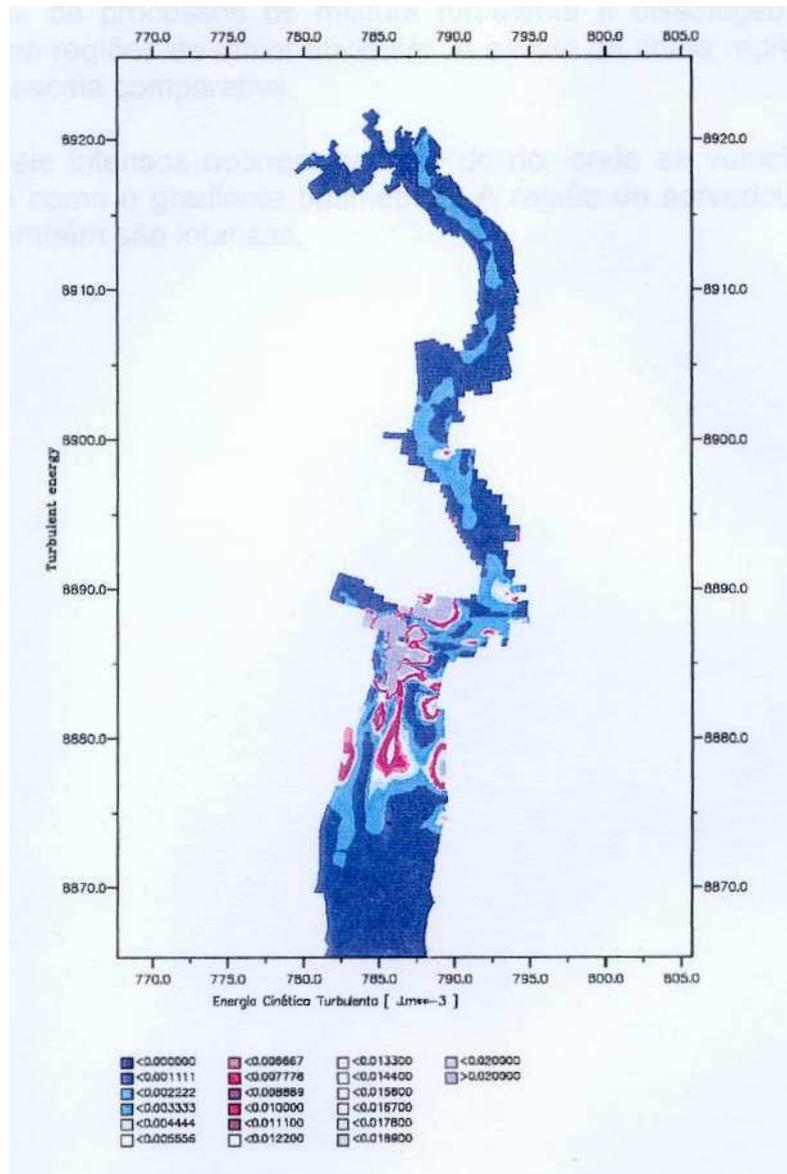


Figura 9 – Energia Cinética turbulenta modelada para a camada próxima ao fundo (setor Norte)

A Figura 9 mostra a estimativa da Energia Cinética Turbulenta, obtida através de processamento interno do Modelo Numérico, para a camada de fundo, na região próxima do sorvedouro principal do modelo (barragem). Essa grandeza é útil para definir as regiões do domínio numérico de maior atividade dinâmica onde, evidentemente, os processos de mistura turbulenta e dissolução de substâncias ocorrem nessas regiões de maior atividade. A escala de cores representa a energia dissipada em escala comparativa.

Os valores mais intensos ocorrem no leito do rio, onde as velocidades são mais intensas, bem como o gradiente batimétrico. A região de sorvedouro e a saída do Lageadinho também são intensas.

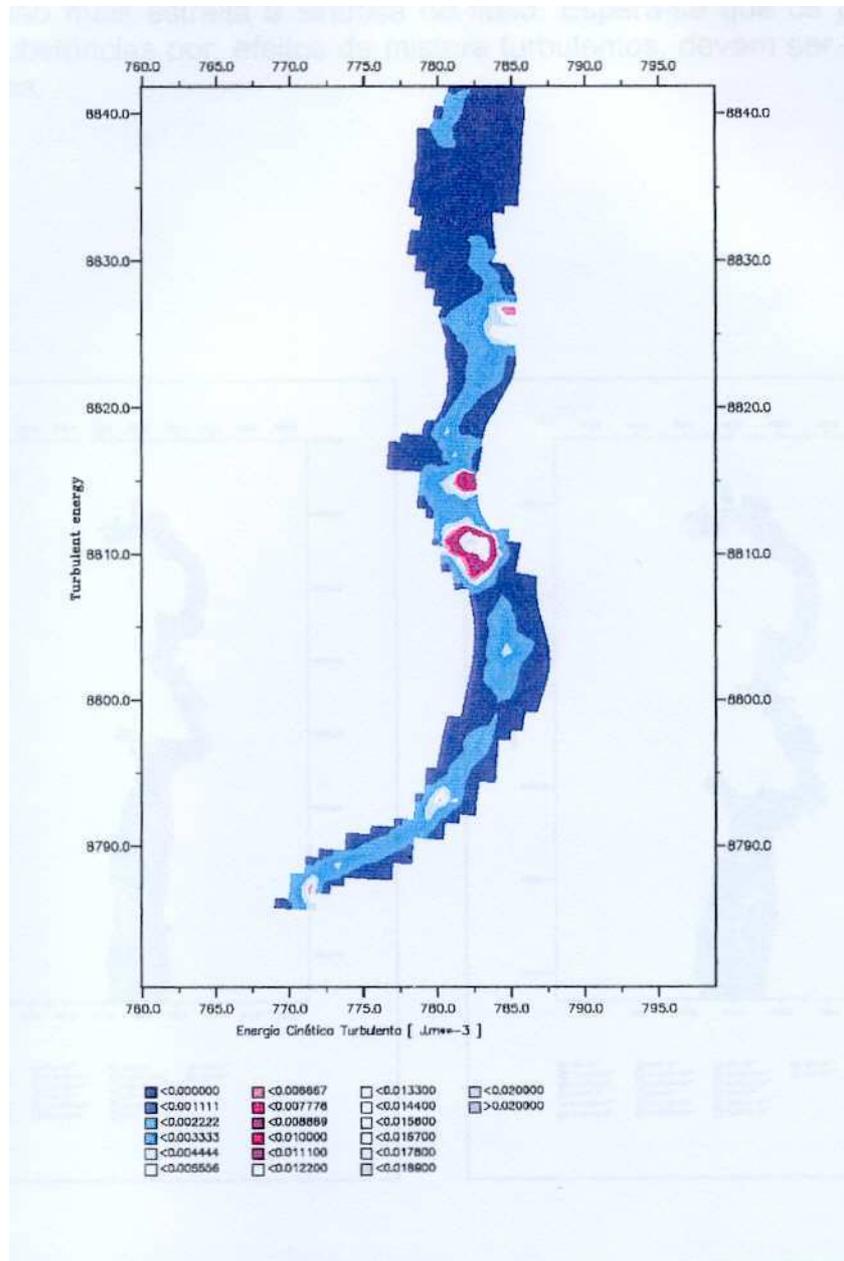


Figura 10 – Energia Cinética turbulenta modelada para a camada próxima ao fundo (setor Sul)

Ainda para a camada de fundo, a Figura 10 mostra a distribuição horizontal da Energia Cinética Turbulenta para o setor Sul do domínio numérico. Os valores são mais significativos do que aqueles que ocorrem no setor Norte (Figura 9) devido, principalmente, a maior intensidade do fluxo, causado pelo afunilamento do leito do Rio Tocantins. As zonas de energia mais intensas são, desta vez, observadas ao curso da região mais estreita e sinuosa do fluxo. Espera-se que os processos de diluição de substâncias por efeitos de mistura turbulenta devam ser mais efetivos nessas regiões.

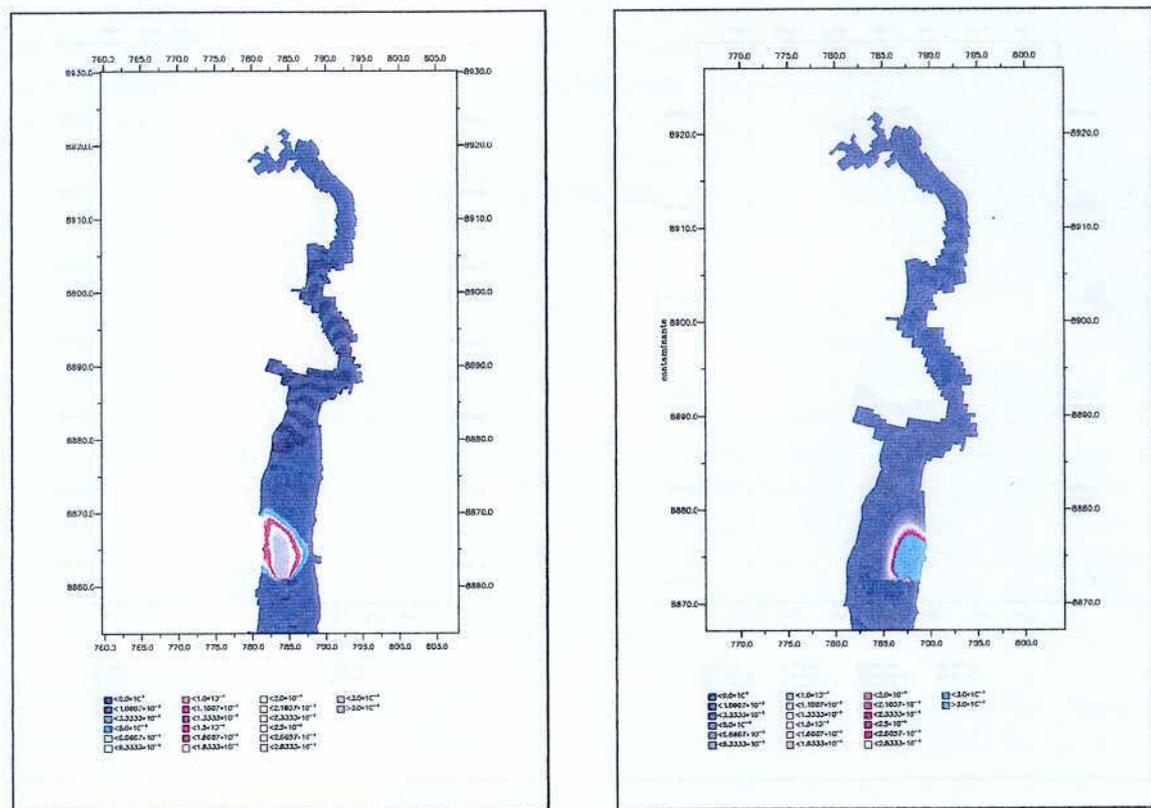


Figura 11 – Difusores representando o lançamento de traçador conservativo (à esquerda) e de um poluente genérico (à direita), localizados próximo a Palmas (instante inicial)

A Figura 11 mostra a distribuição horizontal inicial de um traçador conservativo e de um poluente genérico lançados através de difusores, próximo a Flaimas. Ambas substâncias são idealizadas, genéricas e gozam das mesmas características difusivas e demais aspectos físico-químicos.

Essa simulação numérica é feita utilizando o Módulo de Qualidade de Água, onde definimos a posição do difusor e as características físico-químicas do efluente, bem como sua concentração inicial e características do fluxo (vazão e temperatura). Todas características são mantidas nos dois difusores.

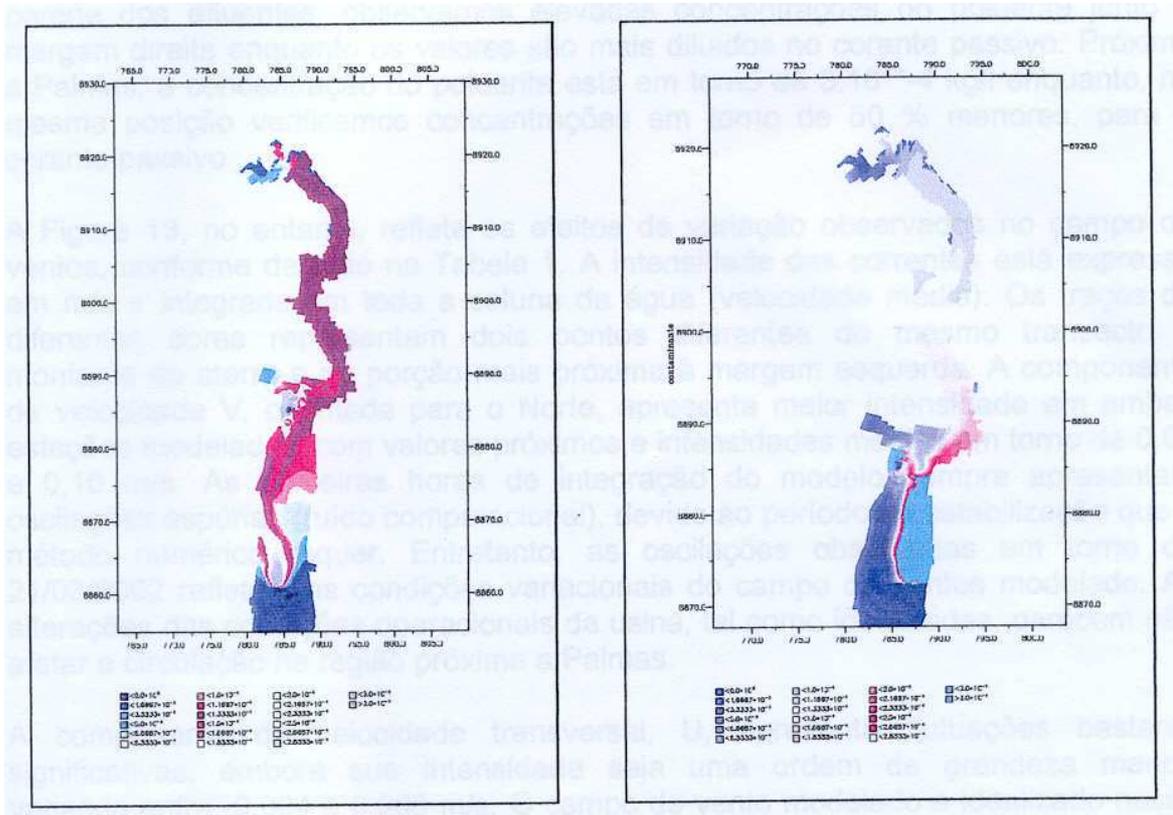


Figura 12 – Difusores representando o lançamento de traçador conservativo (à esquerda) e de um poluente genérico (à direita), localizados próximo a Palmas (instante final)

A situação ilustrada pela Figura 11 e Figura 12 representa de maneira didática o efeito da restrição imposta pela presença da barragem. O efeito da variação do campo de ventos também é outro fator importante, embora não seja visível nas figuras mencionadas. As animações da pluma desses efluentes mostram claramente que, no decorrer do experimento simulado, e consideradas as variações do vento, essas concentrações sofrem significativas alterações em sua distribuição horizontal.

