

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS**

**RELATÓRIO DE ANÁLISE DO DOCUMENTO INTITULADO
“*ATENDIMENTO AO OFÍCIO 1251/2009 DILIC/IBAMA -
COMPLEMENTAÇÕES RELATIVAS À QUALIDADE DA
ÁGUA*”**

**ASSUNTO:
IMPACTO AMBIENTAL DO
APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO BELO MONTE - PA**

POR:

**MARCO ANTONIO ALMEIDA DE SOUZA
RICARDO TEZINI MINOTI
(Pesquisadores Associados)**

PARA:

IBAMA

Brasília, 27 de janeiro de 2010.

SUMÁRIO

1 .	INTRODUÇÃO	1
2.	PREMISSAS BÁSICAS DE ANÁLISE	1
3.	MODELAGEM DO CASO ESPECÍFICO DO AHE BELO MONTE	2
4.	DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA A MODELAGEM	4
5.	DADOS DE SAÍDA (RESULTADOS DA SIMULAÇÃO)	5
6.	SELEÇÃO DOS MODELOS UTILIZADOS	5
7.	ANÁLISE DO CÁLCULO DAS FONTES PONTUAIS DE FÓSFORO E NITROGÊNIO PARA O RIO XINGU	6
8.	ANÁLISE DA ESTIMATIVA DAS FONTES PONTUAIS E NÃO PONTUAIS DE FÓSFORO E NITROGÊNIO PELO MODELO MQUAL .	7
9.	ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO	9
10.	ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO MEKONG	11
11.	ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO WASP4	12
12.	ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO MIKE 21.....	16
13.	ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO DE OPERAÇÃO HIDRÁULICA DOS RSERVATÓRIOS.....	16
14.	ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO DE ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA DE RESERVATÓRIOS...	17
15.	ANÁLISE DAS CONCLUSÕES DO RELATÓRIO APRESENTADO..	18
16.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO DA ANÁLISE REALIZADA ...	20
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem o objetivo de relatar a análise realizada do conteúdo do relatório apresentado pelo empreendedor da AHE Belo Monte em resposta aos questionamentos feitos anteriormente pelo IBAMA em relação aos estudos do impacto relativo à qualidade da água e limnologia provocado pelos eventuais futuros reservatórios.

Basicamente, o tema central em análise refere-se à modelagem matemática realizada para prognosticar a qualidade da água futura, e inferir sobre suas conseqüências.

Ao final, apresenta-se a conclusão da análise realizada e tecem-se recomendações.

2. PREMISSAS BÁSICAS DE ANÁLISE

A presente análise foi realizada tendo as seguintes premissas básicas:

1ª - Trata-se de modelar matematicamente um sistema inexistente e, em assim sendo, não é possível a realização de calibração dos modelos no seu sentido mais estrito; pode-se tentar o que se pode chamar de pseudocalibração, ou seja, transportar dados de calibração dos modelos em outros reservatórios existentes com características mais próximas daqueles que se pretende modelar.

2ª - Nesse sentido, o que se está realizando, a despeito de uma alegada precisão matemática dos modelos utilizados, é um simples prognóstico do que poderá vir a acontecer em termos de impacto à qualidade da água, para os usos da água, e para a flora e fauna aquáticas.

3ª - Os dados de entrada nos modelos não precisam e não devem ser aqueles medidos com o rigor do presente estado, mas sim, devem refletir o que se espera deles em relação ao futuro sendo perscrutado; assim, as séries históricas deveriam mostrar as tendências de variação dos dados antes que valores estáticos.

4ª - Os modelos matemáticos são representações de uma realidade de algum sistema, e, nesse mister, podem ser tão simples e grosseiros, empíricos, ou tão sofisticados que exigem um número muito grande de parâmetros e emitem um número de dados de saída de difícil interpretação; a escolha de que modelo deve ser utilizado em cada caso deveria, no entanto, observar o conceito da utilização da melhor tecnologia disponível e possível no momento.

5ª - Nesse caso específico, em que modelos matemáticos devem ser utilizados para prognóstico sem a possibilidade de serem calibrados e verificados, deve-se aplicar o princípio da decisão conservadora, sempre optando por soluções mitigadoras e interpretações que aumentem o grau de segurança contra eventuais impactos ao meio ambiente.

3. MODELAGEM DO CASO ESPECÍFICO DO AHE BELO MONTE

O projeto de engenharia do AHE Belo Monte prevê a criação de quatro “compartimentos aquáticos” que necessitam de serem simulados por meio de modelos matemáticos, a saber: (1) reservatório do Xingu; (2) reservatório dos Canais; (3) o trecho de vazão reduzida (TVR), constituído do curso natural do rio Xingu a jusante da barragem do reservatório do Xingu até a confluência com o deságüe do reservatório dos Canais; e (4) rio Xingu após o deságüe do reservatório dos Canais, também chamado de trecho de restituição das vazões (TRV).

O reservatório do Xingu, de acordo com o projeto de engenharia, terá as seguintes características:

- Nível d'água máximo normal: cota 97,0 m.
- Extensão total desenvolvida na cota 97,0 m: 84,0 km.
- Área do espelho d'água na cota 97,0 m: 382 km².
- Volume na cota 97,0 m: 2,07 km³.
- Perímetro na cota 97,0 m: 549 km.
- Profundidade média para a cota 97,0 m: 6,2 m.

O reservatório do Xingu (ou reservatório principal da AHE Belo Monte) apresenta pequeno volume disponível a ser ocupado quando da passagem das cheias de projeto. Os estudos apresentados concluem que tal característica, associada à grande capacidade de extravasão dos vertedouros, não possibilitará que esse reservatório processe qualquer amortecimento das cheias de projeto.

O reservatório dos Canais será confinado por meio da construção de diques sobre o leito de igarapés que drenam para o rio Xingu, e receberá água do reservatório do Xingu por meio de dois canais. São previstos cerca de 29 diques para construção em pontos de fuga (selas topográficas) entre as sub-bacias dos igarapés confinados. Segundo o projeto de engenharia, o reservatório dos Canais apresentará as seguintes características principais:

- Nível d'água máximo normal: cota 96,0 m.
- Nível d'água máximo operativo: cota 97,0 m.
- Extensão total desenvolvida na cota 97,0 m: 60 km.
- Área do reservatório na cota 97 m: 134 km².
- Volume na cota 97,0 m: 1,89 km³.
- Perímetro na cota 97,0 m: 268 km.
- Profundidade média para a cota 97 m: 17,6 m.

O Trecho de Vazão Reduzida – TVR – é o trecho do curso original do rio Xingu com 100 km de extensão, compreendido entre o local do barramento do reservatório do Xingu e o ponto de restituição da vazão turbinada pela Casa de Força Principal.

Para atender às necessidades ambientais, o Estudo de Viabilidade considerou que parte da vazão natural afluyente ao AHE Belo Monte seria desviada para o TVR, com vazões médias mensais a serem mantidas no TVR, de acordo com a

proposta do EIA, dispostas na Resolução nº 740, de 06 de outubro de 2009, da Agência Nacional de Águas – ANA, devendo ser alternados os hidrogramas A e B em anos consecutivos, conforme tabela Nº 1.

