



# **UHE SANTO ANTÔNIO NO RIO MADEIRA**

**Monitoramento Limnológico  
Complementar para Alçamento de Cota (71,3)**

**SETEMBRO 2016**

**PLANO DE TRABALHO**





## ÍNDICE

1 - Apresentação .....	1/25
2 - Introdução .....	2/25
2.1 - Aproveitamentos hidrelétricos .....	3/25
2.2 - Caracterização .....	3/25
2.2.1 - Bacia.....	3/25
2.2.2 - Climatologia .....	6/25
2.2.3 - Pluviometria.....	7/25
3 - Objetivos .....	9/25
4 - Metas .....	10/25
5 - Metodologia.....	11/25
5.1 - Malha e frequência amostral.....	11/25
5.2 - Variáveis limnológicas da coluna d'água .....	13/25
5.3 - Coleta, armazenamento e preservação das amostras.....	15/25
5.4 - Monitoramento de praias e pontos de captação de água.....	16/25
5.5 - Monitoramento Intensivo dos Perfis da coluna d'água.....	17/25
5.6 - Monitoramento em tempo real.....	17/25
5.7 - Análises dos dados .....	18/25
5.8 - plano de controle e gestão da qualidade da água do reservatório .....	20/25
5.9 - Níveis de Alerta para a fase de enchimento.....	21/25
5.10 - Boletins e Relatório .....	22/25

<b>6 - Cronograma .....</b>	<b>23/25</b>
<b>7 - Base legal .....</b>	<b>24/25</b>
<b>8 - Equipe técnica.....</b>	<b>24/25</b>
<b>9 - Referências bibliográficas.....</b>	<b>25/25</b>

ANEXOS

- Anexo 1 Mapa de localização das áreas de monitoramento de limnologia e qualidade da água na área de influência da UHE Santo Antônio

## 1 - APRESENTAÇÃO

Este Plano de Trabalho se propõe a realizar o monitoramento limnológico complementar para acompanhamento do alçamento do reservatório da UHE Santo Antônio em 0,80 metros para cota 71,3 atendendo as recomendações do Parecer Técnico nº 02001.001583/2014-15/ COHID/ CGNE/ DILIC/ IBAMA encaminhado via ofício nº 02001.009251/2014-89/DILIC/IBAMA e do Parecer Técnico 02001.002641/2016-90/COHID/IBAMA. Em adição ao monitoramento limnológico complementar será utilizado os resultados do Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas em andamento, de acordo com o Plano de Trabalho (2541-00-PTR-RL-0003-00 - Ecology Brasil, Agosto 2016) seguindo as diretrizes do Projeto Básico Ambiental do empreendimento UHE Santo Antônio. Os resultados obtidos pelo monitoramento possibilitarão mensurar as possíveis alterações limnológicas, subsidiando a adoção de ações e de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água.

O enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio teve início em meados de setembro de 2011 e foi escalonado em quatro etapas: a primeira etapa ocorreu entre 15/09/2011 a 07/11/2011, partindo de uma cota de 49,35 m e atingindo 55,50 m; na segunda etapa, elevou-se o nível do reservatório à cota 60,50 m entre os dias 07 e 12 de novembro de 2011; na terceira etapa, atingiu-se 68,40 m entre o período de 21 e 30 de novembro de 2011. No entanto, houve um aumento imediato de 0,60 m na cota no dia 07/12/2011, a fim de viabilizar o Sistema de Transposição de Peixes (da cota 68,40 m a 69,0 m), completando assim a terceira etapa do enchimento. Na quarta etapa, a cota máxima de operação de 70,50 m foi atingida no período de 08 a 23/01/2012, finalizando o enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio.

A área de abrangência do acompanhamento do alçamento da cota compreende um trecho de 200 km ao longo do rio Madeira e tributários de montante, da UHE Jirau até a jusante da UHE Santo Antônio, na estação JUS.02.

## 2 - INTRODUÇÃO

A implantação de empreendimentos hidrelétricos depende da construção de barragens e da criação de reservatórios artificiais, necessários para manter um volume de água suficiente para gerar energia de forma contínua, atenuando os efeitos de variações naturais no nível d'água.

Uma das principais consequências desse processo é a transformação que ocorre na paisagem com a formação do reservatório, que causa a perda de algumas áreas (devido ao alagamento) e a criação de novos ecossistemas com uma possível presença de espécies oportunistas. Este processo pode acarretar impactos sociais e ambientais, que podem ser mitigados durante as diferentes etapas de implantação do empreendimento.

Dentre os impactos ambientais previstos devido à instalação de empreendimentos hidrelétricos, um dos mais enfocados é a perda potencial de biodiversidade, devido ao alagamento de áreas naturais, uma possível introdução de novas espécies oportunistas e a consequente modificação nas características dos habitats resultantes. Assim, a aplicação de programas de monitoramento é essencial.

A realização do Monitoramento Limnológico é considerada fundamental para empreendimentos em ecossistemas aquáticos, pois através da execução dos programas ambientais inseridos no EIA torna-se possível a identificação das espécies que habitam a região e as áreas de influência antes da implantação do futuro empreendimento. Também é possível identificar as espécies ameaçadas de extinção (incluindo as arroladas na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos Ameaçadas de Extinção - MMA, 2004), espécies raras, bioindicadoras de qualidade ambiental, exóticas, endêmicas, nativas, novas para a ciência, e seus respectivos habitats.

Neste contexto, o Monitoramento Limnológico é usual e muito importante em empreendimentos de geração de energia elétrica, como no caso das usinas hidrelétricas, pois permite a identificação das características limnológicas do corpo d'água em situações naturais, isto é, sem a intervenção do empreendimento. Com isso, torna-se possível a identificação de eventuais alterações na qualidade do corpo hídrico, cujas águas serão utilizadas no processo de geração, dando subsídios para a elaboração e quantificação das medidas corretivas que forem necessárias para minimizar os impactos potenciais sobre o ecossistema aquático local.

No caso da UHE Santo Antônio no Rio Madeira o Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas em curso, foi iniciado no ano de 2009, consistindo assim, em um longo estudo de monitoramento de um reservatório hidrelétrico, abrangendo as fases de pré-implantação, implantação e operação do empreendimento.

## 2.1 - APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS

Na atualidade, o potencial de praticamente todos os rios de grande porte das regiões Sul e Sudeste do país já está estudado, e os melhores aproveitamentos hidrelétricos já estão sendo explorados. As melhores alternativas hidroenergéticas disponíveis encontram-se na região Amazônica, onde se concentram quase 50% de todo o potencial hidrelétrico brasileiro e onde, até 2004, apenas 0,7% do potencial hidrelétrico regional se encontrava em exploração.

