

---

# **IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL**

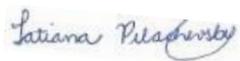
## **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS SUJEITAS A PROCESSOS EROSIVOS**

### **RELATÓRIO CONSOLIDADO**

Relatório Consolidado, referente ao Acompanhamento do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos da Fase de Instalação. Período: de agosto/2014 a dezembro/2016. Licença de Instalação - LI nº. 1017/2014 – IBAMA Processo n. 02001.004420/2007-65

**FEVEREIRO - 2017**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

<b>EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO, ACOMPANHAMENTO E GESTÃO DO PROGRAMA</b>			
<b>Nome</b>	<b>Cargo</b>	<b>CTF</b>	<b>Assinatura</b>
<b>Tatiana Pilachevsky</b>	<b>Geógrafa, M.Sc.</b>	<b>5531743</b>	
<b>Luciana Cabral Nunes</b>	<b>Geóloga, M.Sc.</b>	<b>5287039</b>	
<b>Afonso E. de Vasconcelos Lopes</b>	<b>Geofísico, D.Sc.</b>	<b>5286995</b>	

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO .....	7
3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA .....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	9
4.2. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ERODIBILIDADE DO TRECHO DE JUSANTE DA ENSECADEIRA.....	26
4.3. MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS	32
5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE) .....	38
6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO .....	39
7. PROPOSTA DE CONTINUIDADE – FASE DE OPERAÇÃO .....	41
8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	43
9. ANEXOS.....	44

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura - 1: Margens preservadas e afloramentos rochosos ao longo da área de influência da UHE São Manoel.
- Figura - 2: Ponto SMMD-01 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 3: Ponto SMMD-02 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 4: Ponto SMMD-03 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 5: Ponto SMMD-04 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 6: Ponto SMMD-05 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 7: Ponto SMMD-06 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 8: Ponto SMME-07 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 9: Ponto SMME-08 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 10: Ponto SMMI-09 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 11: Ponto SMME-10 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 12: Ponto SMME-11 na campanha de abril de 2015 e em outubro de 2016.
- Figura - 13: Ponto SMJI-12 em novembro de 2014 e abril de 2015.
- Figura - 14: Ponto SMJD-01 em abril de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 15: Ponto SMJE-02 em novembro de 2014 e outubro de 2016.
- Figura - 16: Ponto SMJD-03 em maio de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 17: Ponto SMJE-04 em maio de 2015 e outubro de 2016.
- Figura - 18: Vista geral da porção imediatamente a jusante da barragem da UHE São Manoel (dezembro de 2016).
- Figura - 19: Vista geral da porção imediatamente a jusante da barragem da UHE São Manoel no mês de dezembro de 2016.
- Figura - 20: Margem aterrada erodida nas proximidades da foz do rio Apicás. Verificou-se que o enrocamento inserido nas margens foi carreado pelas altas vazões do rio Teles Pires.
- Figura - 21: Margem esquerda do rio Teles Pires aterrada e enrocada. Verificou-se que o enrocamento inserido apresenta-se estável.
- Figura - 22: Margem esquerda do rio Teles Pires enrocada. Verificou-se que o enrocamento apresenta-se estável.
- Figura - 23: Talude enrocado na margem esquerda do rio Teles Pires. Verificou-se que o enrocamento apresenta-se estável.
- Figura - 24: Vista geral da porção imediatamente a jusante da barragem da UHE São Manoel no mês de dezembro de 2016.

---

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

Figura - 25: Solo exposto em porção localizada do talude nas coordenadas UTM WGS 84 21L 493518 8984799.

Figura - 26: Erosão na margem direita do Canal de Fuga.

Figura - 28. Triângulo de classificação das classes texturais dos pontos analisados na área marginal do futuro reservatório da UHE São Manoel (adaptado de Kiehl, 1979).

Figura - 29. Gráfico S x P, com o resultado das amostras analisadas.

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela - 1. Resultados do ensaio de granulometria nos pontos amostrais selecionados ao longo das margens do futuro reservatório.

Tabela - 2. Resultados do ensaio de erodibilidade nos pontos amostrais selecionados ao longo das margens do futuro reservatório.

### **LISTA DE QUADROS**

Quadro - 1: Metas e indicadores do Programa de Monitoramento de Processos Erosivos.

Quadro - 2: Metas e indicadores do Programa de Monitoramento de Processos Erosivos.

### **LISTA DE MAPAS**

Mapa - 1: Pontos de monitoramento de processos erosivos na área de interesse da UHE São Manoel.

Mapa - 2: Pontos de coleta amostral de solo e suscetibilidade aos processos erosivos

---

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

## **1. INTRODUÇÃO**

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais da Usina Hidrelétrica São Manoel”, solicitado pela Empresa de Energia São Manoel, visa atender às condicionantes estabelecidas na Licença Prévia (LP N° 473/2013) e de Instalação (LI N° 1017/2014) emitidas pelo IBAMA para a UHE São Manoel.

Este programa está sendo executado pela empresa VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda., que vem realizando a catalogação e o monitoramento em campo dos locais com maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos na Área Diretamente Afetada (ADA), na Área de Influência Direta (AID) e no trecho compreendido entre a jusante da foz do rio Apicás e a foz do rio São Benedito.

Esse programa deve permitir a caracterização e identificação, de forma pormenorizada, das condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais do futuro reservatório, bem como de trechos a jusante do barramento da UHE São Manoel. Ademais, deve determinar os graus de suscetibilidade desses processos em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se assim a influência do reservatório sobre as mesmas.

## 2. ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO

O Programa de Monitoramento das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos nas Áreas Diretamente Afetada e de Influência Direta da instalação da UHE São Manoel foi iniciado em outubro de 2014, quando foram realizados os trabalhos de levantamento de cunho bibliográfico e preparação do material cartográfico para elaboração do mapa geológico-geotécnico da área.