A concentração inicial dos efluentes tem a forma de um bulbo simétrico e regular. O valor de concentração é mais compactado para o poluente passivo do que para o corante. Este já apresenta, desde os instantes iniciais, maior tendência de ser advectado pelo fluxo mais intenso, enquanto aquele tende a ficar estagnado junto à margem esquerda. Após a evolução das plumas dos efluentes, que ocorreram simultaneamente sob mesmas condições ambientais forçantes, verificamos que a tendência mencionada se mantém. Após 16 dias de simulação, com vazão efetiva perene dos efluentes, observamos elevadas concentrações do poluente junto à margem direita enquanto os valores são mais diluídos no corante passivo. Próximo a Palmas, a concentração do poluente está em torno de 3.10^{-4} kgl enquanto, na mesma posição verificamos concentrações em torno de 50 % menores, para o corante passivo.

A Figura 13, no entanto, reflete os efeitos de variação observados no campo de ventos, conforme descrito na Tabela 1. A intensidade das correntes está expressa em m/s e integrada em toda a coluna de água (velocidade média). Os traços de diferentes cores representam dois pontos diferentes do mesmo transecto à montante do aterro e na porção mais próxima à margem esquerda. A componente de velocidade V , orientada para o Norte, apresenta maior intensidade em ambas estações modeladas, com valores próximos e intensidades médias em torno de 0,08 e 0,10 m/s. As primeiras horas de integração do modelo sempre apresentam oscilações espúrias (ruído computacional), devido ao período de estabilização que o método numérico requer. Entretanto, as oscilações observadas em torno de 21/03/2002 refletem as condições variacionais do campo de ventos modelado. As alterações das condições operacionais da usina, tal como idealizadas, parecem não afetar a circulação na região próxima a Palmas.

A componente de velocidade transversal, U, apresenta Autuações bastante significativas, embora sua intensidade seja uma ordem de grandeza menor, variando entre -0,004 e 0,008 m/s. O campo de vento modelado e idealizado nesse experimento afeta muito mais essa componente do que aquela, longitudinalmente orientada. Isso também é claramente observado na animação, pois as deformações da pluma de efluentes acompanham a ocorrência dos ventos de quadrante leste, de 20/03/2002.

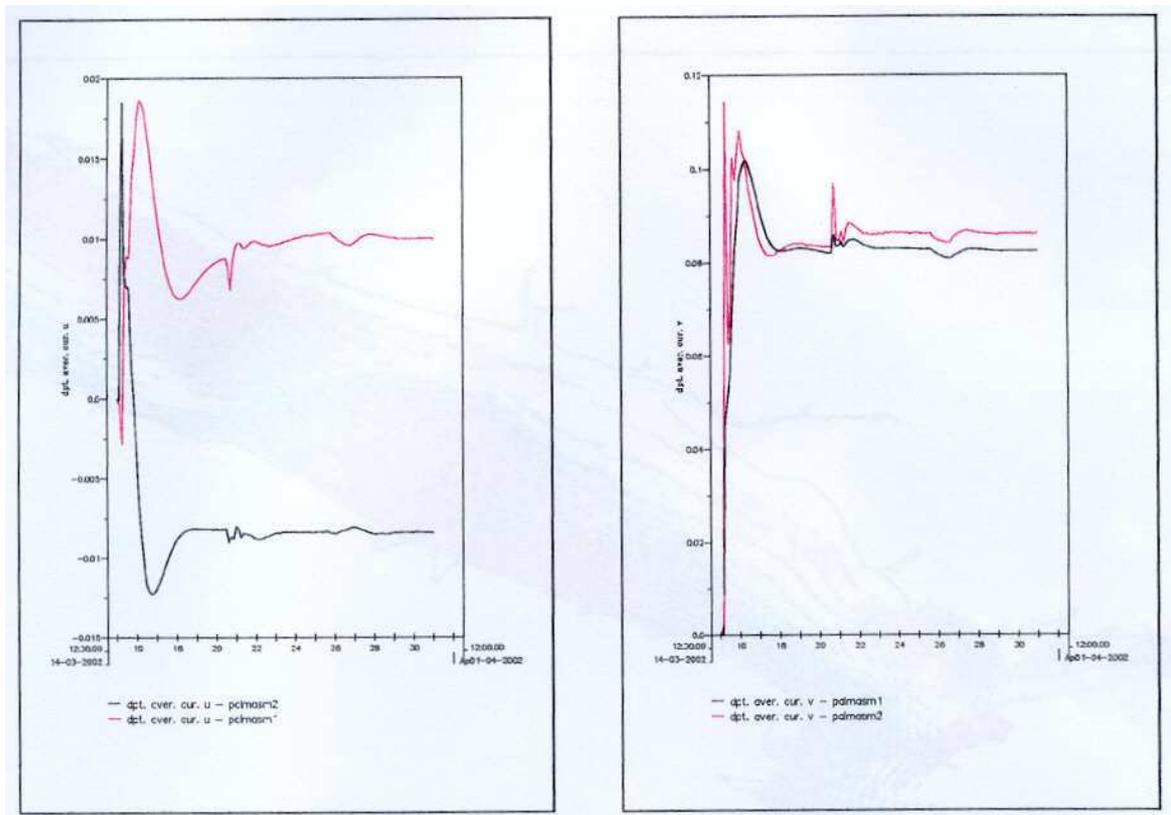


Figura 13 – Componente de velocidade U e V (transversal e longitudinal) à montante do aterro, em Palmas

As correntes ao longo do reservatório apresentam comportamento regular e confinadas, sobretudo, pelas conformações morfológicas do leito do rio Tocantins. O escoamento é bem encaixado na calha do rio e nas margens mais alargadas sofre o efeito do atrito horizontal. Isso pode ser bem visualizado na Figura 15, onde a distribuição radial das correntes superficiais apresentam formato de uma distribuição gaussiana. As correntes profundas acompanham as imperfeições do terreno e apresentam intensidades menores, quando comparadas com as superficiais, basicamente por efeito de atrito com o leito.

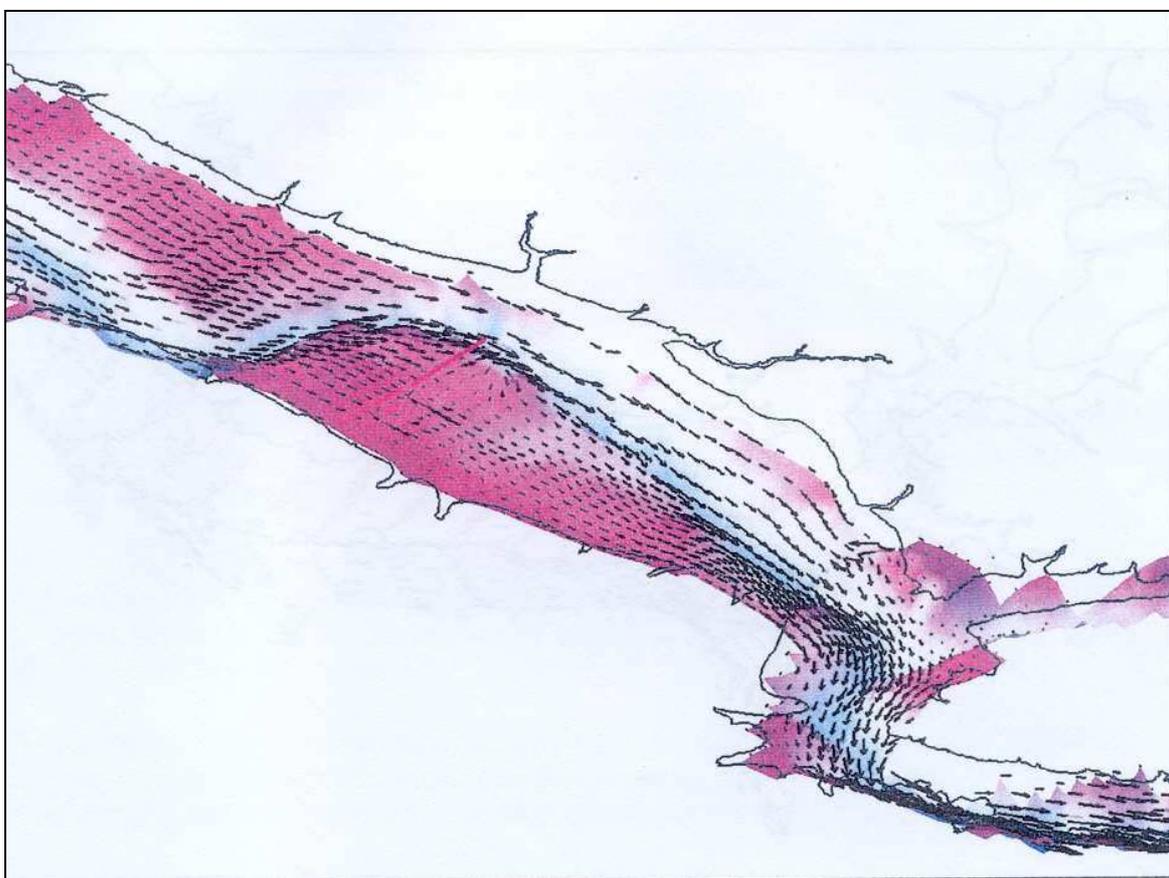


Figura 14 – Correntes próximas ao fundo, ao longo do trecho entre Palmas e a UHE Luiz E. Magalhães

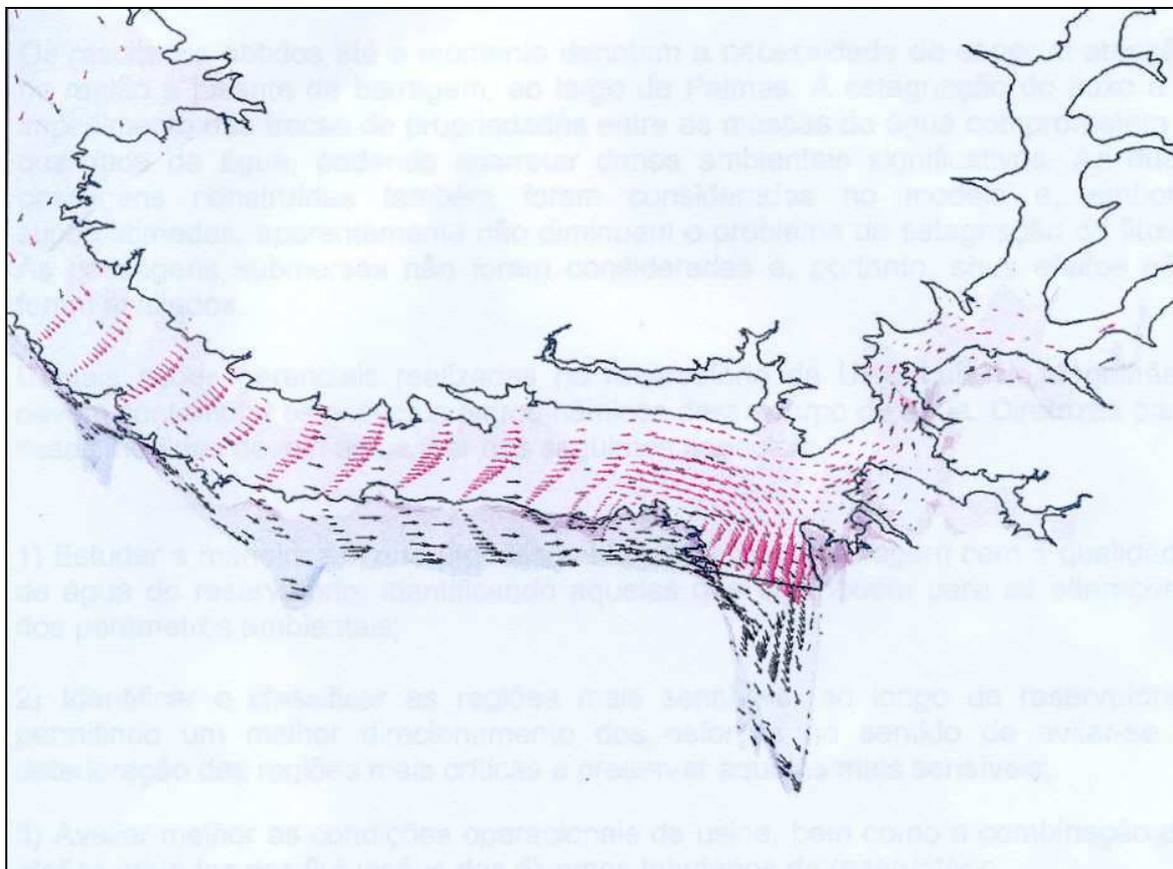


Figura 15 – Correntes superficiais e profundas, na região da UHE Luiz E. Magalhães. Os vetores estão sub-amostradas, para o propósito de melhor visualização

6. DISCUSSÃO

Até o presente momento os índices de qualidade de água do Rio Tocantins permanecem satisfatórios, ao longo da zona de influência da inundação (Reis, 2002), não obstante já tenha sido identificada a região mais crítica como sendo aquela próxima a Palmas, a jusante do aterro, onde a concentração de bactérias atinge valores críticos.

Os resultados obtidos até o momento denotam a necessidade de especial atenção na região à jusante da barragem, ao largo de Palmas. A estagnação do fluxo e o impedimento das trocas de propriedades entre as massas de água comprometem a qualidade da água, podendo acarretar danos ambientais significativos. As duas passagens construídas também foram consideradas no modelo e, embora superestimadas, aparentemente não diminuem o problema da estagnação do fluxo. As passagens submersas não foram consideradas e, portanto, seus efeitos não foram avaliados.

Demais ações gerenciais realizadas no reservatório da UHE Luiz E. Magalhães devem contemplar os aspectos hidrodinâmicos desse corpo de água. Diretrizes para essas medidas devem se basear nos seguintes aspectos:

- 1) Estudar a maneira em que processos hidrodinâmicos ínteragem com a qualidade de água do reservatório, identificando aqueles que contribuem para as alterações dos parâmetros ambientais;
- 2) Identificar e classificar as regiões mais sensíveis, ao longo do reservatório, permitindo um melhor direcionamento dos esforços no sentido de evitar-se a deterioração das regiões mais críticas e preservar aquelas mais sensíveis;
- 3) Avaliar melhor as condições operacionais da usina, bem como a combinação de efeitos oriundos das Autuações dos diversos tributários do reservatório.

Com relação ao estudo dos difusores apresentado, vale ressaltar deve ser considerado que o corante passivo sofre maior diluição, simplesmente pelo fato de percorrer um trajeto maior, pois está à montante daquele lançado na região dinamicamente mais estagnada. No entanto o experimento não está invalidado em seu propósito de ilustrar as alterações impostas por estruturas e demais construções que venham a ser construídas ao longo do reservatório.

1.2.2 – Interações do reservatório com a bacia hidrográfica

A interação do reservatório com a bacia hidrográfica ficou caracterizada em estudos detalhados da susceptibilidade a erosão laminar e à erosão linear com o detalhamento dos impactos referentes aos usos do solo às características do transporte de sedimento promovidos pelos vários usos do solo e a decorrência das características do solo de origem sedimentar ou cristalina.

1.2.3. - Síntese

Em síntese, o reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães é um reservatório relativamente raso, com gradientes espaciais bem estabelecidos ao longo de seu eixo horizontal, com tempo de retenção relativamente baixo, com mecanismos de circulação especiais que caracteristicamente acumulam água ao longo da Ponte Presidente Fernando Henrique Cardoso e com processos de decomposição de matéria orgânica ainda relevantes quantitativamente promovendo desoxigenação a montante.