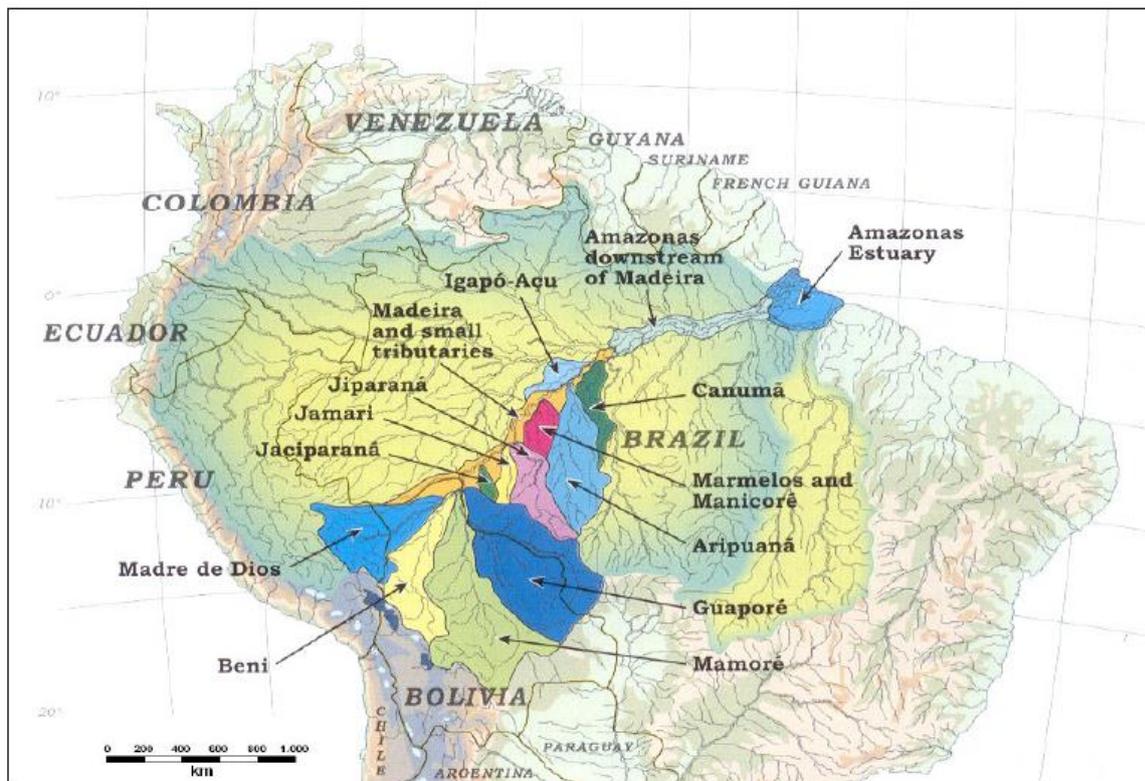
Sob o aspecto energético, o rio Madeira é extremamente atrativo devido às significativas variações de nível d'água entre os períodos seco e úmido, associadas a uma das melhores curvas de permanência de vazões da Amazônia. Esse regime hidrológico particular do Madeira viabiliza soluções de engenharia, com reservatórios reduzidos que, associados ao baixo tempo de residência hidráulica, contribuem para a redução de alguns efeitos ambientais, constituindo-se em fator positivo que pode ser determinante no aspecto ambiental.

Diante de suas características, o rio Madeira viabilizou a construção dos empreendimentos das Usinas Hidrelétricas de Jirau (3.300 MW) e Santo Antônio (3150 MW) inicial, com o alçamento de cota e acréscimo de 6 turbinas Santo Antônio irá gerar (3.568 MW). A potência instalada destes empreendimentos será agregado a outros aproveitamentos hidrelétricos do sistema elétrico interligado, impulsionando o desenvolvimento nacional.

## 2.2 - CARACTERIZAÇÃO

### 2.2.1 - Bacia

A bacia hidrográfica do rio Madeira tem uma área total de aproximadamente 1,47 milhões de km<sup>2</sup>, representando cerca de 23% da Bacia Amazônica, sendo aproximadamente o dobro do tamanho de qualquer outra bacia tributária. É geologicamente e geograficamente complexa devido ao seu enorme tamanho e pelo fato de que suas cabeceiras têm origem nos flancos altamente erosíveis dos Andes, no Escudo Brasileiro desnudado e antigo, e nas terras baixas do Terciário cobertas por florestas, ou seja, nos três principais tipos de áreas de drenagem da Bacia Amazônica (**Figura 2-1**). A água flui através de zonas de relevo, litologia, clima e vegetação variados, que determinam características hidrológicas e hidroquímicas diversificadas. Contudo, é a área de drenagem dos Andes que determina mais fortemente a hidroquímica do rio Madeira (**Quadro 2-1**).



(modificado de Goulding et al., 2003)

Figura 2-1 - Mapa esquemático das principais bacias tributárias do Rio Madeira.

Quadro 2-1 - Áreas de drenagem da Bacia do rio Madeira.

Local	Área da Bacia (km <sup>2</sup> )
Rio Mamoré em Guajará-Mirim	589.497
Rio Madeira na foz do rio Beni	898.294
Rio Madeira na foz do rio Abunã	932.622
Rio Madeira em Jirau	972.710
Rio Madeira em Santo Antônio	988.873
Rio Madeira em Porto Velho	988.997
Rio Madeira na foz	1.420.000

Fonte: (EIA-Tomo B 1/8, p. 45,46).

Em território rondoniense, os principais afluentes do rio Madeira pela margem direita são os rios Ribeirão, Castanho, Mutum-Paraná, Jaci-Paraná, São Francisco, Caracol, Candeias, Jamari e Jiparaná, além dos igarapés das Araras, Mururé e Cirilo. Dentre os afluentes pela margem esquerda destacam-se o rio Abunã, Jatuarana e Mucuí e Cuniã. Os outros são curtos e pouco significativos (rios Ferreiros, São Lourenço e Aponiã, bem como os igarapés São Simão e Maparaná).

O regime hidrológico do rio Madeira, fortemente influenciado pelo clima da região andina do leste da Bolívia, é caracterizado por um período de águas baixas, de julho a outubro, e um período de águas altas, de fevereiro a maio. A variação anual do nível da água é de aproximadamente 15,4-21,8 metros (Goulding *et al.*, 2003). De acordo com o EIA do AHE Santo Antonio e do AHE Jirau (Leme, 2005), o rio Madeira pode ser considerado um rio novo, em busca de seu leito definitivo, sendo comum a alteração do canal de navegação a cada ciclo hidrológico. O Madeira é um rio extremamente barrento durante a maior parte do ano, com carga de sedimentos transportados estimados entre 500 e 600 milhões de toneladas/ano na foz (Martinelli *et al.*, 1989), contribuindo com mais de 50% da carga de sedimentos transportada pelo rio Amazonas.

Aproximadamente 70% da área da bacia do Rio Madeira se encontra a montante da cidade de Porto Velho.

Pelas suas características físicas, pode-se dividir o curso total do sistema hidrográfico do Madeira em três trechos distintos:

- Alto Madeira, constituído praticamente pelos formadores;
- Trecho das cachoeiras, entre Guajará Mirim e a cachoeira de Santo Antônio (local da atual barragem da UHE Santo Antônio);
- Baixo Madeira.

Denomina-se Alto Madeira a grande ramificação dos seus formadores, sendo difícil determinar qual destes pode ser considerado como o tronco principal do rio Madeira. O maior em comprimento é o rio Mamoré, porém o mais caudaloso é o rio Beni. Todos eles nascem em altitudes elevadas e correm inicialmente com acentuada declividade em leitos encachoeirados. Descendo aos terrenos planos, tornam-se tortuosos, com aumentos locais de declividade decorrentes da presença de pequenas corredeiras, bancos de areia e ilhas de aluvião que diminuem as suas seções transversais.

O trecho das cachoeiras no rio Madeira inicia-se logo a jusante da cidade de Guajará-Mirim e termina a montante de Porto Velho, no antigo local onde situava-se a cachoeira de Santo Antônio, onde foi construída a barragem da UHE Santo Antônio. O comprimento deste trecho, incluindo um trecho de 20 km ainda no rio Mamoré, é da ordem de 360 km, com um desnível total de 70 m, ao longo do qual apresenta 18 cachoeiras ou corredeiras.

A bacia no trecho a jusante da foz do rio Abunã não recebe contribuições significativas pela margem esquerda, onde se resume a uma faixa com uma largura média inferior a 100 km. Pela margem direita, a contribuição afluenta ao trecho não é também muito significativa, pois o único rio de grande porte que nele deságua é o Jaci-Paraná, que drena uma área da ordem de 15.000 km<sup>2</sup>, ou seja, insignificante quando comparada à bacia do rio Madeira na foz do rio Jaci-Paraná.

O Baixo Madeira inicia-se na cachoeira de Santo Antônio e estende-se até sua foz, no rio Amazonas. A extensão desse trecho é da ordem de 1.100 km, com um desnível total aproximado de 19 m. Sua foz, no Amazonas, é constituída por dois canais, desaguando o primeiro a cerca de 50 km a montante da cidade de Itacoatiara, e o segundo, que se liga ao rio Maués, desaguando a montante de Parintins (EIA-Tomo B 1/8, pgs. III-45,46).