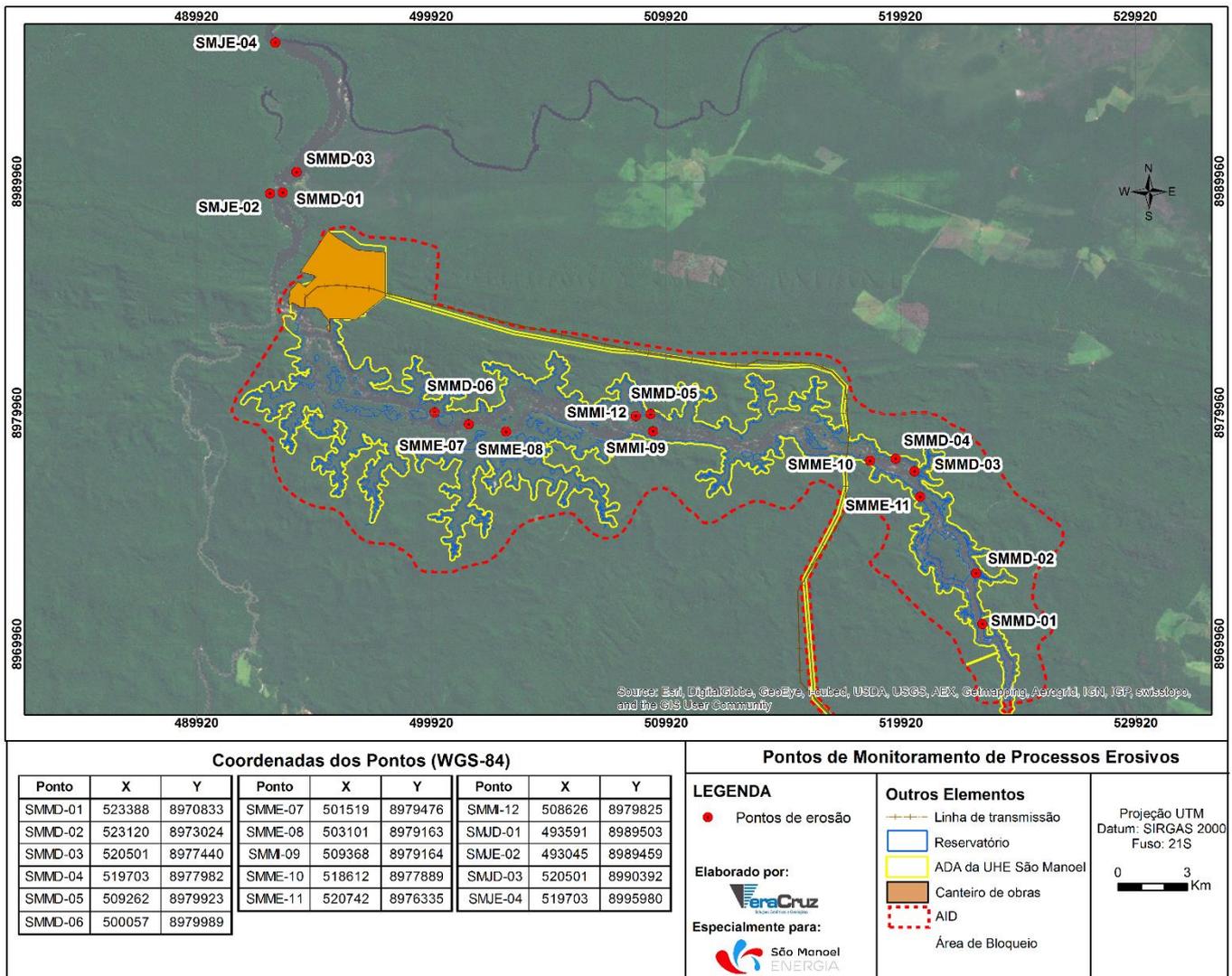
As vistorias de campo para catalogação de focos erosivos e avaliação da suscetibilidade das encostas marginais foram iniciadas em outubro de 2014, e ocorrem com frequência máxima semestral. Após a realização da inspeção preliminar, a primeira campanha de campo completa ocorreu entre os dias 28 e 29 de abril de 2015; a segunda entre os dias 05 e 08 de novembro de 2015; a terceira nos dias 16, 20, 21 e 22 de maio de 2016; e a quarta nos dias 12, 24 e 25 de outubro de 2016. As vistorias envolveram inspeções qualitativas e quantitativas (através da utilização de estacas metálicas de monitoramento) nas encostas marginais a montante e a jusante do barramento, e na região da enseadeira. Os pontos de inspeção são apresentados no **Mapa - 1**.

Além das inspeções, houve a elaboração dos mapeamentos geológico-geotécnicos e de compartimentação fisiográfica, concluídos em maio de 2015; e a coleta de amostras de solo deformadas e indeformadas para a realização de ensaios laboratoriais de granulometria e erodibilidade, respectivamente, na área das futuras margens do reservatório.

Além disso, em atendimento ao Parecer 02001.001447/2016-97 COHID/IBAMA de anuência para alteração de projeto no trecho de jusante da enseadeira de primeira fase, na campanha de maio de 2016 foi realizada a primeira vistoria para avaliação das condições de erodibilidade e o monitoramento do comportamento da margem esquerda do rio Teles Pires no trecho afetado pelo estreitamento do rio.

A partir de dezembro de 2016 foram iniciadas também campanhas mensais para avaliação do trecho imediatamente a jusante do barramento, em atendimento ao Parecer no 02001.004263/2016-89 emitido em 18 de novembro de 2016 pelo IBAMA.

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Sujeitas a Processos Erosivos**



**Mapa - 1: Pontos de inspeção de processos erosivos na área de interesse da UHE São Manoel.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

### 3. ATENDIMENTO AS METAS E INDICADORES DO PROGRAMA

Os objetivos deste programa ambiental, bem como a situação de atendimento aos mesmos, estão elencados no **Quadro - 1**.

**Quadro - 1: Situação de atendimento aos objetivos gerais do Programa.**

OBJETIVOS GERAIS DO PROGRAMA	STATUS DE ATENDIMENTO
Caracterização e identificação, de forma pormenorizada, das condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais do reservatório, bem como de trechos a jusante do barramento da UHE São Manoel.	Em atendimento
Determinação dos graus de suscetibilidade a esses processos em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se assim a influência do reservatório sobre as mesmas.	Em atendimento
Definição e proposição de medidas de proteção contra os processos ativos de instabilização e erosão identificados durante as atividades de monitoramento implantadas.	Em atendimento

As metas e indicadores do presente Programa Ambiental estão sendo atendidas, conforme apresentado no **Quadro - 2**.

**Quadro - 2: Metas e indicadores do Programa de Monitoramento das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos.**

METAS	INDICADORES	STATUS DE ATENDIMENTO
Mapear 100% das margens do futuro reservatório	--	Em atendimento
Monitorar todos os pontos críticos identificados e acompanhar o grau de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em períodos antes e após o enchimento	Número de pontos identificados para o monitoramento;	Em atendimento (16 pontos de monitoramento)
	Percentual de monitoramento dos pontos críticos identificados	Em atendimento (100% dos pontos críticos monitorados)
Indicar medidas de prevenção para 100% das intervenções necessárias	Número das intervenções necessárias para estabilização das encostas marginais	Em atendimento

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. EROSÕES CATALOGADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE SÃO MANOEL

*UHE São Manoel no rio Teles Pires*  
*Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

De modo geral, verificou-se que as margens do rio Teles Pires se encontram estáveis, com processos localizados, decorrentes de escorregamentos por queda de árvores e solapamentos naturais decorrentes da dinâmica fluvial.

As margens, formadas predominantemente por mata ciliar em planície aluvionar ou afloramentos rochosos, estão preservadas, e a ocupação antrópica se restringe às poucas pousadas existentes nas margens do rio Teles Pires. A **Figura - 1** mostra as condições gerais encontradas ao longo do rio Teles Pires, na área de formação do futuro reservatório da UHE São Manoel.



**Figura - 1: Margens preservadas e afloramentos rochosos ao longo das áreas de influência da UHE São Manoel.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

Apesar da presença reduzida de processos erosivos, verificou-se a existência de 12 pontos instáveis ou suscetíveis a ocorrência de processos futuros na porção a montante do reservatório. Na porção imediatamente a jusante da futura barragem, foram identificados 4 pontos de ocorrência natural, os quais estão localizados a uma distância superior a 3 km da barragem e apresentam baixa gravidade. Ressalta-se que a erosão causada pela operação de usinas em geral se concentram nos primeiros 3 km a jusante, não sendo um fenômeno que se estenda e que afete grandes extensões de rios. As observações mais relevantes dos processos erosivos catalogados estão apresentadas a seguir e nas fichas do **ANEXO I**, de forma mais detalhada.

