

# SUMÁRIO – 10.3 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

---

10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO / GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MINERAIS .....	10.3-1
10.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS.....	10.3-1
10.3.1. INTRODUÇÃO .....	10.3-1
10.3.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS .....	10.3-3
10.3.2.1. GEOPROCESSAMENTO .....	10.3-4
10.3.2.2. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÃO DE MONITORES .....	10.3-5
10.3.2.2.1. INSPEÇÕES TRIMESTRAIS.....	10.3-5
10.3.2.2.2. INSTALAÇÃO DE MONITORES .....	10.3-14
10.3.2.3. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES.....	10.3-20
10.3.2.3.1. FENÔMENOS OBSERVADOS AO LONGO DOS PONTOS VISTORIADOS .....	10.3-21
10.3.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA .....	10.3-35
10.3.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA .....	10.3-37
10.3.5. ATIVIDADES PREVISTAS.....	10.3-39
10.3.6. ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA.....	10.3-40
10.3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	10.3-42
10.3.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO .....	10.3-44
10.3.9. ANEXOS.....	10.3-44

## 10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO / GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MINERAIS

### 10.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

#### 10.3.1. INTRODUÇÃO

Os estudos contemplados no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)<sup>1</sup> da UHE Belo Monte (Volume 11) identificaram e caracterizaram os principais processos e mecanismos potenciais de instabilização das encostas marginais dos futuros reservatórios do Xingu e Intermediário. Adicionalmente, foi feita uma avaliação e determinação do grau de suscetibilidade das referidas encostas frente a esses processos e mecanismos, levando-se em consideração os principais condicionantes de relevo, geológico-geotécnicos, estruturais e de uso e ocupação do solo.

Na avaliação e caracterização dos possíveis impactos ocasionados pelo empreendimento de Belo Monte realizadas no EIA e no RIMA<sup>2</sup> (Volume 31), a formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário poderá acarretar acréscimo na suscetibilidade aos processos de instabilização de encostas marginais, fato este que estabeleceu a necessidade de implantação do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos.

Conforme o EIA e o RIMA, a formação dos reservatórios pode gerar impactos, tais como:

- Acréscimo da suscetibilidade a processos de instabilização de encostas marginais, tendo como impactos secundários o aumento da turbidez da água e a perda de terras agricultáveis;
- Instabilização de solos não saturados e de baixa resistência, impacto secundário derivado da alteração das características hidráulicas do rio Xingu e consequente elevação do nível freático; e
- Erosão a jusante da Casa de Força Principal, impacto primário ligado à Etapa de Operação.

---

<sup>1</sup> Leme Engenharia, 2009. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte – Diagnóstico das Áreas Diretamente Afetada e de Influência Direta – Meio Físico – Volume 11

<sup>2</sup> Leme Engenharia, 2009. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte – Avaliação de Impactos e Prognóstico Global – PARTE 3 – Volume 31

O aparecimento de processos erosivos provocados pela ação e embate de ondas nas margens dos reservatórios, principalmente quando atuantes sobre materiais inconsolidados, como, por exemplo, em aluviões ou em solos de alteração de rocha de natureza notadamente silto-arenosa, podem provocar o recuo de encostas. A aceleração ou reativação de processos erosivos de encostas já existentes pode ocasionar, devido à elevação do nível freático, surgências de água nas paredes das erosões pré-existentes. Com essa aceleração ou reativação, há a propagação das erosões para montante, a partir das bordas do reservatório.

Adicionalmente, os processos erosivos podem ser intensificados em encostas marginais localizadas a jusante dos barramentos, especialmente quando são compostas por unidades geológico-geotécnicas com características de alta suscetibilidade a esses processos e sob a ação ativa de água proveniente, por exemplo, do Canal de Fuga.

O desenvolvimento de novos processos erosivos, ou a reativação de algum já instalado, pode ser favorecido pelos processos de movimentos de massa, a submersão parcial das encostas, a elevação do nível freático e suas oscilações e o embate de ondas com a implantação do reservatório. Cita-se a ocorrência de escorregamentos em solos de alteração, queda e rolamento de blocos e, localmente, rastejos e escorregamentos em talus/colúvio devido à redução na resistência das unidades geológico-geotécnicas mais suscetíveis à instabilização.

A elevação do lençol freático decorrente do enchimento dos reservatórios pode ocasionar fenômenos de colapsividade em materiais inconsolidados dos coluviões e dos depósitos de encostas, bem como instabilizações de aterros e aluviões devido à perda de suas estruturas imposta pela saturação. A ação das águas do reservatório e do lençol freático pode gerar a desagregação superficial ligada à presença de minerais expansivos e de expansão, retração e empastilhamento em sedimentos pelíticos.

Devem ser consideradas também, em decorrência da elevação do lençol freático com o enchimento dos reservatórios, as possibilidades de alteração na circulação das águas subterrâneas, de ocorrência de surgências e de aumento da possibilidade de *piping* em cavidades subterrâneas e em feições de rochas areníticas originadas por *piping*.

Em função das premissas caracterizadas acima, conforme o Projeto Básico Ambiental (PBA) da UHE Belo Monte, a implantação e o desenvolvimento do Programa de Monitoramento das Encostas Marginais e Processos Erosivos tem como principais objetivos:

- Identificação e caracterização de forma detalhada dos condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas a jusante da Casa de Força Principal e do Sítio Pimental, de modo a permitir a determinação dos graus de suscetibilidade a esses processos em diversos trechos e setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se, assim, a influência dos reservatórios do Xingu e Intermediário; e

- Possibilitar também a indicação de medidas de proteção contra os processos de instabilização e estabelecer as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos previstos em locais de relevantes suscetibilidade e criticidade, específicas para cada caso.

### **10.3.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS**

As atividades do presente Programa são desenvolvidas visando ao cumprimento das metas e objetivos estabelecidos no PBA, dentre as quais se destacam as inspeções trimestrais, que são realizadas continuamente e permitem o acompanhamento das condições de estabilidade das encostas marginais e dos processos erosivos nos trechos do Reservatório Intermediário situados ao longo das estradas marginais da região (áreas prioritárias 1, 2 e 3, conforme definido no PBA) e na região do Reservatório do Xingu e do trecho a jusante da Casa de Força Principal no rio Xingu, ao longo do perímetro de borda do (futuro) lago e da saída de água do Canal de Fuga, na região da Área de Influência Direta (AID) da UHE Belo Monte.

Até o fechamento do presente relatório foram realizadas 11 (onze) campanhas trimestrais - três durante o ano de 2012, quatro em 2013 e quatro em 2014 -, sendo que a consolidação dos dados e resultados obtidos é apresentada ao longo do conteúdo deste documento. Vale destacar que, conforme estabelecido nas metas do PBA, estas 11 (onze) campanhas trimestrais possibilitaram, para a fase do Programa antes do enchimento dos reservatórios, uma caracterização geológico-geotécnica das encostas marginais e dos processos erosivos instalados ou que podem ser potencialmente desenvolvidos nas regiões de interesse ao Programa, antes aqui referenciadas.

A partir dessa caracterização antes do enchimento, será feita uma avaliação geológico-geotécnica comparativa com os dados e resultados obtidos com as inspeções realizadas durante e após a formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário, constatando assim o aparecimento ou não, e a reativação ou não, de novos e antigos processos erosivos ao longo das encostas marginais de ambos os reservatórios.

As atividades de investigações geológico-geotécnicas também foram desenvolvidas de acordo com as metas estabelecidas no PBA, dentre as quais se destacam: a definição das unidades geológicas, pedológicas e geotécnicas; execução de sondagens a trado mecanizado para definição dos perfis de solo durante a etapa de mapeamento; levantamentos geofísicos complementares, utilizando-se o método eletromagnético GPR (*Ground Penetrating Radar*) e o método da eletrorresistividade (tomografia elétrica 2D), sendo que este último teve maior eficiência na zona urbana de Altamira, possibilitando a determinação da geometria das camadas sedimentares inconsolidadas, delimitação das interfaces geológico-geotécnicas ao longo da área urbana e delineamento, com maior precisão, do topo da zona saturada entre os poços de monitoramento. Esta caracterização será importante para a verificação das possíveis influências que a formação do Reservatório do Xingu poderá ocasionar na

zona urbana de Altamira (comparação das condições geológico-geotécnicas antes e após enchimento).

Por meio do método da eletrorresistividade (tomografia elétrica 2D) foram realizados vários perfis: em diferentes pontos da área urbana de Altamira; dois perfis no Travessão 55 e um perfil na área do módulo Rapeld 5 (conforme detalhado no Quinto Relatório Consolidado – RC – de Andamento do PBA e Atendimento de Condicionantes, em janeiro/2014). Atendendo às metas do Programa de se identificar e caracterizar, de forma detalhada, os condicionantes, processos e mecanismos de instabilização, os resultados mostraram locais em que os materiais argilosos são dominantes, nos quais há maior risco de elevação de umidade por capilaridade.

