

## SUMÁRIO – 10.4 PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS

---

10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MINERAIS .....	10.4-1
10.4. PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS .....	10.4-1
10.4.1. ANTECEDENTES.....	10.4-1
10.4.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES, SEUS RESULTADOS E AVALIAÇÃO .....	10.4-3
10.4.2.1. ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO INTEGRADO ENTRE AS EQUIPES TÉCNICAS DE MEIO AMBIENTE E DE ENGENHARIA – NOVO CRONOGRAMA DE ATIVIDADES .....	10.4-7
10.4.2.2. EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS PROGRAMADAS E EXECUTADAS PELA ENGENHARIA.....	10.4-8
10.4.2.3. CONSOLIDAÇÃO, AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS NAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÕES.....	10.4-9
10.4.2.4. ATIVIDADES CONTÍNUAS DE INTEGRAÇÃO ENTRE AS EQUIPES DE MEIO AMBIENTE E ENGENHARIA.....	10.4-10
10.4.2.5. INSTRUMENTAÇÃO – MONITORAMENTO DOS DIQUES (FORNECIMENTO DOS DADOS) – APÓS ENCHIMENTO.....	10.4-11
10.4.2.6. ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE ÁGUA QUE PERCOLARÃO PELOS DIQUES.....	10.4-12
10.4.2.7. CRONOGRAMA GRÁFICO .....	10.4-13
10.4.3. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS.....	10.4-16
10.4.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO .....	10.4-16
10.4.5. ANEXOS.....	10.4-17

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

### 10.4. PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS

#### 10.4.1. ANTECEDENTES

O Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios tem como objetivo principal a identificação, caracterização e monitoramento dos locais nos quais podem existir riscos associados à fuga de água dos reservatórios, mais precisamente nas encostas da margem esquerda do Reservatório Intermediário. Estas encostas margeavam litologias sabidamente permeáveis pertencentes à Formação Maecuru, principalmente na região conhecida como Kararaô, portadora de cavidades subterrâneas e outras feições menores, identificadas e caracterizadas nos estudos de Espeleologia e Estabilidade das Encostas Marginas da Área de Influência Direta do EIA/RIMA da UHE Belo Monte.

Entretanto, conforme caracterizado em relatórios anteriores, a nova proposição estabelecida e aprovada para a conformação do Reservatório Intermediário ocasionou seu afastamento mínimo em pelo menos 3 km frente às rochas areníticas da Formação Maecuru, que caracterizam a região do Kararaô. Em função desta nova conformação, um novo cenário geológico-geotécnico do empreendimento foi constituído, onde estes arenitos, que possuem as cavidades mencionadas, não estão sujeitos aos processos de saturação pelas águas do Reservatório Intermediário e, conseqüentemente, estão livres da possível reativação ou aparecimento de novos processos de formação de cavidades e *pipping* que poderiam ocasionar fugas de água no futuro reservatório.

Em face deste novo contexto, foi efetuada uma reavaliação do Programa e a elaboração de um novo planejamento de escopo e cronograma, objetivando a adequação dos objetivos do Programa frente à nova realidade do empreendimento. Desta forma, a Nota Técnica NT\_SMFB\_Nº021\_PCER\_13\_04\_2012\_LEME\_CC\_RHOS\_CC\_VS, datada do dia 13/04/2012, foi elaborada contendo todas as justificativas técnicas supracitadas e encaminhada ao IBAMA, que aprovou as proposições apresentadas na mesma, por meio do Ofício 154/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, datado do dia 02/06/2012.

A partir da aprovação das novas proposições, tiveram início as atividades inerentes ao PBA, com a produção e determinação dos levantamentos topográficos em escala de detalhe e geral (utilização de bases com curvas de nível com equidistâncias de 1 m, 5 m e 10 m) na região de influência da UHE Belo Monte, que serviram como base para as atividades de campo e de escritório que foram executadas a partir de então. Concomitantemente a esta atividade, foram realizadas a coleta e a análise de dados e resultados oriundos dos boletins de sondagem que foram executados ao longo da

região de influência do empreendimento pelo setor de engenharia da obra, principalmente nas margens do Reservatório Intermediário, se destacando a região do Graben do Macacão. No total, foram analisados 997 boletins de sondagem por toda a região do empreendimento de Belo Monte no período de janeiro de 2012 a julho de 2013.