- SMMD-01

O ponto SMMD-01 está localizado na margem direita do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°18,6191'(S) 56°47,2221'(W) em área de planície aluvionar. Apresenta solo arenoso e mata ciliar preservada. No local, na campanha realizada novembro de 2014 identificou-se a ocorrência de solapamento marginal natural em área de 5 metros de extensão, e erosão laminar moderada. No mês de abril de 2015 foi implantada uma estaca metálica de monitoramento, na posição horizontal, para acompanhamento da evolução dos processos erosivos (**Figura - 2**).

No decorrer de todo o período monitorado, à estaca de monitoramento apresentou aumento de 13 cm em sua altura exposta, indicando que o processo erosivo encontra-se ativo, em decorrência da dinâmica fluvial natural.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura – 2: Ponto SMMD-01 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMMD-02

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

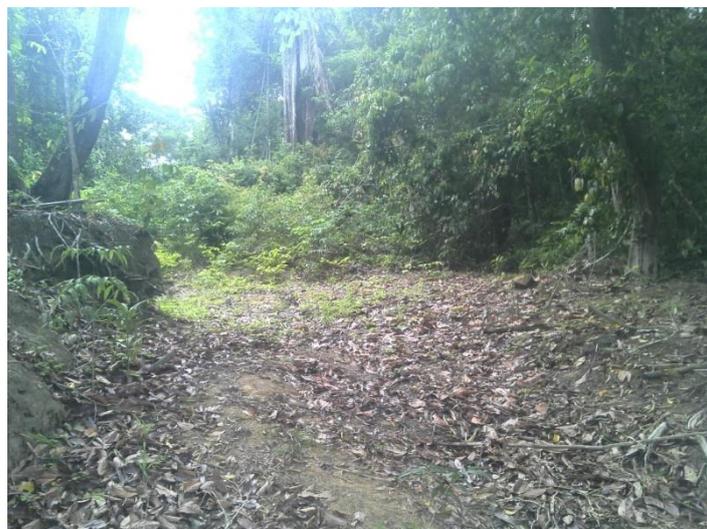
O ponto SMMD-02, também localizado na margem direita do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°17,430'(S) 56°47,3691'(W), encontra-se em planície aluvionar, possui textura do solo arenosa e mata ciliar preservada. A ocorrência de solapamento e erosão laminar foi identificada na campanha de monitoramento de abril de 2015 e é desencadeada naturalmente pela dinâmica fluvial e escoamento superficial. Nessa mesma campanha, foi realizada a instalação de uma estaca de monitoramento na posição vertical para o acompanhamento dos processos (**Figura - 3**).

Na campanha de novembro de 2015 verificou-se aumento de 3 cm na altura exposta da estaca, sendo que posteriormente não foi registrada nenhuma evolução, indicando estabilização do processo.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 3: Ponto SMMD-02 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

- SMMD-03

O ponto SMMD-03 (**Figura - 4**), localizado na margem direita do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°15,034'(S) 56°48,801'(W), apresentou solapamento em talude sub-vertical decorrente da dinâmica fluvial catalogada na campanha de abril de 2015. No local o solo é argilo-arenoso no topo e arenoso no sopé da base da encosta, com vegetação de capoeira e presença de ocupação antrópica nas proximidades. O talude monitorado é íngreme e se apresenta parcialmente exposto. No local foi implantada em abril de 2015 uma estaca de monitoramento para acompanhar a evolução dos processos erosivos.

No monitoramento de outubro de 2016, devido aos baixos níveis d'água do rio Teles Pires, não foi possível acessar o local, sendo que nova tentativa foi feita em dezembro de 2016. Apesar da estaca de monitoramento não ter indicado perdas erosivas, visualmente constatou-se a ocorrência de erosão laminar no talude e solapamentos de baixa gravidade.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 4: Ponto SMMD-03 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMMD-04

O ponto SMMD-04 está localizado na margem direita do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°14,740'(S) 56°49,237'(W), em relevo montanhoso. No local, o solo residual é argiloso e há presença de colúvio no sopé, com vegetação de mata ciliar preservada e declividade alta. Esse ponto vem sendo monitorado pela UHE Teles Pires desde o ano de 2012, quando se identificou um escorregamento de terra provocado pela queda de árvores no topo de encosta. A partir de abril de 2015, vem se verificando que os processos erosivos inicialmente classificados como movimentos de massa, estão estabilizados.

*UHE São Manoel no rio Teles Pires  
Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

No local existe uma estaca de monitoramento para verificação de possíveis retomadas erosivas (**Figura - 5**). No monitoramento de outubro de 2016 foi constatada deposição de sedimentos no local onde a estaca está inserida, indicando ocorrência de erosão laminar de gravidade baixa.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 5: Ponto SMMD-04 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMMD-05

O ponto SMMD-05 (**Figura - 6**) está localizado na margem direita do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°13,689'S 56°54,941'W, em relevo fortemente ondulado. No local, o solo é predominantemente arenoso em talude sub-vertical, com vegetação de mata ciliar preservada. Em abril de 2015 foi identificada a ocorrência de solapamentos induzidos pela dinâmica fluvial natural. Nessa campanha, foi implantada uma estaca vertical para monitorar a tendência evolutiva dos processos erosivos. Após a vistoria de 2015 o local permaneceu inacessível até dezembro de 2016, visto que se localiza em margens de rios entrelaçados intermitentes. Nessa última tentativa de acesso verificou-se que o local sofreu retomadas erosivas por solapamentos e queda de árvores. A estaca indicou avanço de 3 cm de perda de solo ao longo do período avaliado.

*UHE São Manoel no rio Teles Pires*  
*Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 6: Ponto SMMD-05 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMMD-06

O ponto SMMD-06 está localizado na margem direita do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°13,654'S 56°59,969'W, em relevo plano. No local, o solo é predominantemente areno-siltoso, com vegetação de mata ciliar preservada. Foi identificada a ocorrência de solapamentos induzidos pela dinâmica fluvial natural em toda a margem ao redor do ponto, durante a campanha de abril de 2015. Nessa mesma campanha, foi fixada uma estaca metálica na posição horizontal para acompanhamento dos processos erosivos (**Figura - 7**).

No decorrer de todo o monitoramento, o local apresentou instabilidade, com aumentos na ordem de um centímetro na estaca de monitoramento em cada campanha. Na campanha de outubro de 2016 a estaca de monitoramento encontrou-se danificada e deslocada. Os processos continuam ativos nesse local, no entanto, este ponto não apresenta grande extensão nem grande volume de solo com potencial para ser para ser carregado para o rio, devendo ser monitorado ao longo da execução deste programa.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 7: Ponto SMMD-06 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMME-07

O ponto SMME-07 está localizado na margem esquerda do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°13,939'S 56°59,170'W, em relevo plano. No local, o solo é predominantemente arenoso, com vegetação de mata ciliar preservada. Foram identificados solapamentos induzidos pela dinâmica fluvial natural na campanha de monitoramento de abril de 2015 (**Figura - 8**).

