



U F M G



RELATÓRIO DE METODOLOGIA

**ESTUDO TÉCNICO-CIENTÍFICO VISANDO A DELIMITAÇÃO DE PARQUES
AQÜÍCOLAS NOS LAGOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E
TRÊS MARIAS – MG**

**CONVÊNIO Nº 025/2005
PROCESSO: 00350.000278/2005-20**

NOVEMBRO 2005

Proponente: Secretária de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais.

Praça da Liberdade s/nº
Prédio Verde esquina com rua Gonçalves Dias Bairro: Funcionários
CEP: 30140-010 – Belo Horizonte (MG)

Coordenadora da Gestão do Projeto:

Dra. Magda K. Barcelos Greco
Coordenadora do Programa de Gestão Tecnológica em Recursos Hídricos
Secretária de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais.
E-mail: magda.greco@tecnologia.mg.gov.br

Coordenador Científico:

Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho
Departamento de Biologia Geral
Instituto de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627
CEP 31210-901 - Belo Horizonte (MG)
Telefax 031 3499 2605
E-mail: rmpc@icb.ufmg.br
URL: <http://www.icb.ufmg.br/~rmpc>

Entidade gestora:

Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa da UFMG – FUNDEP
NAU –
Av. Antônio Carlos, 6627
Bairro São Francisco
31270-910 Belo Horizonte (MG)
Tel 3499 4224
E-mail: vangelo@fundep.ufmg.br
URL: <http://www.fundep.ufmg.br>

Índice

1. INTRODUÇÃO

2. OBJETIVOS DO PROJETO

2.1 Objetivo Geral

2.2 Objetivos Específicos

3 – METODOLOGIA

3.1. - Identificação de Áreas Tecnicamente Adequadas para a Aqüicultura no Lago das Usinas Hidroelétricas de Furnas e Três Marias, Minas Gerais.

3.2 Estudos Ambientais das áreas pré-selecionadas passíveis de implementação de Parques Aqüícolas no lago das Usinas Hidroelétricas de Furnas e Três Marias.

3.3 RELATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DOS PARQUES AQUÍCOLAS NOS RESERVATÓRIOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS

3.4 ASSESSORIA TÉCNICA PARA A OBTENÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE ÁGUAS DA UNIÃO DE PARQUES AQUÍCOLAS NOS LAGOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E TRÊS MARIAS – MG.

4 – COMPROVAÇÃO DE MOBILIZAÇÃO DOS RECURSOS, MEIOS E PESSOAL PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

5 - Cronograma

6 - Equipe de Trabalho

7 - Referências

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais é reconhecido pela sua grande diversidade e quantidade de corpos aquáticos, sejam eles naturais ou represamentos. Entretanto, em termos de piscicultura, o Estado apresenta uma das menores produtividades do Brasil. Os reservatórios mineiros, tais como o reservatório de Furnas e Três Marias, por exemplo, apresentam uma produção pesqueira ainda muito baixa, ou seja, abaixo de 20 Kg.ha.ano⁻¹. Além disso, os lagos de Furnas e Três Marias ainda apresentam uma crescente degradação de sua qualidade de água causada principalmente pelo aporte externo de nutrientes (N e P).

O aumento da pesca comercial no lago é, em grande parte, impedido pela baixa densidade de peixes na zona limnética do reservatório. O aumento da produção de pescado nos citados reservatórios pode-se dar pelo incremento da atividade de aqüicultura, sobretudo em tanques-redes, o que tem sido adotado com muito sucesso em determinadas circunstâncias (nas fazendas de cultivo de salmão no sul do Chile, por exemplo).

Este projeto, denominado “ESTUDO TÉCNICO-CIENTÍFICO VISANDO A DELIMITAÇÃO DE PARQUES AQUÍCOLAS NOS LAGOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E TRÊS MARIAS – MG”, tem por objetivos básicos não somente obter um levantamento sistemático de uma vasta gama de diferentes aspectos técnico-científicos e institucionais visando à implantação de parques aquícolas nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três Marias, como também avaliar os possíveis impactos ambientais que esse tipo de empreendimento possa vir a ter na qualidade de água desses ambientes.

Este relatório apresenta, conforme previsto no plano de trabalho do CONVÊNIO Nº 025/2005 (PROCESSO: 00350.000278/2005-20), o detalhamento metodológico e a comprovação de mobilização dos recursos, meio e pessoal para execução deste projeto.

2. OBJETIVOS DO PROJETO

2.1 Geral

Realizar a identificação, seleção e estudos ambientais específicos de áreas tecnicamente adequadas para implantação de parques aquícolas nos reservatórios de Furnas (rio Grande/Sapucai) e Três Marias (rio São Francisco), situados no Estado de Minas Gerais.

2.2 Específicos

O projeto tem como objetivos específicos a produção dos seguintes produtos técnicos-científicos para cada um dos dois reservatórios, a saber:

- a) Relatórios de estudo de identificação de áreas tecnicamente adequadas para a seleção de Parques Aquícolas.
- b) Relatórios de estudos ambientais das áreas pré-selecionadas passíveis de implementação de Parques Aquícolas.
- c) Relatórios de regularização dos Parques Aquícolas nos reservatórios das Usinas Hidroelétricas.
- d) Assessoria técnica para obtenção de autorização de uso de águas da União de Parques Aquícolas nos respectivos reservatórios.

Os objetivos dessa proposta serão atingidos através de uma sintonia entre duas matrizes de dados (figura 1) : dados primários a serem obtidos diretamente no campo e dados secundários, a serem obtidos junto as concessionárias de energia elétrica (FURNAS e CEMIG) bem como junto a agências de desenvolvimento regional (CODEVASF) e órgãos oficiais do governo (IBGE e IBAMA, etc).

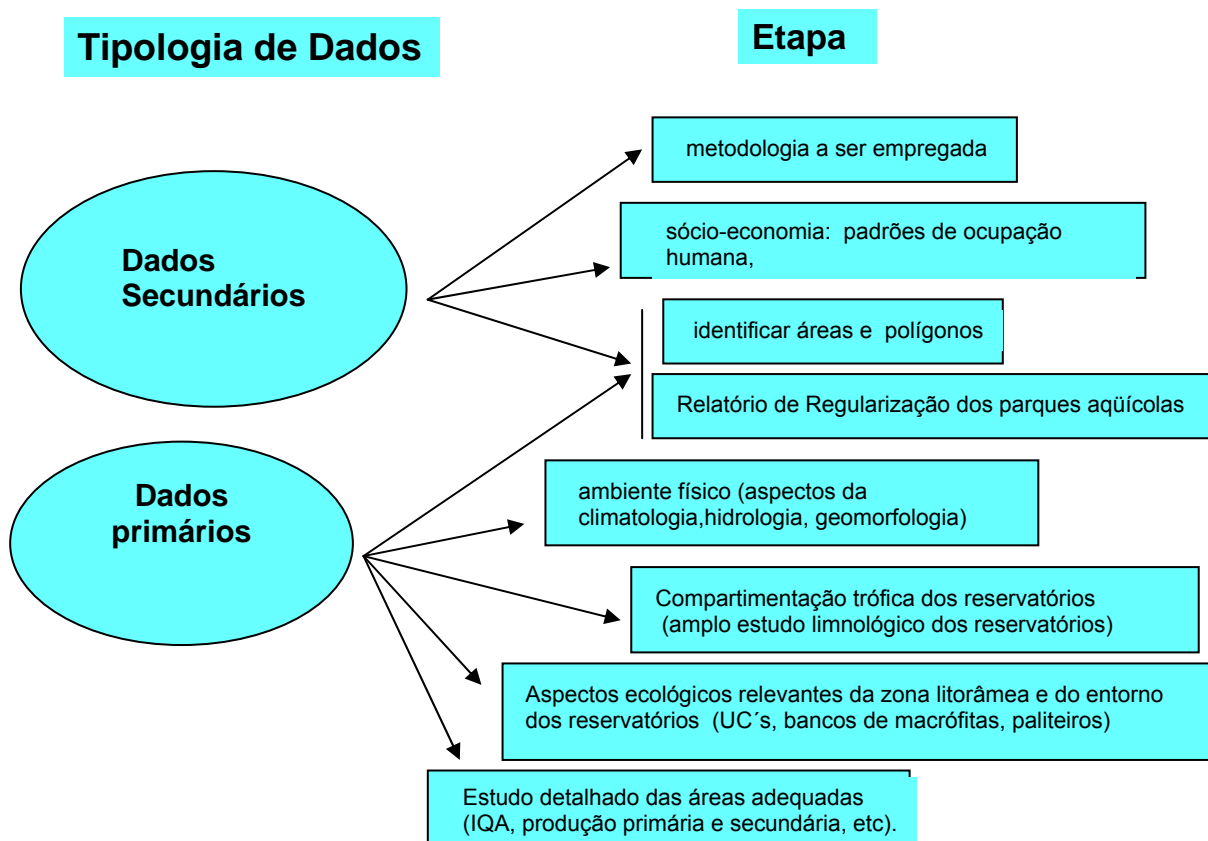


Figura 1 – Estratégia de obtenção de dados. O esquema acima procura ilustrar a tipologia de dados a serem processados na presente proposta bem como a que etapas eles estariam relacionados.

3 – METODOLOGIA

Para a execução dos serviços contratados, de forma geral, pretende-se adotar a metodologia já descrita e aprovada no Projeto Básico que segue os procedimentos propostos pela SEAP/PR e atende ao disposto no Decreto nº 4.895/2003 e na INI nº 06/2004. Entretanto, alguns ajustes e refinamentos metodológicos tornam-se necessários diante do maior conhecimento e detalhamento ambiental atual dos sistemas lacustres em estudo e dos dados e informações secundárias disponíveis.

Ressalta-se que alguns procedimentos metodológicos serão ainda ajustados durante o andamento das atividades previstas no Projeto.

A estratégia para elaboração dos estudos consistirá nos seguintes procedimentos:

- a) Amplo levantamento, análise e seleção dos dados e informações (dados secundários) disponíveis.
- b) Determinação e caracterização dos compartimentos tróficos dos reservatórios;
- c) Exclusão das áreas não recomendadas para implantação dos parques aquícolas. Esta exclusão ocorrerá em duas etapas, sendo a primeira baseada tanto dados secundários, levantados na etapa (a) bem como no levantamento das condições tróficas do reservatório realizado na etapa (b). Dessa forma, a exclusão dessas áreas será feita observando o cruzamento de uma vasta gama de dados primários e secundários.
- d) Diagnóstico e prognóstico ambiental detalhado das áreas selecionadas.
- e) Elaboração do(s) projeto(s) básico(s) do(s) Parque(s) Aquícola(s) - caso exista(m) área(s) apta(s) à instalação.
- f) Assessoria técnica para obtenção de autorização de uso de águas da União de Parques Aquícolas nos respectivos reservatórios.

Apresenta-se a seguir o detalhamento metodológico das principais etapas de trabalho.

3.1. - IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS TECNICAMENTE ADEQUADAS PARA A AQUICULTURA NO LAGO DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E TRÊS MARIAS, MINAS GERAIS.

Os reservatórios de Furnas e Três Marias possuem uma área inundada de 1.440 km² e 1.110 km², respectivamente. São os dois maiores e mais antigos reservatórios da região sudeste. Devido a grande concentração de atividades antrópicas nas suas bacias de contribuição estes reservatórios apresentam uma crescente degradação da qualidade de água causada, principalmente, pelo aporte externo de nutrientes (Áquila 2000; Figueredo & Giani, 2001, 2004). Assim, partes destes reservatórios não se enquadram dentro de critérios técnicos e ambientais recomendados para a prática da aquicultura.

As áreas tecnicamente adequadas serão identificadas através do cruzamento de dados primários e secundários.

3.1.1 Determinação das áreas ecologicamente adequadas para a instalação de parques aquícolas nos reservatórios de Furnas e Três Marias.

O presente estudo tem por objetivo central a obtenção de uma matriz de dados limnológicos primários que permitam a identificação de dois tipos de áreas a serem usadas em parques aquícolas: (a) áreas oligotróficas onde possam ser implementados projetos “convencionais” tais como o uso de peixes onívoros em tanques redes com uso de ração e (b) áreas eutróficas onde possam ser implementados projetos “alternativos” tais como tanques-redes para engorda de pós-larvas ou para a criação de peixes fitoplanctófagos, sem o uso intensivo de ração.

Essa nova estratégia para a determinação de dois tipos de áreas para a implantação de parques aquícolas tem seu embasamento em duas premissas importantes:

- (a) a constatação de que grandes áreas em ambos os reservatórios já apresentam um certo comprometimento de suas qualidades de água. Estudos previamente realizados pelo nosso grupo de pesquisas, através da dissertação de mestrado de nossas orientandas, Laura Rull (Aguila, 2000), demonstraram que uma grande parte do braço do rio Sapucaí, no reservatório de Furnas, já apresenta uma clara evolução para a eutrofia.

(b) existe uma demanda clara de desenvolvimento de planos de uso sustentável para as áreas consideradas mais eutróficas nos reservatórios de grande porte do país. Esse uso sustentável implica na identificação, quantificação e zoneamento das regiões eutróficas, na identificação dos principais problemas de qualidade de água existentes (cianobactérias, macrófitas, contaminações por metais trações e biocidas, falta de oxigênio, etc). Posteriormente, serão sugeridos possíveis usos em termos de aquicultura para essas regiões que levem em conta tais problemas e o fato de que esses usos não acarretem ainda um agravamento e até mesmo uma melhora (ex: através da remoção de biomassa por peixes planctófagos) dos problemas existentes.

Esta etapa consiste, portanto, na implementação de um amplo estudo limnológico envolvendo a determinação dos padrões espaciais de qualidade de água, ou seja, a determinação da variação horizontal do estado trófico dos reservatórios envolvidos.

Esse estudo será feito baseando-se na coleta “in situ” de dados limnológicos necessários para a caracterização e quantificação do estado trófico das diferentes regiões do reservatório.

3.1.2. Exclusão de áreas inadequadas ou restritivas para a aquicultura (dados secundários)

Numa primeira etapa serão utilizados produtos de sensoriamento remoto orbital e técnicas de geoprocessamento para a pré-seleção e exclusão de **áreas restritivas** à instalação de projetos de aquicultura. O uso desta abordagem visa tratar e analisar os dados e informações disponíveis num ambiente computacional de forma a reduzir a área de estudo, direcionando, de maneira eficaz, a aplicação dos recursos humanos e financeiros do Projeto na investigação das áreas com maior aptidão para instalação dessa atividade.

Para a definição das áreas restritivas serão utilizados critérios biológicos, físicos e sócio-econômicos baseados no levantamento e análise dos dados e informações disponíveis. Estas áreas serão espacializadas sobre as imagens de satélite para posterior conferência durante os trabalhos iniciais de reconhecimento de campo e sobrevôo. Dentre as variáveis restritivas que serão consideradas destacam-se:

a) Zona de segurança e operação das Usinas de Furnas e Três Marias.

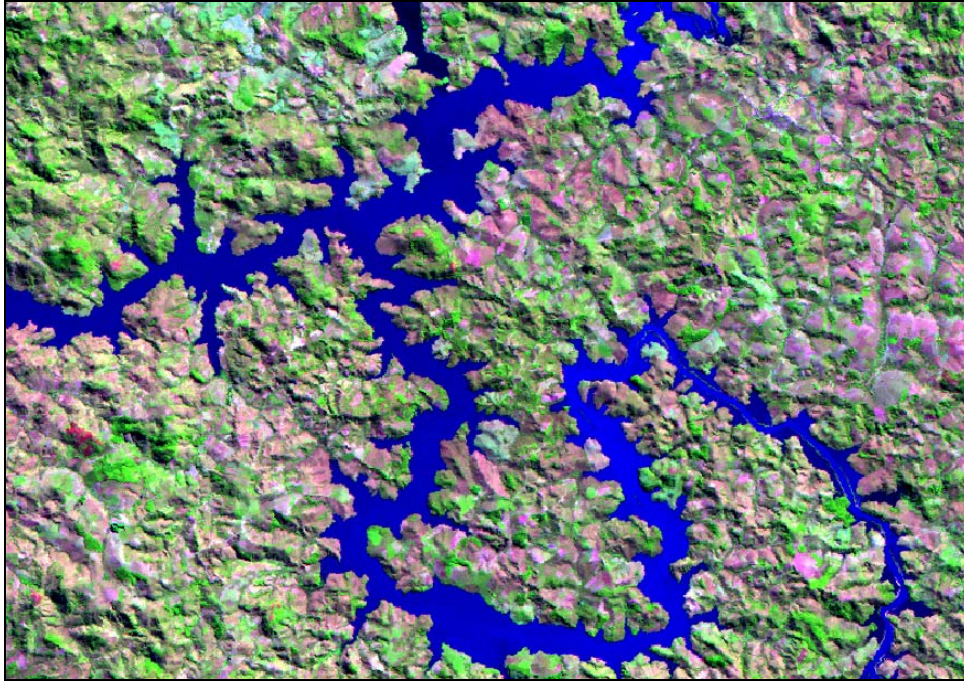
As zonas de segurança já estão sendo levantadas junto às concessionárias de energia (Furnas e CEMIG).

b) Depleção mínima histórica observada no nível dos reservatórios.