Adicionalmente, foram realizadas as atividades de mapeamento geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico que se iniciaram com a interação com as atividades desenvolvidas no âmbito de outros programas e projetos, tais como: Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (PBA 10.3) e Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (PBA 11.3.1), e também foram baseados nos dados extraídos do mapeamento geológico regional apresentado no EIA da UHE Belo Monte. Posteriormente, realizou-se um mapeamento em escala de maior detalhe na região do Kararaô para subsidiar o futuro planejamento das atividades relacionadas à continuidade ou não do Programa, onde seriam consolidadas as diretrizes relacionadas à necessidade ou não da instalação de piezômetros para monitoramento das condições hidrogeológicas das cavidades subterrâneas, ou a sua possível substituição por outro monitoramento menos impactante no interior das mesmas (implantação de medidores de vazão), ou, até mesmo, a proposição de conclusão do referido Programa frente às características geológico-geotécnicas estabelecidas na região devido ao novo arranjo do Reservatório Intermediário.

Em setembro de 2012, quando do início dos levantamentos geofísicos previstos na região do Kararaô, o proprietário das terras onde se situam as cavidades estudadas proibiu o acesso da equipe técnica. Esta situação acarretou a paralisação de todas as atividades previstas no PBA, tendo como consequência atrasos no seu desenvolvimento. A situação foi devidamente informada ao IBAMA por meio da carta CE 520/2012-DS, datada de 09/10/2012, à qual foi anexado o documento assinado pelo proprietário das terras que proibia a entrada das equipes técnicas responsáveis pelos trabalhos em sua propriedade. Contínuas tratativas junto ao proprietário foram realizadas com o intuito de demovê-lo deste posicionamento, sendo que as mesmas se mostraram infrutíferas.

Enquanto aguardava-se a solução desse impasse procedeu-se, no mês de outubro de 2012, a um levantamento de campo ao longo da margem direita do Reservatório Intermediário, principalmente na região conhecida como Graben do Macacão, caracterizada por rochas areníticas, que objetivou a verificação e possível identificação de novas cavidades sujeitas a processos de fuga de água que possuíssem as mesmas características observadas na região do Kararaô. Esta atividade resultou na não detecção de ocorrências de cavidades que tivessem alguma significância e que pudessem ser inseridas nos estudos do PBA.

Com a consolidação dos dados e resultados já levantados e avaliados, estabeleceu-se para o 4º Relatório Consolidado de Andamento do PBA e Atendimento de Condicionantes (RC) uma reavaliação técnica do Programa, que indicou claramente a impossibilidade de fluxos de água por estruturas regionais (zonas de falhas) que pudessem se interligar às cavidades subterrâneas dos arenitos da Formação Maecuru

na região do Kararaô. Tal entendimento técnico levou à proposição, junto ao IBAMA, de conclusão do Programa de Estanqueidade em questão.

Para agilizar a aprovação desta proposição junto ao órgão ambiental, realizou-se uma reunião específica com a equipe técnica do IBAMA no dia 22/08/2013, em sua sede em Brasília, para apresentação deste contexto geológico-geotécnico consolidado. Após as explanações realizadas, estabeleceu-se junto ao próprio órgão ambiental que a proposição de fechamento do referido Programa só deveria ser encaminhada de forma oficial no âmbito do 5º RC e por meio da elaboração de uma Nota Técnica específica, após a realização de um *check-list* por toda a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, principalmente na região da margem direita do entorno do Reservatório Intermediário, para que fosse confirmado e consolidado que a região a ser contemplada neste Programa estava restrita à região do Kararaô.

Após a realização desse *check-list* específico, ao longo do segundo semestre de 2013, foi elaborada e encaminhada ao órgão ambiental a Nota Técnica NT\_SFB\_Nº038-PCER\_09\_12\_2013\_LEME, protocolizada em 23/12/2013, que indicou e consolidou a recomendação de conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios a partir dos dados e resultados alcançados, tanto pelas atividades de escritório, quanto por aquelas de campo executadas. Inclusive, o conteúdo técnico presente no 5º RC foi totalmente fundamentado nesta Nota Técnica e entregue ao IBAMA no final de janeiro de 2014.

Ressalta-se que o embasamento técnico apresentado tanto na referida Nota Técnica, quanto no âmbito do 5º RC, foi baseado na realização de quatro atividades principais, a saber: (1) reavaliação dos estudos dos EIA e RIMA e complementares de espeleologia; (2) reavaliação dos estudos geológico-geotécnicos no âmbito de outros programas ambientais; (3) reavaliação das condições geológico-geotécnicas existentes na região do Kararaô, e (4) execução propriamente dita do *check-list* caracterizado por novas campanhas de campo ao longo da região de influência dos reservatórios e da abrangência dos estudos de engenharia e ambientais já executados.