Na área urbana de Altamira, os locais próximos à margem do futuro Reservatório do Xingu, nos igarapés Altamira e Ambé, apresentam domínio de materiais argilosos, com maior risco de elevação de umidade por capilaridade, o que poderá vir a afetar fundações de obras civis (notadamente nas faixas em que os níveis freáticos são muito rasos). Por outro lado, nos locais em que ocorre predominância de materiais arenosos, espera-se que esse tipo de problema potencial seja minimizado. Cabe aqui registrar que os estudos geofísicos realizados têm maior potencial para a avaliação da distribuição vertical e lateral das variações dos materiais, fato que dificilmente poderia ser observado apenas com a integração das informações pontuais de sondagens para instalação de poços de monitoramento.

#### 10.3.2.1. GEOPROCESSAMENTO

As atividades de geoprocessamento envolvem a confecção, elaboração e atualização de mapas geológico-geotécnico, pedológico, hidrogeológico, potenciométrico da área urbana de Altamira e de mapa de erodibilidade potencial da AID.

Semestralmente, são apresentados os mapas de localização atualizados dos pontos monitorados; sempre que se faz necessária a inserção de novos pontos na rede de monitoramento, os mesmos são adicionados aos referidos mapas (**Anexos 10.3 - 1; 10.3 - 2 e 10.3 - 3**), caso haja observação e constatação, durante as campanhas trimestrais, de novas regiões potenciais ou efetivas para o aparecimento de processos erosivos ou instabilizatórios de qualquer natureza geotécnica.

Dessa forma, durante a décima primeira inspeção trimestral foi acrescentado um ponto de monitoramento na área do Reservatório do Xingu (denominado R 45 – coordenadas UTM 395158/9626723), conforme mapa com localização dos pontos monitorados atualizado e apresentado no **Anexo 10.3 - 1**.

O **Anexo 10.3 - 4** apresenta o mapa geológico-geotécnico da AID, ressaltando-se que as informações, obtidas durante as inspeções trimestrais realizadas no segundo semestre de 2014 não apresentaram dados/características que indicassem a necessidade de alterações na classificação geotécnica - geológica definida no início dos trabalhos do presente Programa. Portanto, o produto apresentado no âmbito do

presente relatório consolidado, correspondente ao anexo supracitado, é o mesmo de relatórios anteriores.

### 10.3.2.2. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÃO DE MONITORES

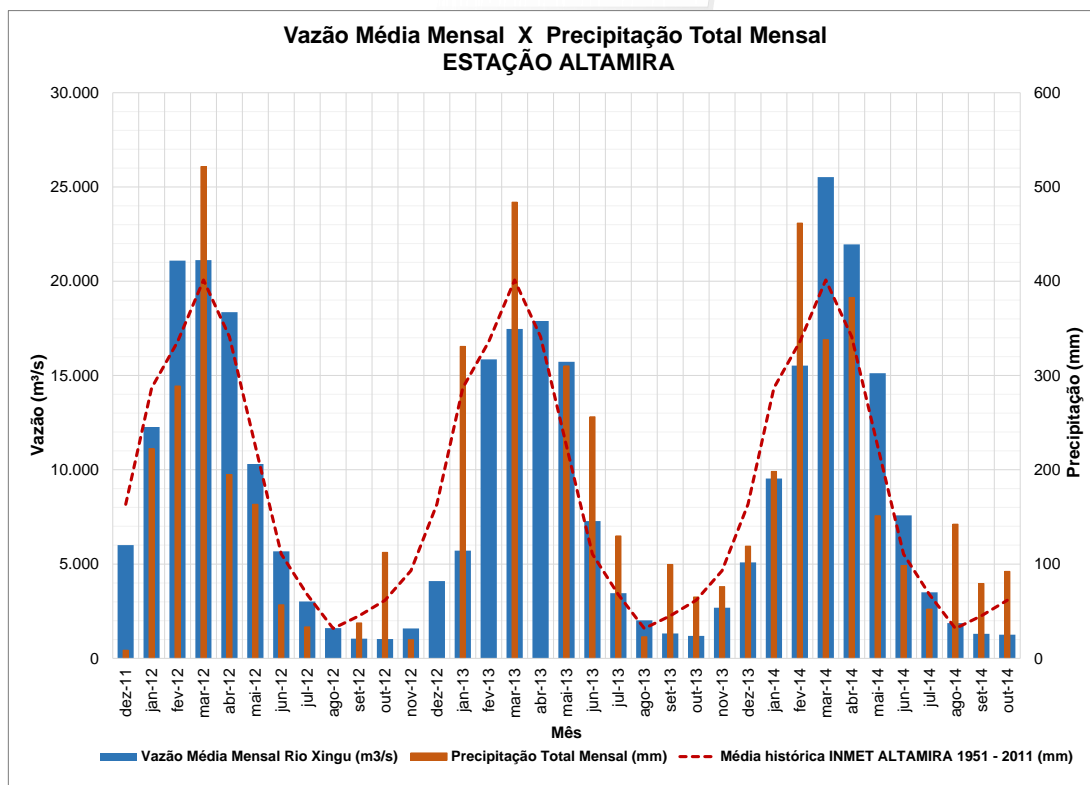
#### 10.3.2.2.1. INSPEÇÕES TRIMESTRAIS

O **Quadro 10.3 - 1** caracteriza o período hidrológico de execução de cada campanha de campo realizada desde o início da execução deste Programa, totalizando as 11 (onze) inspeções trimestrais anteriormente citadas.

**Quadro 10.3 - 1 – Periodicidade das inspeções realizadas desde o início da execução deste Programa**

INSPEÇÃO TRIMESTRAL	DATA DE EXECUÇÃO	PERÍODO HIDROLÓGICO
1	Maio de 2012	Cheia
2	Agosto de 2012	Vazante
3	Novembro de 2012	Seca
4	Fevereiro de 2013	Enchente
5	Maio de 2013	Cheia
6	Agosto de 2013	Vazante
7	Outubro de 2013	Seca
8	Janeiro de 2014	Enchente
9	Abril de 2014	Cheia
10	Julho de 2014	Vazante
11	Outubro de 2014	Seca

Os períodos hidrológicos da região são evidenciados na **Figura 10.3 -1**, que apresenta a correlação das precipitações totais mensais e das vazões médias mensais do rio Xingu no período de dezembro/2011 a outubro/2014 (dados da Estação Altamira). Os períodos são caracterizados da seguinte maneira: enchente – dezembro a fevereiro; cheia – março a maio; vazante – junho a agosto, e seca – setembro a novembro.



**Figura 10.3 - 1 – Vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a outubro de 2014.**

A caracterização geológico-geotécnica e as coordenadas UTM dos pontos vistoriados nas inspeções realizadas em julho e em outubro/2014 são apresentadas no **Anexo 10.3 - 5** (registro fotográfico dos pontos monitorados).

Na área do futuro Reservatório Xingu, durante o segundo semestre/2014, foram observados taludes/afloramentos e zonas de praia das margens do rio Xingu mais expostos, considerando o ciclo hidrológico da região.

Na região do futuro Reservatório Intermediário (RI), os pontos que apresentam maior suscetibilidade ou risco a algum tipo de processo de instabilização são os locais que passaram, ou estão passando, por processos de cortes e/ou movimentação de terra, gerando exposição de solo, isto é, estradas/vias de acesso (pontos denominados: RI 01, RI 02, RI 03, CS 24, CS 25) e locais especificamente com intervenções da obra. Portanto, essas áreas continuam em monitoramento, para que se possa avaliar a situação após o enchimento do reservatório e para se verificar a necessidade ou não de algum tipo de intervenção futura. Ressalta-se que com a intensificação das atividades de supressão vegetal na região ao longo do RI, as áreas expostas deverão ser monitoradas nas próximas inspeções trimestrais para verificação de surgimento ou não de processos instabilizatórios, principalmente devido ao início do período chuvoso (período mais propenso ao desenvolvimento de processos erosivos) no primeiro trimestre de 2015. Caso necessário, novos pontos de monitoramento serão inseridos na rede deste Programa.

Como mencionado no 6º RC, alguns pontos (CS22, próximo ao ponto ENC44, CS23, CS24 e CS25) foram destacados devido à necessidade de acompanhamento da

eventual variabilidade das condições geotécnicas e caso sejam observadas mudanças significativas deverão ser propostas medidas mitigadoras ou então removidos da malha amostral, se demonstrarem estabilização.

A **Figura 10.3 - 2** ilustra a área próxima ao ponto monitorado ENC44 (localização apresentada no **Anexo 10.3 - 2**), localizado na região de construção do Dique 14E, na qual foram detectados processos erosivos ativos em uma estrada antiga/desativada (inspeção realizada em maio/2013) próxima ao canteiro Bela Vista (coordenadas UTM 416825/9637308), que apresentava muitos sulcos erosivos ativos em região recoberta por Nitossolo Háplico eutrófico.