O baixo tempo de retenção é um fator positivo no funcionamento do reservatório, e o vento e a precipitação durante o período chuvoso contribuem para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica e re-oxigenar a coluna de água. Esta variação estacional que ocorre é fundamental no funcionamento do reservatório, sendo que nos períodos menos chuvosos e secos, há estratificação e acúmulo de água com baixa concentração de oxigênio nas camadas mais profundas do reservatório. As correntes ao longo do reservatório apresentam comportamento regular e confinadas, sobretudo pelas conformações morfológicas do leito do Rio Tocantins. O escoamento da água é bem encaixado na calha do rio, e nas margens mais alagada sofre o efeito do atrito horizontal produzindo acúmulo de matéria orgânica, fitoplâncton e zooplâncton. A estagnação do fluxo, especialmente ao longo da Ponte Presidente Fernando Henrique Cardoso, compromete a qualidade da água, especialmente em períodos de baixa circulação vertical e com pouco aporte da água de precipitação provindas de montante.

Dos efeitos específicos do reservatório da UHE – Serra da Mesa no reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães, deve-se destacar principalmente a contribuição de inóculos de *Microcystis aeruginosa* e de *Cylindrospermopsis raciborskii* para a microflora planctônica do reservatório.

2. SERVIÇOS PROMOVIDOS PELA REPRESA DA UHE – LUIS EDUARDO MAGALHÃES

Um reservatório do porte deste sistema artificial e inserido em um novo estado com perspectivas de crescimento acelerado em função de recursos naturais adequados, investimentos em infra-estrutura, crescimento populacional e diversificação de atividades de trabalho e novas oportunidades, promove um conjunto de usos múltiplos centrados no novo ciclo hidrosocial estimulado pela presença do ecossistema artificial. Os seguintes usos múltiplos deverão fazer parte do processo deste novo ciclo hidrosocial:

- Abastecimento público para municípios e pequenas localidades na zona rural.
- Produção de alimento: pesca.
- Irrigação em pequena escala.
- Irrigação em larga escala (agronegócios).
- Recreação em pequena e larga escala.
- Turismo e atividades relacionadas.
- Navegação e transporte em escala limitada e em larga escala dentro de alguns anos.
- Usos industriais diversificados além da produção de energia elétrica.
- Aquacultura em condições controladas e limitadas à exploração de espécies nativas.

Estes serviços têm um valor importante do ponto de vista econômico e podem promover uma completa alteração das estruturas econômicas da região se orientados para os diferentes investimentos que promovem sustentabilidade através da qualidade da água. O valor desses serviços deve ser mensurado no futuro e o potencial econômico do reservatório deve ser considerado viz a viz os custos para a sua recuperação. Por outro lado, o uso contínuo da bacia hidrográfica e do reservatório promoverão um conjunto de impactos de grande porte que poderão comprometer definitivamente a qualidade da água e produzir um efeito em cascata na economia local e regional deteriorando o valor da terra, reduzindo o acesso a empregos, deteriorando a saúde das populações locais e comprometendo o desenvolvimento local e regional.

3. USOS MÚLTIPLOS DA REPRESA E BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os usos múltiplos da represa da UHE – Luis Eduardo Magalhães compreendem como já se verificou um conjunto grande de atividades simultâneas na bacia hidrográfica e na represa. Estas atividades simultâneas compreendem as seguintes atividades e esforços de exploração:

ELEMENTO / USO MÚLTIPLO	OBJETIVO
Produção de hidroeletricidade	Provisão de energia para o desenvolvimento econômico e melhor qualidade de vida
Irrigação nas bacias hidrográficas	Aumento na produção agrícola e aumento nas exportações. Ampliação da capacidade de produção de alimentos em larga e pequena escala.
Suprimento de água para o abastecimento público	Provisão de água para uso doméstico, urbano e rural em grande escala (municípios) e em pequena escala na zona rural.
Suprimento de água para fins industriais e comerciais	Ampliação da capacidade industrial por maior oferta de água. Aumento da atividade comercial por maior acesso à água.
Uso recreacional da água	Aumento de acesso à água para a recreação e melhor qualidade de vida para a população.
Pesca e Aquacultura	Água disponível para a produção de biomassa de peixes e aumento da produção de alimento com melhoria da atividade pesqueira,
Navegação e Transporte	Ampliação da capacidade de carga e passageiros com aumento das atividades de navegação e transporte. Transporte intermunicipal e regional. Oferta de serviços e turismo.
Exploração de areia e seixos	Ampliação da capacidade de extração de areia e seixos do reservatório par atender à demanda de construção nos município e na região.

4. PRINCIPAIS IMPACTOS DOS USOS MÚLTIPLOS

Um conjunto de usos múltiplos que já começa a se delinear com um arcabouço relativamente definido para o reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães acarreta uma sucessão de impactos diretos e indiretos cuja capacidade de previsão e de gestão dependem exatamente da qualificação do plano de gestão e dos instrumentos legais e institucionais à disposição dos sistemas públicos e privados. Deve-se destacar ainda que o plano de gestão adequado deve incorporar também os usos múltiplos e seus impactos já na fase de planejamento consistindo portanto esta fase na identificação das tendências e dos usos relevantes e sua incorporação no sistema de gerenciamento. Para cada um dos principais impactos nas bacias hidrográficas geraram-se os componentes principais do sistema que determinaram um conjunto de situações, as quais deverão ser gerenciadas de forma integrada. Deve ser esclarecido que cada um destes componentes pode gerar outro conjunto de impactos indiretos alguns de difícil detecção outros detectados de forma mais óbvia e com metodologia mais simplificada. Figuras: 20, 21 e 22.

5. IMPACTOS DOS USOS MÚLTIPLOS

Os principais impactos dos usos múltiplos da represa e das bacias hidrográficas, referem-se a impactos diretos e indiretos, no solo, nos tributários, na represa e a jusante da barragem. Uma lista completa dos impactos é apresentada. Os usos múltiplos impactos e conseqüências são listados:

5.1 – Impacto nas bacias hidrográficas e nos tributários

- Ocupação indiscriminada das bacias hidrográficas e das áreas de mananciais próximas aos municípios.
- Desmatamento das matas ciliares.
- Erosão laminar do solo.
- Erosão linear do solo.
- Aplicação indiscriminada de pesticidas e herbicidas nos cultivos e na agricultura em larga escala.

- Aplicação indiscriminada de fertilizantes (especialmente N, P, K) no solo e nos cultivos em massa.
- Atividades pecuárias: criação extensiva e intensiva de bovinos, suínos e avicultura.
- Atividades de extração de areia às margens do reservatório.
- Perda da qualidade estética devido ao desmatamento, e comprometimento de atividades de recreação.

5.2 – Impactos no reservatório

- Aumento da carga interna de fósforo e nitrogênio e alterações no estado trófico.
- Eutrofização acelerada.
- Aumento da taxa de sedimentação e diminuição do tempo médio de vida do reservatório.
- Aumento da frequência de cianobactérias no reservatório.
- Aumento do risco à saúde humana por frequências de cianobactérias tóxicas no reservatório.
- Aumento dos custos do tratamento da água do reservatório (para abastecimento humano)
- Aumento da toxicidade da água e dos sedimentos.
- Impactos na diversidade ictica e comprometimento de atividades pesqueira e aquicultura.
- Impactos na atividade de recreação e turismo.
- Perda do potencial econômico do reservatório, por comprometimento dos usos múltiplos.
- Impactos na saúde humana.

6. PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DA REGIÃO MARGINAL E DA INTERFACE TERRESTRE/LACUSTRE

A interface terrestre e lacustre tem importância fundamental no funcionamento do reservatório uma vez que nesta interface que se dá a transferência de material em suspensão, nutrientes (N e P), poluentes para sistema aquático. Portanto, esta interface é extremamente importante como controle das condições do reservatório, e para impedir a contaminação, poluição e degradação. A transição entre sistema terrestres e lacustres é geralmente suave e mesmo em um reservatório recente, organiza-se um processo adequado da transição extremamente útil para a preservação do sistema aquático. (Jorgensen and Lofler, 1990). A proteção da região marginal pode dar-se através da manutenção das matas ciliares e sua restauração, e a presença de um banco de macrófitas aquáticas ao longo da zona litoral que pode funcionar como zona tampão e reter sedimentos, detritos ou outros componentes sólidos ou líquidos que atinjam essa região.

A manutenção de um sistema de matas ciliares ao longo do reservatório ao longo dos tributários é de fundamental importância no controle das condições de qualidade da água do reservatório.

Matas ciliares retêm sedimentos, retêm nutrientes e pesticidas e herbicidas e fornecem matérias orgânicas a organismos aquáticos, peixe e invertebrados. (Rodrigues e Leitão Filho, 2000). Esta vegetação é especializada, resiste a inundações e tem um papel fundamental na proteção de todo sistema aquático.

7. REDUÇÃO DAS FONTES PONTUAIS DE NUTRIENTES

Com a finalidade de retardar e evitar problema da eutrofização é necessário, reduzir de forma drástica as fontes pontuais de nutrientes para os tributários e reservatórios.

7.1 - Tratamento de esgotos dos municípios

Todos os municípios da bacia hidrográfica e especialmente aqueles que se encontram situados próximos aos tributários e reservatórios devem ter seus esgotos tratados pelos vários métodos disponíveis, com a remoção das maiores concentrações de Pe N. Estimativas apresentadas 1º Relatório do IIE para a INVESTCO, relatam que os 11 municípios localizados ao redor da represa, tem uma população de aproximadamente 300.000 habitantes, 7 municípios localizados no perilago tem uma população de 220.000 habitantes, aproximadamente, e da uma poluição de 321toneladas de P por ano e 723 toneladas N por ano se os esgotos não forem tratados. As estimativas apresentam 520 ton/ano de P e 1.170 ton/ano de N para toda bacia somente para as populações da área urbana.

7.2 - Tratamento dos efluentes industriais

Os efluentes industriais podem produzir N e P para o lago além de outros elementos e substâncias. É fundamental aplicar legislação e fiscalização que remova os contaminantes destes efluentes. A cobrança pelo uso da água e o princípio do poluidor / pagador pode ter uma importância fundamental no estímulo ao tratamento.

7.3 - Tratamento dos efluentes de projetos de irrigação

Projetos de irrigação são fontes pontuais de nutrientes devido ao uso de N e P como fertilizantes. É fundamental o tratamento de efluentes que são eventualmente canalizados para o reservatório e os tributários. Estes efluentes poderão ser tratados com técnicas especiais, inclusive, se for o caso, o uso de pré-reservatórios para a contenção de matéria orgânica e de influxos de N e P.

8 - TRATAMENTO E REDUÇÃO DE FONTES NÃO PONTUAIS DE NUTRIENTES, PESTICIDAS E HERBICIDAS

Fontes não pontuais de nutrientes resultam da descarga de fertilizantes aplicados no solo, em conjunto ou não com projetos de irrigação. Além disto, atividades variadas nas bacias hidrográficas podem provocar a descarga de N e P: agropecuária, despejo de resíduos sólidos de origem orgânica, fossas negras, despejos de lixo orgânico nos tributários, especialmente nas áreas urbanas e periurbanas. Para redução destas cargas é necessário:

- Educação sanitária de agricultura, usuários.
- Educação sanitária da população em geral
- Promover a recuperação de matas ciliares nos tributários, principalmente nas zonas de intensa atividade agrícola e nas regiões urbanas e periurbanas.
- Ampliar a capacidade de fiscalização dos órgãos estaduais e municipais.

Figuras: 15, 16, 17, 18 e 19.

9- GERENCIAMENTO DOS TRIBUTÁRIOS

Os tributários do reservatório podem ser fonte permanente de contaminação e poluição se não houver controle. Para tanto, é necessário um sistema de gerenciamento que compreenda os tributários, e seus afluentes. A proteção aos tributários e seus afluentes, dar-se-á com a proteção e a recuperação das matas galeria em torno destes sistemas o que produzirá uma barreira sanitária de proteção para os rios e o reservatório. Para este gerenciamento efetivo, é necessário ampliar a capacidade de fiscalização e encetar campanha de reflorestamento com apoio do setor produtivo local, indústria e agricultura.

10 – ESTABELECIMENTO DE PROGRAMAS DE CONTROLE E DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. INTRODUÇÃO DE COLETA SELETIVA E DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos oriundos principalmente das zonas urbanas e peri-urbanas são uma fonte permanente de contaminação das águas de represas. Programas de controle e disposição de resíduos sólidos devem ser implantados em todos os municípios especialmente do perigo, com a finalidade de diminuir a possibilidade de contaminação pelo chorume e pela degradação da matéria orgânica. A introdução de coleta seletiva nos municípios para diminuir o volume de resíduo destinado aos depósitos é fundamental. A introdução de técnicas de **aterro sanitário** em **todos** os municípios, e a reciclagem de metais, matéria orgânica, plástico, podem diminuir sensivelmente os mecanismos de contaminação e poluição e preservar solo e água. Este processo depende de um sistema adequado de educação de massa, nas escolas, clubes, associações e outras instituições locais e regionais. Atividades de reciclagem podem se desenvolver em cooperativas e aumentar trabalho, emprego e renda. Figura: 23.

11 – IMPLANTAÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS TRIBUTÁRIOS E DO RESERVATÓRIO ATRAVÉS DE PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

É fundamental o controle da qualidade da água dos tributários e do reservatório com programas de monitoramento convencional e monitoramento em tempo real.

Os programas de monitoramento em execução promovem uma varredura permanente do reservatório com medidas periódicas da qualidade da água, as quais refletem o **estado do reservatório** e sua situação física, química e biológica. Figura 24.

11.1 – Monitoramento convencional

O monitoramento convencional deve prosseguir como fundamento para o controle do reservatório, das atividades na bacia e seus impactos na qualidade da água.

11.2 – Monitoramento em tempo real

O monitoramento em tempo real, implantado no Reservatório da UHE - Luiz Eduardo Magalhães, deve ter continuidade, pois é um instrumento de alta precisão científica e tecnológica, e, conseqüentemente, possibilita uma avaliação permanente estratégica da qualidade da água, promovendo, ainda, mecanismos de “early warning” que são antecipações de possíveis problemas resultantes dos impactos das atividades das bacias hidrográficas no reservatório.

12 – INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS MODERNAS DE IRRIGAÇÃO E CONTROLE DOS EFLUENTES E DAS ATIVIDADES DOS USOS MÚLTIPLOS

Para diminuir o consumo de água, ampliar a capacidade de reciclagem e re-uso e otimizar os usos múltiplos dos reservatórios, é necessário ampliar a capacidade tecnológica e aprofunda-la. Existe aqui uma enorme oportunidade de desenvolvimento de novas tecnologias. Estas tecnologias podem ser desenvolvidas nas seguintes direções principais:

- a) Estímulo à implantação de técnicas mais eficientes de irrigação como o gotejamento, associado à sua aplicação de nutrientes.
- b) Desenvolvimento de tecnologias eficientes para o controle de efluentes industriais e para o tratamento da água residuária nas indústrias;
- c) Estímulo à introdução de tecnologias adequadas para o re-uso da água e para a diminuição do desperdício nas indústrias e no setor agrícola. Estes estímulos podem

ser dirigidos para incentivos, cobranças pelo uso da água, introdução do princípio do poluidor – pagador e também incentivos especiais para as indústrias e setor agrícola que adotarem novas tecnologias. Prêmio, redução de taxas, podem ser considerados.

