

### **3.9. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**

#### **3.9.1. Introdução**

O barramento de rios para construção de reservatórios com diversos fins é uma das grandes experiências humanas na modificação dos ecossistemas naturais. Com o represamento, a mudança de ambiente lótico para lêntico acarretará uma série de transformações nos sistemas biológicos, atmosféricos e nos principais mecanismos condicionantes da qualidade da água, em especial naqueles associados com os processos de eutrofização e anoxia.

Paralelamente às variações diretas nos ecossistemas aquáticos, a mudança sócio-econômica desencadeada pelo barramento afeta o cenário sanitário da sua área de influência, refletindo-se nos usos e no comportamento dos recursos hídricos. As alterações na qualidade da água, por sua vez, poderão se constituir em fatores determinantes no processo de desenvolvimento socioeconômico da região.

Um aspecto fundamental de qualquer estudo limnológico e de monitoramento é a coleta de dados. A forma, a frequência e o local específico onde esses dados são coletados podem afetar consideravelmente a análise e a interpretação dessas informações, bem como o processo decisório dos programas de manejo.

Entretanto, esta atividade de coleta de informações não deve ser efetuada de maneira mecânica, mas estar embasada e norteada pelos objetivos do programa de estudo e pelos usos que se farão dessas informações.

Na formação de reservatórios, existem vários tipos de detrito originados de fontes locais, fontes externas e também pela incorporação da cobertura vegetal das bacias de inundação. Esses resíduos se destacam como principais fontes de consumo de oxigênio dissolvido e eutrofização do reservatório. Esses fatores irão depender da quantidade e da qualidade dos detritos e da forma como são incorporados.

No caso do futuro reservatório de Estreito, não são identificadas fontes poluidoras importantes oriundas de esgotos de origem doméstica e/ou industrial. As principais cargas poluidoras são geradas predominantemente por fontes difusas provenientes das áreas urbanizadas e das atividades agropecuárias presentes na bacia contribuinte do reservatório, e aparentemente significativas, que são carregadas principalmente no início da estação chuvosa.

Considerando os resultados das campanhas de amostragem realizadas durante os períodos de cheias, onde os valores dos parâmetros biológicos coliformes totais e fecais extrapolaram, em alguns pontos, os valores máximos, verifica-se que os demais parâmetros de qualidade das águas superficiais analisados situam-se dentro dos limites máximos permitidos pela legislação ambiental, conforme preconiza a Resolução CONAMA 357/05.

A inundação da vegetação residente deverá constituir o principal impacto na qualidade da água pela implantação do reservatório. Durante esse processo, observa-se o desencadeamento de uma série de reações de natureza físico-química e biológica, as quais podem provocar impactos significativos no meio biótico.

Nesse processo são identificadas as seguintes fases:

- Fase de enchimento do reservatório, onde se observa a ocorrência de condições mais críticas em termos de qualidade da água. A biomassa vegetal residente é afogada e se decompõe, liberando uma grande quantidade de compostos orgânicos e nutrientes, com possibilidades de estabelecimento de condições anóxicas. Este processo ocorre até o reservatório alcançar o seu nível operacional, a partir do qual toda a vegetação estará incorporada.
- Fase de operação, onde ao longo do tempo ocorre o consumo de toda a matéria orgânica inundada e posterior estabilização das condições bioquímicas do meio aquático. A formação do reservatório propicia um novo equilíbrio ao sistema hídrico, condicionando a novos tempos de residência e favorecendo a ocorrência de processos eutróficos. A partir desse estágio a qualidade da água ficará sujeita principalmente às cargas externas afluentes.

Este programa incorpora também os estudos de modelagem de escoamento a jusante, visando avaliar a variação da linha d'água na área lateral e no trecho do rio Tocantins sujeito às flutuações bruscas das vazões turbinadas, cujas informações serão utilizadas no Plano de Ação Emergencial – PAE.

### **3.9.2. Justificativa**

O monitoramento do futuro reservatório da UHE Estreito possibilitará avaliar as condições físico-químicas e bacteriológicas das águas que serão alteradas pela submersão da matéria orgânica e pela mudança da dinâmica fluvial promovida pela implantação do barramento.

As maiores interferências na qualidade da água deverão ser verificadas durante a fase de enchimento e no período pós-enchimento do reservatório, decorrentes do processo de inundação da vegetação presente na área do lago e sua conseqüente biodegradação.

A biomassa vegetal no meio aquático, ao se decompor, libera grande quantidade de compostos orgânicos e nutrientes na fase inicial pós-enchimento, podendo provocar quedas significativas do oxigênio dissolvido, cujo elemento é vital para a sobrevivência das espécies aquáticas.

No caso específico da UHE Estreito, são esperados os maiores impactos ao longo dos braços formados pelos tributários afluentes das margens direita e esquerda ao lago, em função do maior tempo de residência que se estabelecerá nesses locais.

Junto ao corpo central do reservatório, os impactos serão menos expressivos em virtude da maior taxa de renovação das águas. E conforme modelo de qualidade da água desenvolvido, essas condicionantes serão mais significativas no trecho do reservatório a jusante do rio Farinha, onde o indicativo de desmatamento se justifica em relação ao nível de oxigênio dissolvido para garantia da biota aquática. A montante do rio Farinha, o desmatamento torna-se desnecessário pelas condições favoráveis da renovação da água em função do baixo tempo de residência do reservatório.

Enfim, o monitoramento da qualidade da água permitirá a identificação de eventuais alterações do corpo hídrico, provocadas ou não pela implantação da UHE Estreito, e subsidiar, caso necessário, a indicação de medidas mitigadoras.