## 2.2.2 - Climatologia

Predomina na região o clima tropical chuvoso (Aw de acordo com a classificação de Köppen) com média de temperatura do ar superior a 18 °C durante o mês mais frio, e um período seco bem definido durante a estação de inverno. O clima caracteriza-se por apresentar uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura média do ar, e uma variabilidade temporal em relação à precipitação pluviométrica (Marcelo José Gama da Silva. <http://www.sedam.ro.gov.br/web/guest/Meteorologia/Climatologia>).

Ocasionalmente nos meses de junho, julho e/ou agosto pode-se observar o fenômeno denominado de "friagem", que ocorre sob a influência de anticiclones formados em altas latitudes e atravessam a Cordilheira dos Andes em direção ao sul do Chile. Alguns destes anticiclones são excepcionalmente intensos, condicionando a formação de aglomerados convectivos que intensificam a formação dos sistemas frontais na região Sul do País. Durante estes meses as temperaturas mínimas do ar podem atingir valores inferiores a 10 °C. A média anual da temperatura do ar gira em torno de 24 °C e 26 °C, com temperatura máxima entre 30 °C

e 34 °C, e mínima entre 17 °C e 23 °C. A região, portanto, apresenta pequena amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diurna, especialmente no inverno.

A média anual da umidade relativa do ar varia de 80% a 90% no verão, e em torno de 75%, no outono - inverno. A evapotranspiração potencial (ETP) é alta durante todo o ano, apresentando valores superiores a 100 mm/mês. O total anual da ETP só atinge valores superiores aos da precipitação mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto.

Os principais fenômenos atmosféricos que atuam na região são: as Altas Convecções diurnas (água evaporada no local e a evapotranspiração resultante do aquecimento das superfícies das águas, florestas e vegetação), associadas aos fenômenos atmosféricos de larga escala: a Alta da Bolívia - AB (anticiclone que se forma nos altos níveis da atmosfera - 200 hPa - durante os meses de verão e situa-se sobre o altiplano boliviano), a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT e as Linhas de Instabilidade - LIs (conglomerados de nuvens cumulonimbus que se forma na costa norte - nordeste do oceano Atlântico, devido a circulação da brisa marítima).

### 2.2.3 - Pluviometria

A precipitação média anual varia entre 1.400 a 2500 mm (**Figura 2-2**) e mais de 90% desta ocorre na estação chuvosa. Para os meses de junho, julho e agosto a média da precipitação é inferior a 20 mm/mês (Marcelo José Gama da Silva. <http://www.sedam.ro.gov.br/web/guest/Meteorologia/Climatologia>).

UHE SANTO ANTÔNIO DO RIO MADEIRA

2957-00-PTR-RL-0001-02

Plano de Trabalho para o Monitoramento Limnológico Complementar para o Ateamento de Cota (71,3)

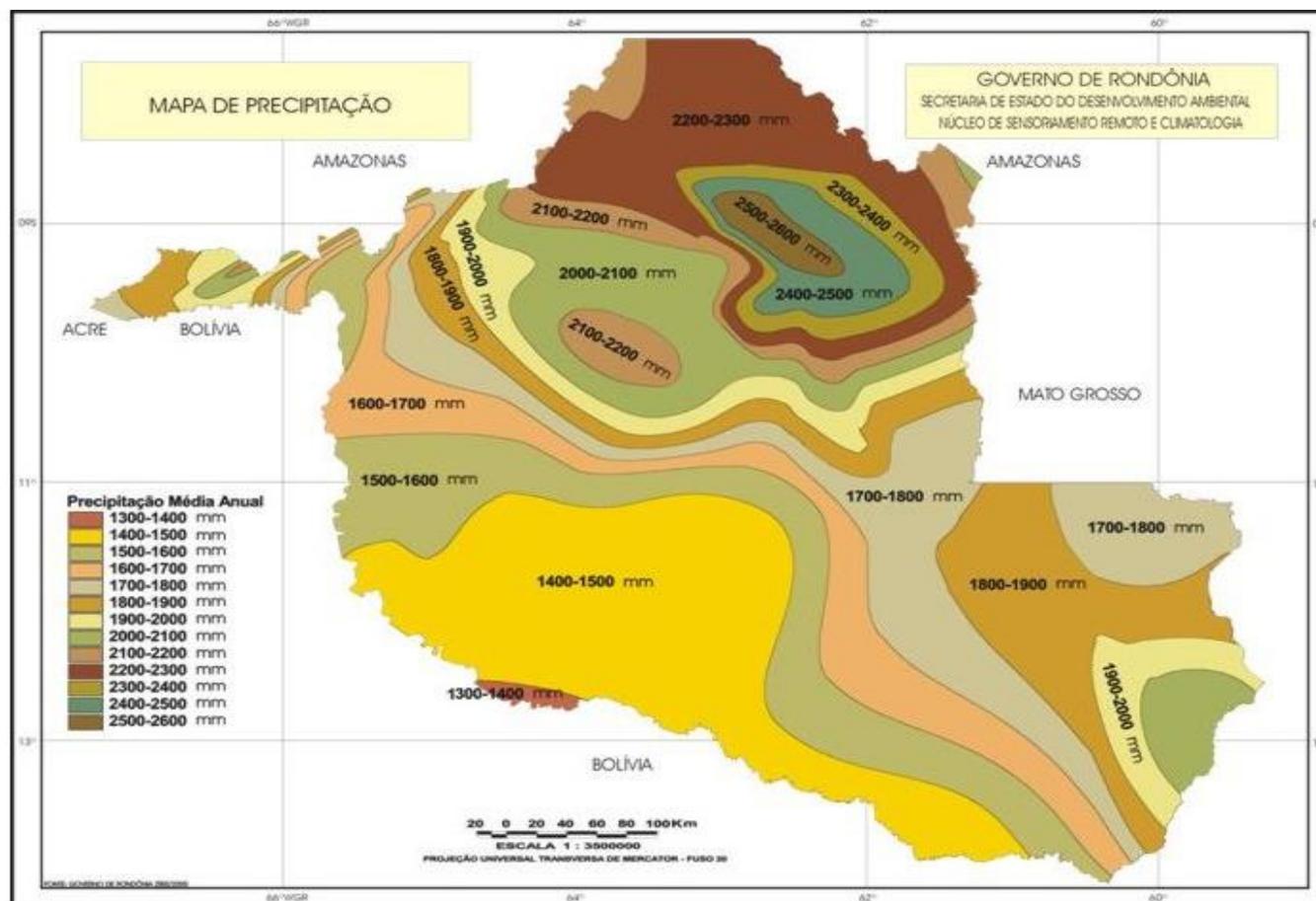


Figura 2-2 - Pluviometria do Estado de Rondônia

Nos meses de inverno a brisa pluvial da Bacia Amazônica (circulação local que ocorre nos baixos níveis da atmosfera) e os aglomerados convectivos de meso e grande escala, associado com a penetração de sistemas frontais, advindo da região Sul e Sudeste do Brasil, são os principais mecanismos responsáveis pelas chuvas de baixa intensidade, enquanto que, nos meses de verão ocorre o período mais chuvoso, onde se observa uma grande atividade convectiva causada por uma maior incidência de radiação solar, durante o ano. O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a abril, e o período mais seco em junho, julho e agosto. Maio e setembro são meses de transição.

### 3 - OBJETIVOS

O Programa de Monitoramento Limnológico complementar tem como objetivo geral mensurar as possíveis modificações na dinâmica limnológica advindas das transformações do ambiente, decorrentes da elevação da cota do reservatório da UHE Santo Antônio, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água.

Os objetivos específicos do monitoramento limnológico são:

- Identificar as possíveis alterações limnológicas no rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante 2 (dois) meses a partir do início da elevação da cota do reservatório;
- Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis limnológicas e identificar as alterações ao longo do rio Madeira e seus principais tributários de montante, na área de influência do empreendimento;
- Determinar perfis verticais de variáveis físicas e químicas, na área de influência do empreendimento, durante 2 (dois) meses a partir do início da elevação da cota do reservatório;
- Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água do reservatório, com a emissão de alertas e adoção de medidas mitigadoras quando necessário.