13 – CONTROLE DA OCUPAÇÃO IRREGULAR NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO

A ocupação irregular e sem ordenamento nas margens e entorno do reservatório tem sido um dos problemas mais sérios e recorrentes em reservatórios no Brasil, e deve-se a esta ocupação um enorme conjunto de problemas ambientais: deterioração da qualidade das águas, ameaças à saúde pública, deterioração das margens com conseqüente assoreamento, remoção de vegetação e impedimento à recreação. Para controlar esta ocupação irregular é fundamental acelerar as leis de controle ambiental, efetivar a “autoridade do lago” e da fiscalização, trabalhar em conjunto com o Ministério Público para aplicar sanções aos clandestinos e impedir a ocupação, inclusive com a remoção dos irregulares próximos ao reservatório. É também fundamental aplicar a Área de Proteção Permanente ao reservatório, rapidamente.

14 – ZONAS POTENCIAIS DE CORREDORES ECOLÓGICOS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO

Para a proteção da qualidade da água e permitir permanente controle do Sistema, a Área de Proteção Permanente é fundamental. O reflorestamento e o cuidado com esta área a partir das propriedades já manterá certos corredores de fauna em funcionamento. Além disto, deve-se implantar a proteção e recuperação das matas galerias ao longo dos tributários para permitir o deslocamento da fauna terrestre e a formação de áreas de refugio, importantes para a manutenção da biodiversidade terrestre (vegetação e fauna) e também como banco de germoplasma, fundamental para a recomposição do entorno do reservatório. Para ampliar ainda mais esta capacidade de manutenção da biodiversidade

terrestre e manter o ambiente aquático em pleno funcionamento com pouca degradação podem ser selecionados alguns remanescentes de vegetação em mosaicos e interligados com transectos de espécies nativas de vegetação. Estas zonas potenciais de corredores ecológicos estão localizados em todo o entorno do reservatório, nos tributários, na Área de Proteção Permanente e nas zonas de controle e de áreas tampão, especialmente na região entre Palmas e Porto Nacional, margens esquerda e direita.

15 – RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO DA DIVERSIDADE DA FAUNA ÍCTICA DO RESERVATÓRIO

A fauna ictica dos reservatórios sofre grandes alterações no Brasil devido, em grande parte, a que a fauna ictica é característica de ambientes lóticos, e portanto, com o represamento sofre grandes alterações. A tecnologia de manter escadas de peixes nos reservatórios já ampliou consideravelmente a possibilidade de repovoamento. Deve-se entretanto, a todo custo, impedir a introdução de espécies exóticas no reservatório, para não impactar de forma definitiva o ecossistema artificial.

A reposição de fauna ictica, pelo menos a fauna endémica que pode se reproduzir utilizando os tributários, pode ser feita, portanto, utilizando-se o potencial da escada de peixe (já implantado) efetuando povoamentos periódicos com alevinos e jovens de espécies nativas, estimulando a criação de espécies de peixes nativas e apoiando decisivamente estudos científicos, destinados a melhor conhecimento científico e técnico das espécies nativas e sua possível adaptação aos ambientes lênticos.

16 – CONTROLE DA ATIVIDADE PESQUEIRA

As atividades pesqueiras em reservatórios, tendem a se intensificar especialmente logo após a fase de estabilização do sistema e a sua organização temporal e espacial (Agostinho et al, 1999). Estas atividades pesqueiras, necessitam de controles especiais para evitar: **excesso de pesca e depleção dos estoques; controle dos períodos de reprodução**

e rigorosa fiscalização quanto a épocas de defeso; regulamentações legais quanto à pesca, uso de equipamentos, e outros mecanismos de regulamentação. O treinamento e educação de pescadores e técnicos é outro mecanismo de atuação que pode otimizar o uso da peca para produção de alimento no reservatório. Também devem ser considerados mecanismos de incentivo à cooperativas para pesca comercial e para a comercialização do pescado.

17 – CONTROLE E REGULAÇÃO DAS ATIVIDADES DE AQUACULTURA NO RESERVATÓRIO

Com o estímulo à produção pesqueira e à aquacultura deverá ocorrer um amplo e profundo desenvolvimento desta cadeia produtiva no Brasil. No reservatório da UHE – Luiz Eduardo Magalhães deve ocorrer um interesse comercial para o desenvolvimento da aquacultura. Estas atividades necessitam de ampla regulamentação e fiscalização, pois podem, potencialmente ampliar a eutrofização do reservatório e complicar a qualidade da água, tornando-se difícil a recuperação. Após instalados, os tanques rede não poderão ser removidos (por problemas econômicos e sociais) e conseqüentemente agrava-se a deterioração do sistema. Para o reservatório da UHE – Luiz Eduardo Magalhães, propõe-se a seguinte regulação das atividades de aquacultura:

- a) **Localização:** estas atividades deverão estar confinadas à região próxima à barragem, uma vez que os estudos hidrodinâmicos demonstraram que nesta região, mais profunda com circulação mais rápida, o tempo de retenção é menor, e, conseqüentemente, deverá ocorrer menor impacto do acúmulo de organismos confinados que excretam amônia e de decomposição das rações que não são ingeridas pelos peixes.
- b) **Utilização da área:** de acordo com Instrução Normativa Interministerial nº 8 de 26/11/2003, deve-se utilizar até 1% da área dos reservatórios para implantação da aquacultura o que, pra o reservatório da UHE - Luiz Eduardo Magalhães representaria 63Km², uma área bastante razoável para desenvolver esta atividade.

- c) Deve-se insistir para que se cultive em tanques rede no reservatório, somente espécies da fauna nativa ficando **proibida** qualquer introdução de espécies exóticas para aquacultura e pesca. Isto implica em uma fiscalização bastante eficaz, na aplicação e aprofundamento dos estudos da biologia das espécies nativas e sua potencial utilização em cativeiro.
- d) Deve-se estimular através de incentivos fiscais, incentivos financeiros e outros mecanismos a implantação de cooperativas de **aquacultores**, além de se apoiar outros empreendimentos comerciais de vulto. A atividade de aquacultura necessita de monitoramento permanente da qualidade da água, o que pode ser realizado pelos empreendimentos.

18 – CONTROLE E REGULAMENTAÇÃO DA EXPLORAÇÃO SUB-AQUÁTICA DE AREIA E SEIXOS

A exploração sub-aquática de areia e seixos causa impactos na qualidade da água, afetando a transparência, a composição química da água, e os organismos aquáticos. Estas atividades necessitam de controle, fiscalização e regulamentação. Pode-se acoplar estas atividades a instalação da hidrovía que necessitará de freqüentes intervenções e remoção de material de fundo.

19 – CONTROLE E REGULAMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES NÁUTICAS NO RESERVATÓRIO – TRANSPORTE E NAVEGAÇÃO PARA O TURISMO E LAZER

As atividades náuticas no reservatório, impactam a qualidade da água, removem material do fundo em áreas rasas e impactam a fauna e flora aquáticas.

Os navios de transporte de passageiros e de materiais, as grandes barcaças podem despejar esgotos não tratados. Barcos de recreação e “jet-ski” derramam gasolina e óleo danificando a qualidade da água, atingindo a fauna ictica e a flora em geral, e contribuindo

para a deterioração do reservatório. Para o controle e regulamentação das atividades náuticas no reservatório é necessário uma legislação específica baseada nos seguintes pontos:

- a) Controle das emissões de gasolina e óleo de motores a partir de fiscalização.
- b) Legislação específica que proteja o reservatório de acidentes ou despejos de substâncias provenientes de combustíveis.
- c) Legislação específica que regulamente o uso de banheiros em embarcações de grande porte (navegação comercial e turismo para evitar o despejo de esgotos de origem doméstica por embarcações desse tipo nas águas do reservatório).

Igualmente importante, é a regulamentação de despejos de origem doméstica (restos de alimentação, esgotos domésticos a partir de bares e flutuantes situados ao longo do reservatório, especialmente próximos à are urbana).

20 – CONTROLE DAS ATIVIDADES DE RECREAÇÃO NAS PRAIAS DO RESERVATÓRIO

Praias em reservatórios podem ser fontes de poluição e também de contaminação e degradação da qualidade hídrica. O aumento das atividades de recreação pode resultar em danos à saúde das pessoas por despejos de contaminantes, dejetos, resíduos sólidos.

As atividades de recreação devem ser reguladas e controladas por fiscalização, campanhas educativas de educação sanitária e ambiental, sistemas efetivos de coletas de resíduos sólidos, banheiros químicos que possam imobilizar dejetos e controle de base, restaurantes, flutuantes ao longo das praias.

Por outro lado, a população deve tomar conhecimento da qualidade da água das praias, especialmente em Palmas e Porto Nacional. Vigilância sanitária da qualidade das águas deve ser permanente para evitar uso das praias em condições sanitárias impróprias

(excesso de coliformes fecais e coliformes totais, possíveis aumentos de substâncias orgânicas).

Como ficou demonstrado a área de praias na região de Palmas apresenta algumas regiões de estagnação durante certos períodos (estudos hidrodinâmicos) e portanto podem ocorrer estes tipos de contaminações e poluição que necessitam de controle. Neste particular as autoridades sanitárias devem ter um sistema de controle efetivo nesta região.

Outra região preocupante é a praia de recreação em Porto Nacional onde pode ocorrer um acúmulo de detritos proveniente do Rio São João, possível ponto de descarga de poluentes de origem orgânica. A mesma vigilância sanitária deve ocorrer nesta região de Porto Nacional.

21 – ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL

A estrutura organizacional deve ter um foco regional apropriado. Casos conhecidos mundialmente são o Tennessee Valley Authority nos Estados Unidos, O Damodar Valley Authority na Índia, e o Lake Victoria Basin Development Authority no Kenya (Hufschmidt and McCarley, D.S. – 1990). No Brasil o Rio São Francisco, o Rio Tietê e as organizações de gerenciamento de bacias hidrográficas a partir de Comitês de bacias e consórcios de municípios são um exemplo muito efetivo e que funciona já nessas regiões.

O foco regional pode ser obtido, estabelecendo um mecanismo coordenador de bacia do Médio Tocantins, provavelmente um comitê inter-agencias, independentes ou sob a liderança de uma agência como a Naturatins.

A melhor forma pode ser o estabelecimento de uma “autoridade do reservatório” .

Mecanismos de organização institucional

21.1. A implantação de um consórcio de Prefeituras Municipais dos municípios próximos dos reservatórios.

Estes consórcios poderão dar efetivas condições de atuação a nível regional / local e promover uma visão integrada dos usos múltiplos e necessidades. Cada município, pode, também atuar complementarmente em várias ações.

21.2. Estímulo à cooperação – setor público / setor privado no gerenciamento do lago e disciplinamento de ações.

A participação do setor privado-indústrias, agronegócios, turismo, comércio é fundamental e deve ser estimulada e promovida. Educação da população, campanhas de reflorestamento e proteção do lago, financiamento de projetos de diversos tipos deve ser estimulado e incentivado. Incentivos com base em legislações podem ser propostos para promover esta interação.

21.3. Reforço e revisão permanente da legislação local e regional com vistas à preservação do lago e disciplinamento das ações

Qualquer legislação necessita de um sistema permanente de revisão que vá promovendo adaptações periódicas necessárias às mudanças. Um sistema como este é dinâmico e apresenta permanentes mudanças na sócio economia local e regional. Novas oportunidades de negócios, abertura de novas frentes de exploração do reservatório podem ocorrer ao longo do tempo e é necessário implantar uma legislação adequada para estes novos desenvolvimentos. Igualmente importante é produzir uma legislação e implantar mecanismos que possam gerenciar conflitos. Neste caso de revisões e permanente sistema de possíveis alterações da legislação, associações de classes, usuários, setor produtivo e setor público e as instituições de controle e regulamentação tem um papel fundamental.

21.4. Criação de um “Fundo de Pesquisa” para estimular pesquisas no reservatório e seu entorno

A sustentação de qualquer projeto de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos só pode ser efetivada se um sistema permanente de pesquisa for implantado e desenvolvido com amplo apoio do setor público e privado local e regional.

As respostas a impactos, futuros problemas que deverão surgir como consequência dos usos múltiplos, só podem ser respondidas com programas de pesquisa bem fundamentados e efetivos realizados por pesquisadores treinados e de alta competência (Reynolds, 1997, Tundisi, 2003). Portanto, um fundo de pesquisa dirigido para resolver futuros ou atuais problemas pode acelerar o desenvolvimento local e apoiar a implantação de tecnologias de controle e gerenciamento. Pode-se criar um fundo de pesquisa par ao lago ou criar uma Fundação de Amparo à Pesquisa Estadual nos moldes da FAPESP que destine recursos às pesquisas no reservatório. Estes fundos de pesquisa oscilam no Brasil entre 0,5% e 2% dos tributos anualmente e são dirigidos por pesquisadores – administradores de alto nível com um sistema assessor competente para avaliação de projetos.

21.5. Criar uma “autoridade de gerenciamento do reservatório”

Esta é uma alternativa que pode ser muito efetiva no gerenciamento do reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães. Esta autoridade deveria ter um papel de coordenação e articulação de agências de comitês de bacia e de consórcios municipais.

Pode ser uma alternativa interessante a se considerar como inovação para a solução dos problemas de curto, médio e especialmente longo prazo.

22- AMPLIAR A PARTICIPAÇÃO DO PÚBLICO

A participação do público em geral é de fundamental importância na gestão do reservatório. Esta participação pode ser feita através dos seguintes instrumentos de comunicação / educação / participação:

- a) Campanhas de educação sanitária através dos meios de comunicação.
- b) Campanhas de educação sanitária e ambiental para professores e alunos das escolas públicas.
- c) Seminários para o público.
- d) Publicação de cartilhas, cartazes e livros de divulgação.
- e) Audiências públicas.
- f) Comunicação com associações de classe.
- g) Campanhas nas praias e nos locais de recreação.
- h) Uso intensivo de TV para divulgação de programas , propostas e problemas.

23 – PESQUISA

Como já foi acentuado, a **pesquisa científica** é um dos fundamentos do plano de gestão.

23.1 – Pesquisa limnológica

A pesquisa limnológica no reservatório e nos tributários avança o conhecimento sobre o funcionamento do reservatório e promove uma melhor percepção dos problemas reais resultantes dos impactos ou das medidas de conservação. A procura de indicadores biológicos é especialmente importante, neste sentido, devido à especificidade e características da região (latitude, qualidade da água do reservatório) e a necessidade de estabelecer um banco de dados regional para identificar respostas e antecipar impactos.

23.2 – Controle de vetores de doenças de veiculação hídrica

Programas de controle de vetores de doenças de veiculação hídrica são vitais neste reservatório e devem ser realizados permanentemente pelas autoridades e agências locais e regionais.

23.3 – Promover pesquisas para determinar bioindicadores de determinadas condições limnológicas e ecológicas e de contaminação

O apoio à pesquisas que promovam a identificação de bioindicadores que informem antecipadamente sobre as condições de conservação ou deterioração da qualidade da água deve ser permanente. O reservatório tem condições peculiares como já foi acentuado (Tundisi, 2003). Portanto, bioindicadores nessa região promovem informações fundamentais sobre o sistema e seu grau de contaminação / poluição.