#### **10.4.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES, SEUS RESULTADOS E AVALIAÇÃO**

No dia 03/02/2014 o IBAMA encaminhou para a Norte Energia o Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA (**Anexo 10.4 - 1**), datado de 31/01/2014, em resposta ao documento CE 0483/2013-DS, que solicitava a conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, por meio da apresentação da Nota Técnica NT\_SFB\_Nº038-PCER\_09\_12\_2013\_LEME antes aqui referenciada.

No ofício citado acima, o IBAMA estabeleceu a continuidade do referido Programa, em função de um entendimento técnico divergente do que foi proposto tanto na Nota Técnica NT\_SFB\_Nº038-PCER\_09\_12\_2013\_LEME, quanto no conteúdo do 5º RC, e estabeleceu uma série de recomendações (item 2 do referido Ofício) a serem atendidas pela Norte Energia, que são relatadas integralmente a seguir:

- a) *Realizar uma investigação mais detalhada da região do Graben do Macacão e acompanhar, juntamente com a equipe de engenharia, as soluções de estanqueidade propostas para que não ocorra fuga de água do reservatório;*
- b) *Relatar, acompanhar e investigar novas áreas que tragam preocupação para a equipe de engenharia no que tange à estanqueidade, que eventualmente sejam identificadas no decorrer do detalhamento das estruturas que formarão o reservatório Intermediário;*
- c) *Manter as atividades de monitoramento após a implantação dos reservatórios e caso algum processo de fuga de água se instale na região, medidas de controle deverão ser adotadas para mitigar os eventuais impactos negativos; e*
- d) *Apresentar análise se o fluxo de água que percolará por cada um dos diques será significativo e avaliar quais serão os impactos sobre as áreas adjacentes ao Reservatório Intermediário.*

Para atendimento de cada uma destas recomendações solicitadas pelo órgão ambiental, foi estabelecido, junto à equipe técnica de engenharia da Norte Energia, um plano de integração para definição e elaboração de um cronograma das atividades a serem desenvolvidas. Este cronograma contempla as atividades (ações) definidas e executadas pela engenharia da obra, referentes aos estudos geológico-geotécnicos necessários na região do Graben do Macacão para garantia da segurança e estabilidade das estruturas de barramento a serem construídas na região (diques 6C, 8A e 8B – Vide **Anexo 10.4 - 2**) e de suas fundações ao longo dos limites do Reservatório Intermediário. Ressalta-se que os estudos de engenharia definiram que os problemas geológico-geotécnicos a serem avaliados na região do Graben do Macacão abrangem as áreas contempladas pelos diques 6C, 8A e 8B, sendo que as regiões próximas, onde se observa no mapa geológico a presença de rochas areníticas (diques 6A e 6B), não requerem este aprofundamento de estudo.

Conforme relatado no contexto do 5º RC, o Graben do Macacão se caracteriza pela presença de ritmitos, folhelhos e arenitos, que indicam uma região de fundação com características geológico-geotécnicas desfavoráveis em relação à resistência e permeabilidade (alto grau de fraturamento, alta erodibilidade e alta condutividade hidráulica), tanto no que se refere aos materiais rochosos, quanto terrosos, características estas que foram confirmadas principalmente pela análise de boletins de sondagem existentes na região dos diques 6B, 6C, 8A e 8B. Em função desta complexidade geológica está prevista, no contexto técnico de engenharia, a implementação de estudos mais específicos para que se obtenha um entendimento geológico-geotécnico pleno desta região (caracterização das unidades litológicas ali existentes e aspectos estruturais dominantes – sistemas de falhas e fraturas), objetivando a definição e aplicação futura de medidas de engenharia que mitiguem a possibilidade de surgimento de processos de percolação de água pelos materiais terrosos e/ou rochosos (falhas geológicas, solos muito permeáveis e de baixa resistência, entre outros) de fundação dos diques construídos nas selas topográficas e

das próprias barreiras naturais da região, garantindo, assim, a integridade física do empreendimento e sua capacidade operacional.