Quanto aos estudos de modelagem matemática de escoamento a jusante, eles permitirão avaliar as flutuações do nível d'água à jusante motivadas pela operação da UHE Estreito, que deverá apresentar variações nas vazões turbinadas quando de sua operação em ponta.

Esses efeitos deverão ser verificados com maior intensidade durante o período seco. Durante o período úmido as vazões afluentes são normalmente mais elevadas ou próximas a capacidade de engolimento das turbinas, e as variações dos níveis d'água decorrentes da operação da usina não deverão ser observadas.

O transiente hidráulico decorrente da operação de turbinamento condicionarão o aumento ou decréscimo das cotas dos níveis d'água, cujos valores devem ser conhecidos e monitorados.

### **3.9.3. Objetivo e Público Alvo**

#### **Objetivo**

As campanhas de coleta de amostra terão como principal objetivo acompanhar e analisar a qualidade das águas durante os períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório, tendo em mira avaliar os eventuais impactos que poderão ocorrer no sistema hídrico. Tal procedimento possibilitará a adoção de ações corretivas nos casos de alteração da qualidade dos corpos d'água afetados.

O monitoramento da qualidade da água será implementado através de amostragens em diversos pontos do curso principal e de alguns tributários, possibilitando a composição de uma série histórica de dados que retratará os diversos processos que ocorrerão no meio hídrico, destacando-se:

- Registrar as condições naturais do curso d'água anterior ao período de enchimento do reservatório.
- Avaliar a estabilização da matéria orgânica inundada durante os períodos de enchimento e pós-enchimento do reservatório.
- Verificar as condições de qualidade da água após a estabilização da matéria orgânica residente e seu comportamento sazonal face ao novo equilíbrio dinâmico estabelecido com a formação do lago.

Todo o processo de amostragem de qualidade da água será acompanhado através do emprego de técnicas de modelagem matemática, a fim de aferir e aprimorar os resultados obtidos durante a fase dos estudos.

Os aspectos biológicos das águas do reservatório, especificamente a diversidade das populações de Zooplâncton e Fitoplâncton, representantes de vários grupos de animais invertebrados límnicos, deverão ser monitorados juntamente com os parâmetros físico-químicos, a fim de permitir uma análise integrada entre os dois temas.

Os elementos disponibilizados pelos levantamentos de campo deverão compor o elenco de informações necessárias à elaboração das análises e mais especificamente subsidiar as seguintes atividades:

- Acompanhar a evolução temporal e espacial da qualidade da água e dos componentes dos sistemas bióticos (limnológicos), gerando séries de informações temporais, capazes de resultar em análises da qualidade ambiental, predizendo a direção em que caminham os sistemas.
- Acompanhar os impactos gerados pelo empreendimento quando de sua instalação e operação.
- Criação de um banco de dados onde estarão reunidas todas as informações decorrentes das campanhas de campo, em nível suficiente para prever a necessidade de adoção de medidas mitigadoras e gerenciamento de futuros programas ambientais.
- Determinar o atual estágio de evolução trófica dos sistemas aquáticos e monitorá-los, tendo por base as comunidades fitoplanctônicas, macrófitas aquáticas e as comunidades ictiológicas.
- Elaborar estudos e prognósticos de modo a definir intervenções necessárias à mitigação dos impactos indesejáveis durante as fases de pré-enchimento/enchimento, estabilização e operação do reservatório.
- Realizar diagnóstico das águas na Área de Influência Direta e conhecer os fatores que condicionam a qualidade e as condições limnológicas do sistema.
- Subsidiar os estudos de ictiofauna e de controle de macrófitas no reservatório.
- Avaliar e monitorar a qualidade das águas por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos.
- Acompanhar as principais alterações e tendências da qualidade da água deste ecossistema.
- Averiguar a compatibilidade dos parâmetros obtidos com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA - 357/05 para rios de Classe 2.
- Fornecer informações técnicas e propor medidas visando à melhoria da qualidade das águas do reservatório, tendo em vista a manutenção dos seus múltiplos usos.
- Acompanhar as variações qualitativas da água do rio Tocantins a montante e a jusante do AHE Estreito e, por conseguinte, dos braços tributários ao lago formado.
- Determinar a magnitude de eventuais alterações, a jusante, resultantes da formação do reservatório.

Quanto aos estudos de modelagem matemática de escoamento a jusante, seu objetivo é propiciar um conhecimento detalhado do comportamento hidráulico a jusante, no que se refere às variações das vazões turbinadas, principalmente na operação de ponta, quando a

usina deverá disponibilizar em um curto espaço de tempo (da ordem de 3 horas por dia), um incremento de energia visando suprir as necessidades de mercado.

Estas análises permitirão avaliar a variação do nível d'água ao longo do trecho simulado, cujos subsídios serão ser utilizados no Plano de Ação Emergencial – PAE.

### **Público Alvo**

O Programa de Monitoramento da Qualidade da Água pretende beneficiar:

- A população, como um todo, dos municípios envolvidos banhados pelo rio Tocantins, no trecho cujas condições serão alteradas pela UHE Estreito, através do monitoramento da qualidade da água.
- O IBAMA, ao qual serão encaminhados os resultados do programa, em forma de relatórios semestrais de acompanhamento, proporcionando assim, um enriquecimento das informações e, conseqüentemente, maior conhecimento sobre a realidade regional no tocante a este tema específico.
- Outras entidades que poderão se interessar pelos resultados do monitoramento, dentre os quais citam-se os órgãos estaduais responsáveis pela preservação do meio ambiente.