Tabela Nº 1: Vazões médias no trecho de vazão reduzida (TVR), em m³/s:

Hidrograma	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
A	1100	1600	2500	4000	1800	1200	1000	900	750	700	800	900
B	1100	1600	4000	8000	4000	2000	1200	900	750	700	800	900

Fonte: Resolução ANA 740/2009

A Resolução ANA 740/2009 dispõe ainda que, caso, em dado mês, a vazão afluyente for inferior à prescrita, deve ser mantida vazão igual à afluyente no TVR. O NA mínimo do reservatório poderá ser reduzido para atender simultaneamente as condições de vazões no Reservatório dos Canais e no TVR, quando a vazão afluyente for inferior à vazão prescrita para o TVR somada a 300 m³/s. A vazão instantânea no mês de outubro no TVR não poderá ser inferior a 700 m³/s, exceto caso a vazão afluyente o seja. Nos meses de ascensão do hidrograma, a vazão instantânea no TVR não deverá ser inferior à vazão média prescrita para o mês anterior, exceto caso a vazão afluyente o seja. Nos meses de recessão do hidrograma, a vazão instantânea no TVR não deverá ser inferior à vazão média prescrita para o mês seguinte, exceto caso a vazão afluyente o seja.

O Trecho de Restituição de Vazões – TRV - compreende todas as estruturas previstas para o Sítio Belo Monte, bem como a infra-estrutura para construção, estendendo-se até uma determinada distância a jusante do canal que restituirá as vazões turbinadas pela Casa de Força Principal até a calha do rio Xingu, de forma a abarcar a área de abrangência dos impactos diretos advindos não só da implantação das obras no supracitado sítio, como também aqueles decorrentes da operação do AHE Belo Monte.

Em relação à modelagem, devem ser feitas algumas observações. Nem o TRV nem o TRV foram modelados em relação à qualidade da água, talvez por se considerar que esses trechos não venham a ser críticos no sistema, mas o fato é que eles receberão a água dos dois reservatórios nas condições em que elas estiverem. O esquema operacional de vazões exarado pela Resolução ANA 740/2009 constitui-se em principal dado de entrada nas simulações de qualidade da água e os eventos críticos deveriam ser modelados. O fato de se alternarem os hidrogramas A e B em anos consecutivos induz que os reservatórios e o TVR não terão um padrão anual de vazões e de qualidade da água, tornando-se necessária a consideração de um ciclo bienal na modelagem, empregando os dois hidrogramas, o que não foi realizado. A modelagem foi feita apenas com um dos hidrogramas que foi considerado o crítico, mas isso não permite observar o efeito desejado de recuperação da qualidade da água de um ano para outro.

Normalmente em um caso como esse, de construção de dois reservatórios, seria recomendável a simulação da qualidade da água em três períodos, a saber: (1) período de enchimento dos reservatórios, que envolve grande instabilidade hidrodinâmica e ambiental; (2) período de estabilização pós-enchimento, que normalmente, em geral, poder-se-ia considerar como de dois anos; e (3) período

de estabilidade hidrodinâmica, que seguiria entre o período de estabilização até a vida útil dos reservatórios, normalmente considerada entre 20 a 50 anos para os efeitos ambientais, e que pode ser representado somente pelo seu estado crítico. No relatório em análise foram simulados os períodos de enchimento e de pós-enchimento, mas não foi feito nada em relação ao período de estabilidade. Note-se também que o período de enchimento, que normalmente é muito crítico, nesse caso é muito pequeno, desde que se adote o período de cheias para enchimento dos reservatórios, e, por isso, não chega a ser diferenciado.

4. DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS PARA A MODELAGEM

Os dados de entrada dos modelos de qualidade da água para reservatórios normalmente são os seguintes:

- 1 – dados morfológicos e físicos dos reservatórios, informados pelo projeto de engenharia, e que, normalmente, são facilmente disponíveis;
- 2 – dados fluviométricos, que são compostos a partir das vazões históricas afluentes no rio e das vazões de descarga de operação dos reservatórios;
- 3 – dados de qualidade da água afluente aos reservatórios, que devem ser estimados para os eventos nas datas de simulação; e
- 4 – dados climatológicos, sendo que alguns podem ser adotados em função de eventos críticos e outros devem ser considerados em função de medidas realizadas no local ou estimadas para o local.

Em estudos que envolvem modelagem com utilização de *softwares*, normalmente espera-se que seja encontrada nos relatórios informação consubstanciada sobre os modelos e sobre o *software*, e, principalmente, as planilhas ou boletins com os dados de entrada utilizados em cada simulação como emitidas pelo relatório do próprio software (quando essas são muito extensas, permite-se que sejam anexadas na forma de arquivo eletrônico em CD-ROM, para permitir a verificação de detalhes pelos analistas do relatório). O relatório em análise tece considerações sobre os dados de entrada, algumas vezes remete o leitor a outros relatórios distantes, algumas vezes os transcreve no texto, mas nada que possa permitir verificar os valores dos parâmetros e variáveis em forma ordenada que foram efetivamente empregados nas simulações.

5. DADOS DE SAÍDA (RESULTADOS DA SIMULAÇÃO)

Quando se empregam diversos modelos, como foi o caso do relatório em análise, espera-se congruência entre os dados de saída dos diversos modelos quando simulando um mesmo evento com os mesmos dados. Além disso, em muitos casos, os dados de saída de um modelo são ou podem ser dados de entrada de outro modelo, e espera-se que sejam usados valores compatíveis entre os modelos.

A mesma observação feita para os dados de entrada é também feita aqui: não existem anexadas as planilhas ou os boletins emitidos pelos *softwares* utilizados com os resultados brutos (alguns *softwares* já liberam os dados trabalhados em forma gráfica inclusive, mas isso não é mencionado no relatório sob análise).

6. SELEÇÃO DOS MODELOS UTILIZADOS

De certa forma corrigindo a informação prestada pelo relatório sob análise, foram utilizados para o estudo do AHE Belo Monte os seguintes modelos matemáticos de simulação:

1 - Modelo MEKONG, que é exclusivamente hidráulico, que foi usado para retratar o processo de circulação da água no reservatório, durante as fases de enchimento e operação.

2 - Modelo WASP4 (*Water Quality Analysis Simulation Program*) da EPA - *Environmental Protection Agency*, que, segundo a informação do próprio relatório sob análise, foi utilizado somente para simular a parte de eutrofização por meio do seu módulo EUTRO4. Esse modelo serve para simulação de qualidade da água, e o seu programa original foi adaptado pelos elaboradores do relatório para representar o processo de incorporação e biodegradação da matéria vegetal inundada.

3 - Modelo MIT de estratificação térmica, que foi desenvolvido no “Massachusetts Institute of Technology”, que foi usado apenas para simular a estratificação térmica nos reservatórios.

4 - Modelo MIKE 21 da DHI Water & Environment (Dinamarca), que é um modelo hidrodinâmico bidimensional que foi utilizado para determinar a direção e o sentido do fluxo das águas ao longo de todo o seu trajeto no reservatório dos canais, para auxiliar no processo de segmentação para simulação matemática deste reservatório por outros modelos.

5 - Modelo de operação hidráulica do reservatório, elaborado pelo próprio empreendedor para simular, com discretização mensal, a operação hidráulica do AHE Belo Monte. Foi utilizado para avaliar as possibilidades de atendimento das condições estabelecidas na Resolução nº 740, de 06 de outubro de 2009 da Agência Nacional de Águas – ANA.