## 4 - METAS

Para atingir os objetivos serão seguidas as seguintes metas:

- Realizar análises de 10 (dez) variáveis físicas, 2 (duas) físico-químicas, 13 (treze) químicas, 3 (três) microbiológicas na água, em 7 (sete) estações amostrais no rio Madeira, 10 (dez) em tributários, 2 (duas) em pontos de captação de água e 2 (duas) em praias nas campanhas;
- Avaliar a balneabilidade de 2 (duas) praias (Jaci-Paraná e Teotônio) localizadas na área de influência do empreendimento durante 2 (dois) meses a partir do início da elevação da cota do reservatório
- Realizar análises de contagem mensal da densidade de cianobactérias, nos pontos de captação de água para abastecimento público da CAERD (Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia), localizados no igarapé Bate-Estacas e no rio Madeira;
- Realizar monitoramento em tempo real da temperatura da água, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico (pH) e turbidez em local nas duas estações, sendo uma a montante e outra a jusante da barragem nas campanhas durante o período de alçamento da cota;
- Realizar campanhas complementares mensais para as variáveis abióticas e bióticas, sendo 2 (duas) campanhas mensais a partir do início da elevação da cota do reservatório;
- Mensurar a temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, turbidez e concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água, no eixo vertical, a cada metro de profundidade, durante as campanhas de campo mensais, e em todas as estações de amostragem com frequência intensiva nos igarapés Teotônio, Jatuarana I, Ceará, nos rios Madeira e Jaci-Paraná;
- Aplicar medidas mitigadoras em casos de discordâncias com os valores de corte estabelecidos, assim como a execução do protocolo de Gestão do Reservatório; Alimentar o banco de dados para sistematizar as informações limnológicas decorrentes das campanhas de campo;
- Realizar análises numéricas e qualitativas dos resultados limnológicos obtidos para caracterização das variações temporais e espaciais;
- Fornecer subsídios limnológicos fundamentais para avaliação de processos do ecossistema aquático e manejo da qualidade da água no rio Madeira;
- Avaliar os resultados obtidos para Gestão da Qualidade da Água do reservatório.

## 5 - METODOLOGIA

### 5.1 - MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

Para execução do monitoramento limnológico mensal serão monitoradas na água 10 (dez) variáveis físicas, 2 (duas) físico-químicas, 13 (treze) químicas, 3 (três) microbiológicas na água, em 7 (sete) estações amostrais no rio Madeira e 10 (dez) em tributários, durante a fase de elevação da cota e estabilização do reservatório. Vale ressaltar que com o plano de trabalho proposto será possível a avaliação dos principais parâmetros em 3 (três) meses consecutivos, sendo 2 (dois) meses do acompanhamento de Monitoramento Limnológico Complementar e 1 (um) mês do monitoramento trimestral do Programa de Monitoramento Limnológico e Macrófitas Aquáticas. O código, a descrição e a coordenada geográfica de cada uma das estações ordenadas de montante a jusante são apresentados no **Quadro 5-1**. A seguir, é feita uma descrição mais detalhada de cada estação.

**Quadro 5-1 - Descrição das estações de coleta, com os códigos de identificação e as coordenadas geográficas. As estações estão ordenadas de montante a jusante.**

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas Datum SAD 69	
MON.05	Rio Madeira, cerca de 20 km a jusante da cachoeira Jirau	321844.95	8981387.73
CAR	Rio Caripuna, cerca de 1 km a montante de sua foz	321552.11	8983158.21
MON.04	Rio Madeira, cerca de 10 km a montante da foz do rio Jaci-Paraná	337589.98	8985563.31
JAC.01	Rio Jaci-Paraná, cerca de 4 km a montante de sua foz	347800.27	8979704.56
PJAC	Praia de Jaci localizada ao lado da BR-364	346382.57	8972858.90
JAC.02	Rio Jaci-Paraná, cerca de 15 km a montante de sua foz	345475.45	8975706.76
FLO	Igarapé Flórida, cerca de 1 km a montante de sua foz	359373.89	9001810.86
MON.03	Rio Madeira, 24 km a jusante da desembocadura do rio Jaci-Paraná	353279.75	8995091.15
MON.02	Rio Madeira, cerca de 10 km a montante da Cachoeira de Santo Antônio	380935.82	9013033.55
CEA.01	Igarapé Ceará aproximadamente 10 km a montante de sua foz	385735.14	9031417.13
CEA.02	Igarapé Ceará aproximadamente 2 km a montante da estação CEA.01	385020.73	9019562.13
JAT I.01	Igarapé Jatuarana I, a montante da estação JAT I	384328.73	9019491.13
JAT I.02	Rio Jatuarana I, a cerca de 2 km a montante da Estação JAT I 01	390519.45	9022416.27
PTEO	Praia do Teotônio	397488.11	9028392.84
TEO.01	Igarapé Teotônio, localizado a 10km de sua antiga foz no rio Madeira	404525.84	9045124.01
TEO.02	Igarapé Teotônio aproximadamente 5 km a montante de TEO.01	349059.61	8992388.61
MON.01	Rio Madeira, cerca de 8,5 km a montante da Cachoeira de Santo Antônio	385857.62	9032772.18
JUS.01	Rio Madeira, cerca de 3 km a jusante da Cachoeira de Santo Antônio	386452.15	9018060.59
PCM	Rio Madeira, no ponto de captação da CAERD	321844.95	8981387.73
PCT	Igarapé Bate Estacas, no ponto de captação da CAERD	321552.11	8983158.21
JUS.02	Rio Madeira, cerca de 25 km a jusante da Cachoeira de Santo Antônio	337589.98	8985563.31

## Rio Madeira

- **Estação Montante 05 (MON.05)** - localizada no rio Madeira, a jusante da UHE Jirau, sendo a estação mais a montante na área de influência do futuro reservatório da UHE de Santo Antônio.
- **Estação Montante 04 (MON.04)** - localizada no rio Madeira, cerca de 10 km a montante da foz do rio Jaci-Paraná.
- **Estação Montante 03 (MON.03)** - localizada no rio Madeira, cerca de 24 km a jusante da desembocadura do rio Jaci-Paraná.
- **Estação Montante 02 (MON.02)** - localizada no rio Madeira, cerca de 25 km a montante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio.
- **Estação Montante 01 (MON.01)** - localizada no rio Madeira, cerca de 8,5 km a montante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio.
- **Estação Jusante 01 (JUS.01)** - localizada no rio Madeira, cerca de 3 km a jusante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio. Nessa estação foi realizada a avaliação limnológica de toda a água vertida do reservatório da hidrelétrica. É também um ponto de forte mistura da coluna de água.
- **Estação Jusante 02 (JUS.02)** - localizada no rio Madeira, cerca de 25 km a jusante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio.

## Tributários

- **Estação Caripuna (CAR)** - localizada no rio Caripuna, cerca de 1 quilômetro a montante da desembocadura desse rio na margem esquerda do rio Madeira. A foz desse rio está a cerca de 6 km a jusante do eixo da barragem da UHE Jirau.
- **Estação Jaci-Paraná 01 (JAC.01)** - localizada no rio Jaci-Paraná, cerca de 4 km acima de sua desembocadura na margem direita do rio Madeira. A foz desse afluente está cerca de 81 km a montante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio.
- **Estação Jaci-Paraná 02 (JAC.02)** - localizada no rio Jaci-Paraná, cerca de 15 km a montante de sua foz.
- **Estação Flórida (FLO)** - localizada no igarapé Flórida, cerca de 1 quilômetro a montante de sua foz. A sua desembocadura, na margem esquerda do rio Madeira, está a cerca de 15 km a montante da confluência do rio Jaci-Paraná.