Os resultados dos estudos de modelagem matemática deverão beneficiar:

- Os moradores residentes próximos as margem e várzeas do rio Tocantins e outros usuários da água, situados à jusante da UHE Estreito e
- O próprio Empreendedor que terá maior conhecimento do comportamento hidráulico estabelecido à jusante da usina quando da operação de turbinamento.

### **3.9.4. Metas**

Com base nos objetivos do Programa, são propostas as seguintes metas:

- Realizar pelo menos uma campanha, a cada três meses, antes do início da execução das obras (totalizando quatro campanhas), com amostragens do rio Tocantins e dos braços tributários, e elaboração das análises físico-químicas, bacteriológicas e limnológicas da água, contemplando os períodos chuvosos e de estiagem.
- Realizar campanhas mensais durante o enchimento do reservatório (totalizando três campanhas), com amostragens do rio Tocantins e braços tributários em diversos pontos, fazendo análises físico-químicas, bacteriológicas e limnológicas da água. Para os compartimentos dos rios Mosquito e Santana, o monitoramento deve contemplar análises quinzenais de qualidade das águas.
- Durante a operação/estabilização, realizar no primeiro ano uma campanha a cada mês. No segundo ano, as campanhas deverão ser semestrais nos períodos chuvosos e de estiagem (com amostragens do rio Tocantins e braços tributários em diversos pontos, fazendo análises físico-químicas, bacteriológicas e limnológicas da água).

- Verificar a ocorrência de alterações na qualidade das águas a montante e a jusante da UHE Estreito, bem como dos seus principais braços afluentes, mediante análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos durante todas as fases do empreendimento.
- Emitir prognósticos atualizados com indicativos futuros, com base nos resultados dos monitoramentos ao final de cada fase do empreendimento.
- Acompanhar as variações qualitativas e quantitativas da água do rio Tocantins a jusante do empreendimento e, por conseguinte, as alterações em seus usos.
- Registrar todos os resultados das campanhas e das análises laboratoriais e de escritório, relacionando-os com as condições anteriores ao empreendimento e com os padrões de qualidade de água estabelecidos pelo CONAMA, e emitir relatórios semestrais.

Com base nos objetivos dos Estudos de Modelagem Hidrodinâmica, são previstas as seguintes metas:

- A realização de levantamentos topobatimétricos de seções transversais visando à caracterização da morfologia da calha de escoamento do rio Tocantins no Trecho situado entre a bacia de dissipação da usina e a Ilha de Estreito situada imediatamente a jusante da ponte Juscelino Kubitschek;
- Elaboração de estudos de modelagem matemática hidrodinâmica com objetivo de se conhecer o comportamento hidráulico do escoamento a jusante da barragem em decorrência das variações das vazões turbinadas e
- Conhecimento detalhado das linhas d'água a jusante da barragem, decorrentes da aplicação de diversos cenários alternativos de vazões afluentes e de operação de turbinamento.

### **3.9.5. Procedimentos Metodológicos**

As amostragens de qualidade da água compreenderão pontos de coleta no corpo central do reservatório, nos principais braços tributários além de três pontos no rio Tocantins situados a jusante do eixo da UHE Estreito.

No Quadro 3.9.1 estão relacionados os pontos de coleta, conforme estabelecidas na primeira e segunda campanha de levantamento de campo realizadas no ano de 2001.

Complementando esta lista, são previstos mais dois pontos de coleta (Pontos 16 e 17) situados, respectivamente, a 12 km (próximo ao rio Itaueiras) e a 30 km a jusante do eixo, visando à obtenção de dados de monitoramento de qualidade da água do rio Tocantins até próximo à Terra Indígena Apinajé.

**Quadro 3.9.1 – Pontos de Amostragem de Águas Superficiais**

Ponto	Município	Curso d'água	Local	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
1	Estreito	rio Tocantins	ponete Juscelino Kubistchek de Oliveira	06° 33' 41"	47° 27' 11"
2	Estreito	rio Santana	ponete sobre o rio Santana	06° 38' 35"	47° 25' 33"
3	Estreito	rio Farinha	ponete sobre o rio Farinha	06° 51' 48"	47° 28' 08"
4	Estreito	rio Mosquito	ponete sobre o rio Mosquito	06° 37' 05"	47° 32' 01"
5	Carolina	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Carolina	07° 19' 01"	47° 29' 02"
6	Carolina	rio Manoel Alves Grande	foz do rio Manoel Alves Grande	07° 26' 35"	47° 35' 17"
7	Babaçulândia	rio Corrente	ponete sobre o rio Corrente	07° 14' 25"	47° 46' 26"
8	Babaçulândia	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Babaçulândia	07° 11' 34"	47° 45' 07"
9	Barra do Ouro	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Barra do Ouro	07° 40' 56"	47° 40' 48"
10	Barra do Ouro	rio Tauá	ponete sobre o rio Tauá	07° 42' 12"	47° 42' 51"
11	Tupiratins	rio Tocantins	rio Tocantins na travessia da balsa	08° 23' 08"	48° 06' 56"
12	Tupiratins	rio Feio	ponete sobre o rio Feio	08° 18' 47"	48° 09' 29"
13	Palmeirante	rio Manoel Alves Pequeno	foz do rio Manoel Alves Pequeno	07° 55' 45"	47° 56' 35"
14	Palmeirante	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Palmeirante	07° 51' 26"	47° 55' 01"
15	Palmeirante	rio João Aires	foz do rio João Aires	07° 45' 40"	47° 50' 04"
16	Estreito	rio Tocantins	rio Tocantins, 12 km a jusante do eixo.	-	-
17	Estreito	rio Tocantins	rio Tocantins, 30 km a jusante do eixo.	-	-

Fonte: CNEC, 2001.