A **Figura 10.4 - 1** apresenta a localização dos diques 6A, 6B, 6C, 8A e 8C, que se localizam na região do Graben do Macacão, tendo-se como base o mapa geológico confeccionado no âmbito do Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (PBA 11.3.1). Entretanto, conforme mencionado acima, o setor de engenharia indicou e estabeleceu que os problemas geológico-geotécnicos na região do Graben do Macacão abrangem as áreas contempladas pelos diques 6C, 8A e 8B (área delimitada em vermelho na própria **Figura 10.4 - 1**). As atividades de campo realizadas atualmente (observações de campo e execução de furos de sondagem e levantamentos geofísicos) têm constatado que as unidades litológicas presentes nesta região são da Formação Maecuru e não da Formação Trombetas. Uma revisão deste mapa geológico será realizada após a conclusão das atividades de campo, baseada na gama de resultados e dados obtidos nas investigações executadas nesta região pelo setor de engenharia da obra.

Portanto, os resultados e dados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas previstas no âmbito dos projetos de engenharia serão incorporados ao Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, objetivando o atendimento das recomendações do órgão ambiental. Destaca-se que a feição geológica (Graben do Macacão) compreende tanto a ombreira direita do Dique 6C, quanto à ombreira esquerda dos diques 8A e 8B, assim como a parte do espigão de arenito no contexto do referido Graben, a qual se encontra entre os diques supracitados, abrangendo uma área estimada de 4,53 km<sup>2</sup> (Polígono estabelecido no **Anexo 10.4 - 2**).

Adicionalmente, informa-se que a Norte Energia encaminhou a carta CE 0147/2014 - DS (Vide **Anexo 10.4 - 3**), datada de 15/05/2014, para o IBAMA, em resposta ao Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA (Vide **Anexo 10.4 - 1**), onde são descritas as atividades (ações) que estão sendo desenvolvidas para continuidade deste Programa e que visam o pleno atendimento às recomendações estabelecidas pelo próprio órgão ambiental.

Com este intuito, a seguir são caracterizadas as atividades realizadas no primeiro semestre de 2014, que se fundamentaram basicamente na elaboração do novo cronograma de atividades que está sendo incorporado ao Programa de Controle da Estanqueidade em substituição ao anterior. Além disso, procura-se enfatizar e correlacionar, nos próximos itens deste relatório, as principais atividades que estão ou serão desenvolvidas de acordo com este planejamento, as quais atenderão especificamente às referidas recomendações estabelecidas pelo IBAMA no item 2 do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, que foram transcritas integralmente no início do presente item.