6 – Modelo MQUAL Versão 1.5 da SMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, que faz a correlação entre o uso do solo na bacia hidrográfica e a qualidade de água. Foi utilizado para gerar os aportes de fósforo aos reservatórios.

7 – Modelo empírico de Vollenweider – OCDE adaptado por Salas para lagos “quentes”, desenvolvido no CEPIS (Peru). Esse modelo foi utilizado no estudo para gerar as concentrações de fósforo nos futuros reservatórios.

8 – Modelo de Vollenweider e Kerekes adaptado para lagos “quentes” por Salas e Martino em 1991, desenvolvido no CEPIS (Peru), utilizado para prever o estado trófico dos futuros reservatórios.

Além disso, o trabalho realizado lança mão, para interpretação de resultados, de alguns índices e sistemas de classificação do estado trófico, de estratificação térmica, e de déficit de saturação de oxigênio no hipolimnion.

Infelizmente, não foi encontrada no relatório sob análise a justificativa da seleção dos modelos utilizados. Esperava-se encontrar no relatório uma relação de modelos potencialmente utilizáveis para o caso específico de Belo Monte, uma descrição dos modelos que foram utilizados anteriormente em reservatórios na Amazônia, seus prós e contras, e, finalmente, algum estudo conducente à escolha feita.

Idealmente, a escolha dos modelos deveria recair em um único modelo matemático que fosse capaz de representar, de forma lógica e determinística, a qualidade da água em toda a bacia hidrográfica, incluindo todos os seus compartimentos, tanto lênticos como lóticos, e que unisse, no mesmo modelo, a simulação climatológica, hidrológica, hidráulica e hidrodinâmica, incluindo-se a estratificação térmica, o balanço de energia, e a simulação dos fatores bióticos e abióticos do ecossistema aquático. Idealmente, esse modelo deveria representar os ambientes lacustres de forma tridimensional. O modelo utilizado no relatório sob análise que mais se aproxima desse perfil é o Modelo WASP4. Entretanto, entende-se que ele não foi utilizado em toda a sua capacidade, tendo-se acionado apenas o seu módulo de eutrofização aplicado aos reservatórios do Xingu e dos Canais. De acordo com os resultados apresentados, pode-se depreender que a possibilidade tridimensional do Modelo WASP não foi acionada, ocasionando extrema debilidade na interpretação dos resultados obtidos.

Além disso, a utilização de modelos de geração e exportação de cargas, do tipo do MQUAL, só se faz necessária porque não se utilizou um modelo racional de representação matemática global para a bacia hidrográfica.

No caso dos modelos empíricos de previsão de eutrofização do tipo Vollenweider/OCDE/CEPIS, todos eles foram desenvolvidos considerando o reservatório como um reator de mistura completa com aportes de fósforo em uma base média anual. Já foi comentado o fato de que a variação cíclica das vazões dos reservatórios não será anual, mas bienal. Além disso, deve-se ter em mente que o estudo que gerou o modelo considerou dados de muitos reservatórios, mas nenhum situado na planície amazônica brasileira.

Com a opção tomada por esses modelos, não restou outra alternativa que não a de utilização misturada de vários modelos com acionamento divorciado, associando-se modelos empíricos a modelos racionais. Efetivamente, esta não é a opção disponível mais adequada ao problema.

7. ANÁLISE DO CÁLCULO DAS FONTES PONTUAIS DE FÓSFORO E NITROGÊNIO PARA O RIO XINGU

Essa parte encontra-se no Anexo I do relatório sob análise.

Em primeiro lugar, pode-se concluir que o estudo realizado considerou uma única fonte pontual de nitrogênio e fósforo que é composta pelos esgotos coletados na cidade de Altamira. Não existe nenhuma consideração sobre isso no relatório, se as outras fontes pontuais seriam de pequena monta e desprezíveis no estudo.

Em segundo lugar, foi usado um horizonte de 15 anos (ano de 2035) na projeção, menor que a vida útil da AHE Belo Monte, também sem nenhuma outra justificativa. Assim, fica difícil aceitar o fato que em um horizonte mais longo não aparecerão outras fontes pontuais significativas de fósforo. A própria cidade de Altamira deverá ter algum tipo de rede urbana de drenagem pluvial, que fundamentalmente se constituirá em uma fonte pontual de fósforo, além do sistema de limpeza pública com condicionamento e tratamento dos resíduos sólidos.

Um outro ponto é que não há nenhum comentário no relatório sob análise acerca dos índices de cobertura do sistema de coleta de esgotos em Altamira. Dos cálculos apresentados pode-se entender que foi considerado um índice de cobertura de 100%. Entretanto, para as condições brasileiras e principalmente amazônicas, esse número é grandemente irreal. Para se ter uma idéia, a SANEPAR está festejando porque alcançou em 2010 o índice de 60% de cobertura nas cidades do Paraná.

Um fator que merece discussão, então, é sobre qual será o destino das excretas humanas das pessoas não atendidas pelo sistema de esgotamento sanitário. Pergunta-se se o Modelo MQUAL as considera nos cálculos como fontes não pontuais. Se essas pessoas serão atendidas por sistemas de fossas sépticas com percolação no solo ou se habitarão palafitas com deposição direta de fezes e lixo orgânico diretamente nas águas superficiais. Qual é a forma e o grau de penetração do fósforo, nesses casos?

Finalmente, discute-se a simulação de dados considerando 100% de remoção de fósforo dos esgotos nas futuras ETEs da cidade de Altamira. É possível isso? Sim, mas o resto do Brasil ainda hoje não conseguiu realizar isso, por ser inviável e tecnicamente desaconselhável. Preocupa mais ainda pelo fato de que o sistema de tratamento proposto em relatórios anteriores para as futuras ETEs (reator UASB seguido de tratamento biológico aeróbio) não proporciona um grau de remoção de fósforo seguramente maior do que 50%. Se adotado um sistema de tratamento biológico para remoção de fósforo, do tipo nitrificação-desnitrificação, que se tem mostrado viável no Brasil, seria prudente adotar um grau de remoção de fósforo não maior do que 80%. Deve ser lembrado, também, que todo o fósforo removido por essas ETEs comporá os lodos produzidos e poderá ser liberado de novo para as águas, se cuidados não forem tomados.

8. ANÁLISE DA ESTIMATIVA DAS FONTES PONTUAIS E NÃO PONTUAIS DE FÓSFORO E NITROGÊNIO PELO MODELO MQUAL

Essa parte encontra-se no Anexo II do relatório sob análise.

A primeira consideração que se deve fazer é que, como não são mostradas as planilhas com os resultados de saída do *software* MQUAL, não se pode comprovar a veracidade do título do Anexo II, pois suspeita-se que os resultados para as fontes pontuais de fósforo e nitrogênio não foram gerados pelo Modelo MQUAL, mas sim pelos cálculos externos mostrados no Anexo I do relatório.

Deve-se também ressaltar que o relatório não traz nenhuma descrição do funcionamento e dos mecanismos do Modelo MQUAL, o que é imprescindível a um relatório desse nível de importância para justificar a exatidão da simulação realizada.

Persiste aqui a simulação de alternativa com 100% de remoção de fósforo da carga pontual dos esgotos de Altamira, o que já foi mostrado ser inviável. Continua não havendo nenhum comentário acerca do índice de atendimento do serviço de esgotos.