Ressalte-se que as campanhas de limnologia deverão ser conduzidas juntamente com as coletas de qualidade das águas, de forma a otimizar os trabalhos de campo e permitir a integração dos resultados obtidos.

A identificação do fitoplâncton será feita de acordo com metodologia de MURGEL BRANCO & ROCHA (1977). Na quantificação dos organismos coletados, será empregada técnica de fragmentação da amostra, separados em dois grupos de tamanho: os menores (Protozoa e Rotifera), a serem contados em lâmina de microscópio comum, no aumento de 100 vezes; e

os maiores (Copepoda, Cladocera e outros) serão quantificados em cubeta de acrílico, com fundo quadriculado, sob estereomicroscópio.

Os parâmetros de qualidade das águas físico-químico e bacteriológico e limnológico a serem considerados nas campanhas de coleta são relacionados no Quadro 3.9.2.

**Quadro 3.9.2 – Relação dos Parâmetros de Qualidade da Água**

Parâmetro	Unidade	Expresso
Temperatura da água	° C	-
Temperatura do ar	°C	-
Alcalinidade de bicarbonato	mg/L	CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidade de carbonato	mg/L	CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidade de hidróxido	mg/L	CaCO <sub>3</sub>
Cloreto	mg/L	Cl
Condutividade	μS/cm	-
Cor (Verdadeira)	mg Pt/l	-
Demanda bioquímica do oxigênio	mg/L	O <sub>2</sub>
Demanda química do oxigênio	mg/L	O <sub>2</sub>
Dureza total	mg/L	CaCO <sub>3</sub>
Fosfato total	mg/L	P
Fosfato (orto)	mg/L	P
Fosfato orgânico	mg/L	P
Nitrogênio amoniacal	mg/L	N
Nitrogênio nitrato	mg/L	N
Nitrogênio orgânico	mg/L	N
Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	N
Oxigênio dissolvido	mg/L	O <sub>2</sub>
PH	UpH	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-
Sólidos suspensos totais	mg/L	-
Turbidez	FTU	-
Coliformes totais	NMP/100 ml	-
Coliformes fecais	NMP/100 ml	-
Clorofila	mg/m <sup>3</sup>	-
Densidade do fitoplâncton	n.º de organismos /m <sup>3</sup>	-
Freqüência de captura de microorganismos do fitoplâncton	Espécie de organismo/ponto de coleta	%
Densidade do zooplâncton	n.º de organismos /m <sup>3</sup>	--
Freqüência de captura de microorganismos do zooplâncton	Espécie de organismo/ponto de coleta	%

Fonte: CNEC, 2001.



### Metodologia de Coleta e de Conservação das Amostras

- Coleta superficial simples: as amostras serão preservadas quimicamente, conforme a NBR 9898 de junho/87;
- Coletas de profundidade: será feita com garrafa de inox para amostragem em profundidade. As amostras são preservadas quimicamente, conforme a NBR 9898 de junho/87.

Para melhor interpretação da rotina de coleta e preservação das amostras, é apresentado no Quadro 3.9.3 um resumo da norma referenciada.

**Quadro 3.9.3 - Preservação de Amostras de Águas Superficiais**

Parâmetros	Tipo de Frasco	Preservação	Volume (ml)
DQO, Nitrogênio Total	Vidro âmbar ou polietileno	7 dias ou até 28 dias, com Ácido sulfúrico concentrado 2 ml	2.000
Fósforo Total	Vidro lavado com Ácido Clorídrico a 50 % (v/v) a quente	07 dias, com Ácido sulfúrico concentrado 2 ml	500
Alcalinidade , pH	Vidro âmbar ou polietileno	24 horas, sem conservação	250 / Frasco cheio até a boca
DBO, Cloretos, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Sólidos Sedimentáveis, Cor, Turbidez, Nitratos.	Vidro âmbar ou polietileno	24 horas, sem conservação	2.000
Dureza	Polietileno	6 meses, com Ácido nítrico concentrado 2,5 ml	500
Microbiologia (CTB, Coliformes Totais e Fecais)	Vidro esterilizado	Sem conservante 6 ± 2 horas	100
Manter refrigeradas todas as amostras a < 4 °C			

As coletas de plâncton serão efetuadas com redes específicas, de 25 µ para o fitoplâncton e de 78 µ para o zooplâncton. Essas amostras serão fixadas com lugol acético (fitoplâncton) e formol (zooplâncton).

A sistemática adotada na coleta das amostras, consideradas em todos os pontos de monitoramento, incluem medições locais de temperatura da água e do ar, leitura do pH da água, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido e salinidade.

Os pontos de amostragens serão posicionados através do uso de equipamentos GPS, documentando-se as condições do tempo durante e antecedentes aos trabalhos de coleta, medição da profundidade do ponto de amostragem além de outros elementos de interesse.

### **Metodologias de Análises Laboratoriais**

As técnicas de análise de amostras de água compreendem as descritas no “STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER” da AWWA (1998), em Laboratório com certificado no Órgão Estadual e no Conselho Regional de Química do Estado competente.