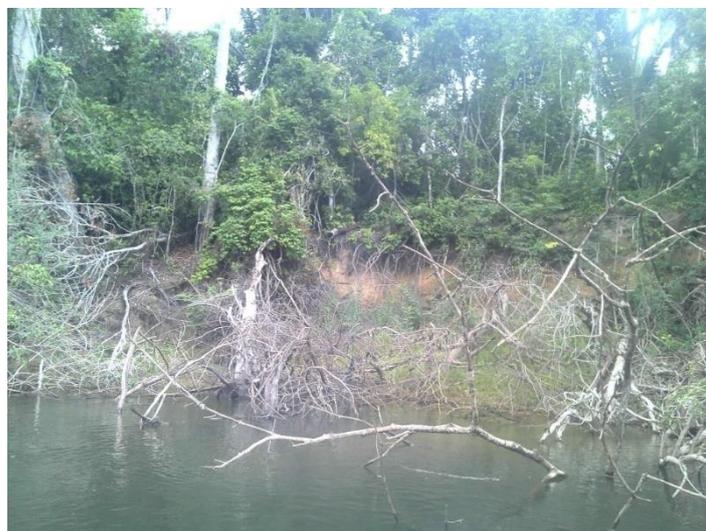
**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

Durante todo o período de monitoramento não foram verificadas retomadas significativas de processos erosivos no local. Entre maio e outubro de 2016 houve o crescimento de gramíneas na base da encosta e a estaca de monitoramento horizontal instalada em abril de 2015 não indicou retomadas erosivas.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 8: Ponto SMME-07 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMME-08

O ponto SMME-08 está localizado na margem esquerda do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°14,102'S 56°58,306'W, em relevo plano. No local, o solo é predominantemente argiloso, com

*UHE São Manoel no rio Teles Pires*  
*Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

vegetação de mata ciliar preservada. Foi identificada a ocorrência de solapamentos induzidos pela dinâmica fluvial natural na campanha de monitoramento de abril de 2015 (**Figura - 9**).

Na última vistoria ao Ponto SMME-08, realizada em outubro de 2016, o local se encontrava em fase de estabilização, sendo que a feição foi totalmente encoberta por vegetação.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 9: Ponto SMME-08 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMMI-09

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**

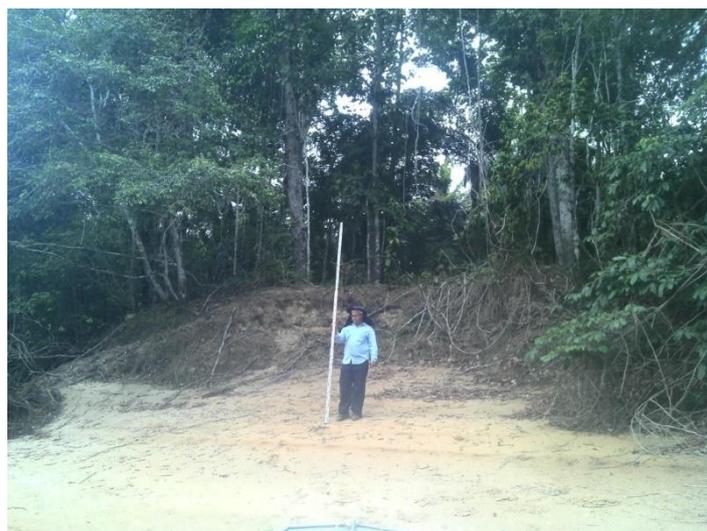
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

O ponto SMMI-09 (**Figura - 10**) está localizado em ilha no rio Teles Pires, nas coordenadas 09°14,101'S 56°54,883'W. No local, o solo é predominantemente arenoso, com vegetação de mata ciliar preservada. Na campanha de abril de 2015 foi identificado processo erosivo do tipo solapamento e foi instalada na margem estaca de monitoramento horizontal. No decorrer do monitoramento foram registrados avanços de cerca de 13 cm na altura exposta da estaca de monitoramento, causados pela dinâmica fluvial natural. Em outubro de 2016, no entanto, não foram verificadas retomadas erosivas.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 10: Ponto SMMI-09 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

- SMME-10

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

O ponto SMME-10 está localizado na margem esquerda do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°14,791'S 56°49,833'W. Assim como na maior parte dos pontos, no local, o solo é predominantemente arenoso, com vegetação de mata ciliar preservada. Na campanha de abril de 2015 foi identificada a ocorrência de solapamentos causados pela dinâmica fluvial natural, erosão laminar, e pequenos movimentos de massa induzidos pela queda de árvores (**Figura - 11**). Nesse ponto, na campanha de abril de 2015, foram implantadas duas estacas de monitoramento na posição vertical. Durante o monitoramento verificou-se pequenas retomadas erosivas. O solo arenoso contribui para o avanço dos processos erosivos, que são de origem natural.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 11: Ponto SMME-10 nas campanhas de abril de 2015 e outubro de 2016.**

*UHE São Manoel no rio Teles Pires  
Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

- SMME-11

O ponto SMME-11 está localizado na margem esquerda do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°15,634'S 56°48,669'W. No local, o solo é predominantemente arenoso, com vegetação de mata ciliar preservada. Em uma pequena área, com aproximadamente 4 metros de extensão, foi identificada margem apresentando solo exposto na campanha de abril de 2015, suscetível a ocorrência de processos de erosão laminar e solapamentos (**Figura - 12**).

Nessa mesma campanha foi instalada uma estaca de monitoramento na posição vertical. Durante o período de monitoramento, a estaca indicou 3 cm de perda de solo, sendo que o processo ainda se mostrava ativo na última visita, realizada em outubro de 2016.

**Abril de 2015**



**Outubro de 2016**

*UHE São Manoel no rio Teles Pires  
Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*



**Figura - 12: Ponto SMME-11 na campanha de abril de 2015 e em outubro de 2016.**

- SMMI-12

O ponto SMMI-12 (**Figura - 13**) encontra-se em ilha do corpo d'água Teles Pires e situa-se nas coordenadas 09°13,742'S 56°55,288'W (WGS84). O local se caracteriza por apresentar solo areno-argiloso. Além disso, na campanha de monitoramento de abril de 2016 foi observada a exposição das raízes, queda de árvores de médio e grande porte e declividade acentuada, o que acelera a ocorrência de processos erosivos.

Esse ponto é de difícil acesso, devido aos longos períodos em que não há navegabilidade no local. Nas últimas campanhas de maio e novembro de 2016 não foi possível acessar o local. Nova tentativa foi realizada em dezembro e também não foi possível o acesso, sendo que em janeiro será realizada nova tentativa.

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

**Novembro de 2014**

**Abril de 2015**



**Figura - 13: Ponto SMMI-12 em novembro de 2014 e abril de 2015.**

- SMJD-01

O ponto SMJD 01 se encontra na margem do corpo d'água Teles Pires a aproximadamente 5 km a jusante do eixo da futura barragem da UHE São Manoel, em área indígena Kayabi (**Figura - 14**), nas coordenadas 09°08,490'S 57°03,500'W (WGS84). Observou-se que o solo é arenoso, não apresentando coesão entre as partículas, o que facilita a ocorrência dos processos erosivos. Os avanços erosivos vêm ocorrendo de forma lenta e natural, sendo que na última campanha realizada em outubro de 2016, observou-se crescimento de vegetação rasteira na porção exposta.