Na **Figura 10.3 - 3** pode se observar melhora perceptível da situação da área, em termos de estabilidade geotécnica em relação à prévia condição de outubro/2013 (quando foi observada a realização de ações corretivas de caráter temporário no local). Ressalta-se que esta região está situada em área que ficará dentro do Reservatório Intermediário e as medidas corretivas, de caráter provisório, foram tomadas para melhorias das condições de acesso à região de influência para construção dos Diques, no caso específico Dique 14D e, principalmente, Dique 14E.

Enfatiza-se que, apesar de se tratar de uma região que ficará dentro da área alagada do Reservatório Intermediário, recomenda-se a continuidade do monitoramento deste e dos outros pontos circunvizinhos (ENC41, ENC42, ENC43, ENC48) para acompanhamento e caracterização, com mais acuidade, dos materiais terrosos existentes nesta região e que formarão os futuros taludes e/ou encostas marginais do Reservatório Intermediário após o enchimento. Este contínuo monitoramento propiciará a detecção de potencialidades ao aparecimento ou não de processos erosivos nesses materiais terrosos.





**Figura 10.3 - 2 – Região próxima ao Canteiro Bela Vista (Diques 14E e 14D), com processos erosivos ativos em função da remoção da vegetação, que acarretou, com ação das águas pluviais, a movimentação de terra e o aparecimento de sulcos erosivos. Coordenadas UTM Sad69 – 22s 416.825 / 9.637.308. Inspeção realizada em maio/2013.**



Figura 10.3 - 3 – Situação da área ilustrada na Figura 10.3 - 2, nas inspeções realizadas em julho e outubro de 2014.

A **Figura 10.3 - 4** ilustra o ponto CS23, situado a jusante da Casa de Força Principal, onde se verificou intensa ação antrópica na margem esquerda do rio Xingu, em uma área privativa fora dos limites das interferências associadas à implantação da UHE Belo Monte, para construção de um atracadouro na área industrial do município de Vitória do Xingu (localização apresentada no **Anexo 10.3 - 3**). O monitoramento deste ponto tem como objetivo verificar suas condições, em relação ao possível desenvolvimento de processos erosivos devido à retirada de cobertura vegetal e à movimentação de terra relacionada às obras para construção do referido atracadouro, mesmo que não tenha quaisquer interferências geradas pelo empreendimento hidrelétrico em tela.

Durante a última inspeção trimestral (outubro/2014), observou-se que, devido ao rebaixamento do nível do rio, o talude encontrava-se mais exposto, porém a área apresenta-se aparentemente estável.



**Figura 10.3 - 4 – Ilustrações do ponto cadastrado para monitoramento - CS23.**

A **Figura 10.3 - 5** apresenta a situação do ponto CS24 (localização apresentada no **Anexo 10.3 - 2**), que vem sendo monitorado desde outubro/2013. Em janeiro/2014, foi realizado o início de obras de implantação de drenagem pluvial. Em abril/2014, identificou-se o adensamento de gramíneas nos cortes (diminuindo a possibilidade de



desenvolvimento de processos erosivos). Em julho/2014, verificou-se que a área está em processo de estabilização, com maior adensamento vegetal no talude e nas porções mais baixas do terreno, o que auxilia na contenção da erosão, preservando a sustentação do solo. Contudo, é recomendável a continuidade do monitoramento, já que este ponto encontra-se nas margens do futuro Reservatório Intermediário. Além disso, o sistema de gramíneas superficial não está plenamente consolidado.

Na última inspeção trimestral (outubro/2014), observou-se menor densidade de vegetação devido ao período de seca, porém a área está aparentemente estável. Ressalta-se que este ponto é monitorado no âmbito do Programa de Controle Ambiental Intrínseco – PCAI (PBA 3.1) e do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD (PBA 3.2), ambos integrantes do Plano Ambiental de Construção (PAC), sendo que atividades de integração futura com este último são inerentes ao conteúdo do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (atividade 8 do cronograma – monitoramento das áreas revegetadas no âmbito do PRAD, no Reservatório Intermediário). Destaca-se ainda, nesse sentido, que o presente Programa dará ênfase às áreas que estão nas encostas do futuro reservatório em relação ao PRAD.

Outubro/2013



Janeiro/2014





**Figura 10.3 - 5 – Ilustrações do ponto cadastrado para monitoramento - CS24.**

A **Figura 10.3 - 6** apresenta situação semelhante ao ponto anterior, com ilustrações do ponto CS25 (localização apresentada no **Anexo 10.3 - 2**), localizado na mesma estrada do ponto CS24, porém na entrada pelo Travessão 45, distante aproximadamente 1 km da margem do futuro Reservatório Intermediário. Considerando a movimentação de terra e os cortes abertos, o monitoramento dessa área também é executado no âmbito do PBA 3.1 – PCAI e do PBA 3.2 – PRAD, para verificar a estabilização da mesma. Entretanto, seu monitoramento também será acompanhado no contexto deste Programa (atividade de integração entre programas).

Nota-se na **Figura 10.3 - 6**, que o talude marginal da estrada, que caracteriza o ponto CS25, se deteriorou sob o ponto de vista geotécnico durante o período de janeiro a abril de 2014, onde se constatou o efeito das águas pluviais na face do referido talude de corte (queda de detritos e erodibilidade superficial, com o aparecimento de sulcos verticais de erosão). Entretanto, a partir da inspeção trimestral de julho de 2014, observa-se que foram implantadas medidas mitigadoras de engenharia no referido talude de corte, tais como: retaludamento da sua face (abatimento da inclinação do talude) e revegetação e implantação de um depósito de enrocamento na sua base, que sanaram os problemas geológico-geotécnicos observados.





**Figura 10.3 - 6 – Ilustrações do ponto cadastrado para monitoramento – CS25 (Travessão 45).**

Após a execução, até o fechamento deste relatório, das 11 (onze) inspeções trimestrais previstas no cronograma deste Programa, ressalta-se que não foram observadas alterações significativas no desenvolvimento dos processos erosivos e/ou de instabilização dos pontos monitorados. Os dados obtidos até o momento servirão de base para comparação da estabilidade das encostas marginais após o enchimento dos reservatórios. Na região do futuro Reservatório do Xingu, os processos erosivos observados são gerados naturalmente, devido à ação da elevação e descida da

lâmina de água do rio e/ou por ações antrópicas nas margens. Na região do futuro Reservatório Intermediário, alterações mais significativas, caso ocorram, poderão acontecer após o enchimento e estabilização da lâmina de água do reservatório.

Já em relação à área urbana da cidade de Altamira, espera-se que as áreas mais elevadas da cidade não sofram modificação com relação às propriedades geotécnicas e aos riscos de desenvolvimento de patologias em edificações. Mesmo nas áreas mais baixas, próximas às margens, não se esperam mudanças em relação ao que já acontece anualmente com os ciclos de enchente e vazante do rio Xingu.

De forma geral, as condições geotécnicas de todas as áreas monitoradas representam estar em fase de estabilização, com problemas de origem pontual e associados a intervenções antrópicas no meio (estradas secundárias, cortes ainda não protegidos superficialmente, zonas de acesso de gado ou pastagens etc.). Após o enchimento e estabilização dos reservatórios, serão avaliadas possíveis interferências e/ou influências do empreendimento nas áreas monitoradas, assim como em novas áreas no entorno dos lagos.

#### 10.3.2.2.2. INSTALAÇÃO DE MONITORES

Considerando que durante o período de enchente e cheia os monitores instalados nos taludes do rio Xingu ficam submersos (devido à grande elevação da lâmina de água), e considerando ainda que durante as 11 (onze) inspeções trimestrais já realizadas não foram identificadas mudanças significativas nos taludes marginais monitorados que justifiquem a necessidade de instalação de novos monitores em pontos específicos com ocorrência comprovada de processos erosivos, decidiu-se interromper a atividade de instalação de monitores até o enchimento dos reservatórios.

O monitoramento trimestral dos taludes continua sendo executado, porém, os taludes serão reavaliados na primeira inspeção trimestral a ser realizada após concluída a formação do Reservatório do Xingu. Nos casos onde forem identificados taludes nos quais seja viável e imprescindível a instalação e manutenção desses monitores, para auxílio no monitoramento da eventual evolução geotécnica das condições das encostas, os mesmos serão instalados. Uma atenção especial será dada à região do entorno do Reservatório Intermediário nas próximas inspeções trimestrais, conforme mencionado anteriormente, em função da intensificação da supressão vegetal em seus limites chegar a expor encostas de solo que podem ou não sofrer ação erosiva das águas pluviais na época de chuvas. Durante o enchimento do Reservatório Intermediário, o monitoramento será intensificado com frequência mensal, em função dos motivos expostos, mais à frente, no bojo do item 10.3.5 deste relatório.