- **Estação Ceará 01 (CEA.01)** - localizada no igarapé Ceará, cerca de 10 quilômetros a montante de sua foz no rio Madeira.
- **Estação Ceará 02 (CEA.02)** - localizada no igarapé Ceará, cerca de 2 quilômetros a montante de CEA.01.
- **Estação Teotônio 01 (TEO.01)** - localizada no igarapé Teotônio, próximo à sua foz. Início do monitoramento foi a partir da 1ª etapa do enchimento do reservatório.
- **Estação Teotônio 02 (TEO.02)** - localizada no igarapé Teotônio, aproximadamente 5 km a montante da estação TEO 01.
- **Estação Jatuarana I 01 (JAT I.01)** - localizada no igarapé Jatuarana I, cerca de 10 km a montante de sua foz. O monitoramento nesta estação teve início a partir da 1ª etapa do enchimento do reservatório.
- **Estação Jatuarana I 02 (JAT I.02)** - localizada no igarapé Jatuarana I, cerca de 2 km a montante de JATI.01.

#### Captação de Água

- **Ponto de Captação CAERD rio Madeira (PCM)** - localizada na margem direita do rio Madeira, cerca de 3 km a jusante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio.
- **Ponto de Captação CAERD igarapé Bate Estacas (PCT)** - localizada no igarapé Bate Estacas, afluente da margem direita do rio Madeira.

#### Praias

- **Praia de Jaci (PJAC)** - localizada na margem esquerda do rio Jaci-Paraná, próximo à estação JAC.01, ao lado da BR-364.
- **Praia do Teotônio (PTEO)** - localizada na margem direita do rio Madeira, no assentamento Vila Nova do Teotônio, cerca de 1 km a montante da estação TEO.

## 5.2 - VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA COLUNA D'ÁGUA

Para caracterização da qualidade da água serão amostradas variáveis abióticas e bióticas na coluna d'água (**Quadro 5-2**). No caso dos nutrientes dissolvidos, para o monitoramento mensal, serão mantidas as formas inorgânicas de nitrogênio e fósforo que são assimilados pelo fitoplâncton, a saber: nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e ortofosfato. O **Quadro 5-2** também apresenta uma síntese dos métodos e respectivos equipamentos necessários para realização das

análises, assim como a unidade de medida e limite de detecção do método para cada variável a ser analisada. Metodologias similares, com reconhecidas eficiências analíticas, poderão ser utilizadas como alternativas, caso necessário.

**Quadro 5-2 - Variáveis limnológicas a serem monitoradas, unidade de medida, metodologia e limite de detecção do método.**

VARIÁVEIS Coluna d'água	Unidade	Método/Equipamento	LQ	Nº de medições
Temperatura do ar	°C	termômetro digital	0,1	1 (atmosfera)
Profundidade	m	Ecobatímetro	0,1	1
Zona eufótica	m	disco de Secchi	0,05	1
Cor	mg Pt/L	Colorímetro	0,1	1 superfície
Velocidade de corrente	m/s	Fluxômetro	0,1	1
Temperatura da água	°C	sonda YSI 6920	0,1	Perfil vertical
Turbidez	NTU	turbidímetro - sonda YSI 6920	0,01	Perfil vertical
Sólidos em suspensão	mg/L	Gravimétrico	0,1	1 superfície
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	Gravimétrico	0,1	1 superfície
Sólidos totais	mg/L	Calculado	0,1	1
Condutividade elétrica	µS/cm	potenciométrico - sonda YSI 6920	0,1	Perfil vertical
Potencial hidrogeniônico (pH)		potenciométrico - sonda YSI 6920	0,001	Perfil vertical
Oxigênio - concentração	mg/L	oxímetro - sonda YSI 6920	0,01	Perfil vertical
Demanda bioquímica de oxigênio -DBO	mg/L	incubação por 5 dias	0,1	1 superfície
Carbono inorgânico	mg/L	analisador de carbono	0,05	1
Carbono orgânico total	mg/L	analisador de carbono	0,05	1 superfície
Carbono total	mg/L	analisador de carbono	0,05	1 superfície
Carbono orgânico dissolvido	mg/L	analisador de carbono	0,05	1 superfície
Nitrogênio amoniacal	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Nitrito	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Nitrato	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Nitrogênio total	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Nitrogênio orgânico total	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Ortofosfato	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Fósforo total	µg/L	Espectrofotometria	1	1 superfície
Clorofila a	µg/L	espectrofotometria	0,1	1 superfície
Coliformes totais	NMP/100 mL	Colimétrico colilert	1	1 superfície
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Colimétrico colilert	1	1 superfície

### 5.3 - COLETA, ARMAZENAMENTO E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

Em cada estação de coleta serão feitas anotações a respeito do ambiente de entorno e da área de drenagem das estações amostradas. Profundidade, zona eufótica, velocidade de corrente e temperatura do ar serão determinados em campo, com auxílio de equipamentos portáteis. Temperatura da água, turbidez, pH, oxigênio dissolvido e condutividade também serão determinados em campo, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros. Para determinação dos demais grupos de variáveis, as amostras de água serão coletadas na sub-superfície para análise posterior. As amostras serão transportadas em frascos de polietileno ou vidro e devidamente preservadas até o momento da análise. Os procedimentos de coleta, armazenamento e preservação das amostras encontram-se sumarizados no **Quadro 5-3**, que foi elaborado com base nas orientações da APHA (1998), do “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos”, publicado pela Agência Nacional de Águas (CETESB/ANA, 2011), e de Wetzel & Likens (2000).

**Quadro 5-3 - Procedimentos de preservação, armazenamento e tempo de estocagem de amostras para as análises das variáveis limnológicas.**

Variável	Recipiente	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade
<b>FISICAS</b>					
Temperatura do ar					Imediatamente
Temperatura da água	-	-	-	-	Imediatamente
Profundidade	-	-	-	-	Imediatamente
Transparência					Imediatamente
Zona eufótica	-	-	-	-	Imediatamente
Cor	P,V	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4±2°C	48h
Velocidade de corrente	-	-	-	-	Imediatamente
Turbidez	-	-	-	-	Imediatamente
Sólidos totais, dissolvidos e em suspensão	P,V	500 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4±2°C	7 dias
<b>FISICO-QUÍMICAS</b>					
Condutividade elétrica	-	-	-	-	Imediatamente
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	-	-	-	Imediatamente

Variável	Recipiente	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade
<b>QUÍMICAS</b>					
Oxigênio -concentração	-	-	-	-	Imediatamente
Demanda bioquímica de oxigênio -DBO	P,V	2 frascos de 1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4±2°C	14 dias
Carbono inorgânico	V	300 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4±2°C	7 a 28 dias
Carbono orgânico total e orgânico dissolvido	P,V	300 mL	1 gota de H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Refrigeração a 4±2°C	7 a 28 dias
Nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e nitrogênio total	P,V	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4±2°C	7 dias
Ortofosfato, fósforo particulado e fósforo total	P,V	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4±2°C	28 dias
<b>MICROBIOLÓGICAS</b>					
Coliformes	P,V,SP	100 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2 e 8°C e proteger da luz; não congelar	8 a 24 horas
Clorofila a	VA	1L	Resfriamento (em gelo) e proteger da luz	Refrigeração entre 4 e 10°C e proteger da luz	28 dias
Densidade de Cianobactérias	P,V	100 mL	Lugol	Manter ao abrigo da luz	3 meses

Legenda: P = Plástico; VA = vidro ambar; V = vidro; SP = saco plástico; N.R. = não referenciada

## 5.4 - MONITORAMENTO DE PRAIAS E PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Serão avaliadas as densidades de cianobactérias nos pontos de captação de água (PCM e PCT) para abastecimento público mensalmente. Para monitorar a qualidade da água bruta nos pontos de captação, será considerado o Artigo 40 da Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece o monitoramento semestral das variáveis indicadas pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2; mensal para as cianobactérias quando a densidade não exceder 10.000 cel/mL; e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor. Será feito, também, o monitoramento dos coliformes totais e termotolerantes (*E. coli*) nas praias de Jaci-Paraná (PJAC) e Teotônio (PTEO). Os resultados obtidos para as praias serão comparados e discutidos com base nos critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000.