**Abril de 2015**

**Outubro de 2016**



**Figura - 14: Ponto SMJD-01 em abril de 2015 e outubro de 2016.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

- SMJE-02

O ponto SMJE-02, situado na margem esquerda do rio Teles Pires, nas coordenadas 09°08,514'S 57°03,798'W (WGS84) – em área indígena, também é composto por solo arenoso, com ausência de vegetação, declividade acentuada e presença de ocupação antrópica (antiga casa indígena - **Figura - 15**). Foi identificado processo erosivo do tipo solapamento na campanha de outubro de 2016. No decorrer de todo o monitoramento não foi verificado avanço dos processos erosivos no local. A estaca de monitoramento foi removida possivelmente por pescadores que acessam o local.

**Novembro de 2014**



**Outubro de 2016**



**Figura - 15: Ponto SMJE-02 em novembro de 2014 e outubro de 2016.**

- SMJD-03

O ponto SMJD-03 localizado na margem direita do rio Teles Pires nas coordenadas 09°08,008'S 57°03,181'W também em área indígena Kayabi, se caracteriza por ser um acesso de embarcações ao rio. Na vistoria realizada em novembro de 2014, se observou a presença de galhos caídos e solo exposto (**Figura - 16**). Em maio e novembro de 2015, assim como em maio e outubro de 2016, a situação era semelhante, com ausência de evolução dos processos erosivos. Verificou-se a inserção de enrocamento nas margens pelo proprietário da fazenda.

Nesse local, a estaca de monitoramento instalada em maio de 2016 também foi removida.

*UHE São Manoel no rio Teles Pires*  
*Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

**Maio de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura -16: Ponto SMJD-03 em maio de 2015 e outubro de 2016.**

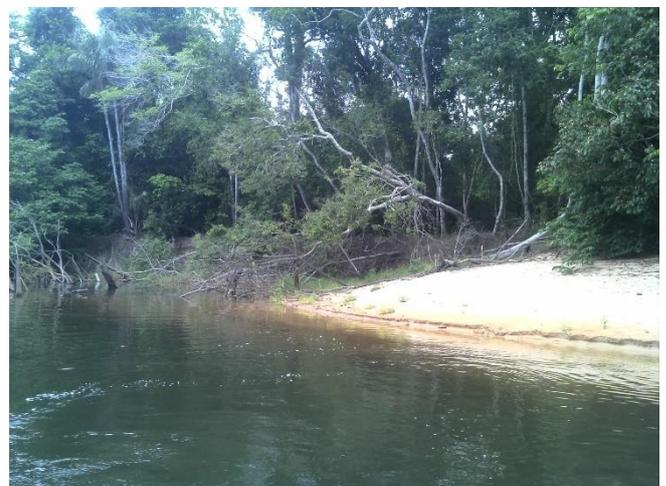
- SMJE-04

O ponto SMJE04 está localizado na margem esquerda do rio Teles Pires, situado nas coordenadas 09°04,975'S 57°03,675'W (WGS84), e dista aproximadamente 12 km do eixo principal da futura UHE São Manoel (**Figura - 17**). Observou-se durante a campanha de novembro de 2014, que o local estava bastante preservado, porém com uma grande exposição de raízes e presença de solo arenoso pouco coeso, o que proporciona um aumento na suscetibilidade à erosão. Verificou-se retomadas erosivas naturais ao longo do monitoramento.

**Maio de 2015**



**Outubro de 2016**



**Figura - 17: Ponto SMJE-04 em maio de 2015 e outubro de 2016.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

De acordo com as inspeções realizadas nos pontos cadastrados, verificou-se que ocorreram avanços erosivos na maioria dos pontos monitorados, todos decorrentes da dinâmica fluvial natural. No entanto, ao longo das margens a montante da área do futuro reservatório da UHE São Manoel não foram identificados novos focos erosivos, se mostrando estáveis e preservadas.

#### **4.2. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ERODIBILIDADE DO TRECHO DE JUSANTE DA ENSECADDEIRA**

Em atendimento ao Parecer 02001.001447/2016-97 COHID/IBAMA de anuência para alteração de projeto no trecho de jusante da ensecadeira de primeira fase, vistorias para avaliação das condições de erodibilidade e o monitoramento do comportamento da margem esquerda do rio Teles Pires no trecho afetado pelo estreitamento do rio foram iniciadas em maio de 2016, com periodicidade semestral.

A partir de dezembro de 2016, em atendimento ao Parecer 02001.004263/2016-89 de 18/10/2016, todo o trecho a jusante da barragem do futuro reservatório da UHE São Manoel passou a ser monitorado mensalmente, visto a necessidade de avaliação do local para a implantação da ensecadeira de segunda fase. Na **Figura - 18** é possível visualizar de forma geral a área avaliada.



*UHE São Manoel no rio Teles Pires  
Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*



**Figura - 18: Vista geral da porção imediatamente a jusante da barragem da UHE São Manoel (dezembro de 2016).**

Verificou-se que o construtor adotou medidas de contenção, com a inserção de aterro e enrocamento nas margens imediatamente a jusante do barramento. Nas fotos da **Figura - 19** é possível observar as condições gerais da margem esquerda encontradas em campo na campanha realizada no dia 17 de dezembro de 2016.



**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**



**Figura - 19: Vista geral da porção imediatamente a jusante da barragem da UHE São Manoel no mês de dezembro de 2016.**

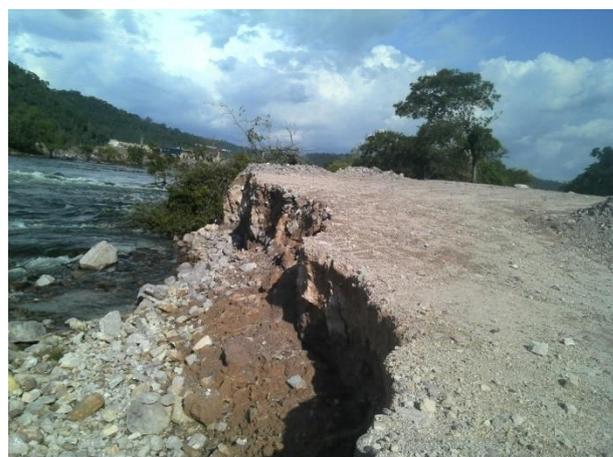
De toda a extensão analisada constatou-se na vistoria realizada em dezembro de 2016 a presença de processos erosivos apenas na porção marginal localizada nas proximidades da foz do rio Apiacás (**Figura - 20**). O restante do trecho estava estável em todas as vistorias, mostrando que a medida adotada está sendo eficiente na contenção dos processos. As **Figuras - 21 a - 23** mostram o comparativo da situação das margens nos meses de maio e outubro de 2016.

Para continuação das obras da ensecadeira de segunda fase, recomenda-se o reforço do enrocamento na foz do rio Apiacás, visto que o mesmo foi carregado pelas altas vazões.

**Maio de 2016**



**Outubro de 2016**



**Figura - 20: Margem aterrada erodida nas proximidades da foz do rio Apiacás. Verificou-se que o enrocamento inserido nas margens foi carregado pelas altas vazões do rio Teles Pires.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

**Maio de 2016**



**Outubro de 2016**



**Figura - 21: Margem esquerda do rio Teles Pires aterrada e enrocada. Verificou-se que o enrocamento inserido apresenta-se estável.**

**Maio de 2016**



**Outubro de 2016**



**Figura - 22: Margem esquerda do rio Teles Pires enrocada. Verificou-se que o enrocamento apresenta-se estável.**

*UHE São Manoel no rio Teles Pires*  
*Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*

Maio de 2016



Outubro de 2016



**Figura - 23: Talude enrocado na margem esquerda do rio Teles Pires. Verificou-se que o enrocamento apresenta-se estável.**

Na margem direita, não foram verificados, nas vistorias realizadas, processos erosivos ativos na maior parte da extensão das margens, conforme apresentado nos registros fotográficos da Figura 4-24. No entanto, as margens adjacentes às obras, localizadas em ilha, foram enrocadas, mas apresentaram na época da vistoria realizada em dezembro de 2016, trechos localizados de solo exposto, como apresentado na **Figura - 25**.