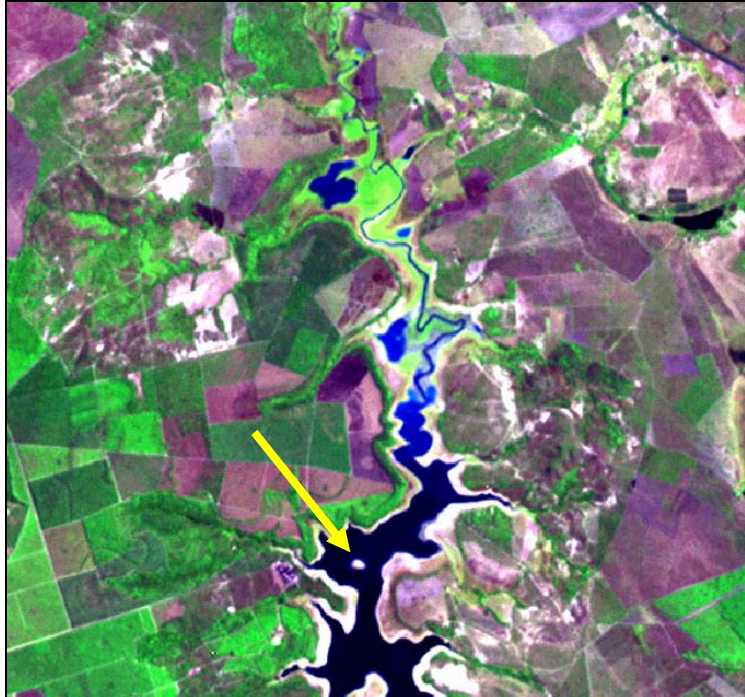
A espacialização desta variável será realizada a partir da utilização da imagem de satélite na faixa espectral do infravermelho coletada em data mais próxima ao registro histórico da maior depleção observada nos reservatórios. Esta faixa espectral é adequada para o mapeamento e delineamento de corpos d'água.

Este procedimento torna-se necessário em decorrência da ausência de mapas dos níveis operacionais dos reservatórios em regimes de cheia e depleção. As figuras 1 a 4 mostram exemplos da variação nos níveis dos braços dos reservatórios que deverão ser excluídos dos estudos mais detalhados durante a elaboração do Diagnóstico Ambiental. Os dados preliminares obtidos mostram uma tendência mais restritiva da variável depleção para determinados braços do reservatório de Furnas quando comparado ao reservatório de Três Marias.





Figuras 1 e 2 – Imagens de satélite de braço do reservatório de Furnas em época cheia e deplecionado (acima).



Figuras 3 e 4 – Imagens de satélite multitemporal de braço do reservatório de Três Marias em época cheia (abaixo) e deplecionado (acima). Notar a presença de áreas rasas (em azul) e formação de ilha (seta amarela)

c) Rotas de navegação

As rotas de navegação (linhas regulares, pesca e turismo) já estão sendo levantadas junto às companhias gestoras do reservatório (Furnas e CODEVASF). Dependendo da distribuição espacial e da densidade destas rotas determinados trechos dos reservatórios poderão ser excluídos da etapa de identificação posterior.

d) Distância mínima das Unidades de Conservação e existência de corredores ecológicos

Os limites das principais Unidades de Conservação serão levantados junto ao IBAMA e ao Instituto Estadual e Florestas – IEF. As restrições de uso e a zona de amortecimento dessas áreas são normalmente definidas nos Planos de Manejos das respectivas Unidades. Na sua ausência adota-se, de acordo com o SNUC, uma faixa de 10 km no entorno das Unidades de Conservação como área de uso controlado.

e) Direitos Minerários

Serão realizados o levantamento e espacialização dos direitos minerários junto ao DNPM para identificação de áreas com potencial atual ou futuro para existência de conflitos de uso na área e no entorno do reservatório. A atividade de extração de areia no interior do reservatório, caso exista, será destacada.

f) Qualidade de águas (zonas hipereutróficas)

A qualidade será avaliada através de uma caracterização limnológica dos afluentes e principais compartimentos dos reservatórios de FURNAS e Três Marias. Áreas hipereutróficas ou mesotróficas dos reservatórios são inadequadas para implementação de parques aquícolas. Problemas tais como a depleção dos valores de oxigênio dissolvido ou a ocorrência de florescimentos de cianobactérias são comuns nesses tipos de águas eutróficas.

As séries históricas da qualidade da águas do monitoramento realizado pelas concessionárias de energia elétrica, e os dados do programa “Água de Minas”, serão utilizados e analisados para caracterizar a qualidade de água. A disponibilização destes dados pelas concessionárias já se encontra em avançado processo de negociação.

Para a definição das áreas restritivas dos reservatórios será utilizado, a princípio, o índice de estado trófico IET de Carlson (1977) que é calculado a partir de transformações lineares para as seguintes variáveis: transparência (disco de Secchi), fósforo total e clorofila-a. O IET de Carlson pode ser calculado de acordo com as equações:

1 – Transparência da água

$$IET(DS) = 10 \left(6 - \frac{\ln DS}{\ln 2} \right)$$

2 – Clorofila-a

$$IET(Chl) = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \ln Chl}{\ln 2} \right)$$

3 – Fósforo total

$$IET(PT) = 10 \left(6 - \frac{\ln \frac{48}{PT}}{\ln 2} \right)$$

No que se refere a qualidade das águas serão ainda considerados os valores absolutos de Fósforo Total, Sólidos em Suspensão, contaminação por agrotóxicos, florecimento de cianobactérias e teor de metais pesados.

Ainda nesta primeira etapa de trabalho poderão ser incluídos outros critérios espaciais de restrição obtidos através da análise de dados secundários confiáveis ou de informações extraídas a partir da interpretação de imagens de satélite da série Landsat 5 e 7. Dentre estes dados adicionais destacam-se a existência de paliteiros, processos de assoreamento, inexistência de acessos, locais de águas rasas e de ocorrência de macrófitas, captação de água para áreas urbanas, fontes significativas de poluição pontuais.

A espacialização das áreas restritivas mapeadas na carta imagem, apresentada em escala compatível com a base cartográfica digital disponível (1:50.000 a 1:100.000), será confirmada durante o primeiro trabalho de campo e a realização do sobrevôo de

reconhecimento. Todas as porções dos reservatórios excluídas serão tecnicamente justificadas.

3.1.2. Análise detalhada das variáveis restritivas nas áreas pré-selecionadas para a aqüicultura

Numa segunda etapa de exclusão de regiões inaptas dos reservatórios, haverá o detalhamento das variáveis restritivas nas áreas previamente selecionadas na etapa anterior para desenvolvimento da aqüicultura. Este detalhamento será realizado a partir de trabalhos de campo, entrevistas, análise de dados secundários específicos e interpretação de imagens de satélite e ortofotocartas da CEMIG (1:10.000).

Serão ainda identificadas no contexto espacial, quando necessário, as variáveis restritivas relacionadas na etapa anterior, bem como variáveis adicionais e suas respectivas zonas tampão, definidas caso a caso:

- a) Fontes significativas de poluição doméstica e industrial.
- b) Locais de captação de água para consumo humano e irrigação.
- c) Presença de balneários de lazer e turismo.
- d) Proximidade do reservatório a áreas agrosilvopastoris com potencial poluidor difuso gerado através do carreamento de agrotóxicos, metais traços e outros agentes contaminantes.
- e) Profundidade restritiva e/ou em processos de assoreamento.
- f) Extração clandestina de areia.
- g) Proximidade a Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN).
- h) Presença de bens relacionados ao patrimônio histórico e cultural.
- i) Restrições nos planos diretores (zoneamentos) dos reservatórios, caso existam
- j) Locais de pesca amadora, profissional e esportiva.
- k) Rotas locais de navegação e portos de embarque e desembarque.
- l) Locais de formação de ondas e incidência de ventos.

Ao término desta etapa serão excluídas mais áreas inaptas e a definição das áreas aptas para estudos ambientais em produtos cartográficos (mapas ou cartas imagem) compatíveis com as bases cartográficas do IBGE.

3.2 RELATÓRIOS DE ESTUDOS AMBIENTAIS DAS ÁREAS PRÉ-SELECIONADAS PASSÍVEIS DE IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES AQUÍCOLAS NO LAGO DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E TRÊS MARIAS.

Este estudo tem por finalidade atender aos critérios mínimos necessários ao processo de licenciamento ambiental de parques aquícolas, estabelecidos na Instrução Normativa Interministerial nº 06, de 31 de maio de 2.004.

Os estudos ambientais das áreas selecionadas serão realizados para as áreas preliminarmente identificadas como tecnicamente adequadas (produto final do item 3.1.2) para implantação de parques aquícolas. A idéia deste estudo é confirmar, selecionar e hierarquizar, a partir do estudo ambiental a ser realizado, as áreas passíveis de instalação dos parques.

Os estudos ambientais contemplarão as fases de diagnóstico, avaliação integrada, prognóstico e medidas de controle, compensação e mitigação dos impactos negativos (apenas no caso da confirmação da existência de áreas aptas à instalação de projetos). Em todas as fases serão utilizadas metodologias consagradas nesta área do conhecimento.

3.2.1 Diagnóstico Ambiental

Na fase do diagnóstico ambiental serão definidas e caracterizadas as áreas de influência direta (AID) e indireta (AII) das regiões previamente selecionadas que serão avaliadas nos seus aspectos físicos, bióticos e sócio-econômicos.

O grau de detalhamento e tipos de estudo de cada um destes aspectos deverá variar de acordo com as características ambientais e sociais específicas do entorno de cada uma das regiões em análise. Os estudos serão mais detalhados nos locais que se mostrarem, ao longo dos trabalhos, mais promissores à instalação de parques aquícola.

Em linhas gerais e específicas, quando for o caso, os estudos abrangerão os seguintes aspectos listados a seguir para cada meio.

A) CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Aspectos Climatológicos e Meteorológicos

O clima das áreas de inserção dos reservatórios abrangência deverá ser definido e corretamente caracterizado. A apresentação da dinâmica atmosférica deverá contemplar a influência dos fatores geográficos, o processo de circulação em grande escala, e os sistemas atmosféricos atuantes na região. Deverão ser apresentados, para cada reservatório, as análises dos dados disponíveis nas estações meteorológicas em operação nas áreas de abrangência, com ênfase nos parâmetros que podem interferir na piscicultura.

Aspectos Geomorfológicos e Topográficos

Estudos geomorfológicos, com ênfase em processos erosivos nas margens e assoreamento de braços de reservatórios, deverão ser realizados. Cartas de altimetria e batimetria deverão ser geradas no intuito de selecionar áreas com profundidades adequadas. Os estudos batimétricos serão concentrados nos polígonos inseridos dentro das regiões selecionadas que não se mostrarem restritivos à atividade de piscicultura.

Equipamentos para geração de cartas batimétricas

Para a coleta dos pontos batimétricos será utilizada um sistema constituído por um ecobatímetro portátil de feixe simples modelo Sonarlite, e um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS) (Fig. 6 A e B).

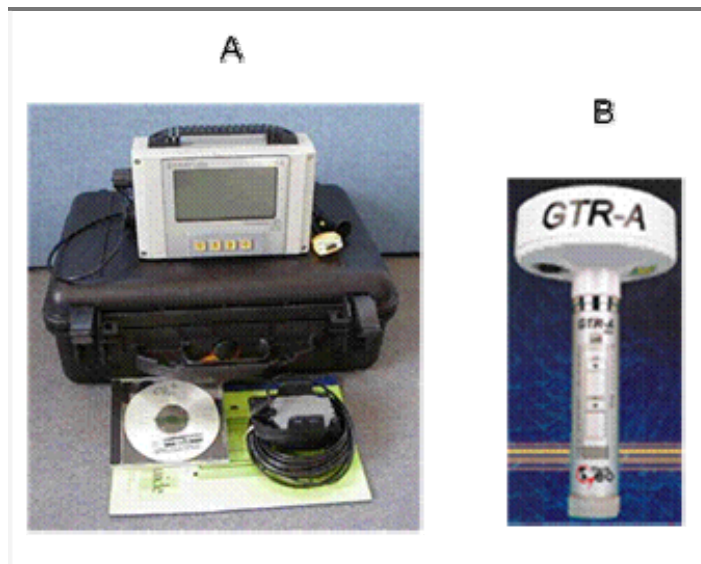


Figura 6– A - Ecobatímetro Sonarlite (Ohmex) e B – DGPS GTR-A (Techgeo).

O ecobatímetro Sonarlite possui um transdutor que trabalha com a emissão e recepção de pulsos nas frequências de 200 kHz, frequência mais adequada para detecção das condições

de fundo. O equipamento calcula a profundidade através da diferença de tempo entre a emissão e a recepção do sinal, estando apto a detectar profundidades entre 0,30 m a 80 m, com uma precisão de 2 cm. O ecobatímetro vem com um software que faz o processamento dos dados recebidos e que gera os ecogramas (perfis) coloridos, que são visualizados na tela de um computador ou em saídas gráficas de impressora. Além disso, o software gera tabelas que são guardadas em arquivos para posterior utilização por programas gráficos.

O sistema DGPS com funcionamento estático e pós-correção, permite obter precisão diferencial no modo estático na ordem de 5 mm + 1 ppm para distâncias até 20 km e 5 mm + 2 ppm para distâncias até 50 km. A utilização de GPS com posicionamento diferencial melhora consideravelmente a precisão das coordenadas, na medida em que corrige os erros sistemáticos que tem causas extrínsecas aos receptores, tais como os erros introduzidos pela degradação do sistema, pelos atrasos ionosféricos e troposféricos, erros nas efemérides dos satélites, erro do relógio do satélite e ruído do receptor (Álvares et al., 2000). O fundamento do DGPS baseia-se na determinação da posição de um ponto, relativamente a outro ponto de referência, com coordenadas conhecidas (portadora L1), estando ambos os pontos aptos a captar simultaneamente os mesmos satélites. O ecobatímetro trabalha sincronizado ao DGPS através de mensagens NMEA entre os equipamentos e é o software do ecobatímetro que correlaciona e guarda os dois tipos de medições (posição e profundidade).

Amostragem

A amostragem será realizada percorrendo-se com uma embarcação, as áreas dos polígonos, previamente selecionadas, nos reservatórios a serem determinadas com o ecobatímetro e o DGPS. Os pontos batimétricos georreferenciados coletados vão para um computador portátil, onde são armazenados.

Para que a maior área seja amostrada, a embarcação percorre toda a área do polígono em zig-zag, com uma distância entre as linhas de amostragem proporcional ao tamanho da área a ser amostrada.

Após o levantamento batimétrico, o processamento dos dados se iniciará com a visualização dos perfis efetuados, seguido da obtenção e conversão dos arquivos binários de profundidade para formato ASCII utilizando o software do ecobatímetro Sonarlite. Após a obtenção dos dados do DGPS, estes serão pós-corrigidos com o software do equipamento,

a partir das estações L1 próximas ao local de rastreamento. Os dados coletados serão também exportados no formato texto (ASCII). Os dados do ecobatímetro e do DGPS serão então unidos em tabelas que conterão um cabeçalho, onde estarão descritos o datum horizontal utilizado na coleta dos pontos e os campos que compõem a tabela. Abaixo do cabeçalho, os dados de cada ponto batimétrico serão dispostos em linha, com os atributos (latitude, longitude, profundidade, data, etc.) separados por vírgulas.

Os arquivos em formato texto deverão ser abertos no software *Excel*, onde os atributos serão então separados em colunas e os pontos que determinam as casas decimais deverão ser substituídos por vírgulas. A tabela editada deve ser salva em arquivo do *Excel* (xls).

Antes de interpolar os pontos batimétricos, será necessário incorporar na tabela os dados de contorno dos polígonos escolhidos para o levantamento batimétrico. Esses dados serão extraídos da digitalização de cartas topográficas, fotografias aéreas ou imagens de satélite. Os polígonos digitalizados serão exportados, a partir do software *Archview*, em formato ASCII. Este arquivo será então aberto (no Bloco de Notas ou no *Excel*) e os dados do contorno (latitude e longitude) serão copiados para a tabela dos pontos batimétricos. No campo referente à profundidade, as margens encontradas terão a cota zero. A tabela editada deverá ser novamente salva em arquivo do *Excel*. A geração dos mapas e modelos batimétricos será realizada através da interpolação dos pontos batimétricos e das margens.