A seguir apresenta-se o registro fotográfico dos três pontos (**Figura 10.3 - 7**, **Figura 10.3 - 8** e **Figura 10.3 - 9**) nos quais já foram instalados monitores, com o objetivo de ilustrar o monitoramento dos mesmos.

A **Figura 10.3 - 7** ilustra o Ponto R10 no qual, de novembro/2012 a agosto/2013, o monitor instalado apresentou-se intacto e sem exposição em sua base. Em

outubro/2013, o mesmo não foi encontrado, tendo sido provavelmente removido devido ao pisoteio do gado ou pelos próprios moradores da região. Nas inspeções realizadas durante os períodos de enchente e cheia, observa-se que o talude fica praticamente todo submerso, portanto o monitor não foi reinstalado por não ter sido identificada alteração no local e por ter sido verificado uso do mesmo para dessedentação animal.

Durante os períodos de vazante e seca, observa-se maior exposição da face do talude devido ao rebaixamento do nível do rio; porém, não foram observadas mudanças em relação à instabilização do mesmo ou agravamento de eventuais sulcos erosivos. Vale destacar que a reinstalação do monitor neste ponto não ocorrerá futuramente, sendo que as próximas inspeções levarão em consideração a observação das régua existentes que não sofrem interferências dos moradores locais.



**Novembro/2012 (seca).**



**Fevereiro/2013 (enchente).**



**Maió/2013 (cheia).**



**Agosto/2013 (vazante).**



**Outubro/2013 (seca).**



**Janeiro/2014 (enchente).**





**Abril/2014 (cheia).**



**Julho/2014 (vazante).**



**Outubro/2014 (seca).**

**Figura 10.3 - 7 – Ponto R10 (coordenadas UTM 391985/9624116).**

O registro fotográfico apresentado na **Figura 10.3 - 8** ilustra as observações feitas durante as inspeções trimestrais realizadas até o momento no ponto denominado CS 22 (localização apresentada no **Anexo 10.3 - 3**). Em novembro/2012, foi instalado um monitor, porém o mesmo não foi encontrado nas inspeções posteriores. Mesmo no período de seca, no qual os taludes geralmente se encontram mais expostos, o monitor não foi localizado. Na última inspeção, realizada em outubro/2014, não se encontrou um local com talude exposto o suficiente para reinstalação do monitor.

A importância do monitoramento neste ponto tem sido relatada no contexto dos últimos relatórios consolidados e deve-se ao fato de estar localizado a jusante do Canal de Fuga da Casa de Força Principal, em local configurado por um talude de solo com alta suscetibilidade a processos erosivos. Entretanto, os resultados dos estudos do setor de engenharia da obra concluíram que o escoamento de água proveniente do Canal de Fuga, para quaisquer condições de operação, não terá potência suficiente para interferir nas linhas de fluxo na calha natural, que são controladas pela morfologia local, caracterizada pela presença marcante de um profundo canal junto à margem direita do rio.

Portanto, de acordo com os estudos mencionados, a água turbinada que sairá da Casa de Força Principal da UHE Belo Monte não interferirá com as condições naturais do rio junto à margem direita, não se justificando quaisquer intervenções ou implantação de estruturas de proteção, neste momento. Mesmo em função destas premissas ocorrerá a continuidade do monitoramento no referido ponto CS22 para avaliação detalhada do local, tanto no período antes, quanto após o enchimento e o início de operação da UHE Belo Monte. Medidas de proteção serão recomendadas caso algum fato que as justifiquem seja detectado futuramente.

**Vistoria – novembro/2012**



**Vistoria – fevereiro/2013**



**Vistoria – maio/2013**



**Vistoria – agosto/2013**





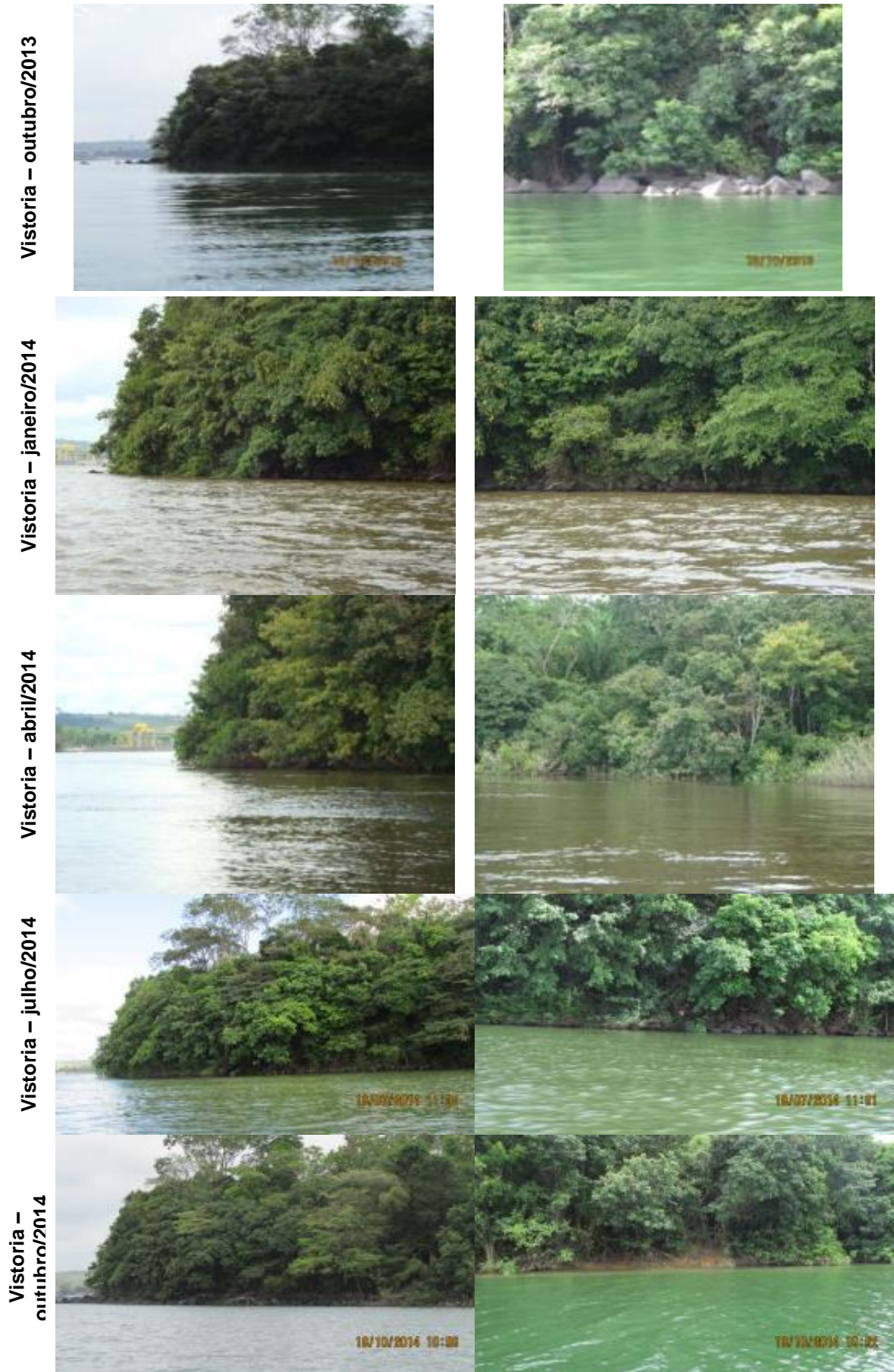


Figura 10.3 - 8 – Ilustrações da região em frente ao Canal de Fuga (ponto CS 22).

A **Figura 10.3 - 9** apresenta a situação do ponto AI 05, localizado no futuro Reservatório do Xingu – na área urbana de Altamira -, durante as inspeções trimestrais realizadas. Neste ponto foi coletada amostra indeformada para ensaios laboratoriais de caracterização de solo. A amostra foi classificada como de alto nível de erodibilidade. Os materiais pedogenéticos típicos dos neossolos flúvicos, relativos à amostra AI-05, são os que mais poderão apresentar fenômenos geotécnicos relativos à erodibilidade da camada superficial terrosa por ação pluviométrica (não se considerou aqui o efeito superposto, e agravante, de erosão por ação de arraste fluvial ou de impacto de ondas). Portanto, a continuidade do monitoramento deste ponto durante as inspeções trimestrais é importante no âmbito do presente Programa.

Como se pode observar nas fotografias, assim como nos outros pontos, durante os períodos de enchente e cheia o talude fica praticamente todo submerso e durante a vazante e seca o talude fica exposto. Em novembro/2012, foi instalado um monitor (vergalhão com marcações a cada 0,10 m); este monitor foi observado até janeiro/2014. Em abril/2014, a área estava submersa (portanto, não foi possível visualizar o monitor); já em julho/2014, o monitor não se encontrava mais no local e pode ter sido removido pela força da água ou por moradores da região. Após o enchimento e estabilização da lâmina de água do Reservatório do Xingu, será possível avaliar a necessidade ou não de reinstalação de monitor.