*UHE São Manoel no rio Teles Pires*  
*Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos*



**Figura - 24: Vista geral da porção imediatamente a jusante da barragem da UHE São Manoel no mês de dezembro de 2016.**



**Figura - 25: Solo exposto em margem de ilha localizada nas coordenadas UTM WGS 84 21L 493518 8984799.**

Na margem direita do canal de fuga, a aproximadamente 400 metros a jusante da casa de força da futura UHE São Manoel, também foi verificado pelo empreendedor, no dia 26 de dezembro de 2016, o surgimento de processo erosivo decorrente de solapamento causado pela dinâmica fluvial (**Figura - 26**).



**Figura - 26: Erosão na margem direita do Canal de Fuga.**

Ressalta-se que a margem direita está inserida em relevo de planalto dissecado com predomínio de coberturas sedimentares inconsolidadas, sendo necessário o acompanhamento constante do local. Para esses locais em que foram verificados processos erosivos ativos, recomenda-se a contenção dos mesmos através do reforço do enrocamento.

#### **4.3. MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS**

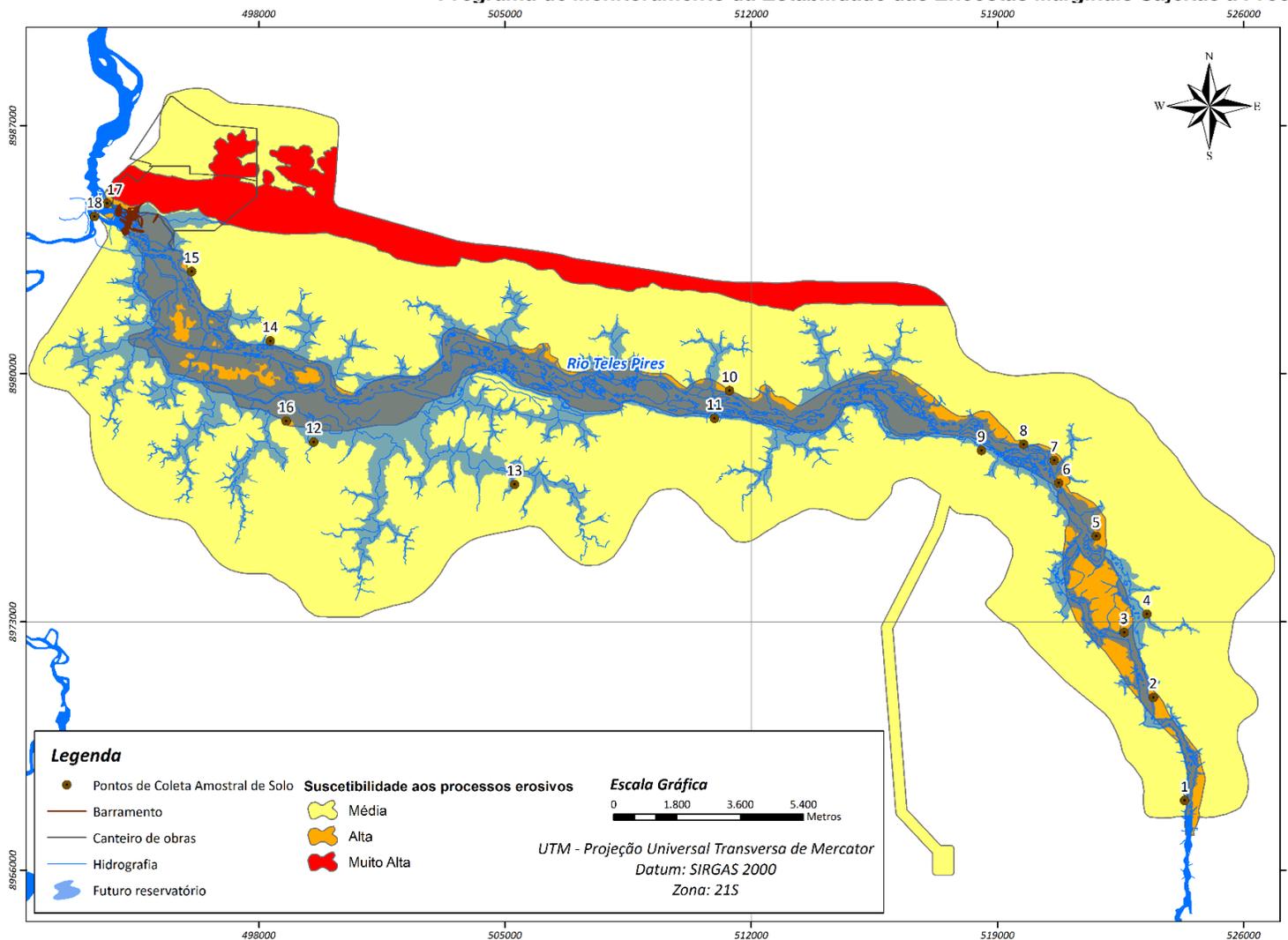
Na campanha de campo de novembro de 2015, realizada nos pontos que apresentaram focos de processos erosivos, foram coletadas amostras de solo deformado e indeformado para a caracterização da suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos após o enchimento do reservatório.

A amostragem de solo superficial auxilia na previsão e identificação de possíveis locais suscetíveis ao surgimento futuro de focos erosivos, quando do enchimento do reservatório, principalmente nas áreas de alta suscetibilidade mapeadas através das análises geológicas e fisiográficas (**Mapa - 2**).

As análises granulométricas e de erodibilidade em laboratório, foram realizadas conforme metodologia descrita no **ANEXO II** deste relatório. Os laudos contendo os resultados obtidos estão apresentados nos **ANEXOS III e IV**, respectivamente. A localização dos pontos amostrais pode ser observada também no **Mapa - 2**.

A **Tabela - 1** apresenta um resumo dos resultados das análises granulométricas nos pontos de coleta amostral. Verificou-se a predominância de areia fina e silte na maior parte dos pontos amostrados, indicando a necessidade de preservação da vegetação natural nas encostas marginais para minimização da ocorrência de processos erosivos nas margens do futuro reservatório. A **Figura - 28** apresenta a classificação textural dos pontos avaliados.