Mapas e modelos batimétricos

A interpolação dos pontos batimétricos será realizada nos software *Surfer 8.0*, a partir da importação da tabela editada. Para esta interpolação, será utilizado o modelo de interpolação kriging. A interpolação dos pontos batimétricos possibilitará a confecção de mapas batimétricos de isolinhas, como o exemplo representado na figura 7. Os mapas batimétricos resultantes destes levantamentos permitem uma boa representação da geometria dos reservatórios. É possível visualizar não somente as variações de profundidade, mas também a morfologia do fundo do reservatório.

Serão tomadas algumas medidas a fim de maximizar os resultados a serem obtidos com o levantamento batimétrico:

1 – exclusão de algumas áreas do processo de amostragem em função da dificuldade de acesso. Esta dificuldade de acesso é provocada, na maior parte das vezes, por

profundidades excessivamente reduzidas, pela presença de galhos e troncos (muitas vezes submersos) e pelo acúmulo de macrófitas.

2 – Evitar a perda de sinal de profundidade pelo equipamento. As causas mais comuns da perda de sinal de profundidade são o uso de escala de profundidade incompatível com a área a ser mapeada, a navegação em velocidade muito elevada, muita ondulação no momento da amostragem, a obstrução do transdutor por vegetação submersa e o excesso de algas na coluna d'água.

3 – Evitar as interferências sofridas pelo sinal do DGPS. É sabido que a qualidade do sinal captado pelo DGPS depende de fatores como, entre outros, do número de satélites acima da linha do horizonte, a distribuição espacial destes satélites no momento da amostragem e o grau de obstrução do sinal (pela vegetação, relevo ou edificações).

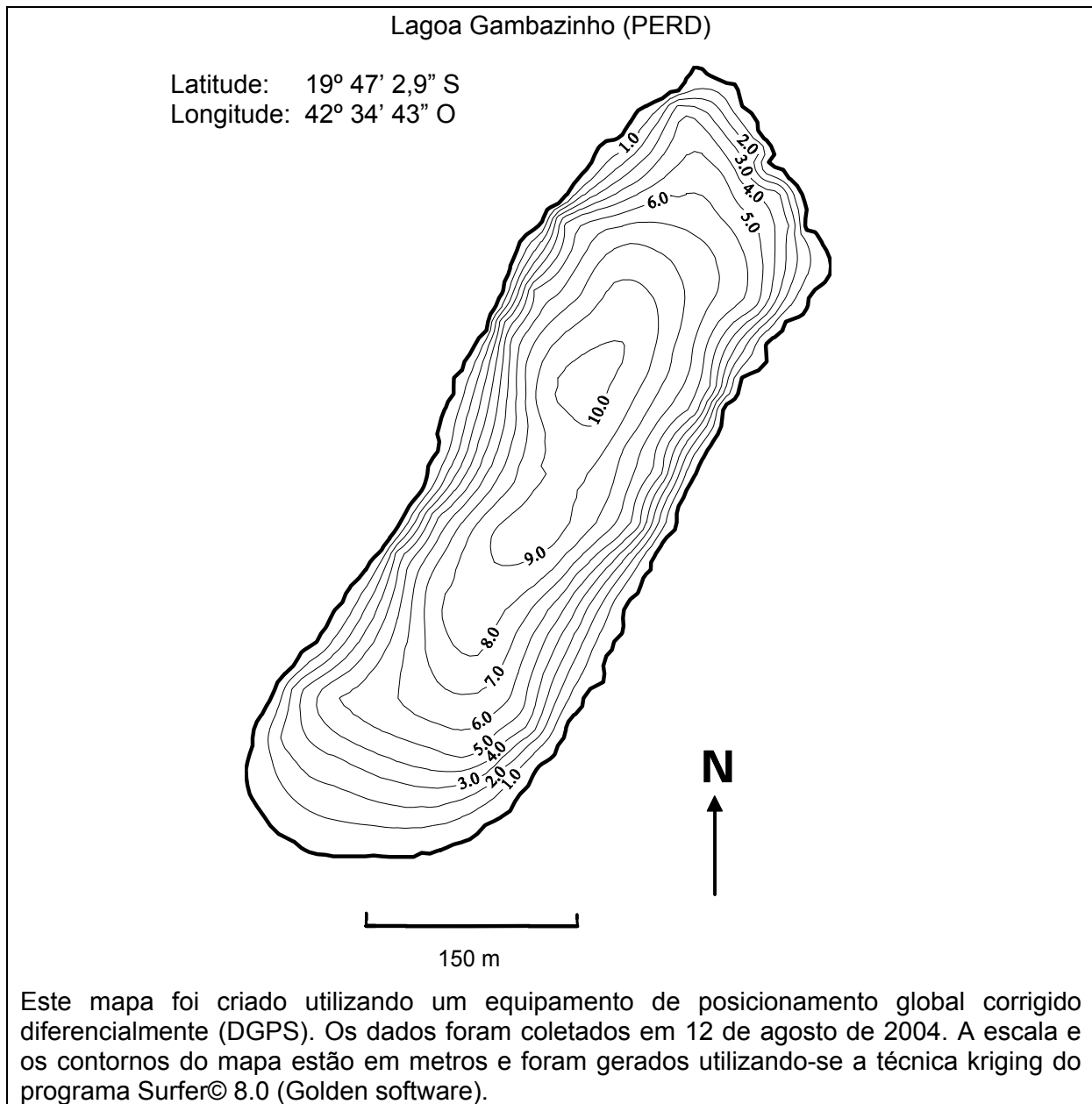


Figura 7. Esboço batimétrico da lagoa Gambazinho (PERD, MG), elaborado no *software Surfer 8.0*. Equidistância entre as isóbatas de 1 metro.

A partir da interpolação dos pontos, também é possível a geração de modelos digitais em três dimensões, como mostra a figura 8 a seguir.

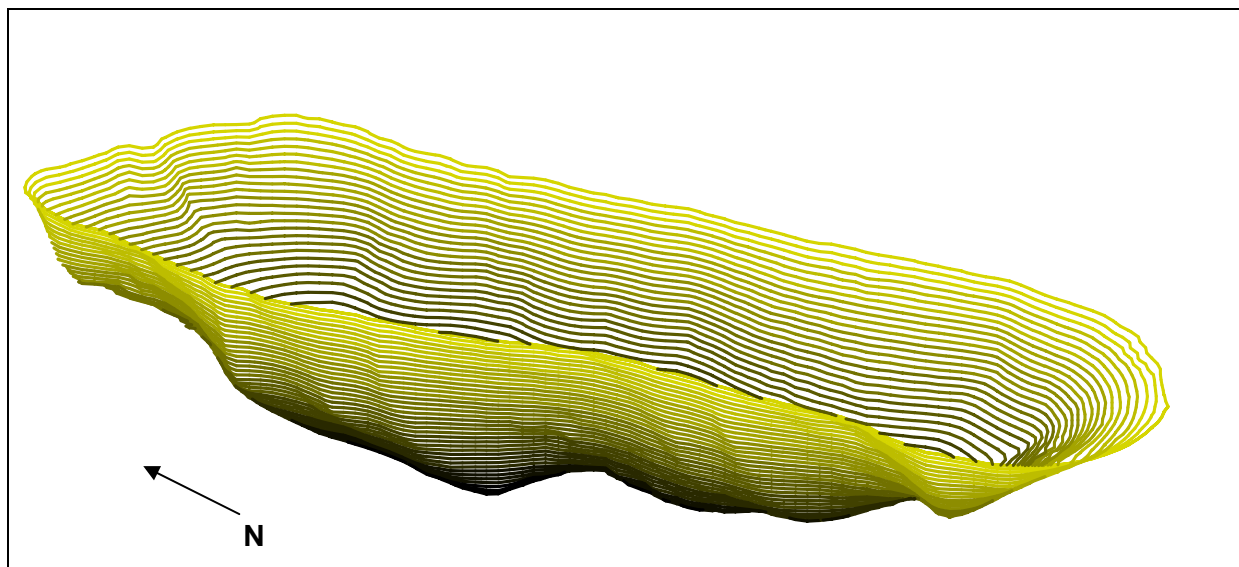


Figura 8 - Modelo numérico de batimetria em 3D da lagoa Gambazinho (PERD, MG).

Hidrologia Superficial

Inicialmente, será realizada uma extensa pesquisa com o intuito de verificar as informações existentes sobre as bacias hidrográficas em análise, com enfoque na coleta de dados de monitoramento de vazão, cota, precipitação, evaporação, sedimentos, entre outros. Dentre os órgãos a serem consultados, podemos citar: ANEEL, CPRM, IGAM, CEMIG e INMET.

A segunda etapa consistirá na análise sistemática dos dados e informações obtidas, fazendo uso quando necessário de ferramentas estatísticas adequadas. Serão produtos desta etapa:

- Caracterização física das bacias hidrográficas a montante dos reservatórios, condicionada a existência de dados secundários;
- Localização das estações de medição e controle;
- Análise do regime hídrico do reservatório;
- Concentração de sedimentos em suspensão e por arrasto.

Para melhor compreensão do comportamento hidrológico de uma bacia, faz-se necessário sua caracterização física. As informações secundárias que compõem este tipo de caracterização, se existentes, serão: área de drenagem, uso da terra, cobertura vegetal, tipo

de solo, forma e drenagem, distribuição do relevo, altitude média, comprimento do talvegue principal e declividade da bacia.

Sabe-se que é importante locar as estações de monitoramento que serão utilizadas, pois desta maneira é possível realizar uma análise de proporcionalidade na bacia e verificar se há influências pontuais nos dados monitorados.

Um dos produtos mais importantes desta etapa é a análise do regime hídrico do reservatório. Dentre os resultados fornecidos por esta análise, temos: a cota máxima até a qual as águas elevam, nas condições normais de projeto, ou seja, o NA máximo normal de operação, a cota mínima até a qual as águas abaixam em condições normais de operação, denominado NA mínimo normal de operação, e também o NA máximo maximum correspondente à sobrelevação causada pelo amortecimento de eventos de cheias no reservatório. Ainda, depois de realizado tratamento estatístico adequado aos dados de monitoramento do reservatório, será apresentada a curva histórica com os níveis d'água mensais e anuais, com enfoque nos últimos dois anos. Também, será realizada uma análise de frequência, associando os níveis d'água ou cotas a probabilidade de ocorrência.

Os rios transportam matéria sólida em suspensão e arrastamento. As partículas em suspensão tendem a se depositar no fundo do rio. As correntes ascendentes, devidas à turbulência do escoamento, contrariam a tendência de deposição. Entretanto, em um reservatório, a velocidade e a turbulência do escoamento são muito reduzidas. Em consequência disso, as partículas de maior diâmetro, transportadas em suspensão, e a maior parte das transportadas por arrastamento depositam-se na entrada do reservatório, formando um Delta. As partículas de menor diâmetro, transportadas em suspensão, depositam-se mais a jusante, ou transpõem a barragem através de seus dispositivos de saída, como vertedores, turbinas, válvulas de fundo, entre outros.

Entende-se por descarga sólida total o somatório da descarga em suspensão com a descarga de fundo. A descarga sólida em suspensão é medida através de amostradores de sedimento em suspensão. A correlação entre as concentrações e as descargas líquidas medidas, ou entre as descargas sólidas em suspensão e as descargas líquidas, permite o cálculo da descarga sólida em suspensão média diária. Essa correlação é dada pela seguinte equação:

$$Q_{ss} \text{ (ton/dia)} = \text{Concentração}_{(g/l)} \times Q_{(m^3/s)} \times 86,4$$

Existem também amostradores de descarga sólida de fundo (ou arrastamento), porém não são de uso tão freqüente quanto os de suspensão. Usualmente, para avaliações preliminares, arbitra-se a descarga sólida de fundo média igual a 10% da descarga sólida em suspensão média.

Para análise do comportamento de sólidos na área de estudo faremos uso das estações sedimentométricas identificadas na bacia, caso seja verificada a necessidade serão realizadas algumas amostragens em campo.

A terceira etapa metodológica trata-se da visita de campo. As áreas (polígonos) pré-selecionadas com potencial para implantação dos parques aquícolas, serão realizadas vistorias com o objetivo de:

- Verificar se as características adotadas em escritório condizem com a realidade;
- Identificar e analisar a retenção de sedimentos e a possibilidade de erosão das margens e dos bancos de areia situados à montante das áreas pré-selecionadas com base em modelos disponíveis e aplicáveis ao caso, e integrados com estudos de geologia;
- Realizar medições de velocidades das correntes;
- Verificar a possibilidade de formação de ondas causadas pelo vento no corpo hídrico.

É de extrema importância realizar visitas de campo, principalmente quando se trabalha com variáveis hidrológicas, tendo em vista que, em diversos modelos faz-se necessário a abstração de valores para algumas destas variáveis, sendo assim, a inspeção in loco permite uma melhor caracterização da bacia.

Um dos pré-requisitos necessários para a implantação de um projeto aquícola é a velocidade da corrente superficial, esta deve ser suficiente para permitir uma troca de água por minuto, ou seja, possibilitar a oxigenação do ambiente, entretanto, não pode ser forte demais a ponto de causar deformação das gaiolas. Sendo assim, tem-se adotado velocidades de correntes entre 0,1 e 0,3 m/s, valores que atendem as estruturas mais usuais.

A coleta e verificação das velocidades de correntes serão realizadas por meio de aparelho específico, podendo ser um fluxômetro ou um molinete. Molinetes são aparelhos que dispõem de hélices em torno de um eixo horizontal (ou conchas em torno de um eixo

vertical), as quais, quando colocadas contra a direção do fluxo, giram e fornecem o número de rotações em um determinado intervalo de tempo. A velocidade pontual é dada por $v = a.n + b$, onde a e b são coeficientes de calibração, específicos de cada molinete, e n o número de rotações. Devido à versatilidade e precisão, a medida de velocidades através de molinetes é muito utilizada. A figura 9 apresenta um exemplo de molinete.

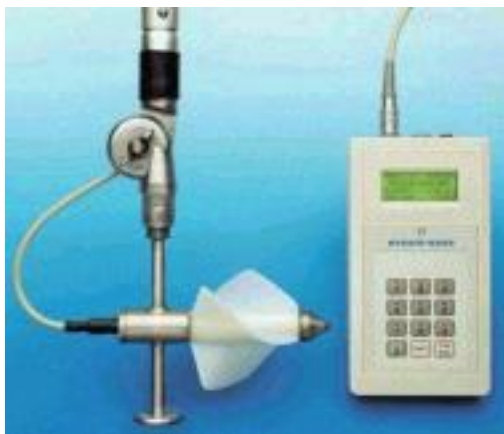


Figura 9 – Exemplo de molinete necessário para a determinação das velocidades de corrente.

Para determinação de ondas formadas pela ação dos ventos nas áreas pré-selecionadas será aplicada a Fórmula de Saville et al. (1962): $h_0 = 0,005 V_v^{1,06} F^{0,47}$, onde: h_0 representa a amplitude da onda de vento em metros; V_v é igual a velocidade do vento a 7,6 metros acima do NA em Km/h; e F = “fetch” ou extensão da superfície da água sobre a qual e em cuja a direção o vento atua, em km.

A fórmula de Saville et al. (1962) baseou-se em dados experimentais de velocidades do vento a 7,6 metros acima da superfície da água. Como os dados normalmente disponíveis são de velocidade do vento ao nível do solo, os autores propõem fatores de correção, para diferentes valores de fetch, variando de 1,08 à 1,31.

Em paralelo a esta etapa será realizada uma pesquisa sobre os materiais mais comumente utilizados em estruturas flutuantes de aquicultura, visando definir os limites de fadiga e os esforços máximos tolerados.

A etapa final deste estudo consiste na consolidação das informações obtidas nas análises precedentemente descritas, a fim de produzir um parecer, quanto das variáveis hidrológicas abordadas, referente às áreas pré-selecionadas para a implantação dos parques aquícolas.

Nas áreas tecnicamente adequadas para a implantação dos parques aquícolas serão realizados estudos limnológicos ainda mais detalhados:

Qualidade Físico-química das águas

➤ Considerações Gerais

As amostras para as análises físico-químicas serão tomadas com auxílio de uma garrafa amostradora de Van Dorn (Figura 10). Todas as leituras serão feitas em espectrofotômetro AIC modelo VIS-7220 ou espectrofotômetro Shimadzu modelo UV-IR 1201. As cubetas utilizadas serão modelo Dynalon-Aldrich.



Figura 10: Garrafa amostradora modelo tipo “Van Dorn”, com corpo de PEXIGLAS, termômetro de mercúrio e estrutura em titânio de alta pureza. Abaixo, o modelo já em operação no reservatório de São Simão. Esse tipo de amostrador é o ideal para coletar amostras para análises físico-químicas pois a sua estrutura minimiza as contaminações tão freqüentes originadas pelo uso de aparatos amostradores com estruturas de metais de baixa qualidade e plásticos que possuem elevados teores de metais traços (i.e: Cádmio, p. ex.).

A temperatura desempenha um importante papel de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à

medida que a temperatura aumenta, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo.