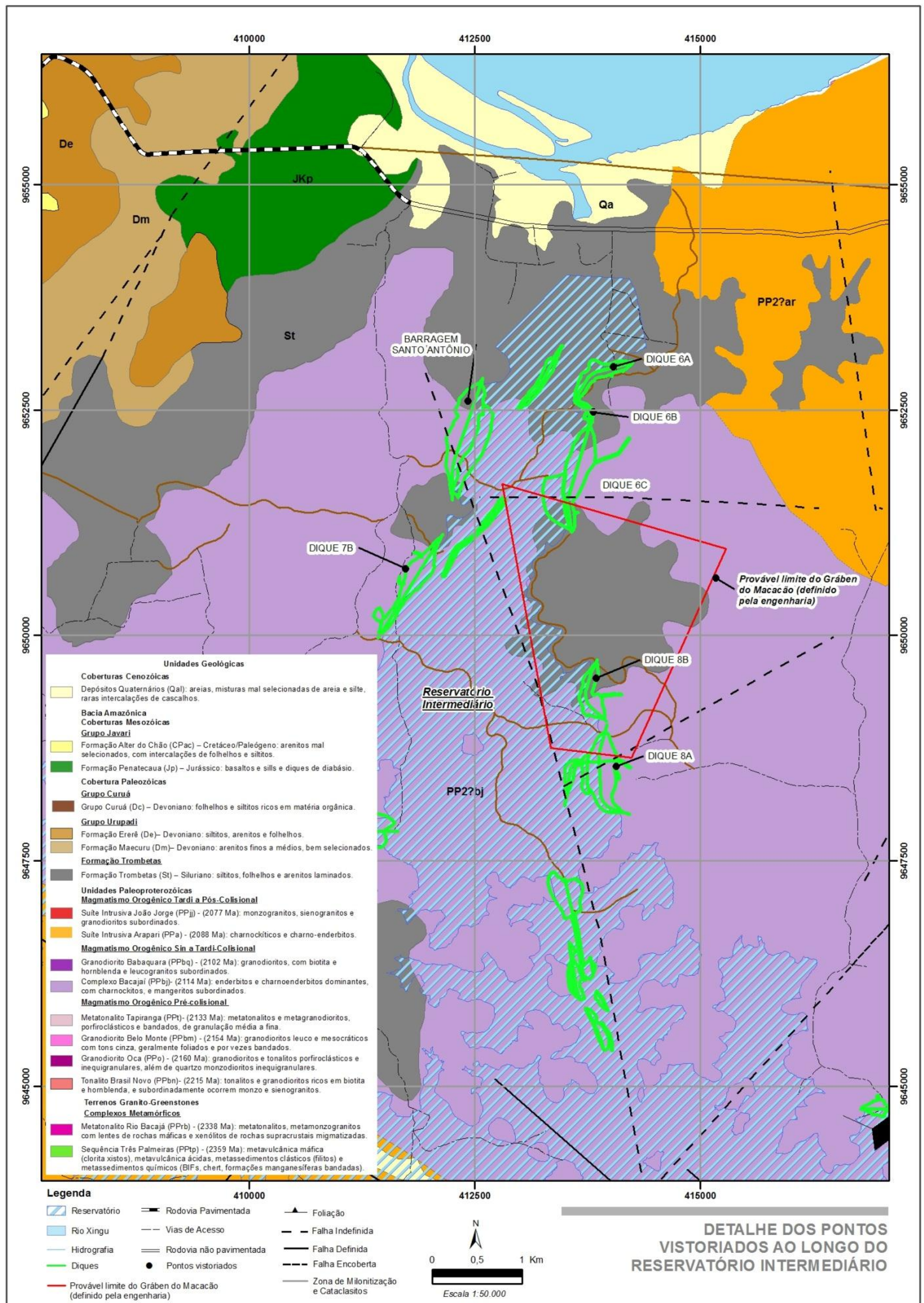


Figura 10.4 - 1 - Mapa geológico contendo a localização e distribuição dos diques construídos na região do Graben do Macacão.

#### 10.4.2.1. ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO INTEGRADO ENTRE AS EQUIPES TÉCNICAS DE MEIO AMBIENTE E DE ENGENHARIA – NOVO CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Verifica-se que as novas recomendações apresentadas pelo IBAMA, por meio do Ofício 02001.000868/2014-39 CGENE/IBAMA, estabelecem que o foco principal do Programa deva enfatizar a possibilidade do surgimento de problemas de estanqueidade (fluxos de água) a partir das fundações, tanto em rocha quanto em solo, das estruturas civis implantadas, principalmente aquelas referentes aos diques a serem construídos na região do Graben do Macacão. Tais premissas estão estreitamente relacionadas aos projetos de engenharia previstos para o empreendimento, fato este que indica a necessidade de um estreito relacionamento e integração técnica entre os setores de meio ambiente e de engenharia, tanto da Norte Energia quanto das empresas envolvidas na elaboração e execução dos projetos de engenharia e, também, da empresa que é responsável pela execução deste Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

Para atendimento dessas diretrizes, foi realizado um planejamento integrado de ações, onde o **Quadro 10.4 - 1**, a seguir, apresenta as atividades que compõem o novo cronograma detalhado do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, que foi totalmente revisado e adequado. Verifica-se que o plano de ação planejado se fundamenta, basicamente, no acompanhamento técnico das atividades realizadas pela engenharia da obra, principalmente na região do Graben do Macacão. A engenharia da obra realizará estudos detalhados para caracterização das condições geológico-geotécnicas de fundação, tanto em rocha quanto em solo, para implantação dos diques do Reservatório Intermediário e estabelecerá a definição e adoção de medidas de tratamento mais adequadas para garantia da estanqueidade e da segurança das referidas estruturas.

#### **Quadro 10.4 - 1 – Planejamento de Ações do Programa de Controle da Estanqueidade – Sequenciamento de Atividades**

PRODUTO / ATIVIDADES DO PRODUTO
1 - Estudos de Engenharia – definição das atividades de investigações geológico-geotécnicas
2 - Elaboração de Planejamento Integrado entre as equipes técnicas de engenharia e de meio ambiente
3 - Execução das atividades de investigações geológico-geotécnicas programadas e executadas pela engenharia
3.1 - Furos de sondagens
3.2 - Levantamentos geofísicos (caminhamentos elétricos)
4 - Avaliação da necessidade de execução de novos furos de sondagens e/ou levantamentos geofísicos na região do Graben do Macacão (estudos complementares)
5 - Consolidação, avaliação e interpretação dos dados e resultados obtidos nas atividades de investigações