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

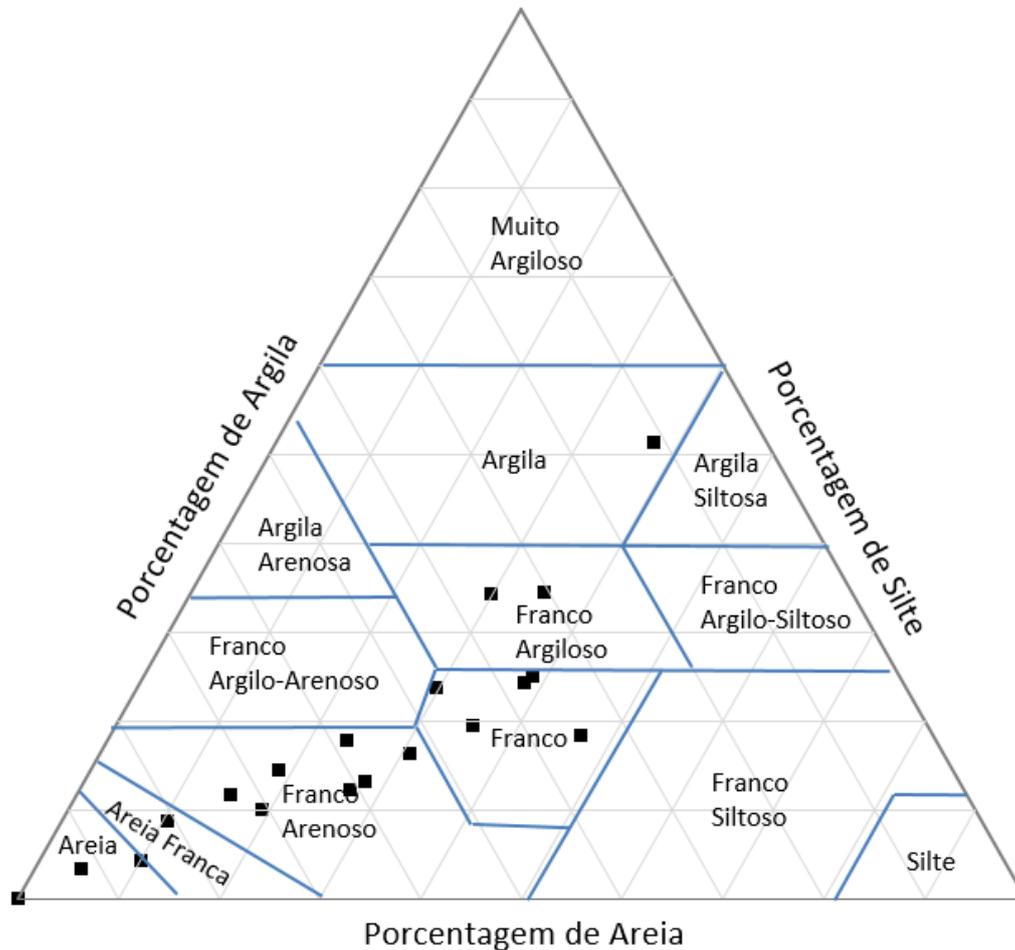


**Mapa - 2: Pontos de coleta amostral de solo e graus de suscetibilidade aos processos erosivos.**

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

**Tabela - 1. Resultados do ensaio de granulometria nos pontos amostrais selecionados ao longo das margens do futuro reservatório.**

<b>PONTOS AMOSTRAIS</b>	<b>ARGILA ≤0,002</b>	<b>SILTE 0,002-0,060</b>	<b>AREIA FINA 0,060-0,200</b>	<b>AREIA MÉDIA 0,200-0,600</b>	<b>AREIA GROSSA 0,600-2,0</b>	<b>CASCALHO 2,0-60</b>
1	25,11	38,59	15,21	12,68	8,42	Não Identificado
2	13,17	27,81	52,42	4,51	2,09	Não Identificado
3	3,37	4,67	84,29	7,45	0,16	Não Identificado
4	18,46	46,69	18,59	12,77	3,50	Não Identificado
5	23,65	29,74	31,33	10,78	4,50	Não Identificado
6	17,83	23,72	48,09	6,40	3,95	Não Identificado
7	10,00	19,30	68,89	1,50	0,31	Não Identificado
8	24,33	38,16	24,23	7,93	5,34	Não Identificado
9	16,29	30,77	51,44	1,02	0,48	Não Identificado
10	19,43	35,48	44,61	0,39	0,09	Não Identificado
11	4,37	10,04	81,42	3,97	0,19	Não Identificado
12	34,42	34,99	12,19	11,33	7,07	Não Identificado
13	34,24	29,88	16,79	9,16	9,93	Não Identificado
14	12,27	26,89	60,18	0,49	0,17	Não Identificado
15	14,39	18,68	18,80	37,57	10,55	Não Identificado
16	51,28	37,48	8,23	0,53	2,47	Não Identificado
17	11,65	15,25	68,06	4,74	0,3	Não Identificado
18	8,79	10,39	80,5	0,29	0,04	Não Identificado



**Figura - 28. Triângulo de classificação das classes texturais dos pontos analisados na área marginal do futuro reservatório da UHE São Manoel (adaptado de Kiehl, 1979).**

A **Tabela - 2** apresenta os resultados obtidos através dos ensaios de absorção de água e perda de peso por imersão. O índice de absorção (S) foi obtido através de um gráfico do volume de água absorvido por unidade de área da base do corpo de prova (q) versus a raiz quadrada do tempo. Já a perda de peso por imersão consiste em manter o corpo de prova imerso por um período de 24h, a fim de se obter a massa erodida nesse período e determinar o índice de erodibilidade (E), segundo as formulações propostas por Nogami e Villibor (1979) e Pejón (1992) – Equações 1 e 2, respectivamente.

$$E40 = 40 \cdot \frac{S}{P} \tag{1}$$

$$E52 = 52 \cdot \frac{S}{P} \tag{2}$$

Deve-se considerar que quando  $E > 1$  (considerando tanto Nogami e Villibor, quanto Pejón), o local apresenta baixa suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

**Tabela - 2. Resultados do ensaio de erodibilidade nos pontos amostrais selecionados ao longo das margens do futuro reservatório.**