Um ponto a considerar é que se esperava no relatório sob análise alguma argumentação para suportar os valores de coeficientes de exportação usados no Modelo MQUAL (Tabela 1, página 4 do Anexo II). Questiona-se se esses valores já foram confirmados ou obtidos para bacias amazônicas em geral e na do Xingu em particular.

Segundo informações da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, o Modelo de Correlação entre Uso do Solo e a Qualidade da Água – MQUAL é constituído de três módulos inter-relacionados: (1) módulo de geração de cargas; (2) módulo de simulação dos principais tributários; e (3) módulo de simulação do reservatório. Cada um dos módulos representa os fenômenos de geração e autodepuração das cargas poluidoras em três ambientes considerados: a superfícies do terreno, onde estão as fontes de cargas poluidoras; os rios principais e seus afluentes; e, por fim, o reservatório.

O relatório não deixa claro se foram utilizados os três módulos do MQUAL, mas transparece que só foi utilizado o primeiro módulo. O relatório deve esclarecer isso.

O Modelo MQUAL está preparado para simular os diversos tipos de cobertura ou uso do solo, tais como: (1) Urbano; (2) Agricultura; (3) Campo; (4) Campo/Pastagem; (5) Campo/Mata; (6) Mata; (7) Água; (8) Banhado; (9) Bosque Fluvial; e (10) Campo Banhado. No processamento do modelo MQUAL para Belo Monte não foram usados todos os usos ou coberturas de solo possíveis, tendo-se escolhido apenas cinco dos usos (Tabela 1, página 4, Anexo II). Não há qualquer justificativa para essa escolha mencionada no relatório.

Os estudos ambientais realizados e apresentados em relatórios anteriores referem-se a uma importante fonte de fósforo que é a “geológica”. Pergunta-se, então, como essa fonte foi considerada no Modelo MQUAL, se o foi. As cargas de fósforo provenientes da degradação da vegetação ribeirinha e da vegetação inundada, e do “debris”, também podem ser incluídas entre as suposições de que o MQUAL possa não ter considerado. Não fica claro como o Modelo MQUAL considera as cargas de fósforo provenientes da pecuária, se simplesmente considera a cobertura vegetal de pastos ou se leva em consideração também a eliminação de fósforo nas fezes e urina dos animais (isso se questiona, pois essa outra carga não depende da área de pastagem, mas do número e tipo de animais sendo criados na bacia hidrográfica).

No tocante à vegetação submersa e às medidas mitigadoras propostas de desmatamento da bacia de inundação dos dois reservatórios, em relação ao potencial de contribuição de fósforo via sua degradação, esperava-se que os resultados de carga, com ou sem o Modelo MQUAL, reproduzissem os graus de desmatamento propostos nos estudos anteriores.

Outra matéria de preocupação é quanto à população rural (não urbana) localizada na bacia de contribuição dos reservatórios. Não há nenhuma menção sobre isso no relatório, não é citada a sua dimensão e nem como o Modelo MQUAL computa a sua carga de fósforo.

Não se pode deixar de comentar que todos os cálculos feitos pelo MQUAL baseiam-se em entrada de dados de ocupação na AID relativos a levantamentos feitos em 2005 e 2006. Não há nenhum estudo de tendências de ocupação do solo ao longo do tempo para fazer a previsão de tipologias de ocupação da AID no futuro e se calcular as cargas de fósforo para os anos de 2015 e subseqüentes. Seria o processo de ocupação humana da bacia do Xingu tão estático assim, de modo que podem esses aportes de fósforo ser constantes? O estudo mostrado no relatório efetivamente considerou as cargas difusas de fósforo em Belo Monte constantes durante todo período simulado, até 2035. Não se encontra nenhuma justificativa plausível para isso.

Finalmente, o relatório cita como “comprovação” da validade dos dados utilizados (dir-se-ia da simulação efetuada com o Modelo MQUAL?), o fato de que os valores das Tabelas 16 e 17 apresentarem “dados da mesma ordem de grandeza” (página 15 do Anexo II). A parte da diferença de 47% entre a média dos valores medidos no rio Xingu no ano de 2007 (Tabela 17) e o valor predito pelo modelo para o mesmo ano, questiona-se como foi gerado esse valor de concentração de fósforo para o rio, já que não existe reservatório e não se pode usar a equação de Vollenweider modificada por Salas para predizer essa concentração.

9. ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO

Essa parte encontra-se também no Anexo II do relatório sob análise.

Discute-se, primeiro, a metodologia utilizada no estudo. O ponto crucial é a obtenção de concentrações de fósforo a partir da equação mostrada à página 3 do Anexo II, que é uma equação empírica utilizada no Modelo de Vollenweider modificado por Salas para lagos “quentes” no CEPIS. O propósito de tal equação era de prognosticar ou estimar o nível trófico de um lago ou reservatório, jamais o de predizer uma concentração de fósforo no lago como um fim em si. Questiona-se aqui porque não foram utilizados os valores de concentração de fósforo preditos mais à frente no próprio relatório pelo Modelo WASP, que, por ter uma base racional e simular o regime não-estacionário, deveria produzir valores mais confiáveis.

Ainda quanto ao uso da equação de Vollenweider, foram utilizados alguns valores de tempo de detenção nos dois reservatórios, obtidos de vazões médias em condições fluviométricas extremas, para se calcularem os valores de

concentrações de fósforo nos dois reservatórios. Melhor seria ter utilizado as condições de vazão mais críticas segundo a modelagem de vazões afluentes aos reservatórios para atender a Resolução ANA 740/2009. Poderia ter sido feita a utilização da equação de Vollenweider para, dada a carga esperada, e dado o valor limite superior de concentração de fósforo nos reservatórios para mantê-los em condições de oligotrofia, obter-se o valor máximo admissível de tempo de detenção em cada reservatório.

É preciso ressaltar que toda a base do estudo feito reside nas cargas estimadas de fósforo, e sofrem de todas as restrições comentadas em relação à obtenção dessas cargas.

Considerando-se corretos os números apresentados para as concentrações de fósforo nos dois reservatórios (Tabelas 14 e 15), o estudo feito lança mão das curvas de probabilidade de estado trófico mostradas por Salas e Martino (1991). Entretanto, parece que houve um equívoco de interpretação no uso dessas curvas, e o resultado real da interpretação é completamente diverso do apresentado no relatório sob análise.

Por exemplo, tomando-se o caso mais crítico no reservatório do rio Xingu para tempo de detenção ($T = 27$ dias), com o grau de remoção de fósforo no esgoto de 100%, que é inviável, no ano de 2015, a concentração de fósforo obtida é de 29 mg/m^3 , produzindo o seguinte resultado:

Nível trófico	Probabilidade (%)
Ultraoligotrófico	3
Oligotrófico	54
Mesotrófico	42
Eutrófico	1
Hipereutrófico	0
total	100 %

Tal resultado mostra que o nível trófico esperado para o reservatório do Xingu, acontecendo as condições simuladas, ficará entre oligotrófico e mesotrófico.