Exemplos que poderão ser utilizados:

- Comunidade fitoplanctônica
- Insetos aquáticos
- Respostas de enzimas do fígado (citocromo 8450) à toxicologia da água (peixes, aves)
- Comunidade de perifíton

23.4 – Programas permanentes de atualização científica para o lago para a formação e informação de gerentes do meio ambiente de estados e municípios

Gerentes de meio ambiente, gerentes de recursos hídricos, devem ser permanentemente atualizados sobre as condições ecológicas e limnológicas dos reservatórios. Sua atualização deve ser feita a partir dos conhecimentos adquiridos pelos pesquisadores e repassados através de cursos de especialização e aperfeiçoamento.

23.5 – Pesquisa sobre qualidade da água e saúde humana

Qualidade da água e saúde humana estão estreitamente relacionados. As pesquisas sobre as relações entre qualidade da água e saúde humana devem ser intensificadas, principalmente implementando-se campanhas de monitoramento da saúde humana especialmente relacionada com possíveis contaminações e parasitoses. Praias e outras regiões de uso intensivo devem ser objeto de permanente vigilância sanitária. Campanhas de monitoramento da saúde devem incluir condições sanitárias especialmente em fezes e urina e sangue para prevenir e avaliar parasitoses resultantes de doenças de veiculação hídrica.

24. ESPECIFICIDADE DA LEGISLAÇÃO

24.1 Todos os municípios cujas terras foram atingidos pela inundação dos reservatórios devem receber “royalties” como compensação. A legislação pode ter melhor controle sobre o uso desses “royalties” para efetivas ações de proteção, recuperação e controle do reservatório. Maior controle social do usos destes “royalties” através da legislação deve ser efetivado.

24.2 Metas para a indústria

Controles de efluentes devem ser estabelecidos e metas e prazos para implantação de tratamentos, controles, reciclagem de água (re-uso) devem ser regulamentados para dar oportunidade de utilizar a melhor tecnologia disponível.

24.3 Metas para redução de esgotos despejados

Deve ocorrer um sistema de metas para implantação de tratamento de esgotos – prazos para a implementação de sistemas de tratamento de esgotos nos municípios.

24.4 Metas para a implantação da Portaria 1469 (Ministério da Saúde) nos Municípios

A Portaria 1469 de 29 de Dezembro de 2000 estabeleceu Normas de Qualidade da Água para Consumo Humano.

Para implantar esta Portaria já em vigor, os municípios necessitam de um sistema adequado de análises e de laboratórios apropriados. Um prazo deve ser dado para esta implantação a nível estadual e incentivos devem ser promovidos para os consórcios atuarem em conjunto. Provavelmente no caso do reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães **um** laboratório sofisticado pode atender ao conjunto dos municípios de menor porte os quais deveriam montar laboratórios básicos de análises.

25. SEMINÁRIOS DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

25.1 – Seminários anuais

Seminários anuais sobre a qualidade da água do reservatório da UHE – Luis Eduardo Magalhães devem ser realizados. Nestes seminários de ampla participação de pesquisadores, técnicos, administradores, público em geral, professores, devem ser demonstrados a situação da qualidade da água do ecossistemas. As tendências e os problemas detectados, e os avanços tecnológicos promovidos durante o ano. Estes seminários devem ser desenvolvidos com um grupo de resoluções para os anos próximos, relativamente ao estabelecimento de metas e ações, projetos especiais. É claro que estas metas e ações devem estar articuladas com os planos da economia e da sociedade local: por

exemplo, quantos projetos de irrigação serão implantados? Quais áreas de condomínios serão implantadas? Novas praias, clubes, sistemas de recreação deverão ser implantados?

Com estas articulações será mais eficiente estabelecer metas, prazos e vigilâncias e implantar a legislação.

25.2 – Seminários quinquenais

A cada 5 anos, seminários de síntese para revisão de critérios, metas, legislação e outros instrumentos podem ser realizados.

25.3 – Monitoramento das áreas de risco

Monitoramento permanente das áreas de risco do reservatório deve ser implantado. Este monitoramento deve considerar todas as regiões de risco apontadas neste relatório e aquelas estabelecidas pelo órgão regulador e legislador como prioritárias. O monitoramento atualmente realizado já cobre grande parte destas áreas.

26. TÓPICOS ESPECIAIS PARA UMA GESTÃO INTEGRADA EFICIENTE

26.1- Gestão de recursos hídricos voltados especificamente para o saneamento

Atualmente a ausência de saneamento básico é um dos grandes gargalos para o desenvolvimento sustentável e para melhorar a qualidade de vida da população (IBGE, 2002).

A gestão de recursos hídricos voltada para a solução destes problemas é uma das metas importantes para o gerenciamento da UHE – Luis Eduardo Magalhães. Esta gestão deve considerar:

- Coleta de esgotos
- Tratamento de esgotos municipais
- Implantação de fossas assépticas nas áreas de uso (chácaras, sítios), próximas aos reservatórios. Há métodos relativamente simples de implantação destes sistemas.
- Controle de vetores de doenças de veiculação hídrica.
- Controle e tratamento dos tributários.
- Implantação de coleta seletiva, aterros sanitários, tratamento de lixo hospitalares em todos os municípios

26.2 – Gestão de recursos hídricos subterrâneos

Recursos Hídricos subterrâneos contaminados podem ser fonte de degradação do reservatório no futuro. A gestão dos recursos hídricos subterrâneos deve ser parte relevante do plano de gestão integrada e preditiva. Usos do solo, disposição de resíduos, manutenção de cobertura vegetal deve ser meta fundamental. Igualmente importante é o controle da contaminação e poluição dos aquíferos.

26.3– Pesquisas em Saneamento

A introdução de tecnologias apropriadas de saneamento (tratamento de esgotos domésticos e efluentes de vários tipos), tratamento de água, faz parte de um programa de pesquisa avançado que deve ser considerado como prioritário para a região, especialmente levando-se em conta a necessidade de implantação de tecnologias locais de baixo custo e eficiente (Straskraba & Tundisi, 2000; Tundisi, 2003).

27 – ZONEAMENTO AMBIENTAL DO RESERVATÓRIO E SEU ENTORNO PARA USOS MÚLTIPLOS E ÁREAS DE RISCO AMBIENTAL

Os principais critérios e as ferramentas utilizadas para a elaboração do zoneamento ambiental da bacia hidrográfica e do reservatório, para usos múltiplos, e para a determinação das áreas de risco foram preparados a partir das seguintes informações:

27.1 – Mapeamentos utilizados

- Geologia
- Geomorfologia
- Susceptibilidade à erosão
- Uso e cobertura do solo
- Mapa político para localização de áreas urbanas
- Localização da área de Proteção Permanente e das Unidades de Preservação.

27.2 – Hidrodinâmica do reservatório.

A hidrodinâmica do reservatório foi utilizada como base para a recomendação sobre a localização dos usos múltiplos e área de risco.

27.3 - Áreas de zoneamento ambiental para usos múltiplos

27.3.1 – Zona de Desenvolvimento Agrícola controlado com alto índice de impacto

Estas zonas podem ser utilizadas para atividades agrícolas devendo-se considerar a susceptibilidade à erosão e os riscos de rápida descarga de material em suspensão, causando danos à qualidade da água.

27.3.2 – Zona destinada à recreação e a atividades turísticas, incluindo ecoturismo

Esta zona inclui as áreas destinadas à recreação e atividades turísticas. Recreação no reservatório especialmente nas zonas urbanas mais desenvolvidas e atividades de

ecoturismo incluem o aproveitamento da Área de Proteção Ambiental e da Unidade de conservação e as praias de Palmas e Porto Nacional. Recomenda-se efetiva vigilância sanitária permanente para controle da Saúde Pública no reservatório.

27.3.3 – Zona agrícola de Médio Risco de Impacto

Situada a montante de Brejinho de Nazaré e a montante do reservatório, próxima à zona de transição rio – reservatório, esta zona agrícola de médio risco de impacto pode ser utilizada para agricultura havendo menor potencial de risco.

27.3.4 – Zonas de área tampão para controle de impactos resultantes de atividades agrícolas

Estas zonas de área tampão visam proteger melhor o reservatório, localizadas entre Palmas e Porto Nacional. Esta zona deve prever o reflorestamento, a manutenção de florestas ripárias e uma área de controle para evitar a expansão das atividades agrícolas até às proximidades da APP.

27.3.5 – Vigilância Sanitária Permanente para controle da saúde pública

Nas zonas urbanas dos municípios do perilago deve ocorrer permanente vigilância sanitária para controle da saúde pública e das possíveis ameaças e riscos à saúde pública.

27.3.6 – Unidade de conservação

Esta unidade representa um sistema importante de proteção da biodiversidade e oportunidades para o desenvolvimento de ecoturismo.

27.3.7 – Área destinada ao uso de Aquicultura

Atividades de aquicultura no reservatório deverão ser realizadas em regiões de baixo risco de acúmulo de rações não digeridas e também de alta excreção de nitrogênio e fósforo pelo acúmulo de peixes confinados. Nesta área a circulação é mais rápida, o tempo de retenção é menor e há plena possibilidade de produção agrícola de alta densidade.

27.3.8 – APA

A APA do lago destina-se a reservar área de proteção para reserva de biodiversidade e banco de germoplasma para futuros repovoamentos e reflorestamento. Juntamente com a unidade de conservação e as zonas florestadas nas encostas e elevações é de considerável importância para a proteção e recuperação do sistema.

27.3.9 – Faixas de proteção de 100 metros

Consiste na Área de Preservação Permanente (APP), destinada a manter um filtro, barreiras ecológicas e sanitárias permanentes sobre o lago. Esta faixa é medida a partir do nível máximo normal de operação do reservatório, conforme estabelecido no inciso I, do Artigo 3º da Resolução CONAMA nº 302 de 2002.

27.3.10 – A zona de controle da influência das atividades agrícolas sobre o reservatório implica em vigilância desta região em área crítica, sujeita a riscos.

28 – ÁREA DE RISCO AMBIENTAL

28.1– Alto Risco

Refere-se à área de alto potencial de erosão e impacto de material em suspensão, nitrogênio e fósforo provenientes de fertilizantes e pesticidas e herbicidas.

28.2 – Médio Risco

Refere-se a zonas com potencial mais baixo de impacto devido às características do solo e sua susceptibilidade à erosão.

28.3 – Baixo Risco

Refere-se as zonas situadas a montante do reservatório em condições de solo de susceptibilidade mais baixa à erosão linear ou laminar.

28.4 – Faixa de proteção

Refere-se a Área de Preservação Permanente (100m) que funciona como um sistema tampão em torno do reservatório.

28.5 – Unidade de Conservação

Área de baixo risco pela característica de área de conservação.

28.6 – APA

Área de Proteção Ambiental de Baixo Risco.

29. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, A.A.; Miranda, L.E.; Bini, L.M.; Gomes, L.C.; Thomaz, S.M. and Suzuki, H.I.
1999. Patterns of Colonization in Neotropical Reservoirs, and Prognoses on Aging. In: Theoretical Reservoir Ecology and its applications. J. G. Tundisi and M. Straskraba (Eds). International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers. 227-265 pp.

Cernea, Michael M.
1998. **Involuntary Resettlement in Development Projects: policy Guidelines in World Bank-Financial Prospects**, World Bank Technical Paper No.80, Washington, D.C.

Chambers, Robert
1998. **Managing Canal Irrigation**. Chapter 6, New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co.

Dixon, John A. and Maynard M. Hufschmidt.
1986. **Economic Valuation Techniques for the Environment: A Case Study Workbook**. Baltimore Johns Hopkins University Press.

Dixon, John A. and K. Willian Easter.
1986. "Integrated Watershed Management: An Approach to Resource Management," Chapter 1 in K. Willian Easter, John A. Dixon, and Maynard Hufschmidt, **Watershed Resources Management: An Integrated Framework with Studies from Asia and the Pacific**. Boulder, CO: Westview Press.

Fellizar, Francisco P. Jr., Enrique P. Pacardo, Flora R. Francisco, Ma Victoria O. Espaldon, Dolora N. Nepomuneco, and Celso F. Espaldon.

1989. **Policy Responses to Fishery Conflict in Laguna Lake**. Paper presented at Second Expert Group Workshop on River/Lake Basin Approaches to Environmentally Sound Management of Water Resources: Focus on Policy Responses to Water Resources Management Issues and Problems, January 16-25, 1989. Bangkok and Hat Yai, Thailand.

Hufschmidt, Maynard M.
1986. "Planning, Programming and Budgeting for Integrated Water Resources Development and Watershed Management," pp.214-235 in **Proceeding of the Workshop on Integrated River Basin Development and Watershed Management, Vol.II**, Ministry of Public Works, Government of Indonesia, in Cooperation with Environment and Policy Institute, East-West Center, Honolulu.

Hufschmidt, Maynard M., David E. James, Anton D. Meister, Blair T. Bonace and John A. Dixon.

1983. **Environment, Natural Systems, and Development: An Economic Valuation Guide.** Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Hufschmidt, Maynard, John Dixon, Louise Fallon and Zhogping Zhu.

1988. **Water Resources Policy and Management for the Baijing-Tianjin Region,** A joint summary report of the State Science and Technology Commission of Beijing, China and the East-West Center, Honolulu: East-West Center.

Hufschmidt, Maynard, M. and David S. McCauley.

1988. "Water Resources Management in a River/Lake Basin Context," **Water Resources Development**, Vol.4, No. 4, Dec.1988, pp.224-231.

Hufschmidt, Maynard M. and David S. McCauley.

1989. **Institutional and Organizational Mechanisms for Integrating Land Use Decisions with Water Resources Management.** Paper presented at Second Expert Group workshop on River/Lake Basin Approaches to Environmentally Sound Management of Water Resources: Focus on Policy Responses to Water Resource Management Issues and Problems, January 16-25, 1989, Bangkok and Hat Yai, Thailand.

Likens, G.E.

1992. *The ecosystem approach: its use and abuse.* Ecology Institute, Oldenhorf / Luhe, Germany, 166 pp.

Major, David C.

1977. Multiobjective Water Resources Planning. **Water Resources Monograph 4.** Washington, D.C. American Geophysical Union.

McKinney, Matthew J.

1988. "Water Resources Planning: A Collaborative, Consensus-Building Approach" **Society and Natural Resources**, Vol.1, No.4, pp. 335-349.

Reynolds, C.S.

1997. Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory: Ecology Institute. Excellence in Ecology. O. Kinne (Editor). Vol. 10, Oldenhorf Luke. Germany. 371 pp.

TUNDISI, J.G.

1978. *O ecossistema como unidade ecológica.* Ibid. 3-13pp.

TUNDISI, J.G.

1986a. Ambiente, represas e barragens. *Ciência Hoje*, v.5; 49-54pp.

TUNDISI, J.G.

1986b. Local community involvement in environmental planning and management: focus on river basin management: the Lobo, Broa reservoir case study. In: EXPERT GROUP WORKSHOP ON ENVIRONMENTALLY PLANNING AND MANAGEMENT, FOR LOCAL AND REGIONAL DEVELOPMENT: Focus on Training Aspects Derived from Studies of Inland Water Management, UNEP, UNCRD, ILEC, 29pp.

TUNDISI, J.G.

1989. *Environmental impact of the Porto Primavera Dam in the wetlands of the Feio River*. Report the Public Ministry, S. Paulo State, Environmental Section. 1-18pp.

TUNDISI, J.G.

1990a. Ecology and development: perspectives for a better society. *Physiol. Ecol. Japan*, v.27, special number. 93-130pp.

TUNDISI, J.G.

1990b. Key factors of reservoir functioning and geographic aspects of reservoirs limnology. Chairman's overview. *Arch. Hydrobiol./Beith Ergeih. Limnol.*, v.33. 645-646pp.