PRODUTO / ATIVIDADES DO PRODUTO
6 - Elaboração e apresentação da análise dos fluxos de água que percolarão pelos diques – Projetista
7 - Definição e execução dos tratamentos de fundação a serem definidos pela engenharia
8 - Implantação dos equipamentos de instrumentação na continuidade da construção dos diques
9 - Instrumentação - monitoramento dos diques (fornecimento dos dados) - após enchimento
10 - Atividades contínuas de integração entre as equipes de meio ambiente e de engenharia
11 - Análise das informações de engenharia e repasse dos resultados para o IBAMA nos Relatórios Consolidados

Em face desta readequação e revisão das atividades que compõem o cronograma do Programa, aquelas previstas anteriormente no cronograma, que se baseavam exclusivamente na região do Kararaô, foram suspensas e consideradas como concluídas. Portanto, os atrasos que estavam sendo verificados nos prazos de execução de suas atividades foram definitivamente sanados, já que o novo planejamento de ações referentes a este Programa foi direcionado para a região do Graben do Macacão, estando estreitamente relacionado com os estudos de engenharia da obra que já estão em andamento.

Ressalta-se que, caso novas áreas sejam detectadas, tanto pela equipe técnica de engenharia quanto pela equipe do meio ambiente, com problemas de estanqueidade, as mesmas serão incorporadas a este Programa. Entretanto, tal possibilidade é remota em função de as atividades já realizadas ao longo de desenvolvimento do Programa não terem detectado outro local com essas características.

Por fim, informa-se que o novo cronograma das atividades deste Programa, com as suas periodicidades, e o produto final deste planejamento de ações são apresentados no **item 10.4.3 “Cronograma Gráfico”** do presente Relatório Consolidado.

#### 10.4.2.2. EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS PROGRAMADAS E EXECUTADAS PELA ENGENHARIA

**“Atendimento específico da recomendação do item 2a do Ofício do IBAMA:**  
*Realizar uma investigação mais detalhada da região do Graben do Macacão e acompanhar, juntamente com a equipe de engenharia, as soluções de estanqueidade propostas para que não ocorra fuga de água no reservatório.”*

A equipe de engenharia do empreendimento (projetista, construtora e Norte Energia) estabeleceu e está desenvolvendo atualmente um amplo programa de investigações geológico-geotécnicas para verificar a permeabilidade, estabilidade e condição de fundação das estruturas que estão sendo implantadas na região denominada Graben do Macacão.

O programa de investigação geológico-geotécnica estabelecido consiste basicamente na execução de seis trincheiras para verificação *in situ* dos horizontes de solo e de 36 (trinta e seis) furos de sondagens mistas (execução de sondagens a percussão – em solo e rotativa – em rocha no mesmo furo) para caracterização dos materiais terrosos e rochosos da região, principalmente no que se refere à determinação da condutividade hidráulica e coeficiente de permeabilidade dos mesmos, através de ensaios de perda de água sob pressão (EPAs) nos referidos furos. Além disso, estão sendo realizadas 14 (quatorze) linhas geofísicas, utilizando o método de caminhamento geoeletrico de alta resolução, que visam, principalmente, a caracterização em subsuperfície das unidades geológicas presentes na região do Graben do Macacão, podendo definir seus contatos litológicos, estruturas geológicas, profundidade do nível de água (lençol freático) e presença de vazios, como, por exemplo, pequenas cavidades subterrâneas.

A distribuição espacial deste programa de investigação geológico-geotécnica, ao longo da região do Graben do Macacão, pode ser visualizada no **Anexo 10.4 - 2** deste relatório.

Ressalta-se que, após a conclusão dessas atividades, a equipe técnica de engenharia irá realizar uma avaliação dos dados e resultados obtidos, sendo possível a complementação desses estudos com a execução de mais furos de sondagem e linhas geofísicas, caso necessário.

As atividades de campo do programa de investigações geológico-geotécnicas foram concluídas em junho de 2014, sendo que seus resultados estão em fase inicial de avaliação, consolidação e análise pela equipe técnica de engenharia e serão devidamente apresentados no próximo Relatório Consolidado previsto para janeiro de 2015 (7º RC), que também contemplará as soluções de engenharia definidas a partir destes estudos.

Ressalta-se, ainda, que o Projeto Básico Consolidado (PBC) já contempla todas as providências necessárias para garantia das condições de permeabilidade, estabilidade e condições de fundação das estruturas de barramento previstas ao empreendimento. Entretanto, a equipe técnica da Norte Energia verificou a necessidade da execução de estudos complementares na região do Graben do Macacão, a fim de garantir a obtenção do coeficiente de segurança necessário para o empreendimento, salvaguardando também as questões referentes aos fluxos de água para o ambiente externo através das estruturas de drenagem existentes nos diques e barragens de terra (filtros verticais, tapetes drenantes e valas de drenagem).