### **Metodologia para os Estudos de Modelagem Hidrodinâmica**

Os estudos visam avaliar o comportamento hidráulico do rio Tocantins no trecho compreendido entre a bacia de dissipação da UHE de Estreito e a ilha de Estreito situada à jusante da ponte Juscelino Kubitschek de Oliveira, compreendendo uma extensão aproximada de 10 km.

Nesta extensão a morfologia da calha do rio Tocantins será caracterizada através de uma série de levantamentos topobatimétricos de seções transversais, o que incluem o detalhamento da travessia junto a Ponte Juscelino Kubitschek e a ilha de Estreito situada imediatamente à jusante.

A localização das seções topobatimétricas definidas preliminarmente sobre as bases cartográficas disponíveis, serão consolidadas através de inspeção de campo, com pontos marcados através do uso de equipamento GPS.

Durante a visita deverão ser coletadas todas as informações de interesse para a composição do modelo matemático, tais como: identificação dos pontos de mudança de seção da calha de escoamento, dados relativos ao revestimento das margens e extensões inundáveis laterais, com a identificação da presença de vegetação, substrato rochoso ou ocupações.

Este conjunto de informações irá subsidiar o planejamento dos trabalhos de campo a serem desenvolvidas pela equipe de topografia.

Mesma sistemática deverá ser obedecida no detalhamento da travessia junto a Ponte, onde o rio Tocantins se apresenta com menor largura, com o levantamento das dimensões dos pilares de sustentação, do tabuleiro da ponte e da presença de outras obstruções que possam afetar o livre escoamento das águas.

A ilha de Estreito, também deverá caracterizada através de levantamentos topobatimétricos de seções transversais, o que inclui o próprio maciço e extensões de terrenos marginais de ambas as margens do rio Tocantins.

Todos estes elementos deverão ser caracterizados em bases cartográficas ficando disponíveis como subsídios nos trabalhos de modelagem matemática.

Os levantamentos topobatimétricos de seções transversais deverão contemplar os terrenos marginais ao curso d'água com extensão suficiente para incorporar com segurança os níveis das maiores cheias ocorridas na região.

As análises serão implementadas através da aplicação de técnicas de modelagem hidrodinâmica, baseado nas equações de Saint Venan, que se fundamenta em duas equações diferenciais: equação da Continuidade e equação do Momentum.

Neste conceito, são empregados métodos numéricos baseados em diferenças finitas para a resolução das equações diferenciais representativas do comportamento hidráulico.

O modelo matemático considerado no presente trabalho é do tipo unidimensional e, considera para efeito de solução das equações de Saint Venan, o esquema implícito de Preissmann.

Para a caracterização da morfologia da calha de escoamento são utilizados dados disponíveis dos levantamentos planialtimétricos e topobatimétricos de seções transversais, a serem disponibilizadas através dos levantamentos de campo.

Dentre outras informações de interesse aos estudos de modelagem matemática, citam-se aquelas obtidas por ocasião dos estudos de viabilidade da UHE de Estreito:

- Levantamentos topobatimétricos de algumas seções transversais situadas no trecho de interesse dos estudos;
- Cotas de níveis d'água identificadas no período observado nas régua limnimétricas instaladas pela CNEC;
- Levantamentos das cotas de níveis de enchentes, decorrentes de eventos hidrológicos extremos ocorridos no passado, obtidas junto aos moradores locais e cujas marcas de cheias foram objetos de amarração topográfica. A cheia ocorrida no ano de 1980, se destaca entre as demais pela sua magnitude, com vazões de pico da ordem de 30.000 m<sup>3</sup>/s;
- Dados de curva-chave do canal de fuga;
- Dados derivados do estudo de remanso e
- Dados relativos ao arranjo e conformação da bacia de dissipação e características dos dispositivos de vertimento.

Após a calibragem do modelo matemático, serão analisados o comportamento hidráulico do escoamento a jusante considerando-se diversos cenários de vazões turbinadas, onde o Aproveitamento é solicitado para atender a demanda de geração de ponta estabelecido pelo mercado.

### **3.9.6. Descrição do Programa e Atividades Previstas**

O Programa de Monitoramento das Águas Superficiais compreende a coleta de amostras e a determinação das variáveis físico-químicas e bacteriológicas.

Nos mesmos locais, serão desenvolvidos os programas de monitoramento limnológico que contemplarão as coletas de fitoplâncton e de zooplâncton.

Para atingir os objetivos almejados, o programa foi dividido em três fases. Cada fase demanda condições de monitoramento distintas, como número e localização dos pontos de amostragem, frequência de amostragem e definição de parâmetros.

### **Primeira Fase – Pré-Enchimento**

As coletas serão realizadas a meia profundidade e com periodicidade trimestral, considerando-se os 17 pontos de amostragem, conforme relacionado no Quadro 3.9.1 e locais indicados na Figura 3.9.1.

**ENTRA FIGURA 3.9.1.**

Mesma sistemática deverá ser adotada para a coleta dos parâmetros biológicos fitoplâncton e zooplâncton, cuja campanha deverá ser realizada conjuntamente com a de qualidade das águas.

### **Segunda Fase – Enchimento**

Constitui a fase que antecede a mudança de sistema lótico para lântico.

Nesta fase, as campanhas de amostragem terão um incremento, passando a ter uma frequência mensal, tendo em vista acompanhar com detalhes os instantes iniciais de incorporação e biodegradação da biomassa inundada. Estima-se para esta fase uma duração de três meses, que é o tempo previsto para o enchimento do reservatório. Para os compartimentos dos rios Mosquito (Ponto 4) e Santana (Ponto 2), o monitoramento deve contemplar análises quinzenais de qualidade das águas com as informações sendo apresentadas quinzenalmente, atendendo à condicionante 2.38 da Licença Prévia.