TUNDISI, J.G.

1990c. Perspectives for ecological modeling of tropical and subtropical reservoirs in South America. *Ecol. Modell.* v.52; 7-20pp.

TUNDISI, J.G.

1992. *Estudos comparados das Represas de Barra Bonita e Jurumirim e os impactos das bacias hidrográficas*. (Relatório Científico à FAPESP. Projeto Temático 0922/91-5). 220pp.

TUNDISI, J.G.

1992. *Estudo comparado dos mecanismos de funcionamento das Represas de Barra Bonita (Médio Tietê) e Jurumirim (Paranapanema) e dos impactos das bacias hidrográficas*. Fapesp, Projeto Temático 0612/91-5.

TUNDISI, J.G.

1993a. The environmental impact assessment of lakes and reservoirs. In: SALÁNSKI, J.; ITSVÁNOVICS, V. (Eds.). *Limnological bases of lake management: proceedings of the ILEC/UNEP int. training course*. Tihany, Hungary; 38-50pp.

TUNDISI, J.G.

1993b. Man-made lakes: theoretical basis for reservoir management. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, v.25; 1153-1156pp.

TUNDISI, J.G.

1994a. Regional approaches to river basin management in La Plata: an overview. In: *Environmental and social dimensions of reservoirs development and management in the La Plata River basin*. Nagoya: UNCRD. 1-6pp.

TUNDISI, J.G.

1994b. Tropical South América: present and perspectives. In: MARGALEF, R. (Ed.). *Limnology now a paradigm of planetary problems*. Amsterdam: Elsevier Science. 353-424pp.

TUNDISI, J.G.

1999a. *Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios*. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 24pp.

TUNDISI, J.G.

2000. Limnologia e gerenciamento de recursos hídricos: avanços conceituais e metodológicos. *Ciência e Ambiente: Gestão das Águas 21*. Universidade Federal de Santa Maria. 10-21pp.

TUNDISI, J.G.

2000. *International training center (ITC) in limnology and water resources management in S.Carlos, S.Paulo State, Brazil*. (Proposta apresentada à Academia Brasileira de Ciências, Sociedade Internacional de Limnologia e Inter Academy Panel.) 30pp.

TUNDISI, J.G.

2001. Gerenciamento da qualidade da água: interações entre pesquisa, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas. *Rev. Bras. Pesq. e Desenvolvimento*, v.3, n.2; 57-68pp.

TUNDISI, J.G.

2001. *Usos múltiplos conflitantes da água: integração entre pesquisa e gerenciamento*. IEA/USP, São Paulo.

TUNDISI, J.G. et al.

1988. A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade para atualização de professores de ciências e geografia: o modelo Lobo (Broa), Brotas/Itirapina. In: TUNDISI, J.G. (Ed.). *Limnologia para manejo de represas*. EESC/USP/CRHEA, ACCESP, v.1, p.311-355. (Série Monografias em Limnologia).

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.

1990. Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, S. Paulo, Southern Brazil. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergeb. Limnol.*, v.33; 661-676pp.

TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M.

1994. Ecological basis for the application of ecotechnologies to watershed reservoir management. Workshop Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters. *Acta Limnologica Brasileira*, Sociedade Brasileira de Limnologia, v.5; 49-72pp.

TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M.

1995. Strategies for building partnerships in the context of river basin management: the role of ecotechnology and ecological engineering. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.1; 31-38pp.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.

1995. The Lobo-Broa: ecosystem research. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). *Limnology in Brazil*. Brazilian Academy of Sciences, Brazilian Limnological Society; 219-243pp.

TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.)

1995. *Limnology in Brazil*. Brazilian Academy of Sciences, Brazilian Limnological Society, 376p.

TUNDISI, J.G.; SAIJO, Y. (Eds.) (1997). *Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. Brazilian Academy of Sciences, EESC/USP, CRHEA, 513pp.

TUNDISI, J.G.; MATHEUS, C.E.; CAMPOS, E.G.C.; MORAES, A.J. de

1997. Use of the hydrographic basin and water quality in the training of school teachers and teaching of environmental science in Brazil. In: JØRGENSEN, S.E.; KAWASHIMA, M.; KIRA, T. *A focus on Lakes/Rivers in Environmental Education*. ILEC, 167pp.

TUNDISI, J.G. et al.

1998. Reservoir management in South América. *Wat. Res. Developm.*, v.14; 141-155pp.

TUNDISI, J.G. et al.

1998. Aquatic biodiversity as a consequence of diversity of habitats and functioning mechanisms. *Acad. Bras. Ci.*, v.70, n.4; 767-773pp.

TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M.

1999. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Brazilian Academy of Sciences, International Institute of Ecology, Backhuys Publishers (Leiden), 585pp.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O.

1999. Theoretical basis for reservoir management. In: TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M. (Eds.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Brazilian Academy of Sciences, International Institute of Ecology, Backhuys Publishers.505-528pp.

TUNDISI, J.G.; BRAGA, B.; REBOUÇAS, A.

2000. Water for sustainable development: the brazilian perspective. In: MIRANDA, C.E.R. (Ed.). *Transition to sustainability*. Brazilian Academy of Sciences. 237-246pp.

TUNDISI, J.G.; YAMAMOTO, Y.; KRONKA DIAS, J.A. (Eds.)

2000. *São Carlos no 3º milênio: perspectivas para o desenvolvimento sustentável*. SMCTDE, 297pp.

TUNDISI, J.G. et al.

2000. *Limnologia e gerenciamento integrado de represas na América do Sul: avanços recentes e novas perspectivas: represas, desenvolvimento e meio ambiente*. BID, IWRA. 17-30pp.

TUNDISI, J.G.; SCHIEL, D.

2002. A bacia hidrográfica como laboratório experimental para o ensino de Ciências, Geografia e Educação Ambiental. In: SCHIEL, D.; MASCARENHAS, S. (Eds.). *O estudo das bacias hidrográficas: uma estratégia para a educação ambiental*. IEA, CDCC, Ford Foundation. 12-17pp.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; REIS, V.L.

2002. Sustainable water resources in South America: the Amazon and La Plata basins. In: JANSKY, L.; NAKAYAMA, M.; UITTO, J. *Lakes and reservoirs as international water systems, towards world lake vision*. UNU University Press. 28-44pp.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S.L.

2003. Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa). IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO, 78pp.

TUNDISI, J.G. et al.

2003. Plano de gerenciamento e otimização de usos múltiplos da bacia hidrográfica e do reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães. *IIE/IIEGA, Finep. (1º relatório)*.

UNCRD -United Nations Centre for Regional Development.

1988. **River/Lake Basin Approaches to Environmentally Sound Management of Water Resources**. Nagoya, Japan. United Nations Centre for Regional Development.

United Nations.

1970. **Integrated River Basin Development**, New York: United Nations.

30. FIGURAS

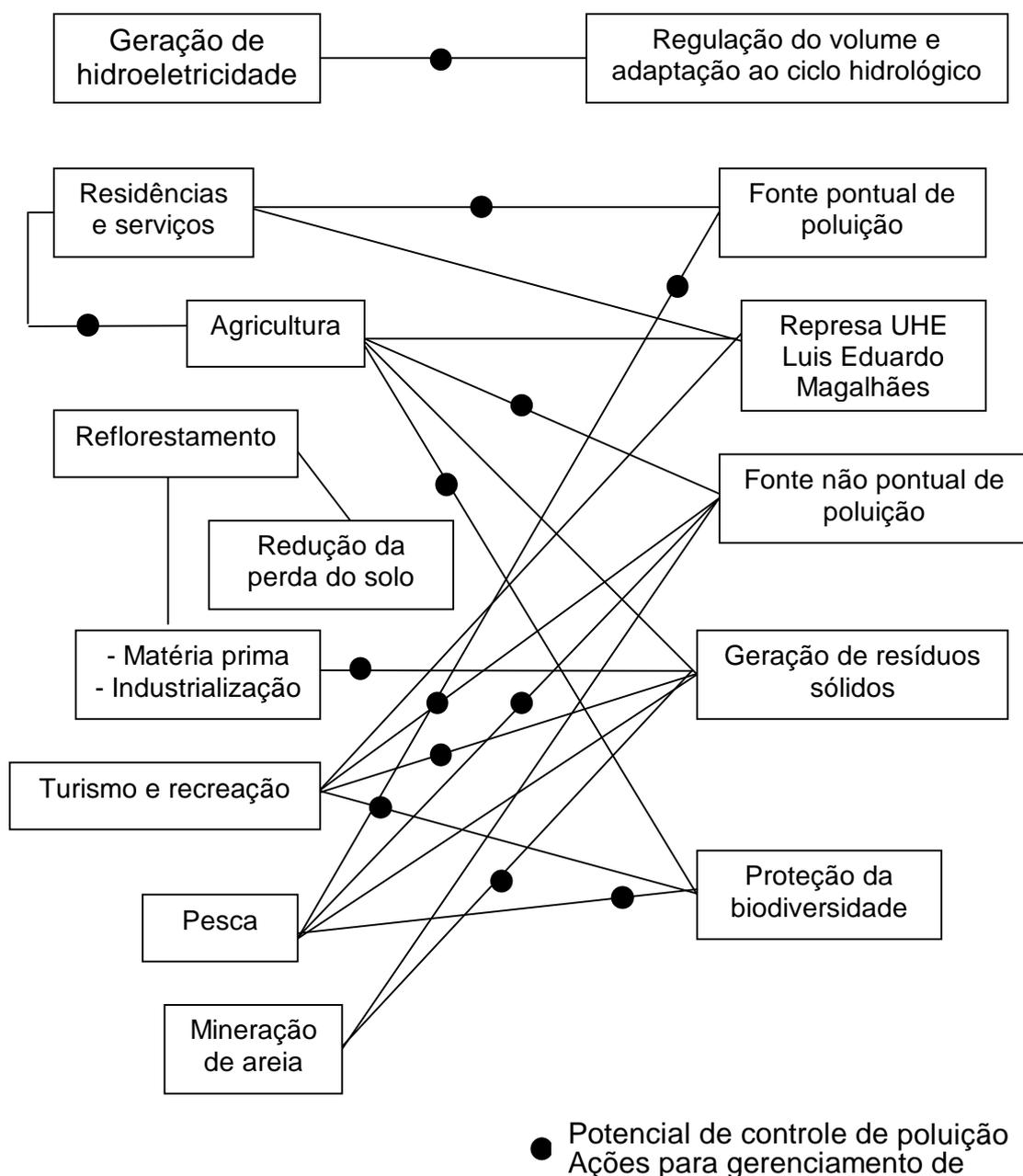


Fig.15 – Principais ações de controle de poluição e de gerenciamento de recursos resultantes das múltiplas atividades na represa. As perspectivas referentes ao uso das bacias hidrográficas e o impacto da agricultura estão descritas em outra figura.

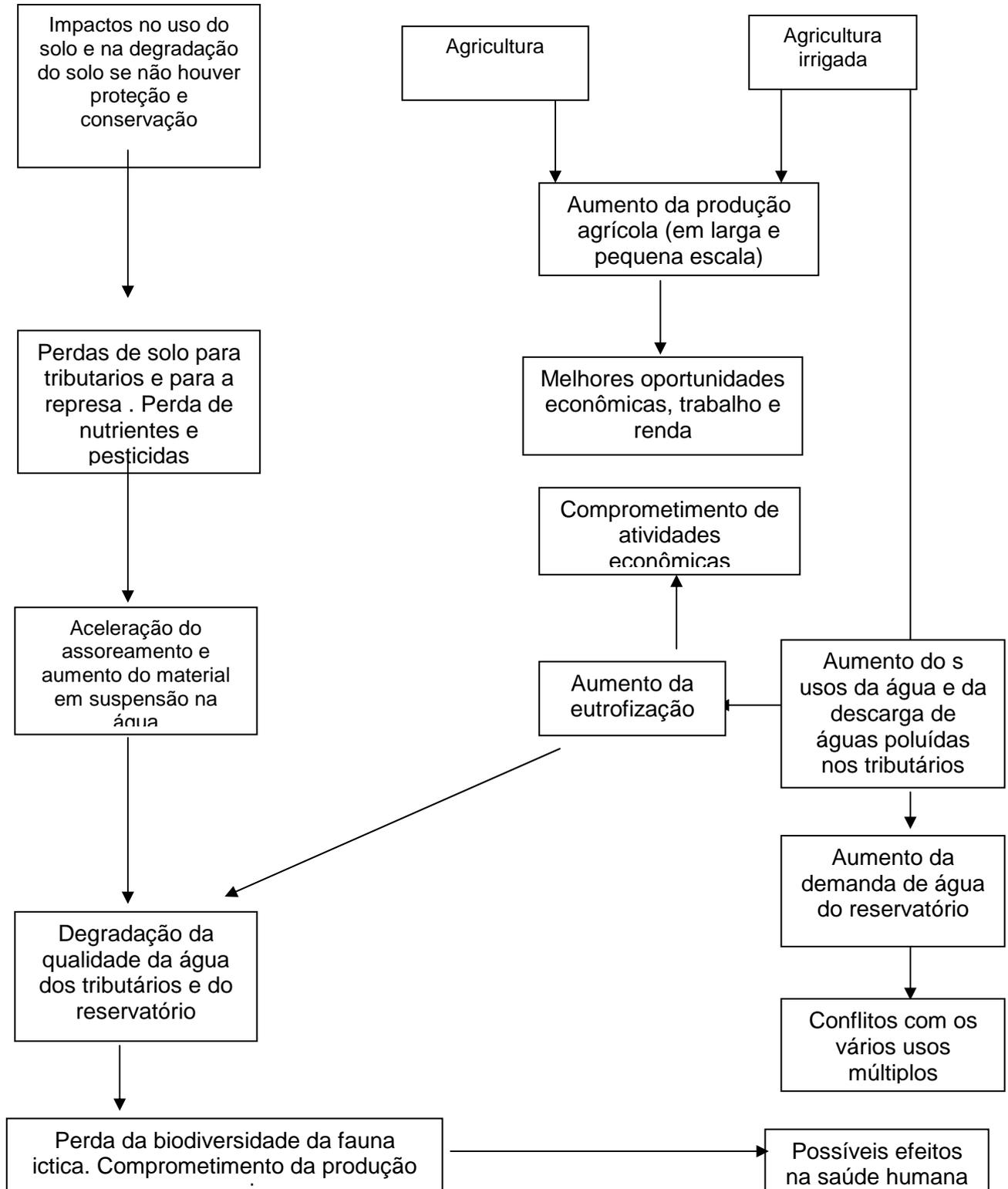


Fig. 16 – Principais interações das atividades agrícolas com a bacia hidrográfica e o reservatório.