#### 10.4.2.3. CONSOLIDAÇÃO, AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS NAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÕES

**“Atendimento específico da recomendação do item 2a do Ofício do IBAMA:**  
*Realizar uma investigação mais detalhada da região do Graben do Macacão e acompanhar, juntamente com a equipe de engenharia, as soluções de estanqueidade propostas para que não ocorra fuga de água no reservatório.”*

Conforme informado, no subitem anterior, a equipe técnica de engenharia está iniciando a análise e interpretação dos dados e os resultados obtidos nos furos de sondagem, trincheiras e levantamentos geofísicos, objetivando a caracterização geológico-geotécnica da região do Graben do Macacão, para estabelecer as medidas de engenharia necessárias para garantia do coeficiente de segurança do empreendimento, nas quais se enquadra a questão da estanqueidade das estruturas de barramento e barreiras naturais do Reservatório Intermediário.

Ficou acordado entre as equipes técnicas de meio ambiente e engenharia que os referidos dados e resultados destes estudos serão incorporados no âmbito deste Programa após a consolidação dos mesmos. Portanto, esta atividade será devidamente apresentada e consolidada no âmbito do 7º RC.

#### 10.4.2.4. ATIVIDADES CONTÍNUAS DE INTEGRAÇÃO ENTRE AS EQUIPES DE MEIO AMBIENTE E ENGENHARIA

**“Atendimento específico da recomendação do item 2b do Ofício do IBAMA:**  
*Relatar, acompanhar e investigar novas áreas que tragam preocupação para a equipe de engenharia no que tange à estanqueidade, que eventualmente sejam identificadas no decorrer do detalhamento das estruturas que formarão o Reservatório Intermediário.”*

Ressalta-se que as atividades que estão sendo executadas atualmente na região do Graben do Macacão pela engenharia da obra (projetista, construtora e da própria Norte Energia) estão sendo verificadas pela empresa executora do presente PBA e pelo setor de meio ambiente da Norte Energia, visando a sanar e dirimir quaisquer questionamentos técnicos referentes à estanqueidade dos reservatórios da UHE Belo Monte.

No caso específico desta recomendação do IBAMA (item 2b), é importante reforçar que a estanqueidade do reservatório não é tratada apenas como uma questão de cunho ambiental, mas também como questão de engenharia. Por este motivo, toda a região do reservatório tem sido investigada sobre os vários aspectos técnicos, não tendo sido observada, até então, nenhuma outra área que trouxesse preocupação à equipe de engenharia, relacionada a problemas de estanqueidade do reservatório.

Destaca-se que a troca de informações entre as equipes da engenharia e de meio ambiente já vem sendo informada e registrada, tanto nos relatórios consolidados e notas técnicas elaboradas, como em apresentações técnicas relacionadas ao Programa de Estanqueidade. Nestes, a região do Graben do Macacão foi diagnosticada como a área que iria requerer, por parte do setor de engenharia, um estudo geológico-geotécnico mais detalhado e pormenorizado para implementação de tratamentos específicos para garantia na obtenção do coeficiente de segurança necessário para o empreendimento.

Por fim, informa-se que o novo cronograma de atividades que rege este Programa (item 10.4.3 “Cronograma Gráfico”) deixa evidenciada a interação contínua entre os

setores de meio ambiente e de engenharia do empreendimento. Constata-se que todas as atividades previstas estão relacionadas ao corpo técnico de engenharia, sendo que seus resultados e dados subsidiarão a continuidade e desenvolvimento do presente PBA.

#### 10.4.2.5. INSTRUMENTAÇÃO – MONITORAMENTO DOS DIQUES (FORNECIMENTO DOS DADOS) – APÓS ENCHIMENTO

**“Atendimento específico da recomendação do item 2c do Ofício do IBAMA:**  
*Manter as atividades de monitoramento após a implantação dos reservatórios e caso algum processo de fuga de água se instale na região, medidas de controle deverão ser adotadas para mitigar os eventuais impactos negativos.”*

Em atenção ao Programa de Segurança de Barragens está previsto o acompanhamento/monitoramento de todas as estruturas de barramentos da UHE Belo Monte. Para isto estão sendo instalados instrumentos como piezômetros, medidores de recalques, inclinômetros, marcos superficiais e medidores de vazão, atendendo às boas práticas de engenharia. Ressalta-se que é obrigatório nos projetos de usinas hidrelétricas o planejamento e implantação de equipamentos de auscultação e instrumentação para monitoramento, observação e caracterização de eventuais deteriorações que possam constituir risco potencial às condições de segurança da usina hidrelétrica. Portanto, as medidas de controle e de monitoramento já estão previstas e serão implementadas, tanto nas estruturas de concreto (Circuito de Geração e Vertedouro), quanto nos barramentos de terra (Diques e Barragens) que caracterizam a UHE Belo Monte.