A condutividade elétrica é o recíproco da resistência elétrica, sendo dependente da temperatura e também da natureza dos solventes. A condutância da água é medida por duas placas rígidas, de platina ou carbono, dispostas em paralelo. Ela é diretamente proporcional à área destas placas e inversamente proporcional à distância (1cm). As medidas são padronizadas até se tornarem independentes do sistema de medidas e passarem a refletir as características do meio em que o sistema está submerso. A unidade de medida é S.cm⁻¹ (onde S = Siemens) ou Ω⁻¹cm⁻¹. Em ambientes dulciaquícolas a condutividade é baixa e a unidade que se aplica é o μS.cm⁻¹ (Golterman *et al.*,1978). Convencionalmente os resultados são expressos para a temperatura em 20°C ou 25°C.

➤ **Temperatura e Condutividade**

A temperatura (°C) e a condutividade elétrica (μS) serão medidas *in situ* através de uma sonda multi-analisadora YELLOW SPRINGS modelo 556 MPS (Figura 11).

➤ **pH (Potencial Hidrogeniônico)**

O pH é a medida da concentração relativa dos íons de hidrogênio numa solução, indicando a acidez ou alcalinidade da mesma. Um valor de pH 7,0 indica uma solução neutra. Valores de pH maiores de 7,0 são considerados básicos, enquanto que os abaixo de 7,0 são ácidos.

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo da qualidade ambiental. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como os metais pesados.

O pH será medido *in situ* com o auxílio de uma sonda multi-analisadora YELLOW SPRINGS modelo 556 MPS (Figura 11).

➤ **Oxigênio Dissolvido (OD)**

Quantidade de gás oxigênio (O_2) contido na água. O OD é um dos parâmetros mais importantes para exame da qualidade da água, pois revela a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aeróbios. A escassez de OD pode levar ao desaparecimento dos peixes de um determinado corpo d'água, dado que esses organismos são extremamente sensíveis à diminuição do OD em seu meio. Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais ou artificiais.

O oxigênio dissolvido será medido *in situ* por meio de uma sonda multi-analisadora YELLOW SPRINGS modelo 556 MPS (Figura 11).



Figura 11: Sonda multi-analisadora Yellow Spring 556 MPS. Foto: Ricardo P. Coelho.

➤ **Transparência da Água**

A energia luminosa modifica substancialmente a estrutura térmica de um ecossistema aquático e interfere nos padrões de circulação e de estratificação da massa de água, além de ser essencial para a produtividade no ambiente. Considerando o regime luminoso, um corpo d'água pode ser dividido em dois compartimentos:

- a) zona fótica, compreendendo a região da massa de água iluminada com até 1% da luz superficial;
- b) zona afótica, região sem luz.

Na zona fótica, ao penetrar a massa de água, a luz tem sua intensidade diminuída e sua composição espectral alterada pela absorção e dispersão. Assim, a luz sofre uma alteração tanto quantitativa como qualitativa, denominada atenuação da luz. Toda a produção autotrófica de um lago ocorre na zona fótica, por isso, o conhecimento da penetração da radiação, por meio da medida de transparência da água, se torna importante. A transparência da água será medida *in situ* por meio do disco de Secchi..

Radiação ultravioleta (UV-A e UV-B) e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA)

A radiação ultravioleta (UV, 280-400 nm) é a faixa mais reativa da radiação solar no ambiente aquático e tem uma enorme gama de efeitos fotobiológicos e fotoquímicos nos ecossistemas marinhos e lacustres. Desde o informe inicial do “buraco de ozônio” na Antártica (Farman et al., 1985), existem evidências substanciais de que fluxos de radiação ultravioleta podem ter um impacto negativo sobre as comunidades que compõem os ecossistemas lacustres, de bactéria e fitoplâncton (Vicent & Roy, 1993) a zooplâncton e peixe (Williamson, 1995). Por exemplo, em ambientes rasos, sujeito a padrões sazonais de estratificação, altos fluxos de radiação ultravioleta podem potencialmente expor a danos os organismos aquáticos que permanecem nas águas superficiais durante o dia (Rowena et al., 2001).

Os efeitos danosos da radiação UV aumentam dramaticamente com a diminuição do comprimento de onda, particularmente nos baixos comprimentos de onda conhecidos como UV-B (280-320 nm). Os comprimentos de onda entre 320 e 400 nm, conhecidos como UV-A, estão envolvidos tanto no dano ao DNA dos organismos, quanto no reparo do mesmo, enquanto os comprimentos de onda no espectro da radiação fotossinteticamente ativa

(conhecida como radiação PAR, 400-700 nm), estão envolvidos no reparo aos danos causados pela radiação ultravioleta (Karentz et al., 1991).

As medidas de radiação RFA, UV-A e UV-B serão realizadas utilizando-se o radiômetro BIC (Biospherical Instruments; San Diego, CA, USA) (Fig. 12). Este equipamento realiza medidas de irradiância (*cosine downwelling irradiance*) na faixa do PAR (400-700nm), bem como na faixa do UV, 305, 320, 340 e 380 nm. As medidas serão tomadas a partir da linha d'água até a profundidade de 1% das medidas de irradiância superficial. O coeficiente de atenuação difusa da luz para o PAR, $K_{d(PAR)}$ (m^{-1}), e para os comprimentos de onda na faixa do ultravioleta, $K_{d(UV-B)}$ e $K_{d(UV-A)}$ (m^{-1}), serão calculados pela regressão linear entre logaritmo natural dos valores de irradiância (E_d) e a profundidade. A figura 13 é um exemplo de atenuação de radiação.



Figura 12 – Radiômetro BIC (Biospherical Inc.).

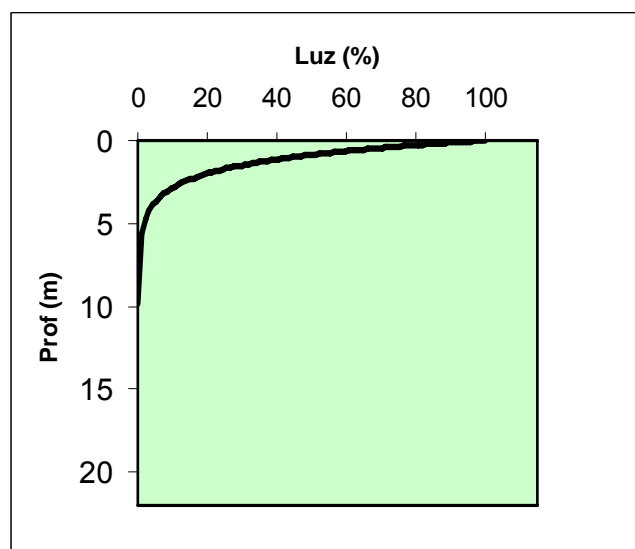


Figura 13 – Exemplo de atenuação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em um lago natural (lago Helvécio), durante o período de setembro de 2005.

➤ **Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos (algas, bactérias e plâncton em geral). Alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada, submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água. A turbidez será medida *in situ* através de um aparelho portátil marca DIGIMED modelo DM-C2.

➤ **Sólidos Totais em Suspensão**

A carga sólida (sólidos totais em suspensão) é um dos maiores problemas em rios, reservatórios e estuários; pois impedem ou dificultam a penetração da luz na água e a fotossíntese da vegetação submersa, interferindo também na dinâmica térmica do sistema. A compreensão dos padrões de distribuição da carga dos sólidos totais em suspensão representa uma das condições necessárias para o entendimento de outros processos existentes nos corpos de água.

Para a determinação da concentração de sólidos totais suspensos, duas réplicas de cada amostra de água serão filtradas, utilizando-se filtros GFC secos (105 °C, 1 h) e pré-pesados. A seguir os filtros serão novamente secos (105 °C, 1 h) e pesados, para a determinação dos sólidos totais em suspensão em mg.L⁻¹. Os valores finais dos sólidos totais em suspensão (STS) serão obtidos a partir do cálculo:

$$\text{STS (mg/L)} = \frac{([A - B] \times 1000)}{C}$$

Onde:

A = peso seco final do filtro (mg)

B = peso seco inicial do filtro (mg)

C = volume de água filtrado (L)

➤ **Série Nitrogenada**

O nitrogênio total da água pode ser dividido em nitrogênio particulado (a maioria de origem orgânica) e nitrogênio total solúvel, sendo este último de maior interesse por ser assimilável pelos seres vivos e por compreender formas inorgânicas de vários níveis de oxidação. Estas formas são o nitrato, nitrito e amônia. O nitrato normalmente é encontrado em pequenas quantidades na água. É um nutriente essencial para muitos seres autotróficos e em alguns casos é considerado fator limitante ao crescimento. O nitrito é um estado intermediário do nitrogênio. A amônia é produzida pela deaminação dos compostos orgânicos que contêm nitrogênio, pela hidrólise da uréia e pela redução do nitrato em condições de anaerobiose.

As espécies da série nitrogenada (amônia, nitrito e nitrato) serão determinadas a partir de amostras congeladas, previamente filtradas a vácuo, utilizando o filtro de fibra de vidro GFC de 47 mm de diâmetro. A amônia será determinada pelo método do nitroprussiato (Koroleff, 1976). O nitrato será reduzido a nitrito através da adição do cádmio amalgamado (Mackreth *et al.* 1978). Os nitritos serão determinados pelo método da sulfanilamida associada ao alfa-naftil-etilenodiamina (Barnes & Rolkard, 1951). Sendo :

Amônia

O método utilizado é descrito em APHA-AWWA WPCF (1976).

Nitrito

O método usado é o proposto, já revisto e adaptado, por Barnes & Rolkard (1951). É encontrado também em APHA-AWWA WPCF (1976) e em Mackereth *et al.* (1978).

Nitrato

O método é descrito por Taras (1950).

Nitrogênio Total

A determinação do nitrogênio total, incluindo o particulado é de grande importância para a correta determinação do grau de trofia de um dado ambiente aquático. No presente estudo, optou-se pelo uso de um método de digestão a quente, uma nova adaptação do método clássico de Keijeldahl que compreende duas etapas: (1) digestão da amostra para converter $N_{org.}$ a íon amônio ($N-NH_4^+$) e (2) determinação do NNH_4^+ no digerido, após destilação com um álcali. O sulfato de amônio resultante da digestão (Fig. 14) é aquecido com uma base, desprendendo amônia (NH_3), e a reação pode ser representada pela equação: $NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow NH_3 + H_2O$. A amônia é então recolhida em uma solução ácida, e a espécie $N-NH_4^+$ determinada por colorimetria, eletrodo íon seletivo ou titulação com solução padrão ácida (Bremner, 1965; Yashuara & Nokihara, 2001).



Figura 14 : Bloco digestor e aparato de destilação da amônia para a obtenção do nitrogênio total. Modelo Tecnal.

Fósforo Total e Fósforo Solúvel

São inúmeros os minerais possíveis de ocorrerem na água. O fósforo constitui-se um dos principais nutrientes para os processos biológicos. Ele é considerado um macro-nutriente por ser exigido em grandes quantidades pelas células. Em dosagens elevadas pode provocar sérios problemas, como proliferação excessiva de algas, causando o fenômeno conhecido como eutrofização de lagos e represas.

O fósforo total será obtido a partir de amostras congeladas, não filtradas, submetidas previamente à digestão com persulfato, enquanto o fósforo solúvel será determinado em amostras também congeladas porém previamente filtradas com filtros de fibra de vidro GFC de 47 mm de diâmetro.

b) Caracterização do Meio Biótico Aquático

Serão avaliados dados secundários, como já mencionado, dos reservatórios como um todo, nas áreas pré-selecionadas na primeira fase desse estudo, as análises serão aprofundadas com se segue.

Clorofila a

A clorofila a será determinada a partir de extrato em acetona 90% a frio, a partir de amostras previamente filtradas em filtros de fibra de vidro do tipo GFC de 47 mm de diâmetro (Fig. 15), utilizando o procedimento proposto por Lorenzen (1967).



Figura 15 - Filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro (marca Millipore) imediatamente após serem usados em um processo de filtração sob pressão negativa (à vácuo). Nota-se que as algas ficam retidas na fibra do filtro. Esses filtros são congelados a seco e mantidos no escuro até a data de seu processamento final.

Este método apresenta a característica de distinguir as concentrações de clorofila *a* de outros produtos da pigmentação denominados feopigmentos. Estes compostos podem ocorrer naturalmente, por isso a grande importância da distinção, pois estes produtos feofitínicos podem interferir nas determinações espectrofotométricas da clorofila *a*. Isto se dá devido ao fato de que os feopigmentos não apresentam redução na absorbância quando a amostra é tratada com ácido, o que ocorre com clorofila *a*, devido a uma modificação em sua estrutura (perda do magnésio do anel porfirínico), oriunda da ação do ácido (Lorenzen, 1967).

Fitoplâncton

A comunidade fitoplanctônica pode ser utilizada como indicadora da qualidade da água, principalmente em reservatórios, e, a análise da sua estrutura permite avaliar alguns efeitos decorrentes alterações ambientais. Esta comunidade é a base da cadeia alimentar e, portanto, a produtividade dos elos seguintes depende da sua biomassa.

Os organismos fitoplanctônicos respondem rapidamente (em dias) às alterações ambientais decorrentes da interferência antrópica ou natural. É uma comunidade indicadora do estado

trófico, podendo ainda ser utilizada como indicador de poluição por pesticidas ou metais pesados (presença de espécies resistentes ao cobre) em reservatórios utilizados para abastecimento.

A presença de algumas espécies em altas densidades pode comprometer a qualidade das águas, causando restrições ao seu tratamento e distribuição. Atenção especial é dada ao grupo das Cianofíceas, também denominadas Cianobactérias, que possui espécies potencialmente tóxicas. A ocorrência destas algas tem sido relacionada a eventos de mortandade de animais e com danos à saúde humana.

➤ **Protocolo de Amostragem e Análise**

➤ **Estrutura da Comunidade**

Para se analisar quantitativamente a estrutura da comunidade fitoplanctônica será empregada a rede de plâncton como amostrador. Esta rede de formato cônico possui abertura de malha de 20 μm , diâmetro máximo de 30 cm e comprimento total de 75 cm (Fig. 16).



Figura 16: redes cônicas utilizadas para coletar organismos fitoplanctônicos. Normalmente essas redes apresentam a abertura de poro ao redor de 20 μm .

Em cada um dos pontos amostrados será feito um arrasto vertical em toda a coluna d'água, retendo assim os organismos presentes na mesma. Após a retirada da rede a conservada e fixada para posterior contagem e a identificação das algas.

Para análise da abundância e composição específica do fitoplâncton será realizada a contagem e identificação dos organismos de acordo com o método de sedimentação em câmaras utilizando microscópio invertido, como descrito em Utermohl (1958).

As amostras já fixadas serão homogêneas e transferidas para colunas de sedimentação sobre câmaras de contagem durante 72 horas. O sobrenadante é removido cuidadosamente de modo a evitar a re-suspensão e a câmara é colocada no microscópio de inversão. Efetua-se uma análise qualitativa e quantitativa num conjunto de quadrículas selecionadas aleatoriamente.

A abundância de cada grupo ou espécie de fitoplâncton e a abundância total da comunidade é determinada com base na seguinte equação:

$$\text{Abundância (Nº células/L)} = X \cdot A \cdot d / V \cdot n \cdot a$$

Onde, X = número de células contadas

V = volume da amostra em litros

d = fator de correção em relação à diluição da amostra induzida pelo fixador

n = número de campos contados

A = área da câmara de sedimentação

a = área do campo microscópico

O volume filtrado da amostra é calculado pela seguinte equação:

$$V_f = \pi \cdot r^2 \cdot d$$

Onde, V_f = volume filtrado

R = raio da boca da rede

d = distância percorrida pela rede (altura da coluna d'água)

Biomassa Fitoplanctônica

De maneira semelhante à utilizada para se amostrar a estrutura de comunidade fitoplanctônica também será empregada a mesma rede de plâncton como amostrador para as coletas destinadas a avaliar a biomassa.

Em cada um dos pontos amostrados será feito um segundo arrasto vertical em toda a coluna d'água, retendo assim os organismos presentes na mesma. Após a retirada da rede a amostra coletada será transferida para frascos plásticos etiquetados, onde será imediatamente fixada com solução de Lugol, e posterior contagem, identificação e mensuração das algas.

A barra milimétrica do microscópio ocular deve ser calibrada usando-se uma barra padrão acoplada à objetiva do microscópio. As dimensões lineares de cada célula são medidas de acordo com o seu formato (comprimento, altura, espessura) ou por obtenção de informações taxonômicas já publicadas.

Vinte ou mais células individuais devem ser medidas para se evitar resultados tendenciosos. As informações sobre os taxa e as medidas lineares são passadas para uma planilha de computador, onde se realiza o cálculo do biovolume celular e da comunidade total de acordo com a forma geométrica aproximada das células.