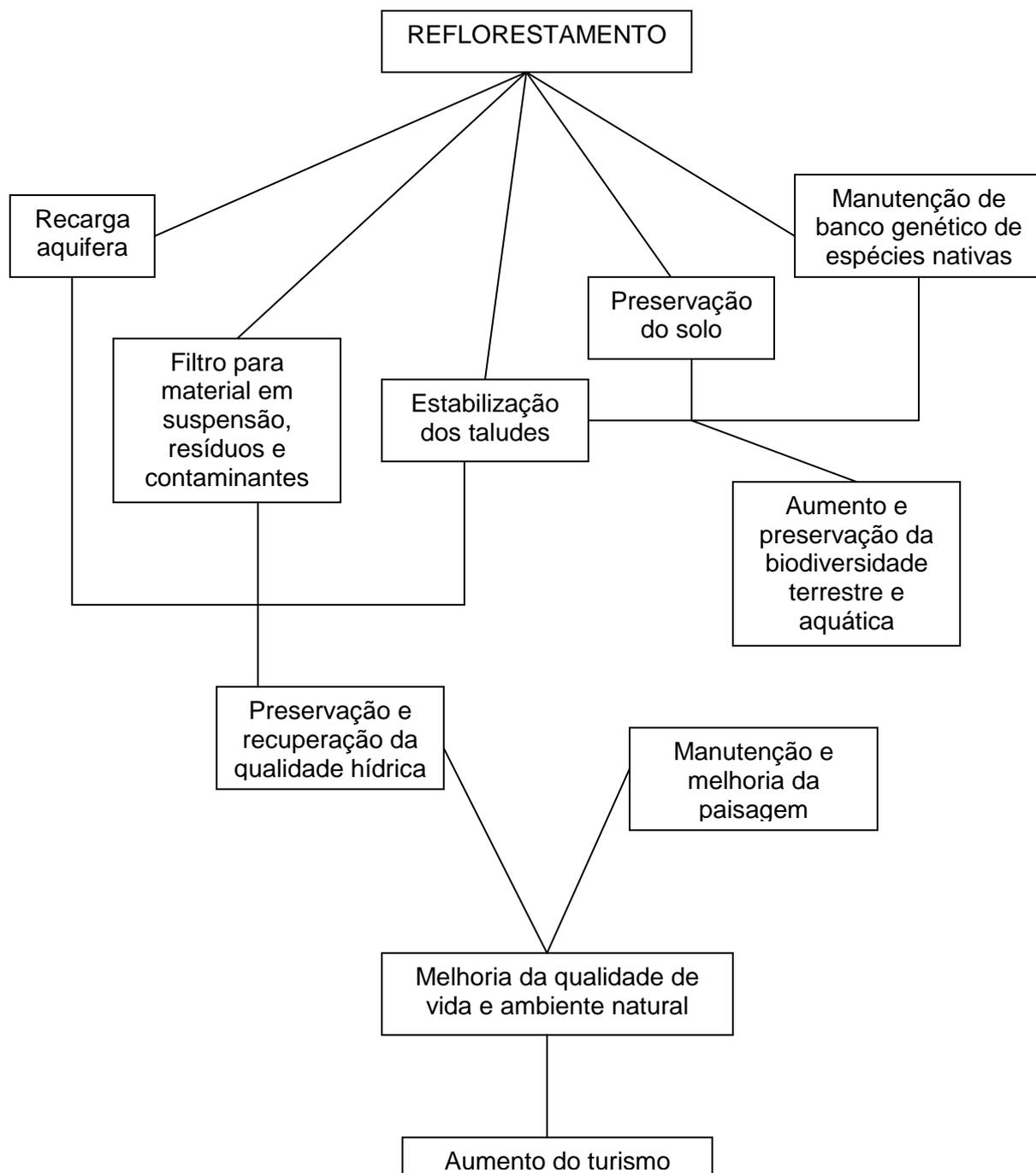


Fig. 17 – Principais benefícios do reflorestamento.

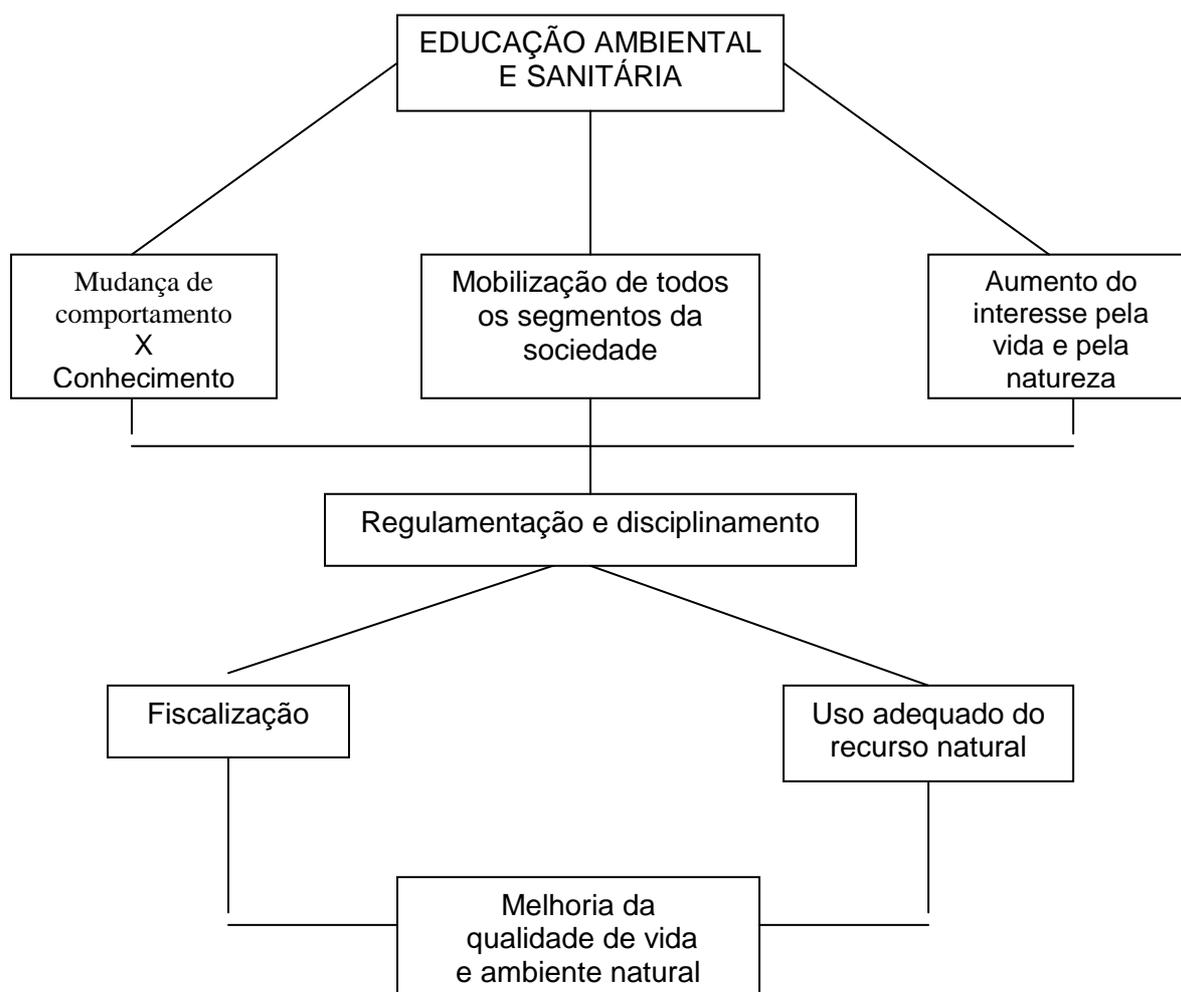


Fig. 18 – Principais interações no processo de Educação Ambiental e Sanitária

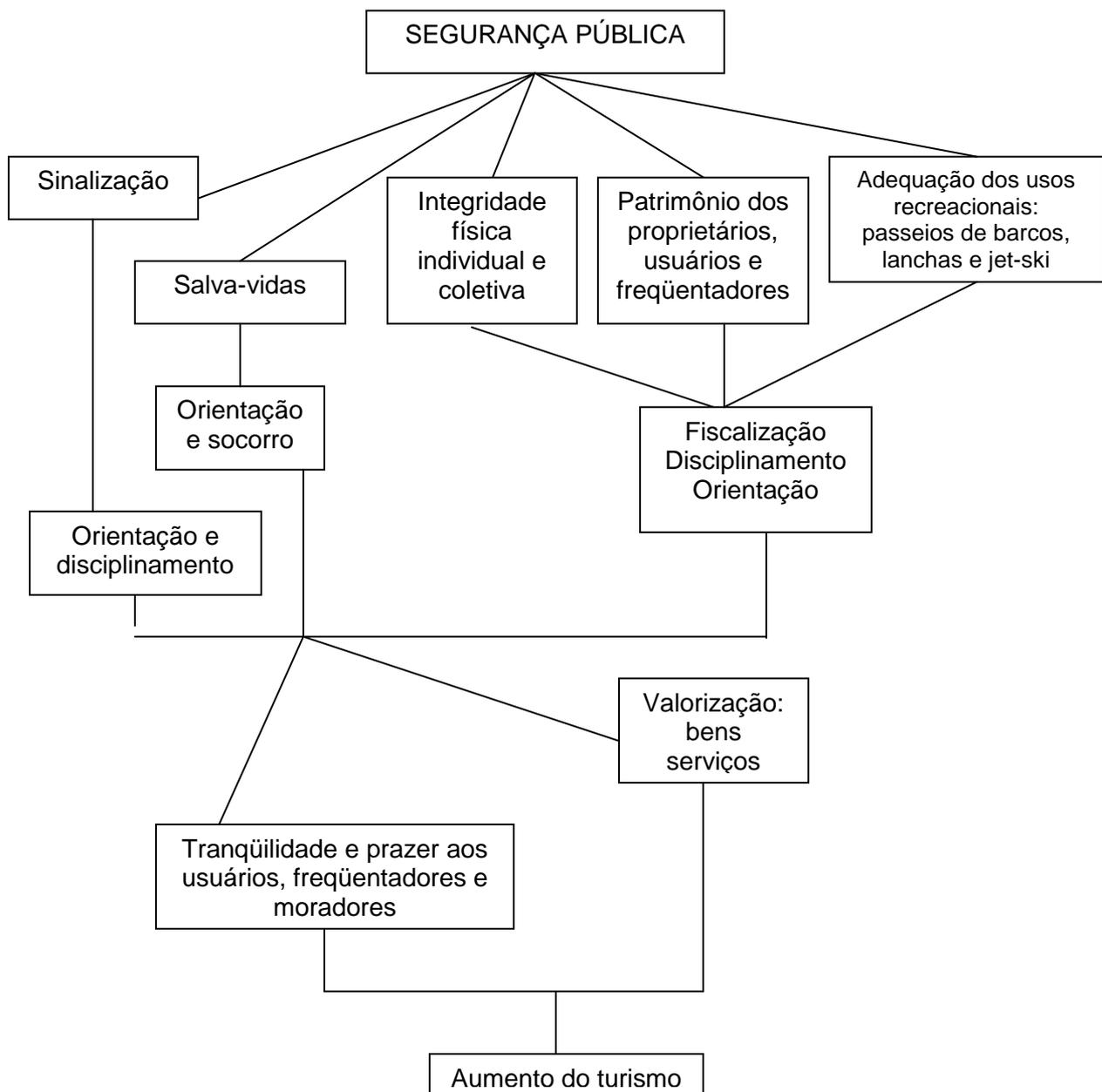


Fig. 19 – Importância da segurança pública para as diversas atividades referentes aos usos do reservatório.

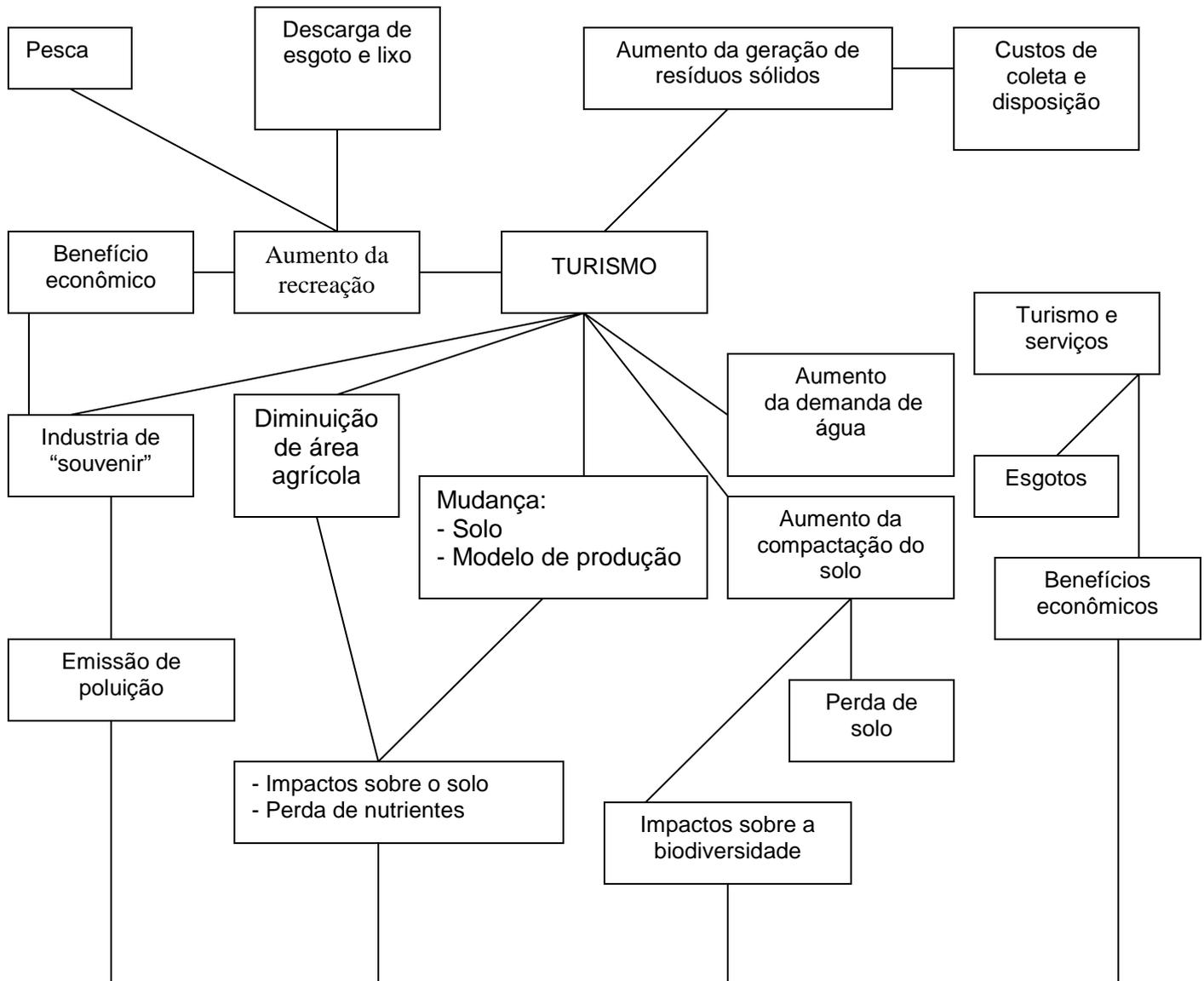


Fig. 20 – Principais impactos gerados pelas atividades de turismo e seus componentes positivos e negativos