Os locais de amostragem dos parâmetros de qualidade da água e os biológicos serão os mesmos previstos na primeira fase de pré-enchimento do reservatório.

Ênfase especial será dispensada no monitoramento do oxigênio dissolvido que, segundo previsões, não deverá apresentar concentrações inferiores a 4 mg/l.

### **Terceira Fase – Estabilização/ Operação**

Nesta fase, também denominada de operação, a qualidade da água deverá ser monitorada por um período de dois anos, que é o tempo estimado para a estabilização da matéria orgânica incorporada após o enchimento do reservatório.

Durante o primeiro ano de operação, o monitoramento terá frequência mensal e na seqüência, no segundo ano, as coletas serão semestrais, totalizando 14 campanhas de amostragem de qualidade das águas e dos parâmetros biológicos (fito, zôo).

A fim de verificar a ocorrência de estratificação química e/ou térmica, é prevista em alguns pontos do corpo do reservatório e dos braços tributários, a coleta de amostras de qualidade da água em três profundidades distintas: superfície, meio e fundo, conforme assinaladas no Quadro 3.9.4. Para as amostragens dos parâmetros biológicos fitoplâncton e zooplâncton a coleta deverá se restringir a nível de superfície da água

Quadro 3.9.4 – Pontos de Amostragem de Águas Superficiais da Terceira Fase

Ponto	Município	Curso d'água	Local	Coordenadas		Pontos de Coleta
				Latitude	Longitude	
1	Estreito	rio Tocantins	ponte Juscelino Kubistchek de Oliveira	06° 41' 33"	47° 27' 11"	Meia profun
2	Estreito	rio Santana	ponte sobre o rio Santana	06° 35' 38"	47° 25' 33"	Superfície, meio e fundo
3	Estreito	rio Farinha	ponte sobre o rio Farinha	06° 48' 51"	47° 28' 08"	Superfície, meio e fundo
4	Estreito	rio Mosquito	ponte sobre o rio Mosquito	06° 05' 37"	47° 32' 01"	Superfície, meio e fundo
5	Carolina	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Carolina	07° 01' 19"	47° 29' 02"	Superfície
6	Carolina	rio Manoel Alves Grande	foz do rio Manoel Alves Grande	07° 35' 26"	47° 35' 17"	Meia profun
7	Babaçulândia	rio Corrente	ponte sobre o rio Corrente	07° 25' 14"	47° 46' 26"	Superfície,
8	Babaçulândia	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Babaçulândia	07° 34' 11"	47° 45' 07"	Superfície, meio e fundo
9	Barra do Ouro	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Barra do Ouro	07° 56' 40"	47° 40' 48"	Meia profun
10	Barra do Ouro	rio Tauá	ponte sobre o rio Tauá	07° 12' 42"	47° 42' 51"	Meia profun
11	Tupiratins	rio Tocantins	rio Tocantins na travessia da balsa	08° 08' 23"	48° 06' 56"	Meia profun
12	Tupiratins	rio Feio	ponte sobre o rio Feio	08° 47' 18"	48° 09' 29"	Meia profun
13	Palmeirante	rio Manoel Alves Pequeno	foz do rio Manoel Alves Pequeno	07° 45' 55"	47° 56' 35"	Meia profun
14	Palmeirante	rio Tocantins	rio Tocantins a jusante de Palmeirante	07° 26' 51"	47° 55' 01"	Meia profun
15	Palmeirante	rio João Aires	foz do rio João Aires	07° 40' 45"	47° 50' 04"	Meia profun
16	Estreito	rio Tocantins	rio Tocantins			Meia profun
17	Estreito	rio Tocantins	rio Tocantins			Meia profun

Fonte: CNEC, 2001.

### Processamento e Análise dos Resultados

Compreende a elaboração de relatórios técnicos a serem emitidos após o desenvolvimento de cada campanha de coleta, sintetizando aspectos descritivos e metodológicos dos trabalhos de amostragens realizados e apresentação dos resultados baseados nos laudos laboratoriais, mostrando o comportamento hídrico e da qualidade das águas. Nas análises relacionadas a qualidade das águas serão consideradas a presença de fontes de poluição de origem difusa ou pontuais provenientes dos municípios situados nas proximidades do reservatório de Estreito.

As análises deverão contemplar a evolução dos parâmetros de natureza física, química e bacteriológica amostrados, que deverão ser acompanhadas através da aplicação de técnicas de modelagem matemática de qualidade da água, visando o acompanhamento temporal dos parâmetros bioquímicos com ênfase no processo de biodegradação da fitomassa inundada e seu relacionamento com as taxas de concentração do oxigênio dissolvido.

O compartimento do braço do rio Mosquito será modelado como reator único estratificado, onde será analisado o comportamento da qualidade da água durante as fases de enchimento e operação do reservatório até a estabilização das condições de qualidade da água. Neste processo serão considerados os constituintes bioquímicos da biomassa inundada e os poluentes originários da área do entorno do empreendimento.

A adição dos novos subsídios advindos das campanhas de monitoramento permitira a caracterização do comportamento sazonal da qualidade da água e sua inter-relação com o regime de vazões.

Os parâmetros biológicos zôo e fito deverão ser caracterizados e correlacionados com os dados amostrados de qualidade da água, permitindo retratar as alterações ocorridas do meio biótico face à mudança de ambiente, de lótico para lântico.