Agora, tomando-se outro exemplo, composto pelo caso mais crítico no reservatório do rio Xingu para tempo de detenção ($T = 27$ dias), com o grau de remoção de fósforo no esgoto de 50%, que é o mais viável simulado, no ano de 2035, a concentração de fósforo obtida é de 89 mg/m^3 , produzindo o seguinte resultado:

Nível trófico	Probabilidade (%)
Ultraoligotrófico	0
Oligotrófico	1
Mesotrófico	36
Eutrófico	62
Hipereutrófico	1
total	100 %

Nesse caso, o reservatório do Xingu estaria entre mesotrófico e eutrófico.

Considerando-se o outro reservatório, o reservatório dos Canais, e o exemplo do caso mais crítico para tempo de detenção de 87 dias, com o grau de remoção de fósforo no esgoto de 100%, que é inviável, no ano de 2015, a concentração de fósforo obtida é de 29 mg/m³, produzindo o seguinte resultado:

Nível trófico	Probabilidade (%)
Ultraoligotrófico	90
Oligotrófico	10
Mesotrófico	0
Eutrófico	0
Hipereutrófico	0
total	100 %

Para o mesmo reservatório dos Canais, com o exemplo do caso mais crítico para tempo de detenção de 87 dias, com o grau de remoção de fósforo no esgoto de 50%, que é o mais viável, no ano de 2035, a concentração de fósforo obtida é de 135 mg/m³, produzindo o seguinte resultado:

Nível trófico	Probabilidade (%)
Ultraoligotrófico	0
Oligotrófico	1
Mesotrófico	32
Eutrófico	65
Hipereutrófico	2
total	100 %

Nessas condições, o reservatório dos Canais estaria situado na condição de eutrófico.

De certa maneira corrigindo a interpretação dada no relatório sob análise, segundo a simulação realizada, existirá uma probabilidade de mais de 80% de que o reservatório dos Canais se torne **hipereutrófico** se não houver nenhuma remoção da carga de fósforo dos esgotos de Altamira. Por outro lado, a condição de remoção da carga pontual de fósforo de 100%, tão alardeada pelo relatório como a solução para o problema, foi demonstrada ser inviável tecnicamente e, portanto, impossível. O modelo utilizado está indicando que se se remover 50% da carga pontual de fósforo, que é um valor viável e obtível, o reservatório do Xingu apresentará **62%** de probabilidade de ser **eutrófico**, e o reservatório dos Canais possui **65%** de probabilidade de ser **eutrófico**. Como conclusão, de acordo com o estudo feito e o modelo selecionado mostrado no relatório sob análise, não poderá ser construído o AHE de Belo Monte, a menos que se assumam os riscos indicados de eutrofização dos dois reservatórios.

10. ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO MEKONG

Essa parte encontra-se no Anexo III do relatório sob análise.

Na descrição do modelo e de seu tratamento matemático, foram adotados valores para alguns parâmetros, como o coeficiente de rugosidade de Manning, o coeficiente de ponderação de nível e o coeficiente de ponderação de tempo. Entretanto, não se encontra nenhuma justificativa para a adoção dos valores considerados na simulação.

O texto é evasivo na item sobre compartimentação do reservatório (página 6 do Anexo III). Para melhor entendimento, sugere-se uma explicitação clara da compartimentação adotada.

Idêntico é o caso da definição das vazões afluentes e efluentes utilizadas (página 7 do Anexo III), cujo texto fornece informações gerais mas não esclarece quais foram os valores de vazão introduzidos no Modelo MEKONG na simulação do reservatório.

A informação sobre o processo de calibração do Modelo MEKONG também é genérica, não mostrando como realmente foi feita a calibração (página 7 do Anexo III). Nesse caso específico, seria necessário mostrar os detalhes dos dados gerados pelo Modelo MEKONG em comparação com os dados utilizados para a calibração, se possível com a utilização de gráficos. Cita-se que foram utilizados na calibração os modelos MIKE 21 e HEC-HAS, mas não cita como foi feito isso, muito menos o processo lógico a isso inerente.

11. ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO WASP4

Essa parte encontra-se no Anexo III do relatório sob análise.

Apesar do modelo WASP conter quatro módulos, apenas foi descrito o seu Módulo EUTRO.

No relatório sob análise, afirma-se que foi utilizado apenas o Módulo EUTRO. Normalmente, em um modelo com módulos separados, não há independência entre os módulos. Por exemplo, para se gerar a concentração de uma variável como OD, é necessário processar em conjunto com o módulo processador de qualidade da água um outro módulo que simula a hidrodinâmica e o balanço térmico do reservatório, para que se modele a estratificação térmica e depois sejam gerados os valores da termoclina em termos de OD. O relatório não esclarece isso e necessita ser mais aprofundada essa descrição do modelo.

Uma outra questão é, se foi utilizado o Modelo MEKONG para simulação hidráulica dos reservatórios, o relatório precisa esclarecer como os resultados do Modelo MEKONG foram utilizados no Modelo WASP.

O relatório precisa esclarecer, também, a escolha do Modelo WASP e, como já disponíveis as versões do WASP mais modernas (versões 6/7), porque foi escolhida para uso em Belo Monte a versão 4. O relatório precisa esclarecer questões do tipo: - Para modelagem de sistemas integrados entre rio e

reservatório, não existem outros modelos? - Por que usou o WASP? - Ele é melhor do que os outros disponíveis? - Por que ele é melhor?

Na Figura 4/2, página 26 do Anexo III do relatório, aparece um gráfico com o “esquema topológico geral adotado na modelagem matemática”. O texto não esclarece se esse esquema foi utilizado para a simulação em qual dos modelos, se em todos, e, nesse caso, incluiria o Modelo WASP. Nesse caso, o WASP teria sido usado para simular o sistema rio-reservatório, com os dois reservatórios trabalhando em conjunto no mesmo processamento do *software*. O relatório precisa esclarecer isso.

11.1. Comentários sobre os dados de entrada utilizados na simulação com o Modelo WASP

O relatório cita em sua página 37, Quadro 4/10, Anexo III, que foram utilizadas como cargas pontuais os esgotos de Altamira previstos para o ano de 2013. Por que foi utilizado o dado referente a esse ano, se o enchimento foi modelado com início em fevereiro de 2015? A carga de Altamira foi considerada constante ao longo do período simulado entre 2015 até 2035? Foi esquecido o fato de que deverá existir uma Estação de Tratamento de Esgotos? Se não, quais são os graus e tratamento usados na simulação para DBO, Nitrogênio e Fósforo?

No Quadro 4/12-A, página 38 do Anexo III, são informados os valores de biomassa e carbono oxidável utilizadas para cálculo da contribuição da cobertura vegetal nas bacias de inundação dos reservatórios. Mas não há informação sobre o nitrogênio e o fósforo, nem como esses dados foram considerados para cálculo dos aportes de nitrogênio e fósforo a partir da degradação da matéria vegetal inundada. Também não há informação de como foram obtidos os dados mostrados no Quadro 4/12-A. (Nota: há duas tabelas com a mesma numeração 4/12)

No Quadro 4/12-B, página 39 do Anexo III, os valores das constantes cinéticas utilizados nas simulações surgem sem nenhuma explicação de sua origem, mas eles são de vital importância nos resultados obtidos. Para simples informação, conforme forem adotados um conjunto de valores “apropriados” para esses parâmetros, os resultados podem mostrar qualidade da água incompatível com os usos dos futuros reservatórios, levando à conclusão de impossibilidade de construção de Belo Monte. Da mesma forma que um outro conjunto de dados cinéticos poderá mostrar total viabilidade do empreendimento em relação à limnologia e qualidade da água.