**Novembro/2012**



**Fevereiro/2013.**



**Mai/2013.**





**Outubro/2013.**



**Janeiro/2014.**



**Abril/2014.**



**Julho/2014**



**Outubro/2014**

**Figura 10.3 - 9 – Ponto AI 05 (coordenadas UTM 364251/9642629), local de retirada de amostra indeformada e de instalação de monitor vertical - Área urbana de Altamira.**

### 10.3.2.3. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES

A análise e a consistência técnica dos resultados e dados coletados continuamente durante as atividades de investigação realizadas desde o início da implantação deste Programa têm consolidado o conceito que os processos de risco verificados na AID da UHE Belo Monte são associados a três fatores primordiais:

- (a) Degradação superficial do solo, com ou sem processo incipiente de erosão laminar instalada, de forma localizada ou generalizada, processos estes causados, predominantemente, por fenômenos antrópicos, associados ao uso do solo como culturas de subsistência, pastagens, criação de animais, ancoradouros, trilhas, vias de acesso aterros, entre outros;
- (b) Erosão linear composta por sulcos ou ravinamentos em regiões de erodibilidade elevada ou onde já existem processos instalados em pontos da encosta, em função de suas características pedológicas, da elevada declividade e das características geotécnicas; e
- (c) Aspectos relacionados (entre outros fatores) com a possibilidade de queda de blocos de pequenas e grandes dimensões junto às margens e encostas, acúmulo de blocos rochosos e cavidades naturais, predominantemente por suas características litológicas (tipos petrográficos) e estruturais (fraturas e falhas).

Esses fatores ocorrem em maior ou menor grau em certos pontos de monitoramento da UHE Belo Monte, em seus futuros reservatórios, e podem igualmente estar associados entre si ou ocorrerem de forma isolada. O grau de severidade qualitativa de cada um dos pontos vistoriados, no que tange aos aspectos acima, é apresentado ao longo de observações inseridas no **Anexo 10.3 - 5**.

#### 10.3.2.3.1. FENÔMENOS OBSERVADOS AO LONGO DOS PONTOS VISTORIADOS

As inspeções trimestrais têm como finalidade oferecer subsídios para que se possam determinar os graus de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se assim a influência dos reservatórios no desenvolvimento dos processos de instabilização.

Até o momento, comparando-se as situações avaliadas nas inspeções trimestrais realizadas, não foram identificadas mudanças significativas no desenvolvimento de processos instabilizatórios nos pontos monitorados, ou seja, as condições estão estáveis ou pouco alteradas sob o ponto de vista geotécnico e de suscetibilidade ao aparecimento de fenômenos degradatórios de erodibilidade, falta de estabilidade ou deslizamento superficial ou profundo de origem geotécnica (rolamento de blocos, solifluxão, deslizamento de camadas de terra e fenômenos associados). Esta afirmativa se consolidou com a continuidade do monitoramento.

Na **Figura 10.3 - 10** são apresentados comentários e comparações visuais diretas (ou “típicas”) de alguns pontos vistoriados. São ainda encartados exemplos típicos da região, onde se observa nitidamente a redução do nível do rio Xingu durante o período de vazante (junho-agosto) e seca (setembro-novembro), fato que aumenta a exposição dos taludes e/ou blocos e afloramentos rochosos. A análise comparativa da

documentação fotográfica, bem como das observações realizadas durante as inspeções, relacionadas a essa redução do nível de água, mostra que:

- Principalmente em função da sazonalidade climática, ocorrem mudanças na cobertura vegetal, para maior ou menor densidade em uma mesma área;
- Não ocorrem, na maioria dos pontos vistoriados, mudanças significativas nos aspectos e fenômenos geotécnicos diretamente relacionados ao risco geotécnico, seja de erosão, deslizamento ou de queda e rolamento de blocos/lascas rochosas;
- As mudanças perceptíveis nos taludes do rio Xingu, pelo aparecimento de praias ou de zonas de deposição de depósitos aluvionares ou de taludes localizados, relacionadas ao regime de vazão do rio, tenderão a desaparecer quando o reservatório do rio Xingu for instalado de forma definitiva. Já para a área do Reservatório Intermediário, este tipo de avaliação só poderá ser feita após a formação do mesmo; e
- Em pontos específicos de afloramentos rochosos, outra situação particular observada é o desenvolvimento e formação de cavidades naturais devido à variação da lâmina de água, que pode causar a individualização de camadas rochosas superiores e seu posterior colapso (por exemplo, nos pontos R42, ENC04 e ENC62/63 - **Anexo 10.3 - 5**).

Portanto, após a realização de 11 (onze) inspeções trimestrais, de maio de 2012 até outubro de 2014, as características geológico-geotécnicas das encostas marginais, tanto do Reservatório do Xingu, quanto do Reservatório Intermediário, já estão definidas e caracterizadas, sendo que as possíveis mudanças nestas condições, que possam vir a ocorrer em função da implantação dos reservatórios, só poderão ser observadas após a formação e estabilização destes.

De posse dos resultados já obtidos e consolidados, que denotam ausência de processos instabilizatórios significativos, é importante destacar também que a capacidade de resiliência do meio ambiente, na região estudada, é elevada e em grande parte decorrente do tipo de solo e regime de chuvas que controla a rápida instalação da vegetação. Assim, a cobertura vegetal secundária funciona como uma camada protetora ao desenvolvimento de processos erosivos, escorregamentos e demais problemas de movimentação de massa encosta abaixo. A manutenção dessa cobertura e o adensamento de gramíneas e proteção vegetal em trechos recém-escavados ou em fase de recuperação são fundamentais, imprescindíveis e importantes para a estabilização e atenuação de eventuais processos geotécnicos instabilizatórios.

Caso as condições dos taludes (naturais e artificiais), das encostas (expostas ou cobertas por vegetação), das margens do rio Xingu (a montante ou a jusante da barragem Pimental) e da planície de inundação fluvial permaneçam como estão, as ações de mitigação ou de proteção deverão ser desenvolvidas apenas de forma

pontual. Caso o monitoramento nas fases de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios indique recrudescimento dos processos, as ações de proteção/mitigação deverão ser propostas para cada caso, ou para conjunto de situações com causas similares. Para a área do Reservatório Intermediário, a situação só poderá ser avaliada após o enchimento, tendo em vista que o cenário de suscetibilidade geotécnica ao deslizamento e à erosão poderá ser (ou eventualmente será) completamente modificado.

Na fase atual dos estudos, ainda não se pode ter uma resposta inequívoca para alguns processos, como a elevação da umidade por capilaridade (depois da estabilização dos níveis em cotas mais elevadas) ou o trabalho erosivo de ondas nas bases dos taludes em porções de remanso dos reservatórios. Esta resposta apenas poderá ser obtida depois da formação dos reservatórios e continuidade dos monitoramentos. O que se pode fazer antes da formação dos reservatórios são previsões, as quais poderão ou não ser confirmadas apenas com a instalação dos novos cenários.

Já em relação à área urbana da cidade de Altamira, como comentado em relatórios anteriores, espera-se que as áreas mais elevadas da cidade não sofram modificação com relação às propriedades geotécnicas e aos riscos de desenvolvimento de patologias em edificações. Mesmo nas áreas mais próximas às margens, não se esperam mudanças em relação ao que já acontece anualmente com os ciclos de enchente e vazante do rio Xingu.

Reitera-se, portanto, alguns aspectos principais já enfatizados e comentados em relatórios anteriores, que devem ser colocados como questões relevantes para a mitigação dos pontuais fenômenos geotécnicos da AID da UHE Belo Monte, ora sob observação, a saber:

1. Em trechos de antigas e novas estradas marginais, ao longo dos futuros reservatórios e no entorno do empreendimento, há potencial para o surgimento, a continuação ou o desenvolvimento de processos erosivos (erosão linear, laminar ou generalizada), além de instabilidades localizadas de taludes associados ou não à movimentação de blocos rochosos. Nestes casos, os monitoramentos são conduzidos pelos PCAI (3.1) e PRAD (3.2). Entretanto, conforme mencionado no item 10.3.2.2.1 “*Inspeções Trimestrais*”, os pontos CS24 e CS25, bem como outros que caracterizam esta situação, continuarão a ser monitorados no contexto do presente Programa;
2. Na área urbana de Altamira, a continuidade do monitoramento dos níveis de água (Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas - PBA 11.3.1), principalmente nas áreas mais próximas ao reservatório, é a medida mais apropriada para se ter instrumentos para responder questões específicas após o enchimento do Reservatório do Xingu. Portanto, serão intensificadas as atividades de integração entre o presente Programa e o Projeto supracitado; e
3. As margens dos reservatórios devem ser continuamente monitoradas especialmente após o início de seu enchimento e, na sequência, da operação



da UHE Belo Monte, de forma a se avaliar se as variáveis e condicionantes ora existentes virão a sofrer alteração, mudando o estado atual de atenuação (e mitigação em alguns pontos) de eventuais efeitos deletérios de origem geotécnica que são causados por ação antrópica, de ondas, de queda de blocos, de uso inadequado do terreno (pastagens, gado, etc.);

4. Nas próximas inspeções deverão ser verificados os locais em que já vêm sendo observados processos de assoreamento por sedimentação de materiais erodidos a partir das margens e da AID. Estas observações, de caráter qualitativo, deverão ser feitas sempre com níveis de rio raso ou em período de vazante e seca.