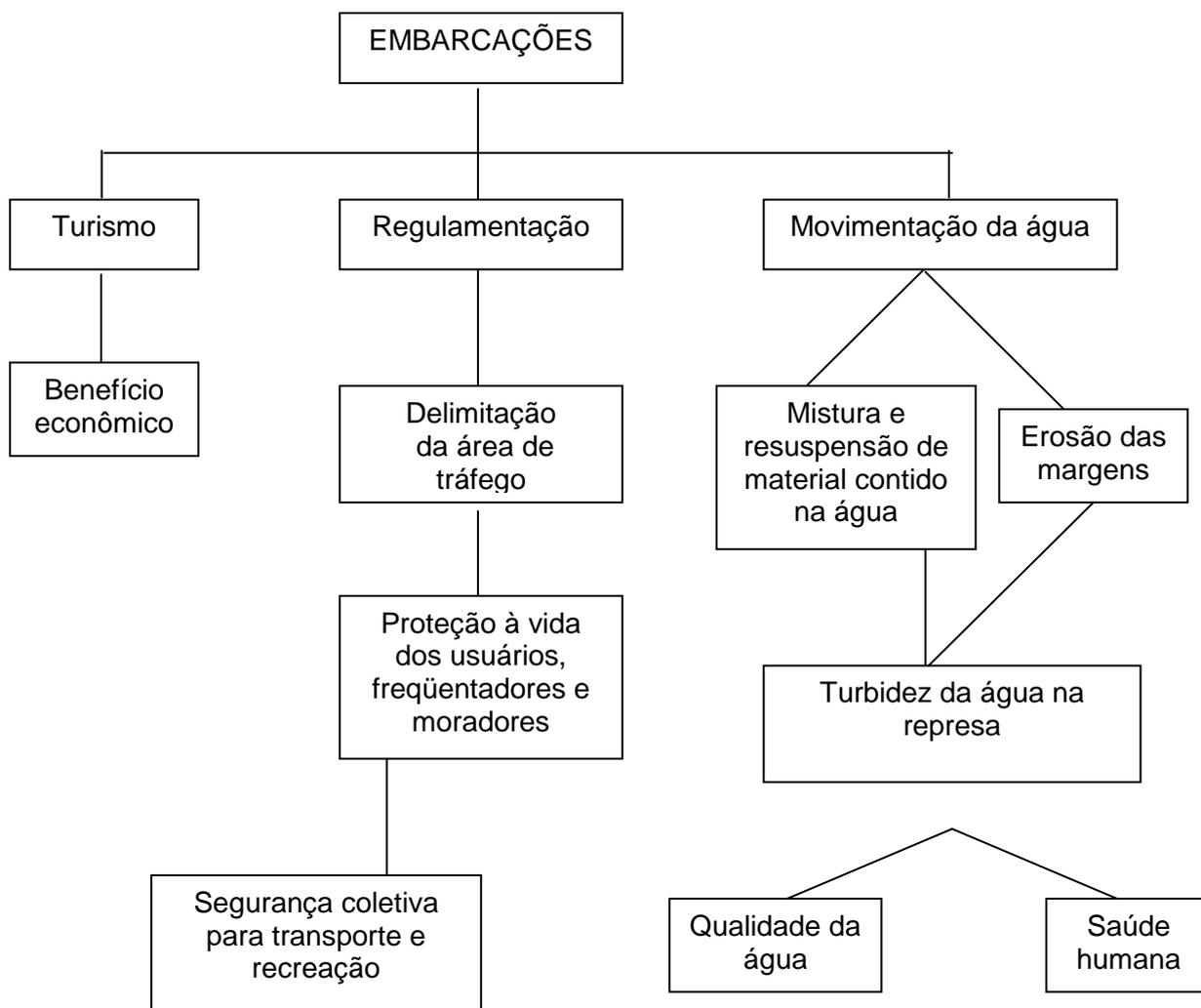


Fig 21 – Principais impactos gerados pelo uso de embarcações no reservatório

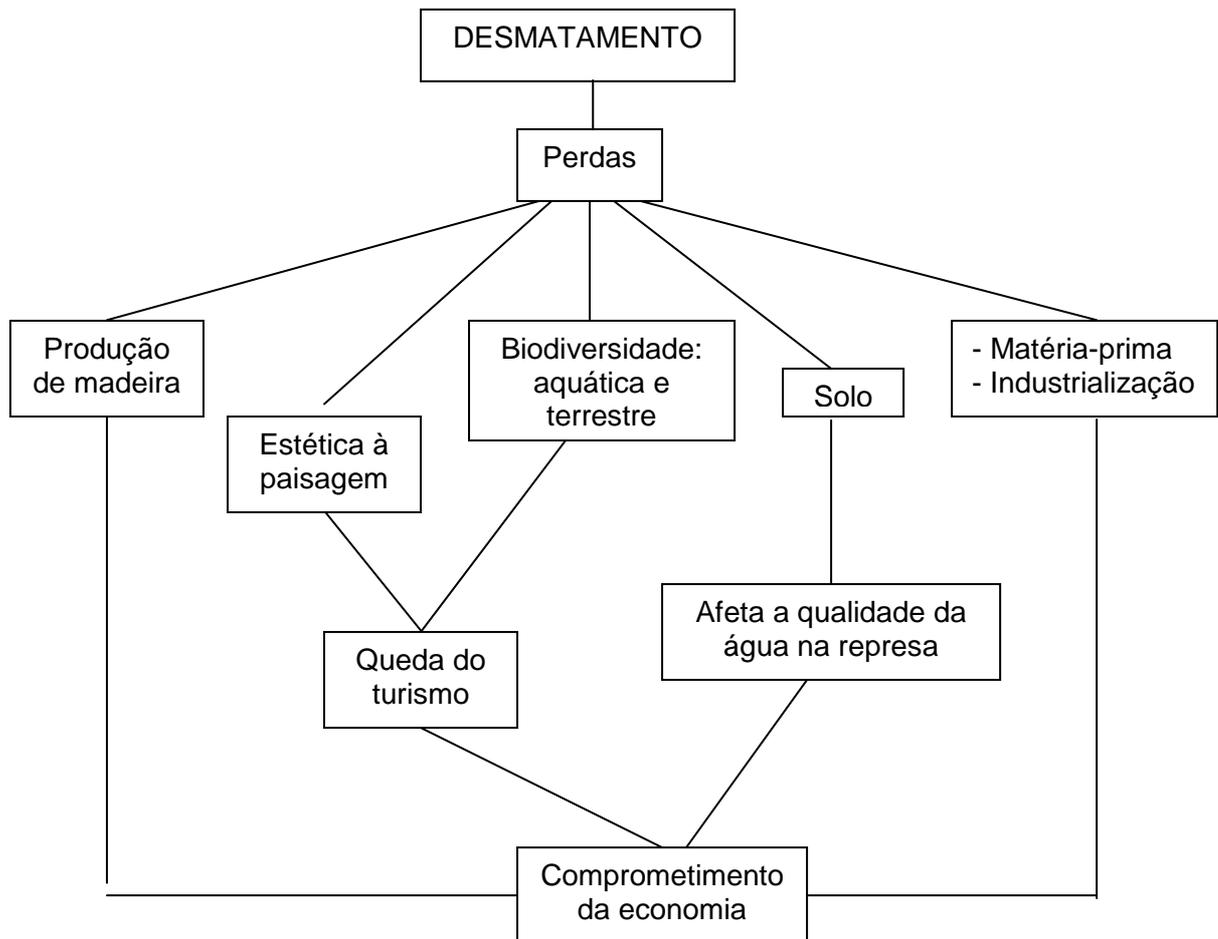


Fig. 22 – Impactos do desmatamento nos vários componentes do sistema hídrico e econômico

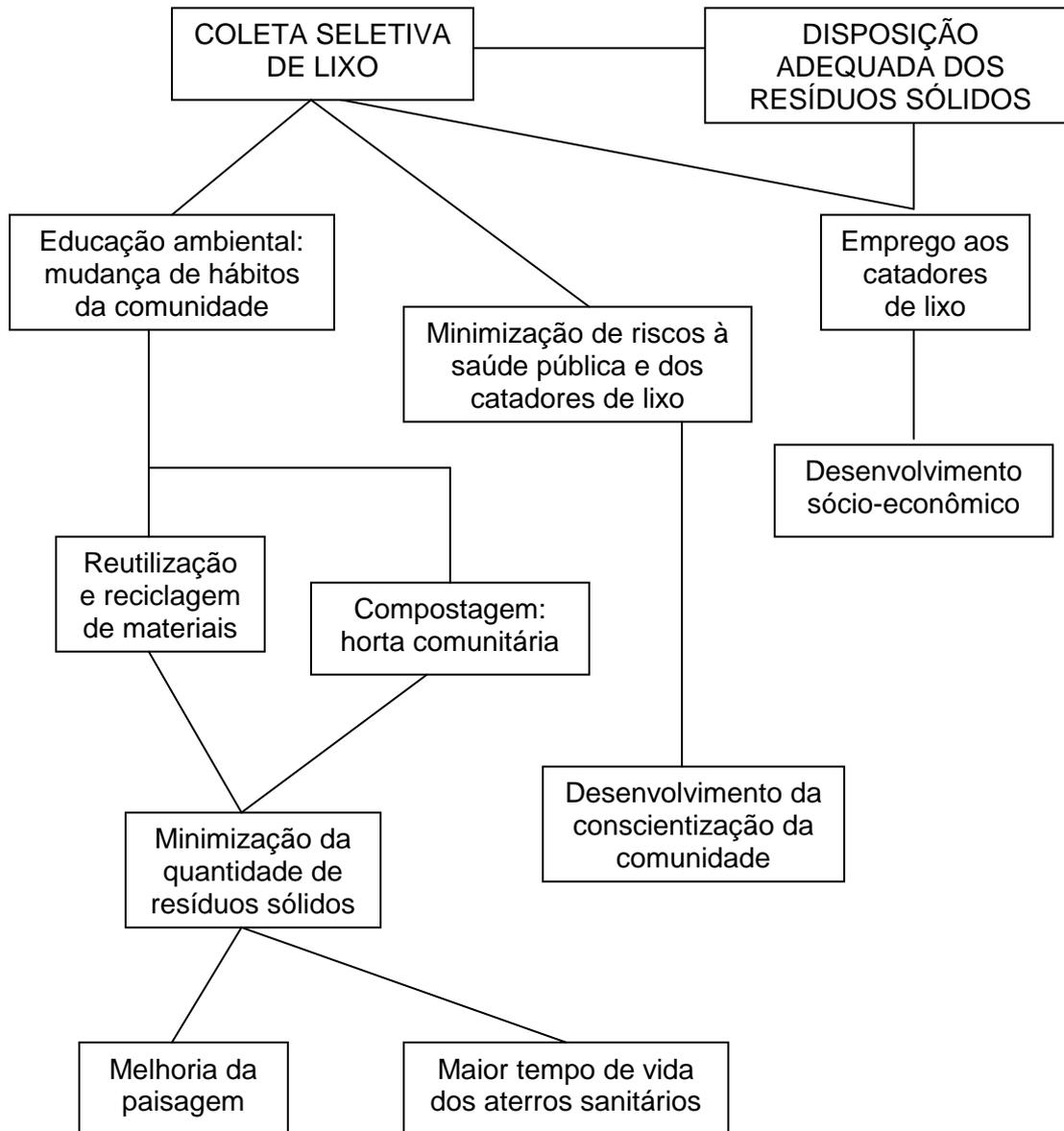


Fig. 23 – Coleta seletiva de lixo e suas principais interações e benefícios.

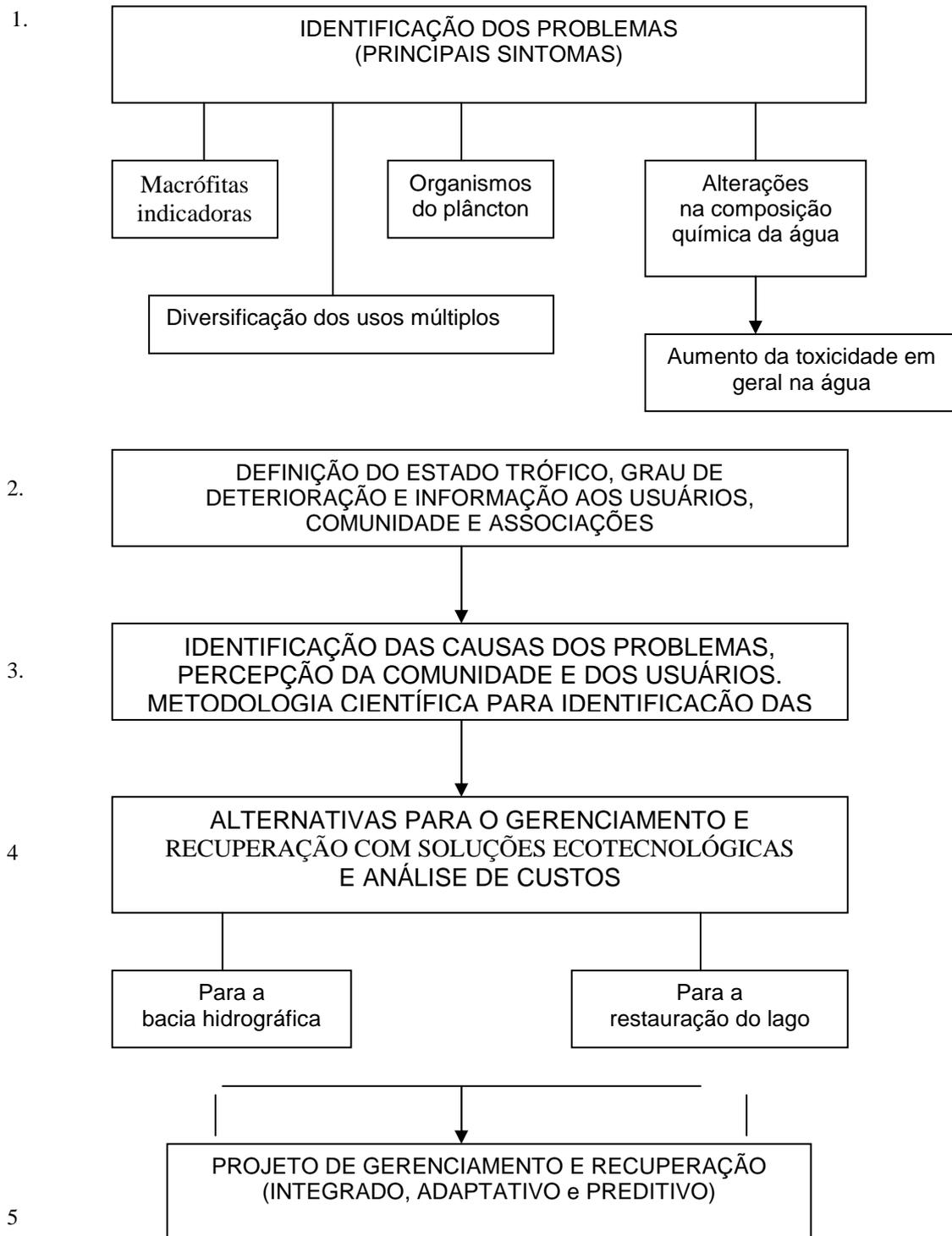


Figura 24 - Ações e metodologia de acompanhamento do reservatório e da bacia hidrográfica para conservação e proteção da qualidade da água



31 EQUIPE TÉCNICA

Prof. Dr. José Galizia Tundisi - Instituto Internacional de Ecologia - IIE

Profa. Dra. Takako Matsumura Tundisi - Instituto Internacional de Ecologia - IIE

Profa. Dra. Vera Lucia Reis - Ecossistêmica Planejamento e Consultoria Ambiental Ltda

Eng. José Eduardo M. Tundisi - Instituto Internacional de Ecologia - IIE

Geól. José Alberto Dias Kronka - Arie Engenharia, Geologia e Consultoria Ambiental

Arq. André Luis Fiorentino - Casaviva Projetos e Consultoria . S. C. Ltda