Zooplâncton

A comunidade zooplanctônica é formada por animais microscópicos que vivem em suspensão, sendo protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes os grupos dominantes no ambiente de água doce. São importantes na manutenção do equilíbrio do ambiente aquático, podendo atuar como reguladores da comunidade fitoplanctônica (utilizando-a como alimento) e na reciclagem de nutrientes, além de servirem de alimento para diversas espécies de peixes.

O zooplâncton vem sendo avaliado como indicador da qualidade da água de lagos e reservatórios em diversos países e, apesar de existirem algumas propostas de índices para esta comunidade, a maioria deles não é diretamente aplicável nos ambientes aquáticos tropicais, onde as espécies exibem diferentes sensibilidades e ocorrências.

➤ **Protocolo de amostragem e análise**

➤ **Estrutura de comunidade**

Para se analisar quantitativamente a estrutura da comunidade zooplanctônica serão empregadas duas redes de plâncton como amostradores (Pinto-Coelho, 2005). Uma destas redes de formato cônico possui abertura de malha de 60 μm , diâmetro máximo de 30 cm e comprimento total de 100 cm e sua utilização objetiva amostrar organismos de pequeno tamanho de corpo, o chamado microzooplâncton. A segunda rede, destinada a amostrar o mesozooplâncton, possui abertura de malha de 200 μm , 40 cm de diâmetro máximo e 140 cm de comprimento total.

Em cada um dos pontos amostrados será feito um arrasto vertical com cada uma das redes, em toda a coluna d'água, retendo assim os organismos presentes na mesma. Após a retirada da rede a amostra coletada fixadas e transferidas para laboratório, onde serão procedidas a contagem e a identificação dos organismos.

A contagem do micro e mesozooplâncton será feita com a cubeta de Sedgwick-Rafter (vol = 1 mL) em microscópio estereoscópico. O volume filtrado da amostra é calculado pela mesma equação referente ao fitoplâncton.

Para a sub-amostragem de organismos do zooplâncton serão usadas as pipetas não-seletivas de Hensen-Stempel (Fig. 17). A estimativa da biomassa envolve equações que levam em consideração a dominância de grupos e o tamanho dos indivíduos, mensurados usando microscopia ótica convencional ligada a acoplados a um sistema de aquisição de imagens dotado de câmera CCD Sony acoplada a um computador Desktop dotado de software que permite fazer mensurações e gravar imagens (Fig. 18).

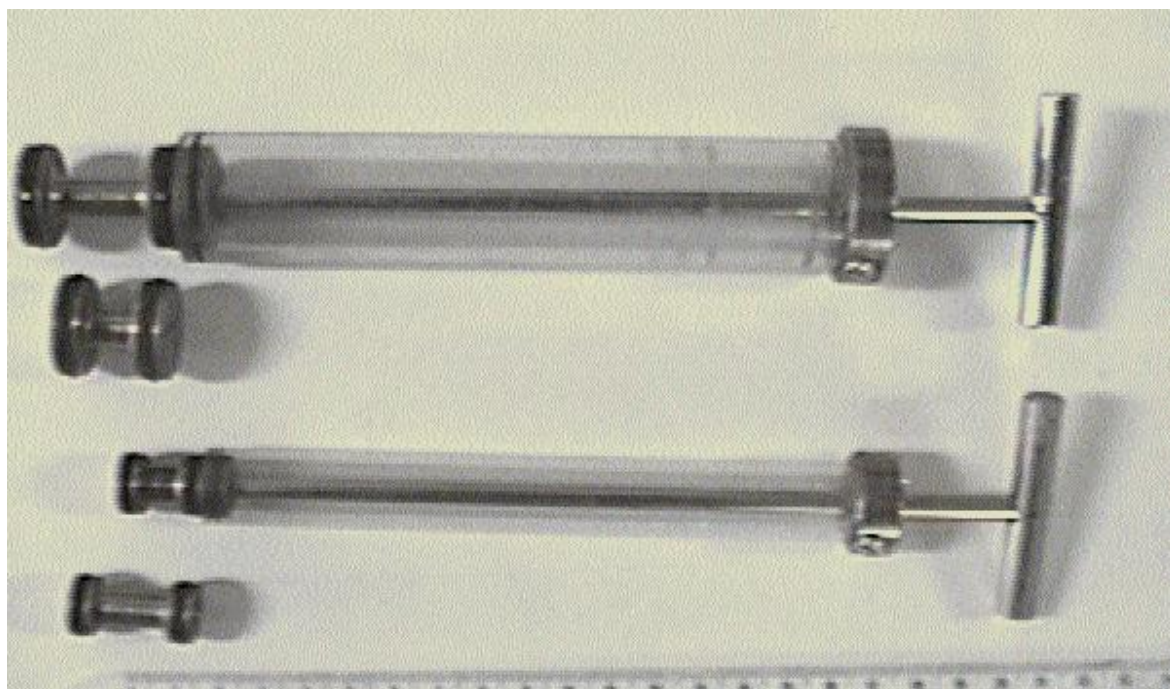


Figura 17 – Pipetas não seletivas de Hensen-Stempel. O uso dessas pipetas no lugar das pipetas convencionais permite maior acurácia no processo de sub-amostragem do zooplâncton, uma das etapas que antecedem à enumeração propriamente dita.



Figura 18 – A enumeração dos organismos zooplancônicos será feita sob microscopia ótica convencional (dois microscópios Leica DMB e um estéreomicroscópio Leica 3M), acoplados a um sistema de aquisição de imagens dotado de câmera CCD Sony acoplada a um computador Desktop dotado de software que permite fazer mensurações e gravar imagens.

Biomassa Zooplancônica

A biomassa zooplancônica deverá ser estimada nos mesmos pontos, sendo a amostra congelada rapidamente seguida de liofilização, prevenindo perdas ou ganhos de biomassa e preservando as dimensões lineares dos animais, para detalhes ver Greco 2002. Para tanto será utilizado um liofilizador como mostrado na figura 19.



Figura 19 – Liofilizador Edwards C-5 do laboratório de Gestão de reservatórios tropicais (em cima). A liofilização é um processo importante para a determinação da biomassa de organismos zooplanctômicos. Abaixo, uma fotomicrografia de um organismo liofilizado (*Daphnia laevis*) no aparelho acima. Pode-se notar que o aparelho preserva notavelmente todas as principais características estruturais do organismo.

O método de mensuração da biomassa a ser seguido será o método gravimétrico (McCauley, 1984). Este baseia-se na pesagem das amostras previamente secas. Será empregada balança de precisão (0,00001 g). Após a liofilização os organismos separados

em grupos taxonômicos serão pesados e o peso seco transformado em peso úmido através de tabelas de conversão publicadas na literatura, obtendo-se assim a biomassa da comunidade.

Bactérias Coliformes

Este parâmetro visa avaliar o potencial de contaminação da água por patogênicos de origem fecal. Baseia-se na determinação empírica da concentração de coliformes fecais em um dado volume de água.

As bactérias do grupo coliformes não são, normalmente, patogênicas, mas são organismos de presença obrigatória, em grandes números, nos intestinos humanos e, portanto, na matéria fecal. Calcula-se que um ser humano adulto elimina de 50 a 400 bilhões dessas bactérias. Assim sendo, sua presença permite detectar a presença de fezes na água em concentrações extremamente diluídas, dificilmente verificáveis pelos métodos químicos correntes. Como, por outro lado, as bactérias patogênicas veiculadas por água estão sempre associadas às fezes, a presença dessas constitui presença potencial de patogênicos, que será inferida da presença dos coliformes.

Esse parâmetro permite identificar o efeito nocivo da poluição sem a necessidade do estudo analítico de identificação dos patógenos, o que seria muito mais custoso. Além disso, é mais seguro, uma vez que a simples verificação de ausência dos patógenos em uma pequena amostra não permitiria inferir a sua ausência na água, ao passo que a ausência de coliformes permite, sem dúvida, concluir a ausência de matéria fecal.

O grupo coliforme é constituído por bactérias pertencentes aos gêneros *Citrobacter*, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. São bacilos aeróbios ou anaeróbios facultativos, gram negativas e não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase.

➤ **Protocolo de amostragem e análise**

As amostras d'água serão coletadas em frascos de vidro previamente esterilizados, transportados para o laboratório em caixas térmicas contendo gelo e processadas no máximo em 24 horas. Em todas as amostras serão feitas as determinações do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e fecais.

Para a análise da *Escherichia coli* será utilizada a metodologia da Técnica de tubos múltiplos (GREENBERG et al., 1998). A determinação do NMP de *E. coli* será realizada através da tabela de cálculos do número mais provável (GREENBERG et al., 1998). Os números de coliformes fecais e totais serão expressos em NMP por 100mL.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

A expressão Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos do esgoto ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional. Essa demanda pode ser suficientemente grande, para consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática.

A estabilização ou decomposição biológica da matéria orgânica lançada ou presente na água envolve o consumo de oxigênio (molecular) dissolvido na água, nos processos metabólicos desses organismos biológicos aeróbicos. Em função do citado anteriormente, a redução da taxa de oxigênio dissolvido em um recurso hídrico pode indicar atividade bacteriana decompondo matéria orgânica. Logo, surge o conceito da demanda de oxigênio em relação à matéria orgânica, sendo muito utilizada as demandas bioquímicas de oxigênio (DBO) e a química de oxigênio (DQO); entende-se por DBO a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica carbonada decomposta aerobicamente por via biológica e DQO, a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica por via química.

Os processos oxidativos, dentre estes ocupam lugar preponderante os respiratórios, podem causar um grande consumo de oxigênio nas águas de um manancial. Microorganismo e vegetais heterótrofos, quando em grande numero podem reduzir o OD a nível zero, sendo

que a proliferação de tais organismos depende das fontes de alimento, ou seja, matéria orgânica.

A demanda de oxigênio provocada pela introdução de despejos orgânicos em recurso hídrico é uma demanda respiratória, uma vez que a oxidação desse material é realizada exclusivamente por via enzimática, logo trata-se de uma demanda bioquímica de oxigênio. A DBO₅, é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante e durante um período de incubação, também fixo de 5 dias. É medida pela diferença do OD antes e depois do período de incubação.

➤ **Protocolo de amostragem e análise para DBO:**

Para cada amostra serão utilizados dois frascos de DBO de volume especificado.

Coleta de amostra de água nos dois frascos de DBO, com o mínimo de agitação e turbulência; conservação em escuro.

➤ **Procedimentos de análises da DBO da amostra**

a) Amostra sem diluição

- Obtenção do **OD1** = em cada um dos dois frascos será feita imediatamente a leitura do oxigênio.

- Obtenção do **OD2** = logo após a leitura os dois frascos de DBO deverão ser colocados em incubadora calibrada a 20°C, por 5 dias consecutivos. Após esse período, dosar o oxigênio dissolvido, obtendo o **OD2**.

Obs.: O frasco incubado deverá ser selado com adição diária de água destilada na borda da tampa esmerilhada.

CÁLCULO:

(OD1 – OD2) = mg/L de DBO₅

b) Amostra com diluição

1) Preparo da água de diluição

Utilizando um compressor de ar ou um aerador de aquário, saturar com oxigênio por cerca de 12 a 20 horas um volume de água deionizada suficiente para diluir as amostras a serem analisadas. Preparar um volume total de água de diluição em excesso do necessário,

programando-se, assim, cerca de 300 ml de água de diluição para cada alíquota a ser diluída, se o frasco de DBO tiver capacidade para esse volume. A água de diluição não deve ser estocada. Além disso, essa deverá ser utilizada somente depois de 30 minutos de descanso, após ter sido supersaturada com oxigênio, visando a estabilização.

Para o preparo da água de diluição, em cada litro de água deionizada supersaturada em oxigênio adicionar 1 ml de cada uma das soluções abaixo especificadas. Estas soluções poderão ser armazenadas em frascos escuros e guardadas no refrigerador por tempo indefinido:

a) solução tampão de fosfato (pH em torno de 7,2):

Dissolver 0,425g de fosfato monobásico de potássio ou dihidrogeno fosfato de potássio (KH_2PO_4) em uma pequena alíquota de cerca de 25 ml de água destilada. Juntar mais 1,670g de hidrogeno fosfato de sódio heptahidratado ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e mais 1,0875g de fosfato dibásico de potássio ou hidrogeno fosfato de potássio (K_2HPO_4). Juntar mais 0,085g de cloreto de amônio (NH_4Cl). Aferir tudo a 50 ml com água destilada. Guardar em frasco escuro e no refrigerador.

b) Solução de sulfato de magnésio:

Dissolver 1,128g de sulfato de magnésio pentahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) em 25 ml de água destilada e completar o volume até 50 ml. Guardar em frasco escuro e no refrigerador.

c) Solução de cloreto de cálcio:

Dissolver 1,375g de cloreto de cálcio anidro (CaCl_2) em 25 ml de água destilada e aferir a 50 ml. Guardar em frasco escuro e no refrigerador.

d) Solução de cloreto férrico:

Dissolver 0,0125g de cloreto férrico hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) em 25 ml de água destilada e completar o volume até 50 ml. Guardar em frasco escuro e no refrigerador.

2) Determinação da DBO da água de diluição

O procedimento para essa determinação deverá seguir os seguintes passos:

- Encher com água de diluição dois frascos de DBO (frascos 1 e 2);
- Tampar um dos frascos evitando bolhas de ar no interior do mesmo. Este frasco, devidamente etiquetado, deverá ser incubado por 5 dias a 20° C;
- No outro frasco, após a diluição, fazer a leitura imediatamente o oxigênio dissolvido, obtendo a concentração considerada **OD1br**;
- Após 5 dias, fazer a leitura do oxigênio dissolvido da amostra contida no frasco que foi incubado, obtendo o valor de **OD2br**.

Cálculo:

DBO da água de diluição ou **DBO_{br}** (em mg/L) = **OD_{1br}** - **OD_{2br}**

Obs.: A determinação da DBO da água de diluição é feita para verificar a qualidade dessa água em termos de matéria orgânica biodegradável. Não deverá haver entre os frascos de números 2 e 1, após 5 dias, uma depleção de oxigênio superior a 0,2 mg de oxigênio. Se ocorrer valores maiores que 0,2 a água de diluição não está em boas condições. Deverá ser refeita.

3) Determinação da DBO da amostra com diluição

Preparo da diluição das amostras

Para cada amostra serão necessários dois frascos de DBO que tenham o seu volume especificado no frasco.

Procedimentos para a diluição:

O volume da amostra a ser diluída deverá ser tirado de uma alíquota da amostra, separada da garrafa coletora, assim que esta chegar à embarcação. Caso a diluição não possa ser feita em campo, conservar a amostra a ser diluída no escuro e refrigerada até a chegada no laboratório. A diluição poderá seguir um dos dois distintos procedimentos:

1) em um balão volumétrico de um litro, adicionar o volume de amostra correspondente ao percentual de diluição previamente determinado. Completar o volume do balão com a água de diluição. Homogeneizar bem. Encher cada um dos dois frascos de DBO com a amostra diluída contida no balão, evitando o borbulhamento durante esse enchimento.

2) caso o volume de cada frasco de DBO seja bem conhecido, a diluição da amostra poderá ser feita diretamente nos frascos. Nesse caso, fica dispensada a diluição no balão volumétrico.

Exemplo: se a diluição for de 1 % e os frascos forem de 300 ml, adicionar com uma pipeta, 3 ml da amostra sobre a água de diluição que já está em cada frasco e completar o volume até a boca do frasco com a água de diluição, sem transbordar.

Sequência analítica comum aos procedimentos 1 e 2:

- Levar um dos frascos contendo uma das alíquotas da amostra diluída para a incubadora de DBO, deixando-o lá por 5 dias a 20°C;
- No outro frasco, fazer imediatamente a leitura do oxigênio. O resultado da concentração de oxigênio será o valor considerado **OD1**;
- No fim de 5 dias, determinar o oxigênio dissolvido no primeiro frasco que estava na incubadora. Calcular a concentração considerada como **OD2**.

Observações

- a)** O frasco incubado deverá ser selado com adição diária de água destilada nas bordas da tampa esmerilhada, antes de ser colocado na incubadora;
- b)** O ideal é que a concentração de oxigênio da amostra que foi incubada, após 5 dias, no mínimo seja de 1 mg/L;
- c)** Resumindo as atividades para as análises da DBO em caso da diluição da amostra, pode-se concluir que será necessário fixar e analisar o oxigênio nos seguintes frascos:
 - que contém a amostra de água do próprio ambiente, sem diluição (obtenção da concentração do oxigênio do ambiente);
 - que contém a amostra diluída (obtenção do **OD1** para o cálculo da DBO);
 - ainda se terá um terceiro frasco que contém a amostra diluída que será incubada para a dosagem do oxigênio 5 dias depois de incubada.