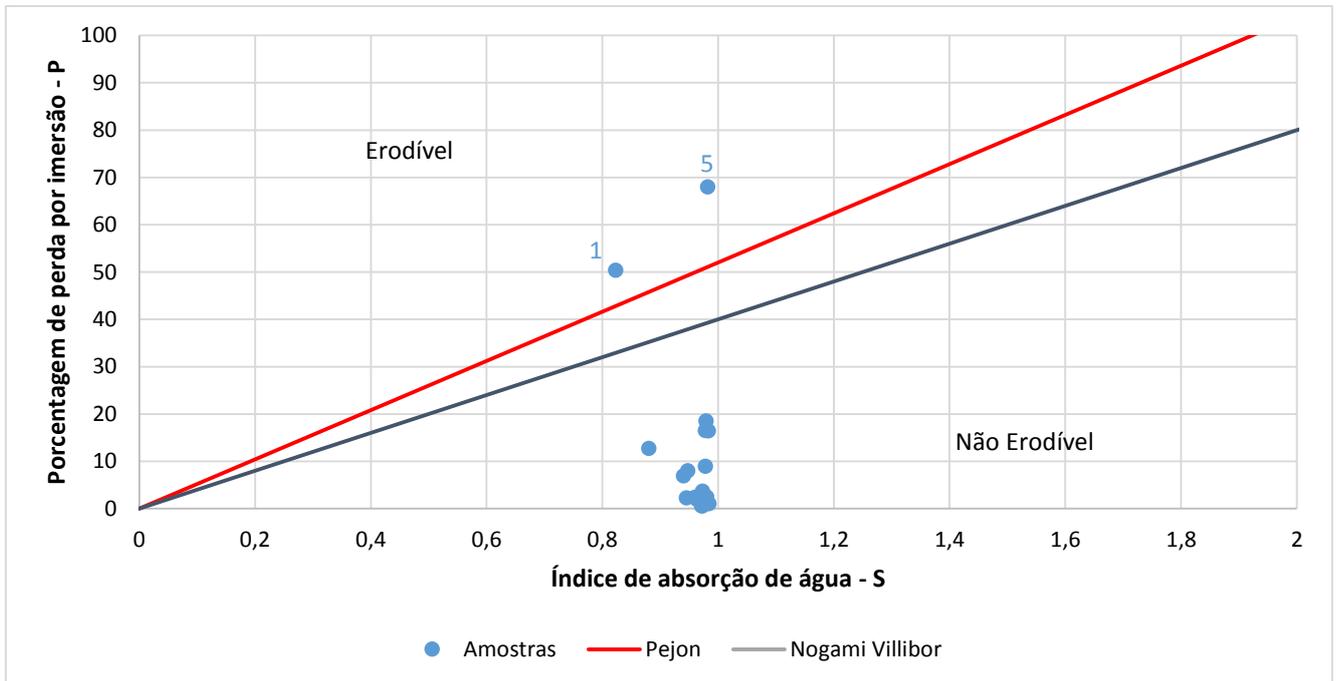
AMOSTRA	PI (%)*	S**	E40	E52
1	50,43	0,823	0,65	0,85
2	16,54	0,978	2,36	3,07
3	2,93	0,971	13,25	17,22
4	2,04	0,963	18,87	24,53
5	68,01	0,982	0,58	0,75
6	1,08	0,984	36,35	47,26
7	8,02	0,947	4,72	6,14
8	0,64	0,973	60,8	79,04
9	0,65	0,971	59,53	77,39
10	7,00	0,940	5,38	6,99
11	12,78	0,880	2,75	3,58
12	2,48	0,960	15,48	20,12
13	2,29	0,945	16,41	21,46
14	16,49	0,983	2,37	3,08
15	8,97	0,978	4,36	5,67
16	18,56	0,979	2,11	2,74
17	2,5	0,980	15,71	20,42
18	3,73	0,973	10,43	13,56

\*PI (%) = Perda de Solo após imersão durante 24h

\*\*S = Índice de Absorção ou Coeficiente de Sorção.

O gráfico da **Figura - 29** ilustra os resultados obtidos através da correlação entre os índices de absorção da água e a taxa de perda de peso por imersão (P). Através dos resultados é possível verificar que somente os pontos 1 e 5 apresentam suscetibilidades altas a ocorrência de processos erosivos. Esses pontos estão localizados na porção mais a montante da barragem em área que não será suprimida, sendo provavelmente conservadas as atuais condições de preservação.

**UHE São Manoel no rio Teles Pires**  
**Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**



**Figura - 29. Gráfico S x P, com o resultado das amostras analisadas.**

---

## 5. JUSTIFICATIVAS (ANÁLISE DE CONFORMIDADE)

Entre os meses de outubro de 2014 e dezembro de 2016 foi realizada uma campanha de vistoria inicial e 4 campanhas de vistorias nas porções a jusante e montante do futuro reservatório. Além disso, desde dezembro de 2016 estão sendo realizadas campanhas mensais de vistoria na porção imediatamente a jusante do barramento.

Até dezembro de 2016, todos os processos catalogados atingem escalas muito localizadas, e possuem baixa a média gravidade, sendo ocasionados principalmente pela textura arenosa do solo. A presença de vegetação ciliar preservada contribui para a estabilidade das encostas marginais, mesmo nos trechos mapeados na Área de Influência Direta do empreendimento como de média suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.

O monitoramento frequente das margens da região imediatamente a jusante do barramento está sendo realizado em conformidade com o Parecer 02001.004263/2016-89, sendo possível a correção de eventuais inconformidades em curto espaço de tempo. Até o momento foram observados problemas localizados e que puderam ser resolvidos com a reposição de enrocamento.

Ressalta-se que os depósitos de sedimentos nas praias a jusante são monitorados através do programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.

Esse Programa Ambiental está de acordo com o cronograma proposto no PBA, sendo que a dificuldade de acesso em alguns pontos no período de seca, e as quedas das estacas, por ação aparentemente humana, são as principais dificuldades técnicas identificadas.

---

## 6. CRONOGRAMA – PREVISTO E EXECUTADO

Abaixo são apresentadas as atividades previstas e executadas no Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas aos Processos Erosivos.

Atividades		Marcos																			
		Previsão/Realizado				Entrada de fase 1ª fase				Entrada de fase 2ª fase				Início do enchimento do reservatório Comiss. sobre a 1ª Unidade e Geradora 1				Entrada em operação comercial linha US			
Item	Atividade	2014				2015				2016				2017				2018			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
ETAPAS		P/R																			
		IMPLANTAÇÃO																			
		OPERAÇÃO COMERCIAL																			
P07 - Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos																					
1	Levantamento Bibliográfico	P																			
		R																			
2	Geoprocessamento, fotointerpretação e preparo do mapa base	P																			
		R																			
3	Mapeamento geológico geotécnico e caracterização dos processos de instabilização das encostas	P																			
		R																			
4	Investigações	P																			
		R																			
5	Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações	P																			
		R																			
6	Estudo de análise das medidas de proteção das encostas marginais	P																			
		A																			
		R																			
7	Inspeções, levantamentos e leituras de instrumentos	P																			
		R																			
8	Monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais	P																			
		A																			
		R																			
9	Relatório Semestral	P																			
		R																			

Previsto
Ajustado
Realizado

---

## 7. PROPOSTA DE CONTINUIDADE – FASE DE OPERAÇÃO

Abaixo está apresentado o cronograma de atividades proposto para a fase de enchimento e operação da usina, o qual abrange todas as diretrizes sugeridas no PBA. De acordo com ele, além dos 2 anos anteriores ao enchimento, o monitoramento deve se estender por mais 4 anos, englobando tanto o período propriamente dito do enchimento, quanto o período após a formação do reservatório. Durante estes 4 anos sugere-se que no primeiro ano o monitoramento seja realizado trimestralmente e nos outros 3 anos semestralmente. Após este período será realizada uma nova análise dos resultados para determinação de novas diretrizes de monitoramento.

Atividades		Marcos															
		2017				2018				2019				2020			
Item	Atividade	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
ETAPAS		GERAÇÃO															
P/R																	
<b>P07 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS SUJEITAS A PROCESSOS EROSIVOS</b>																	
1	Inspecões, levantamentos e leitura de instrumentos	P															
		R															
2	Monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais	P															
		R															
3	Estudo e análise das medidas de proteção das encostas marginais*	P															
		R															
3	Relatório Semestral	P															
		R															

\*Os estudos ocorrerão apenas no caso de necessidade

Previsto
Realizado

---

## 8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of mapping units for highway purposes in a tropical área. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, vol. 19, 196-199.

PEJÓN, O. J. **Mapeamento Geotécnico da folha de Piracicaba – SP (escala 1:100.000)**: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

## 9. ANEXOS

ANEXO I: Fichas descritivas dos pontos erosivos catalogados a montante e a jusante da barragem.

ANEXO II: Metodologia utilizada para a realização dos ensaios geotécnicos de granulometria e erodibilidade.

ANEXO III: Laudos Laboratoriais – Análise Granulométrica.

ANEXO IV: Laudos Laboratoriais – Erodibilidade.