## 5.5 - MONITORAMENTO INTENSIVO DOS PERFIS DA COLUNA D'ÁGUA

Durante a fase de elevação da cota e estabilização do reservatório serão realizadas medições semanais de perfis da coluna d'água, em dias úteis durante 2 (dois) meses contínuos após o início da elevação da cota. Serão mensurados a temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, turbidez e concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água, no eixo vertical, a cada metro de profundidade. Durante o primeiro mês os pontos JATI.01, JATI.02, TEO.01, TEO.02, MON.01, JAC.01, JAC.02, CEA.01 e CEA.02 serão medidos 5x semana. Durante o segundo mês após o início da elevação da cota esses pontos serão monitorados 3x semana.

## 5.6 - MONITORAMENTO EM TEMPO REAL

Para execução do monitoramento em tempo real serão mantidas duas estações de monitoramento da qualidade da água em tempo real no rio Madeira, a montante e a jusante do eixo da barragem da UHE Santo Antônio. A estação de montante está baseada em uma plataforma localizada no limite do canteiro de obras (SAD69 393164.0 S 9025754.0 W), e a de jusante na plataforma de captação de estação de tratamento de água do canteiro próximo à margem esquerda (SAD69 398368.0 S9029961.0 W).

As variáveis analisadas na subsuperfície são temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido, total de sólidos dissolvidos e turbidez. Os resultados obtidos a cada 30 minutos serão armazenados em "datalogger" e acessados por telefonia celular a partir de um computador portátil. Tal frequência amostral permitirá o registro de séries de dados em curtos intervalos de tempo acumulados em longas séries históricas. Com o acúmulo das informações ao longo dos dias, meses e anos de monitoramento, será possível identificar no sistema as variações nictemerais, mensais e sazonais.

Serão utilizadas alternadamente duas sondas multiparâmetros nas estações de montante e jusante. Os modelos utilizados são DS5X, YSI 6600, YSI 6820 e YSI 6920 v2 com sensor ótico de oxigênio dissolvido. As aferições e calibrações serão feitas sempre que necessário, em média com frequência quinzenal.

Os ruídos das leituras ("outliers") de condutividade, oxigênio, pH e turbidez serão suprimidos com base no critério de variação de 4 vezes superior ao desvio padrão. Para as variáveis que, após a remoção dos "outliers", continuarem apresentando ruído elevado durante alguns períodos será utilizado filtro da média móvel de 2 horas para supressão dos sinais não relacionados às leituras reais.

O sistema de monitoramento em tempo real poderá ser utilizado como um mecanismo de aviso prévio, permitindo ações preventivas, aos primeiros sinais de alterações da qualidade da água, antes que um eventual problema aconteça. As informações poderão ser transmitidas em tempo real pela internet, para que tomadores de decisão possam adotar providências no caso de alteração abrupta de algum parâmetro.

## 5.7 - ANÁLISES DOS DADOS

Os resultados de todos os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos analisados serão apresentados na forma de gráficos, textos e tabelas. Serão feitas discussões sobre a variação espaço-temporal das estações do rio Madeira e dos tributários. Além disso, será feita a média e o desvio padrão para cada variável nessas duas categorias de ambientes, e, quando cabível, todos os parâmetros serão comparados aos seus respectivos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce de Classe 2, destacando as estações que apresentarem valores fora dos valores previstos nesta resolução.

O estado trófico de cada uma das estações localizadas nos tributários será definido usando-se o Índice de Estado Trófico (IET) proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004). Neste índice, serão levadas em consideração as concentrações de clorofila *a* e de fósforo total, havendo distinção na fórmula para calcular o IET para rios e para reservatórios. Neste caso, as estações serão enquadradas como rios.

### Rios

$$IET(CL) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,7 - 0,6 \times (\ln CL)}{\ln 2} \right) - 20$$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,42 - 0,36 \times (\ln CL)}{\ln 2} \right) - 20$$

Onde:

PT = concentração de fósforo total em  $\mu\text{g.L}^{-1}$

CL = concentração de clorofila em  $\mu\text{g.L}^{-1}$

Ln = logaritmo natural

O resultado do IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila *a*, segundo a equação:

$$IET = \left[ \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2} \right]$$

O critério usado para a classificação da trofia dos ambientes amostrados será o seguinte ( $1 \text{ mg/m}^3 = 1 \mu\text{g/L}$ ):

Estado Trófico	Critério	P-total (mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> .m <sup>-3</sup> )	Clorofila a – (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET <47	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET <52	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET <59	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET <63	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET <67	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET >67	233 < P	69,05 < CL

Para classificação da qualidade da água das estações amostradas será utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA), desenvolvido pela *American National Sanitation Foundation* e adaptado pela CETESB. O IQA é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, turbidez, sólidos totais, nitrogênio total, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e temperatura. Vale destacar que, para efeito de cálculo do IQA para as estações amostradas, os coliformes fecais da fórmula serão substituídos pelos dados de *Escherichia coli*. Cada parâmetro possui um peso e um valor de qualidade correspondente, definido a partir de uma curva média de variação de qualidade. Os cálculos usados para calcular o IQA estão explicitados a seguir:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

- qi qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida;
- wi peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que o somatório de todos os wi é igual a 1.

O IQA varia em uma escala de 0 a 100, como é mostrado a seguir:

- Ótima ..... 79 < IQA ≤ 100
- Boa ..... 51 < IQA ≤ 79
- Regular ..... 36 < IQA ≤ 51
- Ruim ..... 19 < IQA ≤ 36
- Péssima ..... IQA ≤ 19

## 5.8 - PLANO DE CONTROLE E GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO

Para a gestão da qualidade da água durante a elevação da cota do reservatório é proposto o Modelo de Gestão da Qualidade da Água do Reservatório implementado no monitoramento trimestral. Este acompanhamento consiste em um plano de ação, caso sejam identificados baixos valores de OD e altas concentrações de DBO e clorofila nas 5 estações de monitoramento do rio Madeira e 10 estações de monitoramento nos tributários. Altos valores de coliformes termotolerantes em praias também servirão de sistema de alerta. O Modelo de Gestão será aplicado aos resultados obtidos com Monitoramento Limnológico. Para isso, serão consideradas as estações localizadas a montante da barragem, tanto no rio Madeira (MON.01, MON.02, MON.03, MON.04, MON.05) quanto nos tributários (CAR, JAC.01, JAC.02, FLO, CEA.01, CEA.02, TEO.01, TEO.02, JAT I.01 e JAT II.02). Nas praias do Jaci e Teotônio será avaliada *Escherichia coli* e nas estações de captação de água para abastecimento público (PCM e PCT) a contagem de cianobactéria.

Conforme apresentado no fluxograma da **Figura 5-1** o Modelo de Gestão é distribuído em 5 fases. Na Fase 1 será verificado se os resultados de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), clorofila e *Escherichia coli* ultrapassam os respectivos valores de corte (DBO acima de 5 mg/L; Clorofila a acima de 30 µg/L e *Escherichia coli* acima de 1000 NMP/100 mL nas praias) com determinada recorrência. Ressalta-se que os valores estabelecidos correspondem aos limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de Classe 2, como é o caso, e estão contemplados no intervalo de valores e na frequência com que eram registrados nesses sistemas, mesmo anteriormente a formação do barramento.

Patamares em discordância com o que foi estabelecido para DBO e Clorofila-a na Fase 1 devem acionar as ações da Fase 2. Esta considera que merecem atenção os ambientes em discordância com os seguintes critérios: oxigênio dissolvido (OD) inferior a 2 mg/L e densidade de cianobactérias acima de 50.000 Cél/mL nas estações a montante da barragem e 10.000 Cél/mL nos pontos de captação.