CÁLCULO

mg/L de DBO5 da amostra = [(DBO5 am. dil.) – (DBO5 br . % da água de diluição usada)] / % da amostra na diluição

sendo:

DBO am. dil. = OD1 – OD5 da amostra diluída

DBO br = OD1br – OD5br da água de diluição

Escolha do percentual ideal de diluição:

Primeira maneira de estimar: para efluentes ricos em matéria orgânica, não tratados e de DBO5 desconhecida inicialmente, recomenda-se num primeiro teste, que 48 uma amostra desse efluente seja submetida a 5 diluições simultâneas, sendo de 0,5%, 1%, 2%, 3% e 5%. Dosar o oxigênio inicial nesses cinco frascos, imediatamente à diluição e incubar outros 5 com as mesmas diluições. Dosar o oxigênio de todos os frascos após a incubação e

escolher qual a diluição é mais adequada para as próximas análises nesse efluente ou em outros similares. Esta seleção deverá ser baseada no valor da depleção de oxigênio sofrida pela amostra diluída, durante a incubação.

Segunda maneira de estimar: ainda no caso de amostras de esgotos ou outras amostras ricas em matéria orgânica, a quantidade de amostra a ser introduzida e diluída nos dois frascos de DBO poderá ser calculada a partir de uma estimativa da DBO teórica de um esgoto doméstico, usando a seguinte fórmula:

Volume (ml) da amostra a ser adicionada = 1200 / DBO estimada para águas de esgoto:

Exemplo: Considerando-se que a DBO estimada de um esgoto doméstico desconhecido seja de 400 mg/L, a quantidade de amostra a ser adicionada num frasco de 300 ml será: $1200/400 = 3$ ml. Isso representa uma diluição de 1%.

Terceira maneira de estimar: sabendo-se que em 5 dias a percentagem de demanda de oxigênio é de aproximadamente 68% e, considerando que para a análise da DBO é recomendado um mínimo de 1 mg/L de oxigênio ao final da incubação, pode-se aplicar o seguinte raciocínio:

[OD1] mg/L original da amostral	→ 100%
x mg/L de OD	→ 68%

1 mg/L OD	→ 100% da amostra
[OD1] mg/L original da amostral - x mg/L de OD	→ Y % da amostra

Y = % da amostra que deverá ser usada para serem obtidos no final da incubação (depois de 5 dias), um mínimo de 1 mg/L de oxigênio.

Exemplo: em uma amostra com 4,0 mg/L de oxigênio, depois de incubada por 5 dias, haveria um consumo de 68% desse oxigênio (teoricamente haveria um consumo de 2,72 mg/L), restando então 1,28 mg/L. Consequentemente, segundo o raciocínio acima apresentado, 64 % da amostra deveria ser usada para ser obtido, no final de 5 dias de incubação, um mínimo de 2 mg/L de oxigênio. Esse raciocínio permitiu a formação da seguinte tabela:

Diluições recomendadas segundo o tipo de amostra usada.

TIPO DE AMOSTRA USADA	% de AMOSTRA
Resíduos industriais muito concentrados	0,1 a 1
Esgotos brutos ou decantados	1 a 5
Efluentes oxidados	5 a 25
Águas de rios poluídos	25 a 100

Estimativa da produção primária

A produção primária de um ecossistema aquático é realizada por todos os organismos capazes de sintetizar matéria orgânica, a partir de gás carbônico, sais minerais e energia solar (Esteves, 1998). A base de um estudo detalhado sobre os mecanismos que controlam a energia transferida durante o ciclo da matéria orgânica é determinada pela produtividade primária, associada a fatores ambientais (Barbosa. & Tundisi, 1980).

As oscilações nos diversos parâmetros limnológicos definem as características de um corpo d'água, interferindo assim na capacidade de produção do plâncton. A identificação e acompanhamento dos padrões limnológicos e suas variações nas diferentes escalas de tempo (diurnas, sazonais, anuais, interanuais) são premissas essenciais na caracterização dos corpos d'água, pois são determinantes nos processos biológicos e bioquímicos que ali se desenvolvem (Barbosa,1981). Mais determinante ainda são as ações realizadas pelo próprio homem sendo que, através do crescente aumento da população, da industrialização e do uso desordenado de fertilizantes químicos na agricultura contribui como um dos grandes elementos desencadeadores do processo de eutrofização. Como resultado direto deste processo a produtividade primária do sistema em questão é frequentemente alterada já que o ecossistema passa a produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir, resultando em alteração do fluxo de energia, da circulação de materiais e principalmente da estrutura de suas redes tróficas (Wetzel,1975).

Estudos sobre a comunidade fitoplânctônica têm sido amplamente realizados em regiões temperadas (Lund, 1952; Findenegg, 1964; Macovinska, 1998) e também em regiões tropicais e subtropicais, especialmente em lagos (Tundisi, 1978; Barbosa & Tundisi, 1989; Reynolds, 1997). A compreensão das interações que ocorrem nos ecossistemas de água doce e seus efeitos no fluxo de energia e estrutura das comunidades são essenciais para o

manejo desses sistemas, seja para reduzir a crescente deposição de nutrientes ou melhorar a qualidade da água (Crowder *et al.*, 1988).

Dentre os principais nutrientes (carbono, fósforo e nitrogênio), o carbono se destaca pela sua complexidade e abrangência, atuando em todos os processos ecológicos, desde a produção até a decomposição da matéria orgânica. As fontes e compartimentos do carbono orgânico são diversos e sabe-se pouco sobre a sua dinâmica (Wetzel, 1993). O estoque de carbono orgânico dissolvido geralmente provém de material alóctone (ex. vegetação marginal), excreção do zooplâncton e de células planctônicas. No entanto, segundo Bicudo *et al.* (1998), a produção de carbono orgânico dissolvido e particulado aparece significativamente como resultado do metabolismo autotrófico e heterotrófico dos ecossistemas aquáticos.

Com o desenvolvimento da técnica do ^{14}C por Steemann-Nielsen (1951, 1952) as medidas da produção primária do fitoplâncton tiveram avanço significativo, uma vez que esta é mais sensível e de manuseio relativamente simples (Barbosa, 1979).

Neste trabalho, utilizaremos para medir a produção primária do fitoplâncton, a técnica do ^{14}C , de acordo com o exposto em Golterman & Clymo (1969) e com as modificações introduzidas por Teixeira (1973). As coletas serão feitas em dois períodos de amostragem: seca e chuvas. Os pontos de amostragem ainda serão definidos.

A incorporação do ^{14}C na forma de NaHCO_3 a matéria orgânica do fitoplâncton, durante a fotossíntese, é usada como medida da produção primária, que será expressa como taxa, em $\text{mgC}/\text{m}^3\cdot\text{h}$. Conhecendo-se o conteúdo de CO_2 total da água experimental, adicionando-se a ela uma quantidade conhecida de $^{14}\text{CO}_2$ e, levando-se em conta fatores, como: tempo, razão entre CO_2 total da água e $^{14}\text{CO}_2$ total adicionado, pode-se calcular o carbono sob forma de NaHCO_3 assimilado pelo fitoplâncton, durante o experimento (Teixeira, 1973).

Procedimentos no campo:

Os passos seguidos, na aplicação da técnica serão os seguintes:

- medida da penetração de luz por meio do disco de Secchi, que permitirá se determinar as profundidades desejadas, correspondentes a 100%, 10%, 1% de luz incidente na massa de água, além de uma profundidade na zona afótica.

- coleta da amostra nas diferentes profundidades, utilizando-se uma garrafa de van Dorn de 3 L de capacidade. Estas amostras serão colocadas em 8 frascos de vidro de 75ml (4 claros e 4 escuros) (Fig. 20).

- inoculação das amostras com 1 ml de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ com 5 μCi de atividade específica

- incubações *in situ* das amostras durante 4 horas (manhã/tarde) nas 4 profundidades desejadas.

Paralelamente, determinar-se-á o perfil térmico utilizando-se um multiprobe Horiba (modelo U-22), no início destes períodos de incubação.



Figura 20 – Frascos claros e escuros, ampolas de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, incubação dos frascos *in situ* e aparelho multiparâmetros Horiba U-22.

Procedimentos no laboratório:

Após determinar-se o perfil térmico, no final, do período de incubação, a seqüência seguida, no laboratório, será:

(a) filtração das amostras, que deve ser feita num tempo não superior a 5 min e sempre aos pares correspondentes da incubação "in situ" (um transparente e seu correspondente escuro. Esta filtração será feita sob vácuo, em filtros Millipore com 0,45µm de tamanho dos poros e 25 mm de diâmetro;

(b) dessecamento dos filtros;

(c) dissolução dos filtros no líquido cintilador "Bray" com a seguinte combinação (Bray, 1960): 4g de PPO (2,5 – dipheniloxazol), 200g de POPOP (1,4 - Bis - 2 - (4 - methyl - 5 - phenyloxazol) - benzeno), 60g de naftaleno, 100 ml de metanol, 100 ml de etileno glicol e dioxano até completar o volume para 1 litro;

(d) determinação da atividade das amostras. Para tanto, as amostras serão dispostas em "vials" contendo 10 ml do líquido cintilador "Bray" e contadas num cintilador líquido.

(e) Cálculos e correções. Serão utilizados os descritos em Goltermann & Clymo (1969) e Mackereth *et al.* (1978).

A equação utilizada para o cálculo do carbono total assimilado será a seguinte (Vollenweider 1969):

$$^{12}\text{C assimulado} = [^{14}\text{C assimulado (c)} / ^{14}\text{C adicionado (b)}] \times ^{12}\text{C disponível (a)} \times K_{1,2,3}$$

Na qual:

(a) CO_2 total (mmol./l x 12 = mg ^{12}C inorgânico/litro disponível.

(b) ^{14}C adicionado = atividade específica da ampola.

(c) ^{14}C assimilado = (c.p.m. - background) x 1,06

Os fatores de correção $K_{1,2,3}$ significam respectivamente:

K_1 = correção para o volume da alíquota filtrada. No trabalho, este volume variou de 20 a 50 ml, de um volume total de 70 ml. Logo, este fator varia de 70/20, 70/30 e 70/50.

K_2 = correção da atividade medida para atividade/hora, com a finalidade de ajustar as variações efetivas no tempo de exposição a uma exposição padrão. Neste trabalho, o tempo será de 4 horas, logo na fórmula tem-se 1/4.

K3 = um fator dimensional, no caso, utilizado para converter mg/l em mg/m³.

A constante 1,06 é utilizada para corrigir os efeitos da discriminação isotópica do carbono (Steemann-Nielsen, 1952 a; Sorokín, 1959). Finalmente, para o cálculo da produção primária global, apresentado em mgC/m².hora serão utilizadas as técnicas descritas em Steemann-Nielsen & Aabye Jensen (1957) e Lewis (1974). Para este trabalho, serão coletadas amostras utilizando-se uma garrafa de van Dorn de 3 litros, nas profundidades previamente estabelecidas, a partir das leituras do disco de Secchi (para as coletas de inverno) e do hidrofotômetro (para as coletas de verão). Os frascos, transparentes e escuros, para cada profundidade, serão inoculados com 1 ml de NaH¹⁴CO₃ marcado com 5 µCi de atividade específica. O tempo de incubação, nas duas épocas de coleta, será de 4 horas, considerado ideal por Vollenweider (1969); Vollenweider & Nauwerck (1961) e geralmente, entre 10:00 h e 14:00 h. Após esta incubação, as amostras serão imediatamente levadas na ausência de luz, ao laboratório, onde se procederá ao tratamento anteriormente descrito.

Procurou-se padronizar a técnica com o objetivo de se tornarem possíveis comparações com os resultados obtidos por Goldman (1960) e Tundisi (1977). Para o cálculo final da produção primária integral, em mgC/m².dia, assumiremos os valores de 10h de iluminação para o inverno e 11,5h para o verão.

Com vistas a se estimar a produtividade primária líquida, será utilizada em paralelo a técnica dos frascos claros e escuros que permite a quantificação da produtividade primária líquida, da respiração e da produtividade primária bruta. Uma descrição sucinta desta técnica é apresentada a seguir:

Mensuração da produção primária pela técnica do oxigênio liberado

Princípio: medida direta da produção de oxigênio pela fotossíntese em um conjunto de 3 frascos (inicial=I; transparente=T e escuro=E) durante um dado tempo de incubação, utilizando-se à técnica descrita por Winkler, 1888 com modificações.

Procedimento de Campo:

- Coletar amostras nas profundidades desejadas utilizando-se uma garrafa de van Dorn ou equivalente.

- Transferir, sem borbulhar, a amostra para os frascos inicial, transparente e escuro, enchendo-os completamente e fecha-los, permitindo que o excesso de água seja eliminado.
- Adicionar à amostra do frasco inicial, 2ml de sulfato manganoso e 2ml de solução de azida sódica. Fecha-lo e homogenizar.
- Fechar os frascos T e E e incuba-los nas profundidades de origem, durante um intervalo de tempo pré-determinado (3-6 horas).
- Após a incubação, recolher os frascos T e E e proceder como descrito no terceiro tópico. Estocar as amostras em local protegido, evitando-se variações de temperatura e transporta-los para o laboratório.

Procedimento no laboratório:

- Adicionar em cada frasco 2 ml de H₂SO₄ concentrado (utilizar uma bureta); fecha-los e homogenizar.
- Após a dissolução do precipitado e até no máximo 2 horas após a acidificação, titular a quantidade de oxigênio presente em cada amostra, com solução de tiosulfato de sódio, exatamente como descrito para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido.

Cálculos:

Após a determinação das concentrações de oxigênio dissolvido em cada conjunto de frascos, determinar a produtividade bruta (PB), produtividade primária líquida (PL) e a respiração (R), como se segue:

$$PL \text{ (mg/l)} = \text{Oxigênio no frasco T} - \text{Oxigênio no frasco I}$$

$$PB \text{ (mg/l)} = \text{Oxigênio no frasco T} - \text{Oxigênio no frasco E}$$

$$R \text{ (mg/l)} = \text{Oxigênio no frasco I} - \text{Oxigênio no frasco E}$$

Observações:

- Incubações prolongadas podem levar à excreção de metabólitos, subestimando os resultados.
- Devido ao acúmulo de bactérias nas paredes dos frascos de incubação, pode ocorrer um aumento da respiração, subestimando, portanto a produtividade líquida.

- Em função da foto-respiração, a respiração no frasco escuro pode não ser equivalente àquela do frasco claro o que diminuiria a confiabilidade da produtividade bruta.
- A respiração no frasco escuro não se deve apenas às algas, mas também, às bactérias e ao zooplâncton presentes. Segundo dados obtidos no Lago Lanao, Filipinas, por Lewis (1974), não mais do que 80% da respiração total era devida ao fitoplâncton, o restante sendo devido à microcrustáceos (5%), protozoário (12%) e bactérias (3%).
- Finalmente, há que se considerar a variação existente no quociente fotossintético, a qual é dependente do produto final da fotossíntese. Assim, quando este produto final é constituído principalmente de carboidratos, a taxa O_2/CO_2 é 1:1 e o quociente fotossintético é igual à unidade, quando, porém predominam lípidos, a taxa é 1:3 e o quociente é 0,33. Em geral o produto de síntese é uma mistura de compostos e o quociente fotossintético é 1,25, o que permite fazer-se uma conversão entre a concentração de oxigênio e o carbono fixado como se segue:

$$1\text{mg } O_2 = 0,31 \text{ mgC}$$

Estrutura da comunidade, biomassa e produção secundária das principais espécies do zooplâncton dos reservatórios de Três Marias e Furnas (MG).

O zooplâncton desempenha um papel fundamental na rede trófica, transferindo a energia produzida pelos produtores, até os níveis tróficos superiores, como os peixes. A disponibilidade de zooplâncton de tamanho adequado, e em densidades suficientes, durante a alimentação de alevinos é considerada um dos principais fatores reguladores do estoque de peixes comerciais e, muitas vezes, o principal responsável pelas flutuações observadas nas suas populações. Então, torna-se cada vez mais importante conhecer não só a ecologia das espécies zooplanctônicas, como estimar sua produtividade, para se avaliar o papel desta comunidade no funcionamento dos ambientes aquáticos.

Estimar produtividade animal é uma das formas de se entender o fluxo de energia num sistema, detectar os efeitos de impactos ambientais, como a poluição, sobre suas populações, auxiliar no manejo racional dos recursos hídricos e inferir sobre o sucesso de uma espécie numa comunidade ou ecossistema (Downing & Rigler, 1984).

Vários fatores afetam a produção secundária. Dentre eles estão as características populacionais e próprias de cada espécie, como biomassa, longevidade, fecundidade, taxas de desenvolvimento e crescimento, resistência à fome, vulnerabilidade à predação e competitividade das espécies individuais. Além destes, fatores ambientais também influenciam a produtividade secundária e devem ser considerados para o entendimento de suas variações ao longo do tempo: regime climático, variáveis hidrológicas, características morfométricas, além das interações entre as espécies, particularmente entre o fitoplâncton (alimento disponível) e o zooplâncton, e as pressões de predação.