Durante a etapa de implantação do reservatório de Estreito, o curso do rio Mosquito sofrerá um pequeno desvio de seu curso mediante a implantação de uma pequena barragem e um canal que conduzirá as águas ao curso do rio Tocantins. A manutenção desta estrutura não acarretará alterações sensíveis no fluxo de vazões quando da formação do futuro lago de Estreito, face as suas reduzidas dimensões. A barragem terá uma altura de apenas 5 metros com seu coroamento na cota 140 m, muito inferior ao nível de operação do reservatório estabelecida na cota 156,0 m, ou seja 16 m acima de sua crista. Ressalta-se também que, o canal de desvio será mantido em substituição ao natural que favorecerá também a circulação da água represada.

### **Proposição para o Enchimento do Reservatório**

Visando minimizar a ocorrência de impactos na qualidade da água, são recomendados alguns procedimentos, fundamentados em resultados de modelagem matemática, e que permitem orientar o programa de enchimento do futuro reservatório da UHE Estreito, tais como:

- O enchimento do reservatório deverá ser iniciado preferencialmente no período de cheias.
- Que o enchimento do reservatório compreenda um intervalo total de 3 meses. Este procedimento acarretará um afogamento lento da fitomassa, permitindo maior circulação e renovação da água no reservatório, e facilitará o resgate da fauna residente.
- Que a limpeza do reservatório seja implementada principalmente nos braços tributários. No corpo central do reservatório, os segmentos a serem desmatados referem-se exclusivamente aos que estão situados próximos ao eixo. As taxas de redução de fitomassa, previstas na ação de limpeza, foram estimadas com o objetivo



de evitar a ocorrência de níveis de oxigênio dissolvido abaixo de 4 mg/l, considerado valor limite para a sobrevivência de grande parte das espécies aquáticas. Dentro do elenco de programas considerados no EIA, esta ação preventiva é abordada no Programa de Desmatamento e Limpeza da Área do Reservatório.

Considerando-se as premissas apresentadas, não são previstos impactos decorrentes da redução da vazão liberada para jusante durante o período de enchimento. Dessa forma, ações mitigadoras para controle ou abrandamento são desnecessárias, uma vez que as reduções esperadas do fluxo de vazões, situar-se-ão dentro das faixas normalmente observadas.

### **Estudos de Modelagem Hidrodinâmica**

Nos estudos de modelagem matemática são previstos o desenvolvimento das seguintes atividades:

- Inspeção de campo, visando o planejamento dos trabalhos de topografia;
- Levantamento topobatimétrico de seções transversais visando a caracterização da calha de escoamento;
- Montagem da base de dados de entrada do modelo de simulação;
- Calibragem do modelo de simulação;
- Aplicação de cenários alternativos de vazões afluentes e implementação de regras operativas de turbinamento;
- Análise de resultados das simulações com a composição paramétrica de perfis de linhas d'água conjugadas com as condições hidrológicas de vazões e operação de turbinamento.

#### **3.9.7. Inter-Relação com outros Programas**

- *Programa de Monitoramento e Gerenciamento Ambiental.* Este programa será responsável pela implantação e monitoramento da execução de todos os programas ambientais previstos neste PBA, dentre eles este Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas.
- *Programa de Monitoramento de Pontos Propensos à Instabilização de Encostas e Taludes Marginais.* O Programa de Monitoramento das Águas fornecerá dados analisados, como sólidos totais, sólidos suspensos e turbidez, para o controle do assoreamento do corpo d'água, evitando o aumento de sedimento presente na água, pois, os sedimentos retêm e absorvem os nutrientes.
- *Programa de Desmatamento e Limpeza da Área do Reservatório.* No que se refere aos efeitos sobre a qualidade da água do afogamento da biomassa vegetal, da existência de fossas sépticas, de pocilgas e lixo nas propriedades atingidas e do uso de fertilizantes e de herbicidas.

- *Programas de Educação Ambiental à População Rural e Urbana e Comunicação Social e Apoio à População Migrante.* No que se refere à conscientização da população para a conservação das áreas, controle da poluição e contaminação das águas. As informações geradas por este programa facilitarão o entendimento das comunidades e dos usuários, banhistas e pescadores, quanto à importância de se evitar a contaminação dos recursos hídricos.
- *Programa de Monitoramento Hidrossedimentométrico e das Vazões dos Tributários.* No que se refere ao monitoramento da sedimentação no reservatório e a jusante e quanto à vazão dos tributários.

### **3.9.8. Indicadores Ambientais**

Como indicadores ambientais, foram selecionados os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos listados no Quadro 3.9.5, que serão avaliados de acordo com o Artigo 21 da Resolução CONAMA 357/05, cujos padrões da classe 2 são apresentados nesse mesmo quadro.

**Quadro 3.9.5 - Indicadores Ambientais**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Expresso</b>	<b>V.M.P (*)</b>
Temperatura da água	° C	-	-
Temperatura do ar	°C	-	-
Alcalinidade de bicarbonato	mg/L	CaCO <sub>3</sub>	-
Alcalinidade de Carbonato	mg/L	CaCO <sub>3</sub>	-
Alcalinidade de hidróxido	mg/L	CaCO <sub>3</sub>	-
Cloreto	mg/L	Cl	250
Condutividade	US/cm	-	-
Cor (Verdadeira)	mg Pt/l	-	75
Demanda bioquímica do oxigênio	mg/L	O <sub>2</sub>	5
Demanda química do oxigênio	mg/L	O <sub>2</sub>	-
Dureza total	mg/L	CaCO <sub>3</sub>	-
Fósforo total – Ambientes lênticos	mg/L	P	0,030
Fósforo total – ambientes intermediários com Tempo de residência de 2 e 40 dias	mg/L	P	0,050
Fosfato (orto)	mg/L	P	-
Fosfato orgânico	mg/L	P	-
Nitrogênio amoniacal	mg/L	N	0,02
Nitrogênio nitrato	mg/L	N	10
Nitrogênio orgânico	mg/L	N	-
Nitrogênio Kjeldahl total	mg/L	N	-
Oxigênio dissolvido	mg/L	O <sub>2</sub>	≤ 5
PH	UpH	-	6,0 - 9,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	500
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-
Turbidez	FTU	-	100
Coliformes totais	NMP/100 ml	-	5000
Coliformes fecais	NMP/100 ml	-	1000
Clorofila a	µg/l	-	30