### Exemplo 1 – Ponto R03



Inspeção Trimestral 1 (maio/2012 - cheia): presença de um depósito de tálus com possível risco de quedas de blocos rochosos, em região pouco vegetada (desmatamento por efeito antrópico) em encosta de declividade média de 20°.

Pontos de início de erosão linear por sulcos, pela concentração de escoamento de água na base da encosta por efeito antrópico e pisoteio de animais.



Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013 - enchente): maior densidade de gramíneas. Devido ao nível mais elevado do rio Xingu encobre as rochas aflorantes na base, observadas na inspeção anterior.



Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012 - vazante): observa-se que houve apenas a mudança da vegetação e o aparecimento de uma "praia" de blocos rochosos pelo rebaixamento do nível do rio. O risco geotécnico permanece o mesmo neste ponto, como em todos os outros casos semelhantes avaliados.



Inspeção Trimestral 5 (maio/2013 - cheia): área não apresenta potencialidade a instabilizações pode-se notar o início do rebaixamento do nível do rio Xingu.



Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012 - seca): a suscetibilidade de fenômeno geotécnico permanece o mesmo, como em todos os outros casos semelhantes aqui avaliados.



Inspeção Trimestral 6 (agosto/2013 - vazante): Área potencialmente estável. Maior exposição das rochas próximas à margem do rio Xingu (redução de nível).



Inspeção Trimestral 7 (outubro/2013 - seca): Área potencialmente estável. Maior exposição das rochas próximas à margem do rio Xingu, devido à redução de seu nível.



Inspeção Trimestral 8 (janeiro/2014 - enchente): Área potencialmente estável. Menor exposição das rochas próximas à margem do rio Xingu, devido à elevação de seu nível.



Inspeção Trimestral 9 (abril/2014 - cheia): Área potencialmente estável. Menor exposição das rochas próximas à margem do rio Xingu, devido à elevação de seu nível.



Inspeção Trimestral 10 (julho/2014 - cheia): Área potencialmente estável. Nota-se leve diminuição da vegetação na encosta e maior exposição das rochas próximas à margem do rio Xingu, devido ao rebaixamento de seu nível.



Inspeção Trimestral 11 (outubro/2014 - seca): Área potencialmente estável. Nota-se diminuição da vegetação na encosta e maior exposição das rochas próximas à margem, devido ao rebaixamento do nível do rio Xingu. Pouca diferenciação de características em relação às visitas anteriores em épocas similares.

## Exemplo 2 – Ponto CS10



Inspeção Trimestral 1 (maio/2012 - cheia): margem degradada por ação antrópica e natural. Em alguns pontos, nota-se uma leve erosão laminar associada à ação antrópica, fluvial e pluvial, interconectadas. Estende-se por pontos do talude de margem do canal em alturas inferiores a 2,0 m. Na saída do igarapé, a presença de erosão do tipo linear em sulco e em canaletas de saída de água, em trechos com inclinação superior a 45° e altura próxima dos 3 m, em extensão de 30 m ao longo da margem do canal.



Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013 - enchente): só foi observada redução da zona de praia devido ao aumento do nível do rio.



Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012 - vazante): igualmente ao caso do exemplo anterior, é perceptível o aumento da praia em função da vazante do rio. Há uma leve modificação da cobertura vegetal. Novamente, não há mudanças consideráveis no risco geotécnico já definido anteriormente para este ponto.



Inspeção Trimestral 5 (maio/2013 - cheia): área sem alterações perceptíveis em relação às vistorias anteriores.



Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012 - seca): novamente não há consideráveis mudanças no risco geotécnico já definido anteriormente para este ponto.



Inspeção Trimestral 6 (agosto/2013 - vazante): aumento da zona de praia devido à redução do nível do rio Xingu.





Inspeção Trimestral 7 (outubro/2013 - seca): Aumento da zona de praia devido à redução de nível do rio Xingu. Igualmente aos casos comentados anteriormente, sem mudanças perceptíveis do risco geotécnico original.



Inspeção Trimestral 8 (janeiro/2014 - enchente): Redução da zona de praia devido à elevação do nível do rio Xingu.



Inspeção Trimestral 9 (abril/2014 - cheia): Área potencialmente estável. Menor exposição do talude e da zona de praia devido à elevação do nível do rio Xingu.



Inspeção Trimestral 10 (julho/2014 - vazante): Área potencialmente estável. Maior exposição do talude em relação à vistoria anterior devido ao rebaixamento do nível do rio Xingu em relação à vistoria anterior.



Inspeção Trimestral 11 (outubro/2014 - seca): Área aparentemente estável. Devido ao rebaixamento do nível do rio, observa-se maior exposição do talude em relação à vistoria anterior. Novamente, pouca diferenciação de características em relação às visitas anteriores em épocas similares.

### Exemplo 3 – Ponto CS20



Inspeção Trimestral 1 (maio/2012 - cheia): região degradada pela existência de uma estrada e um embarcadouro de gado junto à margem. Região extensivamente desmatada e sujeita à ação antrópica. Nota-se a presença de uma estrada de uso local, com talude lateral vertical de cerca de 2 metros de altura máxima, onde há uma leve erosão linear pela presença de sulcos ou canaletas de concentração de água.



Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012 - vazante): neste local, ao contrário dos outros exemplos, houve um aparente aumento da densidade da cobertura vegetal (tornando menos visível a estrada lateral). A zona de praia junto ao rio Xingu aumentou, pelos motivos já citados, e o risco geotécnico continua idêntico ao já definido anteriormente.



Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012 - seca): não foram observadas alterações em comparação à inspeção anterior.



Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013 - enchente): foi observada redução da zona de praia devido ao aumento do nível do rio.



Inspeção Trimestral 5 (maio/2013 - cheia): área aparentemente estável e sem grandes mudanças em relação às situações anteriores. Notar uma pequena modificação da densidade arbustiva ao lado direito da foto.



Inspeção Trimestral 6 (agosto/2013 - vazante): Região degradada devido ao desmatamento, uso e ocupação, abertura de estrada de acesso e embarcadouro de animais de corte à margem do rio.



Inspeção Trimestral 7 (outubro/2013 - seca): Área aparentemente estável, sem mudança de risco geotécnico em relação aos valores originais.



Inspeção Trimestral 8 (janeiro/2014 - enchente): Área aparentemente estável, mesmo com a elevação do nível do rio, notando-se apenas uma redução da exposição do talude.



Inspeção Trimestral 9 (abril/2014 - cheia): Área aparentemente estável sob o ponto de vista geotécnico, observando-se ainda uma redução da exposição do talude, devido à elevação do nível do rio.



Inspeção Trimestral 10 (julho/2014 - vazante): Área aparentemente estável sob o ponto de vista geotécnico. Observa-se redução da exposição do talude devido ao rebaixamento do nível do rio Xingu em relação à vistoria anterior.



Inspeção Trimestral 11 (outubro/2014 - seca): Área aparentemente estável. Devido ao rebaixamento do nível do rio observa-se maior exposição do talude em relação à vistoria anterior. Pouca diferenciação de características em relação às visitas anteriores em épocas similares.



#### Exemplo 4 – Ponto ENC50



Inspeção Trimestral 1 (maio/2012 - cheia): encosta vegetada (pasto) com matações residuais de rocha do embasamento cristalino quartzo-feldspática na superfície, com possível processo de risco geotécnico associado ao rolamento de matações.



Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012 - vazante): há a perceptível mudança na cobertura vegetal nos casos comparados, sem haver, no entanto, qualquer mudança de origem geotécnica, ou seja, o aparecimento de processos relacionados à erosão e o rolamento de blocos na encosta.



Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012 - seca): não foram observadas alterações em comparação à inspeção anterior.



Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013 - enchente): observa-se apenas maior densidade de gramíneas e crescimento de arbustos, devido ao aumento das chuvas.



Inspeção Trimestral 5 (maio/2013 - cheia): área sem alterações.

Vistoria de Agosto de 2013 inviabilizada, devido à interdição de trecho no Travessão 45.





Inspeção Trimestral 7 (outubro/2013 - seca): Área aparentemente estável, sem mudança de risco geotécnico.



Inspeção Trimestral 8 (janeiro/2014 - enchente): Área estável, sem mudança de risco geotécnico.