Para estes casos, ações devem ser adotadas na Fase 3, sejam elas a intensificação do monitoramento e a análise de cianotoxinas, respectivamente. No caso dos coliformes, as medidas adotadas já contemplam a realização do monitoramento com frequência mensal.

A Fase 4 consiste na elaboração de um relatório diagnóstico sobre as possíveis causas das não conformidades nos parâmetros monitorados. Este parecer deve subsidiar a tomada de decisão e às ações gerenciais para o restabelecimento de boas condições de qualidade da água, o que corresponde a Fase 5.

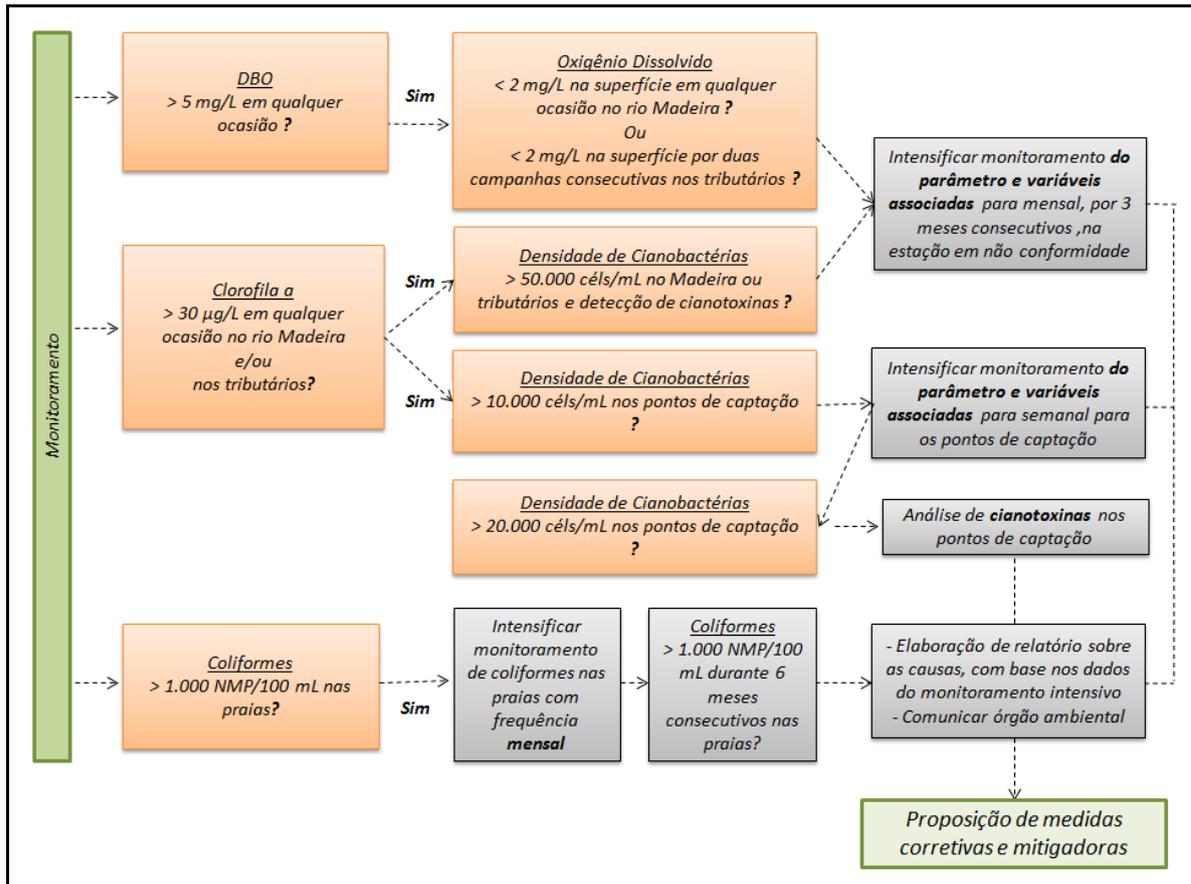


Figura 5-1 - Modelo de gestão da qualidade da água do reservatório da UHE Santo Antônio.

## 5.9 - NÍVEIS DE ALERTA PARA A FASE DE ENCHIMENTO

Os níveis de alerta aqui propostos têm o objetivo de proteção das comunidades aquáticas e foram estabelecidos com base nos monitoramentos pretéritos, sobretudo da fase de enchimento até a cota 70,5m. Além das ações já previstas com a aplicação do plano de controle e gestão da qualidade da água do reservatório, para as estações de avaliação dos perfis verticais (JATI.01 e JATI.02; TEO.01 e TEO.02; MON.01; JAC.01, JAC.02 e CEA.01 e CEA.02), são propostos valores de corte de oxigênio dissolvido ao longo dos dois meses de monitoramento intensivo dos perfis

verticais, os quais serão utilizados como níveis de alerta para o acompanhamento da qualidade da água durante a fase de alçamento da cota. Para isso, foram avaliados os resultados obtidos durante o enchimento do reservatório, baseada no histórico de monitoramento realizado durante o monitoramento intensivo e as campanhas mensais. Além das informações de perfil, serão utilizadas as informações geradas pelo Sistema de Monitoramento em Tempo Real com medições realizadas a cada 30 minutos, as quais indicarão previamente a tendência a decaimento da oxigenação da água.

Os níveis de alerta recomendados são:

- Alerta nível 1 - Concentração de OD inferior a 3,0 mg/L na subsuperfície. Serão emitidos alertas no boletim semanal.
- Alerta nível 2 - Concentração de OD abaixo de 2,0 mg/L em toda a coluna d'água. Em virtude do possível comprometimento da ictiofauna, serão adotadas medidas mitigadoras como reaeração mecânica da coluna d'água.

## 5.10 - BOLETINS E RELATÓRIO

### Boletins

Ao final de cada semana será elaborado boletim com a apresentação dos resultados dos perfis verticais realizados nas estações JATI.01 e JATI.02; TEO.01 e TEO.02; MON.01; JAC.01 e JAC.02; CEA.01 e CEA.02 em planilha de dados brutos, com destaque para os resultados que extrapolarem os níveis de alerta estabelecidos e as medidas mitigadoras adotadas. Os boletins serão enviados ao IBAMA em formato digital, por e-mail.

### Relatório Consolidado

Ao final da elevação da cota e estabilização do reservatório será elaborado um relatório técnico consolidado, apresentando introdução, objetivos, material e métodos, resultados, análises estatísticas, discussão, conclusões e recomendações, em uma via digital. Será totalizado 01 relatório consolidado.

## 6 - CRONOGRAMA

O cronograma do monitoramento limnológico para acompanhamento do alteamento da cota UHE Santo Antônio, no rio Madeira, está apresentado a seguir.

Ano	2016											
Mês	Mês 1			Mês 2			Mês 3					
Assinatura do contrato	■											
Elaboração de Plano de Trabalho	■	■										
Planejamento das campanhas de campo		■	■									
Aquisição de material de consumo		■	■									
Realização de Perfis Verticais					■	■	■	■	■	■	■	■
Campanhas Mensais - Elevação cota					■				■			
Análises laboratoriais					■	■			■	■		
Análise dos dados					■	■	■		■	■	■	
Boletins Semanais					■	■	■	■	■	■	■	■
Relatório Consolidado												■

## 7 - BASE LEGAL

O presente programa considera os objetivos e as diretrizes gerais estabelecidas pela Lei nº 9433/1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos. Para fins de comparação da condição de qualidade da água serão utilizados os padrões definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Para critérios de balneabilidade será utilizada a Resolução CONAMA nº 274/2000. Em pontos de captação de água para consumo humano será seguido o estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Este programa também considera o atendimento à Licença Prévia nº 251/2007, a Licença de Instalação nº 540/2008 e a Licença de Operação nº 1044/2011.

## 8 - EQUIPE TÉCNICA

A seguir é apresentada a indicação da equipe técnica que estará diretamente envolvida nas atividades de monitoramento limnológico para acompanhamento do alteamento da cota da UHE Santo Antônio, no rio Madeira. A bióloga Gina Boemer será a Responsável Técnica e o biólogo João Durval será o Gerente deste Projeto.