Fonte: Resolução do CONAMA 357/05

Obs.(\*): Valores Máximos Permitidos para enquadramento de rios na Classe 2

No Quadro 3.9.6 são apresentados os indicadores limnológicos.

**Quadro 3.9.6 - Indicadores Ambientais**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Expresso</b>
Densidade do fitoplâncton	n.º de organismos /m <sup>3</sup>	-
Frequência de captura de microorganismos do fitoplâncton	Espécie de organismo / ponto de coleta	%
Densidade do zooplâncton	n.º de organismos /m <sup>3</sup>	--
Frequência de captura de microorganismos do zooplâncton	Espécie de organismo / ponto de coleta	%

Como indicadores ambientais dos estudos de modelagem hidrodinâmica, serão formulados, de forma paramétrica, os perfis das linhas d'água obtidos dos trabalhos de modelagem matemática considerando-se os cenários alternativos selecionados de condições hidrológica de vazões e operação de turbinamento.

**3.9.9. Atendimento a Requisitos Legais**

Para o enquadramento dos corpos d'água serão adotados os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05.

**3.9.10. Responsáveis pela Execução do Programa e Parceiros Institucionais Potenciais**

A implantação e desenvolvimento do programa serão de responsabilidade do empreendedor, devendo contar com a participação de instituições e órgãos governamentais envolvidos com o tema, tais como o IBAMA, entidades governamentais competentes e universidades. Neste escopo inclui-se a articulação de possíveis parcerias com outras entidades e quando couber o repasse de atribuições.

**3.9.11. Recursos Humanos, Materiais e Financeiros**

**Recursos Humanos**

Químico (1)  
 Biólogo (1)  
 Auxiliar técnico (2)

**Recursos Materiais**

Passagens Aéreas  
 Hospedagem/alimentação  
 Aluguel de carro  
 Gasolina  
 Remessa das amostras via aérea

Aluguel de barco

Para os Estudos de Modelagem Hidrodinâmica

*Recursos Humanos*

Engenheiro Hidrólogo (1)  
Topógrafo (1)  
Auxiliar de topógrafo (4)

*Recursos Materiais*

Passagens Aéreas  
Hospedagem/alimentação  
Aluguel de carro  
Gasolina  
Aluguel de barco

**Recursos Financeiros**

A estimativa preliminar dos custos para execução deste programa é de R\$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais). O cronograma de desembolso financeiro previsto é apresentado no capítulo 4 deste PBA.

**3.9.12. Responsáveis pela Elaboração do Programa**

CNEC ENGENHARIA

Eng. Civil Humberto Jacobsen Teixeira	CREA 37639/D IBAMA 314913
Eng. Civil Márcia Yumi Sawamura	CREA 5060294280/D IBAMA 585893

**3.9.13. Bibliografia**

AMERICAN PUBLIC HEALTH. 1985. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. Washington, 16 a. ed. 1134 p.

CNEC Engenharia, 2004, Estudos Complementares ao *EIA-RIMA da UHE Estreito*, São Paulo.

CNEC Engenharia S. A., 2002, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA da Usina Hidrelétrica de Estreito. São Paulo.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 1986. Resolução No. 20 de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial da União. Seção I:11355-11361.**

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro, Interciência. 575p.

FORNAROLLI - ANDRADE, L; XAVIER, C.F.; BRUNHOW, R.F. & TREUERSCH, M. 1994. Sistema de Avaliação, Classificação e Monitoramento de Qualidade das Águas de Reservatórios do Estado do Paraná. **I Seminário de qualidade de Águas Continentais no Mercosul - Anais.** Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. p. 333 - 342.

RAOUL HENRY, FUNDIBIO / FAPESP, 1999. **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.** Botucatu/SP.

SCHÄFER, A.. 1985. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais.** Porto Alegre, EDUNI-SUL. 532 p.

SCHWÖRBEL, J.. 1971 Einführung in die Limnologia. **In: Esteves, F.A., 1988 Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro, Interciência. 575 p.

TUNDISI, J. G.. 1983. "Estratificação Hidráulica" em reservatórios e suas conseqüências ecológicas. **Ci. e Cult., 36(9):1489-1496.**

McNEELY, R. N.; NEIMANIS, V. P. & DWYER, L.. 1979. **A Guide to Water Quality Parameters.** Ottawa. 89p.

VOLLENWEIDER, R.A. 1968. **Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication.** Paris, OECD-Report DAS/CSI/68.27. 220 p.

WETZEL, R. G.. 1981. **Limnologia.** Barcelona. Omega 679p

### **3.9.14. Cronograma Físico**

A seguir é apresentado o cronograma físico das atividades a ser obedecido nos trabalhos de monitoramento da qualidade da água, incluindo-se neste, as análises e os estudos de modelagem matemática.