Sendo assim, como é normal acontecer que os modelos de qualidade da água trazem um conjunto de valores “default”, e faixas de variação desses parâmetros, e como é impossível a calibração dos modelos por inexistência das condições reais futuras, recomenda-se um estudo de análise de sensibilidade, testando-se várias combinações de valores extremos para as constantes cinéticas. Ou recomenda-se calibrar o Modelo WASP em outro reservatório já existente da região amazônica, que apresente condições similares ao ou aos reservatórios do

AHE Belo Monte (se existir tal reservatório). No mínimo esperava-se ter em mãos um estudo geral em reservatórios da Amazônia para fixação desses valores.

Na página 39 do relatório, nos Quadros 4/13 e 4/14 do Anexo III, mostram-se os valores utilizados para as taxas de degradação da fitomassa afogada. Cita-se um estudo experimental que gerou esses valores, mas ressent-se de mais informações sobre esse estudo, as condições em que ele se processou, se a metodologia permite o transporte direto da escala laboratorial para a escala real. Solicita-se anexar o estudo citado.

Em se tratando da biodegradação da fitomassa afogada, ficam muitas dúvidas. A principal deles é como foram introduzidos no Modelo WASP os diferentes graus de desmatamento previstos (0%, 50%, 80% e 100%). Depois, permanecem várias dúvidas quanto à cinética da formação do nitrogênio e fósforo solúvel na água dos reservatórios (ou dos rios), da nitrificação e desnitrificação no hipolímnio, etc. Os dados mostrados nos Quadros 4/13 e 4/14 são dados médios válidos para qualquer tipo de vegetação, ou a adaptação do modelo corrige-os para fatores de resiliência de cada tipo de vegetação (caule, casca, ramos, folhas, serrapilheira, etc.)? Como o modelo “reconhece” se o ambiente está em condições aeróbias ou anaeróbias para acionar a constante de velocidade correta?

Na página 62 do Anexo III, o relatório afirma que, como dado de entrada do Modelo WASP, foram utilizados 100% de desmatamento da área de cobertura florestal do Reservatório dos Canais e 50% da do Reservatório do Xingu. Como foi feito isso, internamente ao modelo ou por desconto no dado e entrada? Por que não simulou vários graus de desmatamento, para compará-los?

A descrição dos dados de entrada de vazão é evasiva, referindo-se de forma ligeira ao Hidrograma B. Mais tarde no mesmo relatório apresentam-se as vazões simuladas pelo programa de operação do AHE Belo Monte, mas não se menciona se essas vazões operacionais geradas por esse programa foram efetivamente utilizadas no WASP.

11.2. Comentários sobre os dados de saída (resultados) da simulação com o Modelo WASP

Como resultados finais e mais importantes das simulações feitas com o Modelo WASP, são apresentados os gráficos contidos nas Figuras 5.3/1 a 5.3/4 para o Reservatório Xingu, e nas Figuras 5.3/5 a 5.3/8 para o Reservatório dos Canais. Infelizmente o relatório sob análise não mostra o total dos resultados numéricos obtidos, o que é recomendável e desejável, além dos gráficos. Nesses gráficos estão mostradas as variações preditas das seguintes características de qualidade da água: (1) OD; (2) DBO; (3) Fósforo; e (4) Nitrogênio.

O primeiro problema detectado é que não se sabe o que significam essas concentrações mostradas nesses gráficos. Seriam esses valores concentrações médias diárias? A que local (em planta) de cada segmento referem-se essas médias no reservatório? Seriam valores na saída de cada segmento de cada

reservatório? Mas se os reservatórios se estratificam termicamente em algumas épocas do ano, e em alguns segmentos, como só existe uma curva representando as concentrações? Não seria necessário indicar as concentrações ao longo da profundidade em cada segmento de cada reservatório? Todas essas questões precisam ser esclarecidas.

No caso específico do fósforo e do nitrogênio, também é necessário explicitar que formas desses compostos estão representadas nos gráficos. Seriam nitrogênio total e fósforo total? Mas se o Modelo WASP reproduz as várias formas importantes de Nitrogênio e de Fósforo, porque não apresentar esses resultados também? Seria muito interessante conhecer os teores de nitrato e de amônia, pois eles são prejudiciais à saúde humana e, principalmente, à ictiofauna.

Em continuidade, questiona-se a relação de resultados escolhida para ser mostrada no relatório sob análise. Se a intenção era utilizar a Resolução CONAMA 357/2005 para interpretar os resultados, seria de bom alvitre ter mostrado os resultados para todas as variáveis de qualidade da água que sejam afetadas no caso do AHE Belo Monte e que são limitadas pela Resolução, tais como clorofila, nitrogênio nítrico, nitrato, e amoniacal, e pH.

Supondo que os resultados do Modelo WASP apresentados nos gráficos sejam médias diárias de concentração no corpo central dos reservatórios representando a média dos valores ao longo da coluna de água, mesmo assim o relatório faz algumas observações que precisam ser discutidas.

Por exemplo, se os valores são médias ao longo da coluna de água, é razoável supor que, em condições de estratificação térmica podem-se ter valores de OD razoavelmente menores no hipolímnio. Nas condições do Reservatório do Xingu, o relatório cita o valor de OD mínimo “*em torno de 6,5 mg/L*”, o que atenderia ao padrão para águas de classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Entretanto, essa resolução não comenta se esse valor tem que ser obedecido também no hipolímnio, onde seguramente esse padrão de 5 mg/L de OD não será obedecido.

Ainda em relação ao Reservatório do Xingu, o resultado do teor de fósforo (total?) é sempre menor que 0,040 mg/L. Porém, o item II do Artigo 15º estabelece o limite de 0,030 mg/L de fósforo total para ambientes lênticos e de 0,050 mg/L em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico. Então, estar-se-ia cumprindo o critério apenas se o Reservatório do Xingu seja classificado como “ambiente intermediário”. No caso do Nitrogênio Total, a referida Resolução não se refere diretamente a ele, mas fixa os limites de nitrogênio nitrato e de nitrogênio nítrico, para águas de classe 2, em 10 e 1 mg/L N, respectivamente. No caso do nitrogênio amoniacal, os limites são em função do pH e variam entre 3,7 e 0,5 mg/L N para valores de pH entre 7,5 e 8,5. Nesse caso, os valores de saída do Modelo WASP para o pH teriam que ser apresentados, além dos valores de nítrico, nitrato e amônia. A modelagem realizada apresentou os valores máximos de Nitrogênio (total?) em torno de 3,2 mg/L (N?), e, se o pH da água se mantiver abaixo de 7,5, esse valor seguramente estaria atendendo à Resolução CONAMA 357/2005.

No caso do Reservatório dos Canais, os gráficos mostram um teor crítico de OD mais baixo que 4 mg/L para o corpo central do reservatório, diferentemente do que está no relatório como “a concentração mais crítica do oxigênio dissolvido resultou próxima de 4 mg/L” (página 66 do Anexo III e Figura 5.3/3). Semântica a parte, é preciso ressaltar que o limite mínimo de OD de 5 mg/L estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2 não está sendo obedecido.