Profissional <i>Ecology Brasil</i>	Formação	Função	Registro Geral/ CTF IBAMA
Gina Luísa Carvalho Boemer	Bióloga, mestre e doutora em Engenharia Ambiental (USP)	Responsável Técnico	CRBio 35253/04-D IBAMA 590812
João Durval Arantes Junior	Biólogo, mestre em Engenharia Ambiental (USP) e doutor em Ecologia (UFSCar)	Gerente do Projeto	CRBio 35214/01-D IBAMA 3942539
Michele Ferreira Lima	Bióloga, mestre em Ecologia (UFJF)	Coordenação do laboratório e elaboração dos relatórios	CRBio 62141/04-D IBAMA 4905761
Pedro C. Junguer Soares	Ecólogo, mestre em Ecologia (UFRJ)	Análise dos dados físicos e químicos e elaboração do relatório	IBAMA 5986805
Rafael Marques Almeida	Biólogo, mestrando e doutorando em Ecologia (UFJF)	Análise dos dados físicos e químicos e elaboração dos relatórios	CRBio 93741/04-D IBAMA 4785241
Leidiane Caroline Lauthartte	Química, mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UNIR) e doutoranda em Biotecnologia (Bionorte/UNIR)	Análises físicas e químicas, elaboração dos relatórios e trabalho de campo	CRQ 14100521-14ª Região IBAMA 5001429
Aldo Andrade	Nível fundamental	Barqueiro, apoio de campo e manutenção de equipamentos	

## 9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22<sup>o</sup> ed. American Public Health Association, Washington. 2005.

BRASIL. Governo Federal. Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos n<sup>o</sup> 9433 de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS n<sup>o</sup> 518 de 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 357 de 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 274 de 2000.

LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Dissertação de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo. 235 p. 2004.

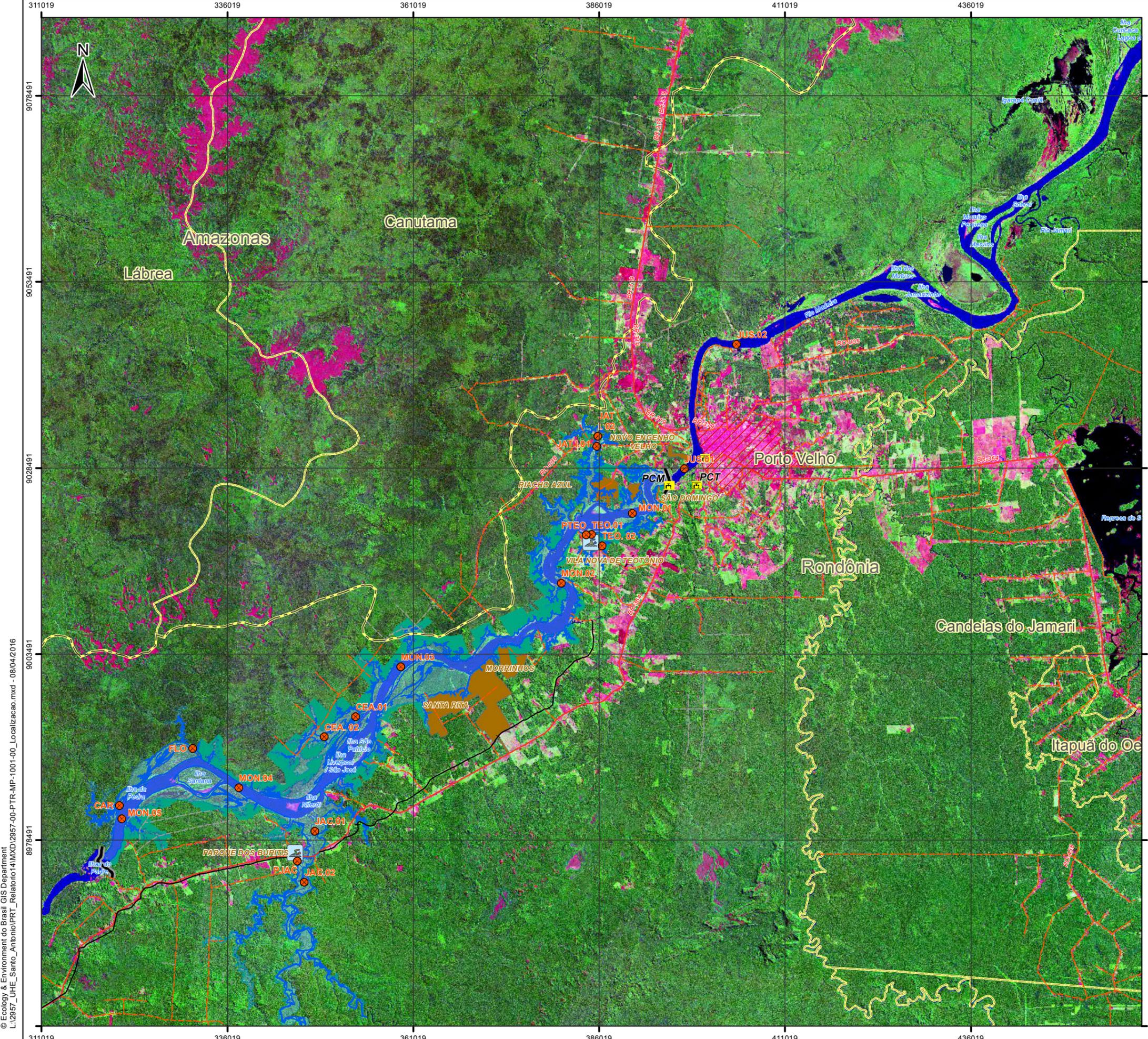
LEME ENGENHARIA, FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS, CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A. "Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau". Estudo de Impacto Ambiental- EIA. 2005.

MARTINELLI, L., DEVOL, A.; FOSBERG, B.; VICTORIA, R.; RICKEY, J.; RIBEIRO, M. Descarga de sólidos dissolvidos totais do Rio Amazonas e seus principais tributários. Geochim. Brasil, 3:141-148, 1989.



**Anexo 1    Mapa de localização das áreas de monitoramento de limnologia e qualidade da água na área de influência da UHE Santo Antônio**





**Convenções Cartográficas**

- Área Urbana
- Limite Estadual
- Limite Municipal

**Rodovias**

- pavimentada
- em pavimentação
- não pavimentada
- Caminhos
- Ferrovias

**Legenda**

- PCM, Ponto de captação da CAERD no Rio Madeira
- PCT, Ponto de captação da CAERD Igarapé Bate Estacas
- PJAC, Praia do Jaci
- PTEO, Praia do Teotônio
- Estações de monitoramento
- Eixo da barragem
- Cota de inundação N.A máxima normal (70,50m)
- Cota de inundação pela média das máximas anuais (Q=38.550m³/S)
- Área adquirida apartir do remanso (30.076,54 hectares)
- Reassentamentos

**Mapa de Situação**

**Escala Gráfica**

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Origem da quilometragem : Equador e Meridiano -63° de Gr. acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

**Referência**

- Base Cartográfica Contínua IBGE Área 1 2008;
- Imagens LANDSAT 5 TM Orbitas 232 e 233 Ponto 066 de 03/10 e 11/11 de 2009, INPE.

**Execução**

**Cliente**

**Projeto**

MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DA UHE SANTO ANTÔNIO NO RIO MADEIRA

**Título**

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

Elab.: Luciene Lima	Visto:	Aprovado:
Escala: 1:500.000	RL 14	Data: abril de 2016
Mapa n°: 2957-00-PTR-MP-1001		Revisão: 06

© Ecology & Environment do Brasil GIS Department  
L:\2957\_UHE\_Santo\_Antônio\PRTR\_Relatório\14\MXD\2957-00-PTR-MP-1001-00\_Localizacao.mxd - 08/04/2016