Considerando-se o objetivo final desta proposta, que é a indicação de áreas adequadas para a implantação de projetos de aquicultura nos reservatórios de Três Marias e Furnas e, principalmente, que os organismos zooplanctônicos representam a primeira fonte de alimento exógeno natural para as fases jovens da maioria dos peixes, estudos sobre a estrutura da comunidade zooplanctônica (composição e densidade de organismos) e da produtividade desta comunidade tornam-se essenciais.

Coleta do Zooplâncton

As amostras para a análise quali-quantitativa do zooplâncton serão coletadas em pontos fixos, a serem definidos, nas pré-definidas para implantação dos parques nos reservatórios de Furnas e Três Marias, consideradas adequadas para a implantação do projeto de aquicultura. As amostras serão coletadas a cada dois dias, durante 4 semanas. Para a análise qualitativa do zooplâncton e para as medidas de produção secundária, serão realizadas com arrastos integrados na coluna d'água com rede de plâncton de 68 μ m de abertura de malha. Todo o material coletado será corado com corante vital Rosa de Bengala e fixado com solução de formalina (concentração final de 4%) e formalina.

Identificação e Contagem dos organismos

Na análise do zooplâncton serão considerados os três grupos principais da comunidade zooplanctônica: rotíferos, copépodos e cladóceros. Através da análise de sub-amostras os organismos serão identificados, sob microscópio óptico, utilizando-se a seguinte bibliografia: Elmoor-Loureiro (1997); Edmondson (1959); Koste (1978); Paggi (1995); Reid (1985); Rocha & Matsumura-Tundisi (1976); Ruttner-Kolisko (1974), Segers (1995) e Sendacz & Kubo (1982).

Para a contagem, sub-amostras de 1,0 mL serão analisadas sob microscópio ótico (figura 30), em câmaras de Sedgewick-Rafter. Pelo menos três subamostras serão analisadas (com coeficiente de variação nunca superior a 15%), ou até que um total de 250 indivíduos da espécie dominante seja obtido. As amostras com baixa densidade de organismos serão contadas na sua totalidade. Os dados a serem apresentados corresponderão à média de organismos das subamostras, expressos em m³. Nesta avaliação serão quantificadas as fases de neonatas, jovens e adultos no caso de cladóceros e náuplios, copepoditos e adultos no caso de copépodes das espécies dominantes, além do número de ovos/fêmeas.

Tempo de desenvolvimento das espécies

O tempo de desenvolvimento embrionário (De), ou seja, o tempo necessário para que o desenvolvimento do ovo seja completado, será obtido a partir de cultivos em laboratório. Será utilizado o sistema estático de cultivo, realizado em placas de acrílico multiescavadas. Apenas as espécies dominantes de cada um dos grupos serão utilizadas para este estudo.

Para os cladóceros, fêmeas ovadas (cerca de 20) trazidas do campo serão separadas em placas de acrílico multiescavadas (5mL de capacidade), contendo apenas água do reservatório filtrada em rede de 68 µm. As neonatas produzidas serão transferidas para placas escavadas contendo água do reservatório e mantidas em câmara incubadora a uma temperatura constante (semelhante à do ambiente onde foram coletadas) e fotoperíodo de 12 horas. Os indivíduos serão acompanhados diariamente, desde a produção dos ovos até a sua eclosão. A água das placas será substituída durante as observações.

Se não for possível a determinação no laboratório do tempo de desenvolvimento embrionário para todas as espécies a serem estudadas serão utilizados os dados da literatura, considerando a expressão matemática proposta por Bottrell *et al.* (1976) que relaciona o tempo de desenvolvimento embrionário (dias) à temperatura, por meio da expressão:

$$\ln De = \ln a + b \cdot \ln t + c (\ln t)^2$$

Onde:

$\ln a$ = constante definida para o grupo (dado da tabela)

b = constante definida para o grupo (dado da tabela)

c = dado da tabela

t = temperatura (°C)

Determinação da biomassa

Para os rotíferos será empregado o cálculo de biovolume, utilizando-se as fórmulas para as formas geométricas similares, e para o cálculo do peso seco, os fatores de conversão propostos por Ruttner-Kolisko (1977). Para cladóceros e copépodos os organismos serão distribuídos em classes de tamanho (neonatas, jovens e adultos; náuplios, copepoditos e adultos, respectivamente) lavados por três vezes em água destilada e transferidos para estufa (60⁰C) por 24 horas, em cadinhos de alumínio previamente pesados. Antes da pesagem em microbalança Sartorius (modelo SE2, precisão 0,1 µg), os organismos serão deixados em dessecador para resfriar (figura 32), até atingir peso constante. Os resultados de biomassa serão expressos em peso seco (Wetzel & Likens, 1991).

Estimativa da Produtividade secundária

Segundo Winberg *et al.* (1965) o método do incremento da biomassa é o mais adequado para a estimativa da produtividade secundária. Este método baseia-se na soma dos incrementos diários em peso, para cada estágio de desenvolvimento, idade ou classe de tamanho e requer o conhecimento destas variações durante todo o ciclo de vida do indivíduo, desde a eclosão até a morte (Maia-Barbosa, 2000).

Quando estes dados não estão disponíveis, ou quando sua obtenção não é possível, vários autores têm usado como alternativa, a estimativa da produção como um produto da biomassa (B) da população e da taxa de crescimento, ou seja da taxa finita de natalidade (β) (Hart, 1987). Este enfoque aplicado anteriormente para populações em equilíbrio com uma distribuição de idade estável, tem sido usado para populações que violam o pressuposto do estado de equilíbrio, oferecendo uma estimativa aproximada da produção.

Assim, a taxa finita de natalidade *per capita* (β) estimada pela fórmula:

$$\beta = E/N \cdot De$$

onde:

E= densidade de ovos

N= densidade da população

De= tempo de desenvolvimento embrionário

Essa taxa quando é multiplicada pela biomassa (B) fornece uma estimativa da produção P:

$$P = \beta \cdot B$$

Avaliação Indicativa da Capacidade de Suporte

Um dos critérios adotados para a identificação e classificação de áreas tecnicamente adequadas para a aqüicultura será a avaliação da Capacidade de Suporte do corpo hídrico, que no caso de sistemas dendríticos pode ser efetivada para braços, meandros ou enseadas, usando-se o método de Dillon & Rigler (1974)*.

Considera-se como Capacidade de Suporte o nível máximo de produção de pescado que um ambiente aquático pode sustentar, respeitadas as normas estabelecidas para conservação e uso de suas águas, bem como os limites de tolerância da(s) espécie(s) cultivada(s). O cálculo é feito para o reservatório ou açude como um todo quando a atividade se instalar no corpo principal do mesmo. Quando a atividade se instalar em braços do reservatório, o cálculo será feito separadamente para cada braço.

Para a determinação do limite do fósforo em reservatórios com média das águas superficiais inferior a 20 microgramas por litro, utiliza-se um $\Delta[P]$ igual a 25, menos o valor médio encontrado. Para médias maiores que 25, se as águas mantiverem condições de transparência superior a um metro., sugere-se um $\Delta[P]$ igual a 10. A calibragem dos resultados será feita mediante monitoramento da qualidade da água após atingida a produção máxima pré-estabelecida.

A aplicação do método acima pressupõe, necessariamente, o conhecimento da disponibilidade de fósforo nos principais compartimentos do sistema, mas também que esse nutriente seja um bom descritor e tenha um bom caráter preditivo para a produção geral do sistema. Entretanto, pudemos constatar que no capítulo sobre os índices de trofia foi demonstrado que o fósforo total pode não ser um dos parâmetros mais adequados para se caracterizar o grau de trofia do reservatório de Furnas.

Dessa forma, julgamos que deveríamos optar pela mensuração direta da produção biológica (primária e secundária) do sistema nos principais compartimentos de ambos os reservatórios a serem estudados. Assim, outras informações tais como a disponibilidade de outros nutrientes limitantes (N), dos valores médios de radiação solar (PAR) bem como dos valores de produção primária e secundária em diferentes regiões do reservatório poderão

ser de grande utilidade para a validação de qualquer modelo de capacidade de suporte que venha a ser usado. Essas informações são de relevância considerando o fato de que os modelos de capacidade de suporte baseados puramente na disponibilidade de fósforo podem ser inadequados aos reservatórios que questão.

Ictiofauna

Será apresentada uma síntese, a partir de dados já existentes (dados secundários), considerando os aspectos da caracterização geral, estrutura trófica e diversidade da comunidade de peixes. Relatórios de biologia pesqueira (estoque pesqueiro, hábitos reprodutivos e alimentares das principais espécies de interesse comercial), serão utilizados para a avaliação da dinâmica das populações. Serão ressaltadas as espécies endêmicas, raras, migratórias, ameaçadas de extinção, protegidas por leis municipais, estaduais e federais, bem como aquelas de valor econômico, alimentício, científico e de uso das populações locais.

A introdução de espécies exóticas nos dois reservatórios já ocorreu, entretanto, será verificado pela análise dos dados secundários se estas espécies já se encontram estabelecidas nos ambientes.

Macrófitas aquáticas:

Serão evitadas zonas de proliferação de macrófitas aquáticas, sejam elas livres flutuantes; emersas ou submersas. O crescimento infestante de algumas espécies pode levar ao impedimento da navegação, como, por exemplo, o ocorrido no reservatório de Santa Clara/MG em 2003 (Fig. 21), quando os aguapés (*Eichhornia crassipes*) fecharam parte do reservatório.



Figura 21: Vista do reservatório de Santa Clara/MG (2003), parcialmente ocupado por aguapés. Foto: Magda Greco

Algumas espécies de gramíneas não são aquáticas, mas tem a capacidade de ocupar grandes extensões das margens dos reservatórios como a *Brachiaria arrecta*, ocasionando transtorno para as atividades desenvolvidas no lago. O crescimento explosivo de espécies submersas, como *Egeria densa*, conhecida por obstruir as grades de proteção das turbinas de hidrelétricas pode também tampar as redes dos tanques, diminuindo a circulação de água. Portanto, é de grande importância o mapeamento da ocorrência desse grupo.

c) Aspectos sócio-econômicos

Os estudos relativos ao meio sócio-econômico e cultural deverão abranger a coleta e análise de dados primários e secundários nas áreas de influência definidas para este meio, abordando os seguintes temas:

Uso e Ocupação do Solo - Caracterização e mapeamento do uso e ocupação do solo na área de influência direta definida em uma primeira etapa. Identificação dos principais usos rurais permitidos de acordo com a capacidade de discriminação das imagens de satélites de

média e alta resolução. Para a geração destes produtos serão utilizadas técnicas de interpretação visual e automática de imagens.

Municípios - Organização político-administrativo da área, considerando a importância política e econômica relativa entre os municípios.

Infra-Estrutura Regional - Identificação representação em mapas da malha viária principal: rodovias, hidrovias, portos e aeroportos; dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica; das áreas de lazer e turismo; caracterização do sistema de comunicação.

Dinâmica Populacional - Apresentação da distribuição e da evolução da população (urbana e rural) das áreas de influência do empreendimento, bem como suas projeções de crescimento; apresentação e análise de quadros referentes à população economicamente ativa (urbana e rural), índice de desemprego e quadro de renda-emprego da área.

Estrutura Produtiva - Caracterização e análise das atividades produtivas, formais e informais, por setor econômico; identificação da população do entorno com o dimensionamento da população total a ser beneficiada. Caracterização e análise da dinâmica sócio-econômica e territorial, em termos da rede de relações e fluxos humanos, da produção e comercialização de produtos, da polarização econômica e política, da identidade cultural, e da integração rural-urbana

Caracterização das Comunidades Diretamente Lindeiras

As comunidades lindeiras serão caracterizadas, mediante pesquisa, de forma a identificar plenamente, do ponto de vista qualitativo e quantitativo, a população do entorno. Abordando: dimensionamento da população total, especificando sua forma de assentamento e distribuição; as relações socioeconômicas, culturais e políticas relativas a essa população; caracterização e análise (indicando tendências de agregação e conflitos), das forças e tensões sociais, os grupos e movimentos comunitários, as associações e lideranças, bem como as forças políticas e sindicais atuantes; caracterização e análise da dinâmica sócio-econômica e territorial, em termos da rede de relações e fluxos humanos, da produção e comercialização de produtos, da polarização econômica e política, da identidade cultural, e da integração rural-urbana; apresentação do interesse e das expectativas da população em relação à implantação da aqüicultura, mediante entrevistas qualificadas e depoimentos.

Para essa caracterização será realizada pesquisa de dados estatísticos dos:

- Bando de dados do INDI – Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais.
- Dados levantados pelo censo do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Análise das tendências de expansão/renda/economia.
- Macrocaracterização regional contemplando aspectos populacionais, dados demográficos, infra-estrutura básica, indicadores sociais, entre outros.

Serão gerados relatórios com a síntese dos dados populacionais, renda familiar, índice de desemprego, densidade demográfica, identificação das áreas urbanas e rurais e distribuição da população ativa nos setores da economia.

Inserção Regional

- Análise das inter-relações do empreendimento com os programas em andamento e/ou propostos na área de influência, bem como a legislação ambiental e aquícola vigente nos níveis Estadual e Federal.
- Compatibilização do empreendimento com o Plano de Conservação e uso do entorno do reservatório (Resolução CONAMA 302/2002), quando couber.
- Compatibilização do empreendimento com os possíveis usos múltiplos do corpo d'água, bem como as diversas formas de utilização da água na área de influência direta.
- Descrição das etapas de implantação do parque aquícolas, indicando os agentes responsáveis pela delimitação e implantação do parque.

3.2.2 Análise Integrada

Após os diagnósticos de cada meio, deverá ser elaborada uma síntese que caracterize a área de influência do empreendimento de forma global. A análise deverá conter a interação e sinergia dos itens diagnosticados de maneira a caracterizar as principais inter-relações dos meios físico, biótico e sócio-econômico. O método de análise ambiental integrada deverá ser definido durante as etapas de exclusão de áreas inaptas dos reservatórios, quando se terá uma melhor idéia das variáveis e as particularidades ambientais envolvidas de cada reservatório.

3.2.3 Prognóstico Ambiental

Esta avaliação será realizada **apenas** para as áreas consideradas aptas para a instalação de parques aquícolas e deverá abranger, após a especificação técnica dos projetos (item

3.3), os impactos benéficos e adversos deste tipo de empreendimento, determinando-se uma projeção dos impactos imediatos a médio e longo prazo temporários, permanentes e cíclicos; reversíveis e irreversíveis; locais, regionais e estratégicos.

Nesta etapa prevê-se:

- Identificação os impactos ambientais significativos nas fases de planejamento, implantação, operação e desativação do empreendimento, dentre outros.
- Análise dos possíveis impactos gerados pelo empreendimento:

Meio Físico: eutrofização, aumento do turbidez, bioacumulação, impacto visual e resíduos sólidos, dentre outros.

Meio Biótico: escape de indivíduos, competição com espécies nativas, perda de biodiversidade, alteração da cobertura vegetal do entorno, alteração da estrutura trófica, dentre outros aspectos.

Meio Sócio-Econômico: conflito de uso, alteração da disponibilidade de pesca, mudança na qualidade de vida da população local, geração de fluxos migratórios, conflitos agrários, dentre outros aspectos.

- Propostas de Controle, Compensação e Mitigação Dos Impactos.

Com base na avaliação dos possíveis impactos ambientais do empreendimento e as medidas recomendadas que venham a minimizá-los, maximizá-los, compensá-los ou eliminá-los. As medidas mitigadoras e compensatórias deverão ser consideradas quanto: ao componente ambiental afetado; a fase do empreendimento em que deverão ser implementadas; ao caráter preventivo ou corretivo e sua eficácia; ao agente executor, com definição de responsabilidades e; a duração do impacto. Deverão ser considerados os seguintes pontos:

- Indicar e detalhar medidas, por intermédio de projetos técnicos e atividades que visem a mitigação dos impactos.
- Deverão ser propostos programas integrados para monitoramento ambiental na área de influência direta, com o objetivo de acompanhar a evolução da qualidade ambiental e permitir a adoção de medidas complementares de controle.
- Indicação dos principais programas para o desenvolvidos nas áreas de influência direta e indireta, sem esgotar a série de programas que poderão ser implementados, são: programa

de monitoramento da qualidade das águas; programa de monitoramento da flora do entorno, quando couber; programa de monitoramento da fauna aquática; programa de monitoramento de bioindicadores; programa de educação ambiental; dentre outros a serem propostos.