Inspeção Trimestral 9 (abril/2014 - cheia): Área estável, sem mudança de risco geotécnico.



Inspeção Trimestral 10 (julho/2014 - cheia): Área estável, sem mudança de risco geotécnico.



Inspeção Trimestral 11 (outubro/2014 - seca): Área sem alterações. Em suma, pouca diferenciação de características em relação às visitas anteriores em épocas similares.

### Exemplo 5 – ponto ENC46



Inspeção Trimestral 1 (maio/2012 - cheia): Encosta vegetada, com matacões residuais de rocha cristalina.



Inspeção Trimestral 2 (agosto/2012 - vazante): Encosta vegetada, com matacões residuais de rocha cristalina, houve um aumento na densidade de vegetação.



Inspeção Trimestral 3 (novembro/2012 - seca): Área estável, sem alterações.



Inspeção Trimestral 4 (fevereiro/2013 - enchente): Encosta vegetada, com matacões residuais de rocha cristalina, porém estável.



Inspeção Trimestral 5 (maio/2013 - cheia): Área estável, a via de acesso ao local foi revestida com brita, melhorando a capacidade de infiltração.



Inspeção Trimestral 6 (agosto/2013 - vazante): Apesar da presença de matacões, área estável.





Inspeção Trimestral 7 (outubro/2013 - seca): Área aparentemente estável.



Inspeção Trimestral 8 (janeiro/2014 - enchente): Área aparentemente estável. Nota-se um adensamento na cobertura vegetal.



Inspeção Trimestral 9 (abril/2014 - cheia): Área aparentemente estável.



Inspeção Trimestral 10 (julho/2014 - cheia): Área aparentemente estável.



Inspeção Trimestral 11 (outubro/2014 - seca): Área aparentemente estável.

**Figura 10.3 - 10 – Registro fotográfico de exemplos típicos da comparação das situações analisadas durante as inspeções trimestrais realizadas (\*)**

(\*) De acordo com os resultados do monitoramento já efetuado, os pontos ENC 46 e ENC 50 serão removidos da malha amostral na continuidade do monitoramento, considerando-se que não foram detectados, até o momento, processos de instabilização ou de erosão efetivos nestes pontos.

### **10.3.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA**

A planilha de atendimento aos objetivos do Programa é apresentada na sequência.

OBJETIVOS GERAIS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	STATUS DE ATENDIMENTO	ALTERAÇÕES DE ESCOPO OU PRAZO	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>Identificação e caracterização de forma detalhada dos condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas de jusante da Casa de Força Principal e de jusante do Sítio Pimental. Deve permitir a determinação dos graus de susceptibilidade 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.</p>	-	Em atendimento	-	<p>As informações obtidas a cada inspeção trimestral realizada são apresentadas com descrição pontual como anexo fotográfico. Até o momento já foram realizadas 11 (onze) inspeções trimestrais (das 31 previstas no PBA até o quarto trimestre de 2019, até quando deverão prosseguir as inspeções).</p>
<p>Possibilitar também a indicação de medidas de proteção contra os processos de instabilização e estabelecer as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos previstos em locais de relevantes suscetibilidade e criticidade, específicas para cada caso.</p>	-	Em atendimento	-	<p>As indicações de medidas de proteção são feitas de acordo com as observações realizadas <i>in situ</i> durante as inspeções trimestrais, onde nada significativo foi encontrado até o momento que exigisse ações específicas. Nos casos eventualmente necessários, ações serão melhor detalhadas após o enchimento dos reservatórios e início da operação da UHE Belo Monte.</p>
<p>Permitir a determinação dos graus de susceptibilidade 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.</p>	-	Em atendimento	-	<p>As características dos processos de instabilização são analisadas a cada inspeção realizada e subsidiam a análise da influência do reservatório na fase pós enchimento.</p>

#### **10.3.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA**

As atividades deste Programa são desenvolvidas visando ao alcance das metas previstas, dentre as quais se podem citar, como já alcançadas: identificar e caracterizar de forma detalhada os condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas de jusante da Casa de Força Principal e de jusante do sítio Pimental; determinar os graus de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em diversos trechos e/ou setores das encostas, antes do enchimento; e avaliar possíveis alternativas de controle ou mitigação de eventuais fenômenos geotécnicos instabilizatórios das áreas monitoradas (o alcance desta última meta refere-se ao período já transcorrido da Etapa de Implantação da UHE Belo Monte, perdurando a validade da mesma até a formação dos reservatórios, durante o seu enchimento e perpassando, ao menos, o início da Etapa de Operação).

Outras metas dependem do desenvolvimento contínuo das atividades em andamento, a saber: caracterização da influência dos reservatórios no desenvolvimento dos processos de instabilização; indicação de medidas de proteção contra processos de instabilização e recomendações sobre tratamentos previstos em locais de suscetibilidade alta e de relevante criticidade, caso ocorram; e fornecer subsídios para as ações a ser consideradas, no caso de o enchimento do Reservatório do Xingu criar condições de risco para as edificações de Altamira.

A planilha de atendimento às metas do Programa é apresentada na sequência.

META	STATUS DE ATENDIMENTO	ALTERAÇÕES DE ESCOPO OU PRAZO	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
Efetuar investigações, instalar e manter a rede de monitoramento para fins de desenvolvimento desse Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos, complementares àquelas já previstas no Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios e no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas.	Em atendimento	-	Já foram realizadas 11 (onze) inspeções trimestrais, nas quais são observados e monitorados os pontos sugeridos no PBA, bem como novos pontos que apresentam características que justifiquem o monitoramento. As inspeções trimestrais continuarão sendo desenvolvidas até o quarto trimestre de 2019.
Identificar e caracterizar de forma detalhada os condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas de jusante da Casa de Força Principal e de jusante do sitio Pimental.	Em atendimento	-	Os processos e mecanismos de instabilização são identificados e monitorados durante as inspeções trimestrais, que se desenvolverão até o quarto trimestre de 2019.
Determinar os graus de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se assim a influência do reservatório no desenvolvimento dos processos de instabilização.	Em atendimento	-	As características físicas são observadas durante as inspeções trimestrais e servirão de subsídio para a avaliação da suscetibilidade após o enchimento dos reservatórios. As inspeções trimestrais continuarão sendo desenvolvidas até o quarto trimestre de 2019.
Possibilitar a elaboração de mapas de monitoramento de áreas de risco ambiental, após o enchimento do reservatório, identificando locais com propensão para o desenvolvimento de processos erosivos, desmoronamentos e contaminações antrópicas.	Não iniciada	-	Atividade pós-enchimento.
Possibilitar também a indicação de medidas de proteção contra os processos de instabilização e estabelecer as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos previstos em locais de suscetibilidade alta e de relevante criticidade.	Em atendimento	-	As indicações de medidas de proteção são feitas de acordo com as observações <i>in situ</i> durante as inspeções trimestrais realizadas. Nos casos necessários, esta ação será melhor detalhada após o enchimento dos reservatórios e início da operação da UHE.
Fornecer subsídios para as ações a serem consideradas no caso de o enchimento do reservatório criar condições de risco para as edificações de Altamira.	Não iniciada	-	Atividade pós-enchimento.
Monitorar pelo período de dois anos, após o enchimento do Reservatório Intermediário, as áreas revegetadas no âmbito do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD.	Não iniciada	-	Atividade pós-enchimento.
Fornecer subsídios e orientação para a continuidade do Programa.	Não iniciada	-	Atividade para pós-enchimento.

### 10.3.5. ATIVIDADES PREVISTAS

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos tem se desenvolvido conforme as premissas estabelecidas em suas metas e objetivos. Os resultados das observações pontuais, bem como as de forma ampla, abrangendo toda a AID, deverão seguramente subsidiar a discriminação de futuros e eventuais processos instabilizatórios, que possam vir a se desenvolver, devido às obras e/ou enchimento e operação dos reservatórios. O monitoramento também deverá determinar como se espera atenuar e estabilizar tais processos nos locais que forem observados e se fizerem instalados ativamente.

Nesse sentido, lembra-se que, no âmbito do item 10.3.2.3.1 deste relatório, foram explicitados alguns aspectos principais a serem objeto do monitoramento continuado.

Até o início do enchimento do reservatório do Xingu serão realizadas três inspeções trimestrais, visando à continuidade do monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais. Considerando, especificamente, o Reservatório Intermediário que será implantado em área seca e interiorana, está sendo elaborado um planejamento especial de monitoramento durante e logo após o período de seu enchimento, diminuindo a periodicidade das inspeções nesta região de trimestral para mensal (ao longo de um período de aproximadamente três meses). Este monitoramento objetiva a verificação do comportamento geológico-geotécnico das encostas marginais naturais ao longo de toda a extensão do Reservatório Intermediário, durante o período de seu enchimento, formação e estabilização, quando serão avaliadas, e eventualmente constatadas, a necessidade de alteração e/ou inserção de novos pontos na rede de monitoramento do Programa, bem como a verificação de possíveis necessidades de proposição de medidas de proteção de encostas, frente às questões de estabilidade detectadas.