A situação para o Reservatório dos Canais piora quando o Modelo WASP simula o OD nos braços tributários, onde o OD mínimo calculado varia entre 2 e 3 mg/L, desrespeitando completamente o que exara a Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 5.3/4, página 67, Anexo III). O fósforo total, tanto no corpo central como nos tributários do Reservatório dos Canais, vai a quase 0,09 mg/L, ultrapassando confessamente o limite anteriormente comentado da Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2. Alias, é necessário que se ressalte que isso significa um nível de mesotrofia em rios e de eutrofia em reservatórios, combinando, nesse caso, com os resultados obtidos com os modelos empíricos de eutrofização.

12. ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO MIKE 21

Essa parte encontra-se também no Anexo III do relatório sob análise.

O Modelo MIKE 21 foi usado de forma auxiliar, acessória, e não serviu para gerar dados de qualidade da água. O seu uso foi apenas para auxiliar no processo de compartimentação do Reservatório dos Canais.

O relatório sob análise aborda o Modelo MIKE 21 de forma ligeira. Não traz nenhuma descrição do modelo, nem os dados de entrada utilizados nas simulações. O único resultado apresentado está na forma de um mapa na Figura 4/1, à página 25 do Anexo III.

Os resultados obtidos parecem razoáveis, e o processo de compartimentação do Reservatório dos Canais pode ser considerado consistente com o que se esperava.

13. ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO DE OPERAÇÃO HIDRÁULICA DOS RESERVATÓRIOS

Essa parte encontra-se também no Anexo III do relatório sob análise.

Os resultados dessa parte da modelagem são muito importantes, pois os seus dados de saída deveriam ser utilizados como dados de entrada em todos os outros modelos empregados.

A primeira observação quanto a essa parte é que não há descrição precisa sobre o modelo criado. Esperava-se ter pelo menos um fluxograma das ações e um

mapa topológico de fluxos considerados. Em função disso, pairam muitas dúvidas, como as seguintes: (1) O modelo considerou as vazões dos igarapés afluentes ao Reservatório dos Canais? (2) Essas vazões foram consideradas nos cálculos dos tempos de residência no Reservatório dos Canais? (3) O modelo considerou as vazões e contribuições ribeirinhas ao longo do TVR? (4) O modelo faz o balanço hídrico dentro dos reservatórios (evaporação, infiltração, precipitação, etc.) ou isso foi considerado irrisório?

Pelo Quadro 5.1/5, à página 45 do Anexo III, estudando um período histórico de vazões de 77 anos, pode-se ver 41 ou 42 falhas no atendimento à Resolução ANA 740/2009, correspondente a 4,1% do tempo. Pelo Quadro 5.1/8 à página 47 do Anexo III pode-se ver que se o regime hidrológico acontecido no ano crítico de 1969 venha a se repetir no futuro, ter-se-á três meses com vazão abaixo do limite no TVR, e cinco meses consecutivos com vazão abaixo do limite no Reservatório dos Canais. Questionam-se quais seriam as repercussões disso nos Modelos de Qualidade da Água, se essas condições críticas foram utilizadas nas simulações. Qual seria o tempo de detenção no Reservatório dos Canais com vazão nula de entrada de água do Reservatório dos Canais? E no Reservatório do Xingu? Qual seria o comportamento em relação à estratificação térmica nesses reservatórios sob essas condições supercríticas?

14. ANÁLISE DA MODELAGEM MATEMÁTICA REALIZADA COM O MODELO DE ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA DE RESERVATÓRIOS

Essa parte encontra-se no Anexo III do relatório sob análise.

Primeiramente, o relatório sob análise não traz nenhuma descrição do modelo utilizado, suas equações e os fundamentos utilizados, de forma que impossibilita qualquer análise mais profunda de seus resultados. O texto apresentado é professoral, explicando a obviedade do fenômeno de estratificação térmica, mas deixando de lado a descrição precisa de como o modelo utilizado considera esse fenômeno na sua representação matemática.

A grande objeção ao estudo apresentado é que ele não está consorciado com a geração dos dados de qualidade da água futura nos reservatórios por meio dos outros modelos. E uma questão crucial se levanta, que é o fato de que o Modelo WASP deve realizar toda essa modelagem de estratificação térmica internamente, sem necessidade de se lançar mão de outro modelo acessório.

Em seguida, existe o fato de que o relatório sob análise informa que o Modelo de Estratificação não pode ser utilizado no Reservatório do Xingu e nem no corpo principal do Reservatório dos Canais, por problemas de instabilidade numérica.

Entretanto, o Modelo de Estratificação escolhido foi hábil para representar a estratificação térmica nos braços do Reservatório dos Canais, tendo revelado que se espera que esses braços se mantenham estratificados ao longo de quase todo o ano, ocorrendo inversão térmica ou desestratificação ou baixa estabilidade térmica nos meses de cheias (janeiro e fevereiro), com um epilímnio com espessura de cerca de 10 metros perfeitamente misturado. Um outro dado

interessante produzido pelo modelo é que o mês de julho é o que apresenta a maior estratificação, com uma diferença média de 1,39 °C entre as temperaturas do hipolímnio e do epilímnio na faixa de temperatura entre 26 e 28 °C, o que produz diferenças sensíveis na densidade da água.

Como não foi possível usar o Modelo de Estratificação, o estudo lançou mão do Número Densimétrico de Froude para tentar explicar o que poderá acontecer nos dois reservatórios. Por esse índice, o Reservatório Xingu não terá estratificação térmica, mas poderá estratificar nos anos de estiagem. O corpo principal do Reservatório dos Canais poderá permanecer estratificado apenas nos meses de baixa vazão (de agosto a novembro).

Como conclusão do estudo de estratificação térmica realizado, tem-se que esse fenômeno será uma realidade presente nos dois reservatórios, mas muito mais presente no Reservatório dos Canais, justificando que o modelo utilizado para representação da qualidade da água (WASP ou qualquer outro) tenha condições de simular o aparecimento sazonal da termoclina.

15. ANÁLISE DAS CONCLUSÕES DO RELATÓRIO APRESENTADO

O relatório sob análise, em suas conclusões (item 5, páginas 69 a 72, Anexo III), de maneira geral, tece considerações favoravelmente em relação à futura qualidade da água dos reservatórios do AHE Belo Monte, sem, contudo, manifestar-se claramente e peremptoriamente pela condição perfeitamente adequada e sem problemas advindos dela que possam inviabilizar técnica, econômica e ambientalmente o empreendimento. Talvez isso seja devido à debilidade dos resultados obtidos com a modelagem realizada. De fato, a maioria das conclusões do relatório não tem base em respostas dos modelos, mas em conjecturas utilizando respostas dos modelos de forma parcial.

Com relação ao Reservatório Xingu, o relatório afirma “*Os resultados assinalam para as condições hidrológicas médias, que não ocorrerá estratificação térmica do reservatório do rio Xingu...*”. Entretanto, se se reportar exclusivamente ao modelo matemático utilizado, essa conclusão não poderia ser dita, uma vez que o modelo não pôde ser utilizado para nenhum dos dois reservatórios. Para os segmentos do Reservatório dos Canais, onde o modelo foi utilizado, pelo contrário, os resultados mostram forte estabilidade térmica durante quase todo o ano, havendo circulação apenas em dois meses.