3.3 RELATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DOS PARQUES AQUÍCOLAS NOS RESERVATÓRIOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS

Caso existam áreas propícias à instalação de Parques Aquícolas será gerado um relatório integrado para essas áreas contendo uma transcrição geral e resumida do Projeto e o seu detalhamento no que tange as estruturas de cultivo, utilização das margens, vias de acesso, medidas de monitoramento, espécies passíveis de cultivo e compatibilidades, etc.:

Os relatórios deverão conter:

➤ Justificativa e Objetivos

- Justificativa da escolha da localização e delimitação propostas para o parque;
- Abordagem dos aspectos sociais e ambientais que justificam o empreendimento;
- Justificativas econômicas, abordando a população potencial ocupante do parque aquícola; o mercado a que se destina a produção, especificando os custos totais e os ganhos sociais do projeto;
- Contemplar as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese da não realização do projeto.

Descrição do Projeto - Este item será composto

➤ Características Técnicas do Empreendimento

- Delimitação da área do empreendimento;
- planta de localização abrangendo todo o parque aquícola em escala adequada, indicando a delimitação do parque, as áreas de aquíicultura, os núcleos habitacionais do entorno, as vias de acesso, os espaços intermediários para uso múltiplo, e a hidrografia da região de entorno, entre outros itens pertinentes;
- planta de localização das áreas constituintes do parque aquícola em escala adequada, abrangendo porções menores do parque aquícola, tendo em vista uma visão detalhada das áreas aquícolas, espaços intermediários para uso múltiplo, e hidrografia da região de entorno, entre outros itens pertinentes;
- profundidades médias das áreas destinadas para cultivo dentro do parque aquícola, verificando adequação da estrutura de cultivo utilizada em relação à Instrução Normativa Interministerial nº 08/2003;

- abordagem dos métodos, materiais e tecnologia a serem utilizados, analisando experiências adquiridas em empreendimentos similares, no Brasil, se houver, ou em outras localidades;
- descrição e justificativa da distribuição e do número de estruturas de cultivos propostos;
- relação entre a área efetivamente ocupada pelas estruturas de cultivo e a área total a ser cedida, com justificativas;
- métodos e técnicas de povoamento e manejo alimentar (periodicidade da oferta, nível protéico da ração, taxa de assimilação protéica, taxa de conversão esperada e mecanismos para evitar perdas da ração, etc), quando couber;
- manejo das estruturas de cultivo durante o processo de produção;
- métodos e técnicas de despesca;
- parâmetros monitorados – indicar pontos de coleta e parâmetros, valores limites e técnicas de determinação utilizadas para o monitoramento da qualidade da água.
- descrição da Infra-estrutura associada a ser utilizada pelos produtores;
- vias de acesso;
- construções de apoio;
- depósitos de armazenamento de insumos e da produção;
- avaliação da interferência do processo de cultivo na qualidade da água apresentando os métodos de mitigação; e a possível geração de outros tipos de resíduos líquidos e sólidos.

3.4. ASSESSORIA TÉCNICA PARA A OBTENÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE ÁGUAS DA UNIÃO DE PARQUES AQUÍCOLAS NOS LAGOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DE FURNAS E TRÊS MARIAS – MG.

Nesta última etapa do trabalho será prestada assessoria técnica à SEAP/PR em reuniões internas e grupos de trabalho durante o período de seleção e classificação de áreas para a implantação de parques aquícolas, bem como, na análise e avaliação da documentação apresentada aos órgãos envolvidos para fins de autorização de uso de águas da União para fins de aquícultura.

Além disso, a SEAP/PR contará com assessoria em reuniões técnicas planejadas e nas audiências públicas, quando couber, e esclarecimentos adicionais requerido pelos Órgãos envolvidos no procedimento de Autorização de Uso por meio de vistoria técnica ou condicionantes que façam parte do processo para obtenção da autorização.

4 – COMPROVAÇÃO DE MOBILIZAÇÃO DOS RECURSOS, MEIOS E PESSOAL PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

O contrato com a FUNDEP já está pronto para assinaturas, que ocorrerão nos próximos dias, cópia do contrato em anexo. A equipe de profissionais já está sendo selecionada para contratação, cópias de Curriculum em anexo. Os contatos e termos de parceria com as concessionárias de energia elétrica já estão sendo realizados. O cronograma de execução seguirá o plano de trabalho aprovado pela SEAP/PR.

5.0 Cronograma

4 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO						
Meta	Etapa	Metodologia	Indicador Físico		Duração	
Fase I	1	Apresentação de relatório com a metodologia a ser empregada na execução dos serviços e a comprovação de que já mobilizou os meios e pessoal necessários a sua execução, para os lagos de Três Marias e Furnas/MG.	Unidade 1	Quantidade 1	Início 10/05	Término 10/05
Fase I	2	<p>Um amplo levantamento de informações existentes ou que venham a ser efetivamente coletadas no presente estudo essas, informações visam (para os lagos de Três Marias e Furnas):</p> <p>a) descrição detalhada do meio ambiente físico (aspectos da climatologia, hidrologia, geomorfologia)</p> <p>b) o inventário dos principais recursos naturais presentes nos lagos (plâncton, nécton, e macrófitas)</p> <p>c) inventários dos entornos dos reservatórios (bancos de macrófitas, paliteiros, vegetação ciliar);</p> <p>d) determinação da magnitude de determinados processos ecológicos tais como a produção primária e secundária.</p> <p>O estudo em sua Fase I ainda estende-se a uma vertente sócio-econômica, voltada especificamente para a determinação dos padrões de ocupação humana, da infra-estrutura de transportes terrestres e bem como o levantamento das principais rotas de navegação e o inventário das principais características, sócio-econômicas nas comunidades lindeiras.</p>	1	2	10/05	02/06
Fase II	3	Numa segunda etapa, o estudo pretende identificar áreas (polígonos) nos lagos com potencial para a instalação de parques aquícolas. Essa identificação será obtida através de uma análise integrada de todas as variáveis ambientais, sócio-econômicas obtidas na fase I bem como somando a esse elenco de variáveis um detalhado levantamento da base legal pertinente seja ela na esfera municipal, estadual ou federal.	1	2	02/06	06/06
Fase III	4	nos lagos de Três Marias e Furnas, indicando os tipos de licenças, permissões, autorizações e outorgas necessárias (conforme disposto no Projeto Básico).	1	2	02/06	07/06

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguila, L. R. 2000: "Gradiente trófico no rio Sapucaí (reservatório de Furnas – MG): relações com a distribuição do zooplâncton e os usos do solo". Dis. de Mestrado 65p. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo de Vida Silvestre/UFMG. Belo Horizonte/MG
- Álvares, M. T.; Fernandes, S.; Mariano, A. C.; Pimenta, M. T.; Calrão, B.; Gonzaga, A. Monitorização Batimétrica de Albufeiras: Aspectos Metodológicos, Lisboa: Fonte: <http://snirh.inag.pt/snirh>.
- APHA - American Public Health Association. 1976. Standard methods for examination of water and wastewater. 14.ed. Boston: APHA / AWWA / WPCP. 1193p.
- Barbosa, F.A.R.(1979). Produção Primária e fatores ambientais na Lagoa Carioca - Parque Florestal do Rio do Rio Doce MG.205p.Dissertação de Mestrado. Universidade federal de São Carlos - São Carlos - SP.
- Barbosa, F.A.R & Tundisi (1980). Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow quaternary lake at eastern Brazil. Arch.Hirobiology.90(2):139-161.
- Barbosa, F.A.R.(1981).Variações diurnas (24h) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca. Parque do Rio Doce - MG.207p.Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos - São Carlos - SP.
- Barbosa, F.A.R; Tundisi,J.G; Henry,R. (1989). Diel variations in Shallow tropical brazilian lake.2.Primary Production, photosynthetic efficiency and chlorophyll-a content. – Archiv.FUR.Hydrobiology.116(4):435-448,OCT,1989.
- Barnes, H.; Rolkard, A. R. 1951. Analyst (76):599.
- Beveridge, M. C. M. (1987) Cage Aquaculture – Fishing News Books Ltd –pp 149 – 164
- Bicudo D.C., Ward A. K. & Wetzel R.G., (1998).Fluxes of dissolved organic carbon within attached aquatic microbiota. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26(4),1608-1613.
- Bottrell, H.H.; Duncan, A.; Gliwicz, Z.M.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurasaua, H.; Larsson, P. & Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norw. J. Zoo., 24: 419-456.
- Bray, G.A. (1960) A simple eficiente liquid scintillation method for counting aqueous solutions in a liquid scintillation counter. Analyt. Biochem. 1, 279-285
- Bremner J.M. (1965). Total Nitrogen. Methods of soil analysis Part 2- Chemical and Microbiological Properties, number 9 in the series Agronomy, American Society of Agronomy, Inc., Publisher USA, p. 1149-1178.

- Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E. & Eaton, A.D. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed.
- Crowder, L.B., Rapporteur, Drenner, R.W. et al., (1988). Food web interactions in lakes. In: Carpenter (ed.) Complex interactions in lake communities. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 283p.
- Downing, J.A. & Rigler, F.H. 1984. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. IBP Hand Book 17, Blackwell Scient. Publ., 2^a ed. 501 p.
- Edmondson, W. T. 1959. Freshwater Biology. 2^a edição. John Wiley & Sons Inc.
- El Moor-Loureiro, L. M. A. 1997. Manual de identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Editora Universa. Universidade Católica de Brasília.
- Esteves, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia - 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- Farman, J. C., Gardner, B. G. & Shanklin, J. D. 1985. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal CO₂/NO_x interaction. Nature, 315: 207-210.
- Figueredo, C. C., Giani, A. 2001. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. Hydrobiologia. The Netherlands: , v.445, p.165 - 174, 2001.
- Figueredo, C. C., Giani, A. 2004. Interactions between tilapia and the phytoplankton community of the Furnas hydroelectric reservoir (Brazil).. Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences. Canada, submetido: , v.9999, p.111 - 111,
- Findenegg, I. (1964). Types of plankton primary production in the lakes of the Eastern Alps as found by radioactive carbon method. – Verh. Internat. Verein. Limnol. 15:352-359.
- Golman, C.R. (1960) Primary productivity and limiting factors in three lakes on the Alaskan Peninsula. Ecol. Monogr. 30, 207-230.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A. M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Blackwell Sci. Publ., London, 213p.
- Golterman & Clymo (1969). Methods for chemical analysis of freshwater. IPB – Handbook n° 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 171p.
- Greco, M. K. B., 2002. Balanço de massa de fósforo, evolução da eutrofização e o crescimento de macrófitas flutuantes no reservatório de Volta Grande. Tese de Doutorado, ECMVS, UFMG, Belo Horizonte, 159p.
- Hart, R. C. 1987. Population dynamics and production of five crustacean zooplankters in a subtropical reservoir during years of contrasting turbidity. Freshwater Biology, 18:287-318.
- Karentz, D. & Lutze, L. H., 1990. Evaluation of biologically harmful ultraviolet radiation in Antarctica with a biological dosimeter designed for aquatic environments. Limnol. Oceanogr., 35: 549-561.
- Koroleff, F. 1976. Determination of nutrients, pp. 117-181. In: K. Grasshoff (ed.). Methods of seawater analysis. Verlag Chemie Weinheim, New York.

- Koste, W. 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begr. Von Max Voigt. Überordnung Monogononta. Vol 1-2, 673p. 234pl.
- Lewis, W.M. (1974) Primary production in the plankton community of a tropical lake. Ecol. Monogr. 44(4), 377-409.
- Lorenzen, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. 12: 343-346.
- Lund, J.W.G. (1952). Buoyancy in relation to the ecology of the freshwater phytoplankton. – Fres. Biol. 1:17.
- McCauley, E. 1984. The estimation of the abundance and biomass in samples. In: Downing, J. & Rigler, F.H. (eds.) A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications. (IBP Handbook, n. 17) 228-265 pp.
- Macovinska, J. (1998). Phytoplankton development of the Cunovo (Hrusov) Reservoir in the Danube river (Slovakia) during 1995-1997. Biologia 53(4):499-502, AUG 1998.
- Mackereth, F.J. H., Heron, J. & Talling, J.F. 1978. Water Analysis: some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association Scientific Publication n. 36. Titus Wilson and Sons Ltd., Kendall, 117p.
- Maia-Barbosa, P. M. 2000. Ecologia de Cinco Espécies de Cladóceros de um Lago Amazônico Impactado por Rejeito de Bauxita (Lago Batata, Pará-Brasil). Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Moreau, J. 1997. Advances in the Ecology of Lake Kariba. University of Zimbabwe Publications. Harare, Zimbabwe, 270 p.
- Naghattini, M. Notas de aula de hidrologia aplicada. Primeira parte. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG, mar 2002. Notas de aula.
- Naghattini, M. Notas de aula – Engenharia de Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG, ago 2002. Notas de aula.
- Paggi, J. C. 1995. Crustacea Cladocera Ecossistemas de águas continentales. Metodologias para su estudio III. Ediciones Sur, Plata.
- Pezato, L. E. & Scovo Filho, J.D. Situação atual da aquicultura na região Sudeste. In Aquicultura no Brasil: bases para desenvolvimento sustentável. Ed.: Wagner Cotroni valenti. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 399p
- Pinto-Coelho, R.M., A. Giani & E. Von Sperling (eds.) 1994. Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies. SEGRAC. Belo Horizonte. 193 p.
- Pinto-Coelho, R.M. 2004. Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação de biomassa em zooplâncton de águas epicontinentais. In:

- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (orgs.) Amostragem em Limnologia. RiMa. 149-166.
- Reid, J. W. 1985. Chave de Identificação e Lista de Referências Bibliográficas para as Espécies Continentais Sulamericanas de Vida Livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Bolm. Zool. 9:17-143. Universidade de São Paulo.
- Reynolds, C.S. (1997) On the vertical distribution of phytoplankton in the middle Rio Doce Vale Lakes. In: Tundisi, J.G. And Saijo, Y. (Eds) Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil, pp.227-241. – Brazilian Ac. of Sciences of São Paulo.
- Rocha, O. & Matsumura-Tundisi, T. 1976. Atlas do Zooplâncton Volume 1. Universidade Federal de São Carlos.
- Rowena, R., Howard-Williams, C., Hawes, I., Schwarz, A. M. & Vincent, W. F., 2001. Penetration of solar ultraviolet radiation into New Zealand lakes: influence of dissolved organic carbon and catchment vegetation. *Limnology*, 2: 79-89.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton Rotifers. Biology and Taxonomy. *Die Binnengewässer* 26 (1), Suppl., 146p.
- Ruttner-Kolisko, A. 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 71-76.
- Segers, H. 1995. Rotifera. The lecanidae (Monogononta). In: Dumont, H. J. & Nogrady, T. eds. Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. SPB Academic Publishing. 226p.
- Sendacz, S., Kubo, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de Reservatórios do Estado de São Paulo. *B. Inst. Pesca* 9: 51-89.
- Steemann – Nielsen (1952a). The use of radioactive carbon (C14) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Perm. INT. Explor. Mer.* 18:117-140.
- Steemann–Nielsen, E. & Jensen, A. (1957) Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans. *Galathea Rep.* 1, 49-136.
- Sorokin, Y.I. (1959) Determination of isotopic discrimination by photosynthesis. *Bull. Inst. Biol. Vodokhranil. Ac. Sci. USSR* 4, 1-9 (in Russian).
- Taras, J.M (1950). Phenoldisulfonic Acid Method of Determining Nitrate in Water. *Journal of Analytical Chemistry*. 22(8): 1020-1022.
- Teixeira, C. (1973). Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. *Bolm. Ins. Oceanogr. USP.* 22(335)59-92.
- Tundisi, J. G. (1977). Produção primária, “standing stock”, fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial. (Represa do Broa, São Carlos). Tese de livre Docência, Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências e Letras de Ribeirão Preto. SP. Universidade de São Paulo.

- Tundisi, J.G., et.al (1978). Estudos limnológicos no sistema de lagos do Parque Florestal do Rio Doce, MG. – UFSCar, DCB, São Carlos.
- Vicent, W. F. & Roy, S., 1993. Solar ultraviolet-B radiation and aquatic primary production: damage, protection and recovery. *Environ. Rev.*, 1: 1-12.
- Vollenweider, R.A.,(1969). A manual of methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook n° 12, Blackwell Scientific, Oxford, 213 p.
- Vollenweider, R.A. & A. Nawerch. (1961) Some observations on the C-14 technique for measuring primary production. *Verh. Int. Verein Limnol.* 14(1), 134-139.
- Wetzel, R.G (1975). *Limnology*. United States of America. 1ed. 743p.
- Wetzel, R.G (1993). *Limnologia*. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, .1026p.
- Williamson, C. E., 1995. What roles does UV-B radiation play in freshwater ecosystems? *Limnol. Oceanogr.*, 40: 386-392.
- Wetzel, R. G. & Likens, G. E. 1991. *Limnological Analyses*. New York: Springer Verlag. 391p.
- Winberg, G. G.; Pechen, G. A.; Shushkina, E. A. 1965. Production of Planktonic crustaceans in three lakes of different type. *Zoologicheskii Zhurnal*, 44: 676-687.
- Yasuhara T., Nokihara K. 2001. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. *Journal of agricultural and food chemistry*. 49: 4581-4583.