Vale reforçar que esta atenção especial ao Reservatório Intermediário no período de seu enchimento se deve ao fato que a região a ser alagada e, principalmente as suas margens a serem formadas, são locais que, naturalmente, não estavam sujeitos a influência de acúmulo de água, o qual poderá resultar da ascensão do lençol freático e de suas interferências, além da ação do embate de ondas nas margens recém constituídas. Estes fatores deverão, portanto, ser monitorados ao longo do Reservatório Intermediário até sua estabilização, para avaliação do comportamento geológico-geotécnico das encostas marginais nesta nova situação.

Após o período de enchimento dos reservatórios, as inspeções trimestrais, de rotina, continuarão a ser desenvolvidas até o quarto trimestre de 2019, conforme preconizado no cronograma deste Programa.

Considerando-se, ainda, que foram obtidas informações recentes, referentes à geologia da região, em porções da área estudada, tais como o Graben do Macacão, no contexto do PBA 10.4, e as rochas sedimentares potencialmente fossilíferas, no contexto do PBA 9.3, uma revisão do Mapa Geológico (**Anexo 10.3 - 4**) será efetuada e inserida em relatório específico a ser encaminhado ao IBAMA.



### **10.3.6. ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA**

O cronograma gráfico ilustra o desenvolvimento das atividades que estão em execução no âmbito do presente Programa, tendo sido aprovado junto ao IBAMA em março de 2012. As células preenchidas pela cor laranja representam o que foi estabelecido e proposto; e as células preenchidas em amarelo, o que já foi efetivamente executado. Além disto, as células amarelas hachuradas são atividades previstas e ainda não executadas até o final do programa.

O cronograma gráfico é apresentado na sequência.



### 10.3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos e metas propostos para este Programa, conclui-se que, até o momento, as atividades desenvolvidas foram suficientes para identificação e caracterização dos processos e eventuais mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas a jusante da Casa de Força Principal e a jusante do Sítio Pimental, no período anterior ao enchimento dos reservatórios.

O desenvolvimento das atividades de monitoramento, principalmente as informações obtidas durante as inspeções trimestrais realizadas, até o momento, nas encostas marginais e áreas adjacentes aos futuros reservatórios do Xingu e Intermediário, bem como nas vias de acesso e no trecho de jusante da Casa de Força Principal, mostram razoável tendência de estabilização/manutenção das condições geotécnicas ali existentes (integridade ambiental), em relação ao surgimento e desenvolvimento de processos erosivos ou instabilizatórios (rolamento de blocos, solifluxão, deslizamento de camadas de terra e fenômenos associados).

A tendência de estabilidade geotécnica se deve à convergência de vários fatores: a textura e estrutura dos solos (que funcionam como proteção aos processos instabilizatórios); a declividade moderada de parte da região e ao restrito comprimento das rampas (que minimizam o acúmulo de escoamento superficial); a presença de pedregosidade em alguns tipos de cambissolo (que funciona como uma camada protetora); a taxa pluviométrica elevada (que resulta na rápida recuperação da vegetação, gramínea e arbustiva, de cobertura); e a reduzida influência antrópica em alguns trechos vistoriados, que ainda se encontram em condições originais (não desmatadas ou não utilizadas como área de plantação ou de trânsito de pessoas ou animais).

Esses controles auxiliam na estabilidade dos terrenos, mesmo considerando-se as intervenções de engenharia executadas para a implantação do empreendimento. É importante ressaltar que os pontos mais críticos, em termos de potencial erosivo, são aqueles que tiveram a vegetação suprimida, como em vias de acesso, cortes de estradas e outras áreas com as obras em desenvolvimento, principalmente na área de entorno do futuro Reservatório Intermediário. Ressalta-se que a maior parte dessas áreas, que estão em processo de supressão vegetal, ficará submersa quando o Reservatório Intermediário estiver definitivamente implantado. Portanto, após o enchimento e estabilização do mesmo, serão avaliadas as encostas/taludes e serão propostos, caso necessário, novos pontos de monitoramento e/ou as ações de mitigação necessárias.

No rio Xingu, os taludes que apresentam processos de desbarrancamento isolados, geralmente, estão associados ao uso antrópico da margem, principalmente com pontos para bebedouro do gado, pequenas roças e quintais de residências ribeirinhas e rampas de acesso de barcos e pessoas, e não se caracterizam em fenômenos normais ou induzidos de erodibilidade ou de instabilização de taludes marginais. Conforme já apresentado também em relatórios anteriores, os processos erosivos

lineares observados em pontos isolados são considerados incipientes e com desenvolvimento lento, pelo menos até o momento atual.

Em função dos aspectos observados, será realizada, para a ampla maioria dos pontos monitorados em toda a AID, a continuidade das atividades de monitoramento, tendo em vista que só foram observados problemas locais, limitados e de amplitude reduzida, de erodibilidade e/ou desbarrancamento de solo (pequenos deslizamentos planares).

Além disso, verificou-se, durante a execução das inspeções trimestrais de campo, que alguns pontos de monitoramento apresentaram, ao longo do período monitorado (maio de 2012 a outubro de 2014 – total de onze inspeções trimestrais), uma boa estabilidade geotécnica, principalmente em função da revegetação natural ou pela presença de vegetação nativa, que protege e dificulta, ou mesmo impede, o desenvolvimento de processos erosivos. Esta caracterização geotécnica possibilitou a conclusão de que estes pontos específicos podem ser retirados da malha amostral atual a ser monitorada nas próximas inspeções trimestrais que ocorrerão nas fases de pré-enchimento, enchimento e operação do empreendimento. Portanto, sugere-se a remoção dos seguintes pontos da rede de monitoramento atual (os pontos podem ser visualizados no **Anexo 10.3 – 5**).

- ENC 42, ENC 44, ENC 46, ENC 47, ENC 48, ENC 49, ENC 50, ENC 51, ENC 52, ENC 54, ENC 55, ENC 56, ENC 57, ENC 58. Tais pontos, que estão localizados na área do futuro reservatório Intermediário, apresentam-se estáveis antes do enchimento, ou se localizam dentro do futuro Reservatório;
- CS 01/ENC 31, CS 23; pontos que localizados a jusante do Canal de Fuga. O CS 01/ENC 31 não apresentou nenhuma alteração até o momento; já o CS 23 é uma área privativa, para construção de um atracadouro na área industrial do município de Vitória do Xingu, que não está relacionado ao empreendimento de Belo Monte e também não apresentou alterações durante as inspeções trimestrais realizadas.

Entretanto, é importante ressaltar e consolidar que a malha amostral deste Programa é dinâmica e mutável, podendo ocorrer a inserção de novos pontos de monitoramento, assim como a retirada de outros, durante o desenvolvimento contínuo das inspeções de campo. A continuidade das inspeções de campo é fundamental, principalmente no período correspondente às fases de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios do Xingu e Intermediário, onde as características geológico-geotécnicas das encostas marginais poderão sofrer alterações devido à influência, principalmente, da ação e embate de ondas geradas e da elevação do nível freático.

Até o presente momento, não se observa a real necessidade de elaboração e posterior implantação de medidas de mitigação (em termos de obras de engenharia) e de proteção das encostas marginais monitoradas. Entretanto, a continuidade do monitoramento é crucial para se verificar desvios das tendências dos processos geotécnicos desencadeados ou em potencial de desenvolvimento após o enchimento dos reservatórios.

### 10.3.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF
José Eloi Guimarães Campos	Geólogo, Dr.	Coordenador Geral	7896/D CREA/DF	264969
Renato Pinto da Cunha	Engenheiro Civil, Dr.	Coordenador Geotecnia	861017995/D CREA/RJ	
Leonardo de Melo Santos	Geólogo	Diretor Executivo; responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios.	12544/D CREA/DF	1698978
Joyce Pinheiro de Oliveira Fiori	Geóloga, M. Sc	Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios.	10699/D CREA/DF	293922
Lara Nigro Rodrigues Alves Ramos	Geóloga, M. Sc	Responsável por coletas de campo, confecção de relatórios.	CREA/DF 18631/D	

### 10.3.9. ANEXOS

**Anexo 10.3 - 1 – Mapa com localização dos pontos monitorados na área do Reservatório Xingu**

**Anexo 10.3 - 2 – Mapa com localização dos pontos monitorados na área do Reservatório Intermediário**

**Anexo 10.3 - 3 – Mapa com localização dos pontos monitorados na área a jusante da Casa de Força Principal**

**Anexo 10.3 - 4 – Mapa Geológico-Geotécnico da AID da UHE Belo Monte**

**Anexo 10.3 - 5 – Registro Fotográfico dos Pontos de Monitoramento**