Mais adiante, o relatório destaca o Reservatório Xingu que “*Após o período de supremacia dos processos de consumo de oxigênio (decomposição das estruturas frágeis da vegetação e das frações lábeis da matéria orgânica do solo) deverá ocorrer uma fase na qual os processos de aeração (e.g. difusão atmosférica, turbilhonamento, fotossíntese) tenderão a predominar e finalmente prevalecerão, restabelecendo as concentrações de oxigênio dissolvido em níveis próximos aos atuais*”. Mas se alguém examina a Figura 5.3/1, página 64 do Anexo III, poderá observar que há uma queda no teor de OD a partir do 150º dia, com um déficit máximo de OD em torno do 300º dia, que, curiosamente, não se reflete imediatamente na curva de DBO. Considerando a Figura 5.3/2 para a DBO

(página 65 do Anexo III), ela mostra um pronto restabelecimento das concentrações de DBO aos níveis iniciais, o que leva a supor que a variação do OD será cíclica, tendo como período do ciclo os dois anos consecutivos dos dois hidrogramas operacionais. Deve-se pesar, ainda, as vazões operacionais que foram usadas para processar esses resultados (Hidrograma B), o que indica que nem sempre eles serão possíveis. Por outro lado, a estratificação térmica que o próprio processo de modelagem mostrou que irá acontecer nos dois reservatórios não foi considerada nesses resultados, uma vez que não se indica a profundidade de registro das concentrações de OD. O valor de fósforo registrado corresponde a um meio no mínimo mesotrófico e o valor de nitrogênio total não pode ser interpretado, uma vez que não foram apresentados os valores de pH e das formas de nitrogênio que estarão presentes. Toda essa discussão mostra a importância de se simular o ciclo inteiro de dois anos.

Outro produto de ficção é a frase *“De acordo com a Resolução CONAMA essas concentrações permitem enquadrar os segmentos do reservatório Principal como classe 2”* (página 70 do Anexo III). Já foi afirmado anteriormente que muitos dos critérios da Resolução CONAMA 357/2005 não foram mostrados no relatório ou não foram modelados, como pH, nitrito, nitrato, e, principalmente, nitrogênio amoniacal. E mais adiante está escrito *“A tendência à eutrofização deverá perdurar por aproximadamente cinco meses após o início da formação do reservatório; depois desse período os processos (químicos e biológicos) de assimilação e sedimentação deverão prevalecer, mantendo o reservatório em condições oligo-mesotróficas”*. No entanto, os gráficos 5.3/3 e 5.3/4 mostram uma tendência de aumento das concentrações de fósforo e nitrogênio após o 250º dia, fazendo supor um processo cíclico de diminuição e aumento dessas concentrações. Trata-se também de especulação a afirmação *“A manutenção dessas condições não favorece a proliferação de algas, de macrófitas aquáticas e de insetos de importância médico-sanitária (i.e. vetores de doenças)”*. Muitas das afirmações são conjecturas até sensatas, mas os modelos não disseram isso em seus resultados.

O relatório compara os reservatórios do AHE Belo Monte com outros reservatórios da região norte, como Balbina e Tucuruí. Entretanto, esses casos não podem ser comparados nesses termos, pois são situações totalmente diferentes, além do avanço que o mundo experimentou nos últimos anos em termos de movimentos de defesa do meio ambiente.

Também não se apóia em resultados da modelagem a seguinte conclusão: *“Nas regiões adjacentes (segmentos 4, 5, 7 e 9) as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido deverão situar-se entre 2 e 3 mg/L. No entanto, rápidas elevações dessas concentrações (ca. 5 mg/L) deverão ocorrer depois de 70 dias após o início da operação de enchimento”*. O processo de modelagem não foi estendido para a variação cíclica da qualidade da água e a degradação da matéria orgânica é mais lenta que os 30 dias de enchimento (além de que não há matéria orgânica afogada no Reservatório dos Canais devido ao desmatamento).

Como o modelo WASP não foi processado com a ocorrência de estratificação (pelo menos é isso o que se depreende do relatório), e como o modelo de estratificação está afirmando que haverá estratificação, torna-se algo inaceitável

sem comprovação a frase: *“Importante ressaltar que a ocorrência de anaerobiose (concentração de oxigênio dissolvido = zero mg/L) não deverá ser constatada em nenhuma região e independente do segmento, as concentrações mais críticas (i.e. baixas) deverão ocorrer até o primeiro mês do início da formação do reservatório”*. Ela pode ter saído da experiência, do bom senso, de outras pesquisas, mas seguramente a modelagem apresentada não conduz a isso. Sendo assim, todas as consequências benéficas citadas caem por terra. Preocupa sobremaneira a segurança da afirmação *“Esses eventos indicam que não deverão ocorrer intensos estresses no que se refere à sobrevivência da fauna aquática...”*, pois vários fatores indicadores de toxicidade à fauna não foram simulados. Muitos outros fatores influenciam na questão da sedimentação do fósforo e da autofertilização, como as velocidades de arraste e a circulação da água.

16. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO DA ANÁLISE REALIZADA

16.1 Conclusão

A análise feita sobre o texto do documento apresentado intitulado “Atendimento ao Ofício 1251/2009 DILIC/IBAMA - Complementações Relativas à Qualidade da Água” leva a concluir que permanecem muitas e variadas dúvidas acerca do processo de modelagem matemática realizado. O documento possui lacunas e alguns defeitos que são merecedores de correção e de inserções.

Houve uma melhora substancial nos procedimentos utilizados, mas ainda persiste um alto grau de insegurança sobre os aspectos limnológicos e de qualidade da água, principalmente em relação aos dados de entrada e de saída dos vários modelos e em relação aos próprios modelos utilizados. Ficam alguns questionamentos que precisam ser respondidos, algumas dúvidas que precisam ser dirimidas.

Quanto aos dados de entrada aos modelos ou ao modelo, sugere-se um estudo anterior da viabilidade dos processos de desmatamento nos graus propostos para cada reservatório, incluída a possibilidade de rebrota, e da instalação de uma estação de tratamento de esgotos em Altamira com remoção de 80% de fósforo total.

16.2. Recomendação

Face à dimensão do problema e à importância do empreendimento, a prudência recomenda que o relatório analisado seja recolhido e devolvido ao empreendedor, junto com o presente relatório de análise, solicitando que sejam tomadas as providências para elaboração de um novo documento respondendo todos os quesitos, esclarecendo todas as dúvidas e aprimorando os aspectos falhos apontados. Entretanto, sugere-se que seja feito um relatório harmonioso e bem estruturado, sem utilizar o estilo questão-resposta utilizado na primeira parte do documento e sem remeter a Anexos e a outros documentos.

Os analistas são de opinião que não haja nenhuma decisão no momento em relação ao empreendimento e sugerem que seja dado um tempo maior para realização de qualquer futura análise do próximo e renovado documento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SALAS, H.J. e MARTINO, P. (1988). Memorial Del IV Encuentro Del proyecto regional “*Desarrollo de metodologias simplificadas para la evaluacion de eutraficacion em lagos cálidos tropicales*”. CEPIS/JCA. Organizacion Mundial de La Salud/ Organizacion Panamericana de La Salud – Programa de Salud Ambiental. 28pp.

SMA (2003) Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Versão 1.5 do Modelo de Correlação Uso do Solo/ Qualidade de Água- MQUAL. São Paulo, SP.