Portanto, o acompanhamento/monitoramento das estruturas de barramento será contínuo por meio dos equipamentos de instrumentação instalados (medidas de controle adotadas), sendo que seus dados e resultados serão fornecidos pela equipe técnica responsável por esta atividade que ficará alocada durante o período de operação da UHE Belo Monte. Já as medidas de controle propriamente ditas a serem adotadas dependerão de cada caso específico e serão determinadas também pelo setor de engenharia da obra a partir dos resultados obtidos pela instrumentação dos diques, caso haja realmente necessidade (manutenção da segurança dos barramentos e conseqüentemente prevenção de problemas que possam vir a ocorrer com o ambiente externo). Adicionalmente, informa-se que este acompanhamento junto à equipe da engenharia foi estabelecido no âmbito do presente Programa até março de 2018, seguindo a mesma periodicidade prevista no item 7 do cronograma antigo (análise dos resultados das investigações e de relevância do risco de fuga de água), sendo denominada de “Instrumentação – monitoramento dos diques após enchimento” (item 9 do novo cronograma).

#### 10.4.2.6. ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE ÁGUA QUE PERCOLARÃO PELOS DIQUES

**“Atendimento específico da recomendação do item 2d do Ofício do IBAMA:**  
*Apresentar análise se o fluxo de água que percolará por cada um dos diques será significativo e avaliar quais serão os impactos sobre as áreas adjacentes ao Reservatório Intermediário.”*

Informa-se que para todos os 28 (vinte e oito) diques previstos ao longo dos limites do Reservatório Intermediário estão sendo desenvolvidas análises de percolação e dimensionamento dos seus sistemas de drenagem interna pelo setor de engenharia da projetista do empreendimento.

Para os cálculos de percolação de água e dimensionamento do sistema interno de drenagem, foi necessária a execução de uma série de furos de sondagens nas regiões de construção de cada um dos referidos diques para o conhecimento detalhado das condições e características geológico-geotécnicas dos materiais de fundação (solo e rocha) ali existentes.

Verifica-se para todos os diques previstos que o sistema de drenagem interno é composto basicamente por filtro vertical, tapete drenante, trincheiras drenantes e saídas de drenagem. As dimensões geométricas e os quantitativos destas estruturas do sistema de drenagem interno são definidos caso a caso, em função da robustez de cada um dos diques e das suas condições geológico-geotécnicas caracterizadas em cada local de construção.

A projetista já disponibilizou para a Norte Energia os relatórios técnicos da análise de percolação de água de 14 (quatorze) diques (1C, 6A, 6B, 7B, 8A, 14G, 18, 19B, 19C, 19D, 19E, 27, 28 e 29) de um total de 28 (vinte e oito), sendo que seus resultados mostram, de uma maneira geral, uma vazão total prevista muito pequena de fluxo de água que será captada pela saída de drenagem de cada um dos diques, o que não acarretará em qualquer tipo de impacto ambiental a jusante dos mesmos. Observa-se, nestes relatórios técnicos, que o coeficiente de permeabilidade (k) requerido ou disponível, em média, para os filtros verticais e tapetes drenantes de todos os diques apresenta valores maiores que  $10^{-3}$  cm/s e os materiais terrosos que constituem o maciço dos barramentos apresentam coeficiente de permeabilidade (k) menor ou igual a  $10^{-5}$  cm/s. E mais, para fins de cálculo do fluxo de percolação pelas fundações e maciços, os valores de vazão total médio para o sistema de drenagem interno de cada dique foram majorados em 10 vezes em relação aos valores de vazão incidentes (reais), por questões de segurança para a modelagem matemática. Portanto, conforme mencionado anteriormente, os valores de percolação de água previstos para cada dique são extremamente baixos, não acarretando qualquer tipo de preocupação no surgimento de impactos ambientais a jusante dos mesmos.

Vale destacar, como exemplo, o dique 14G, que foi mencionado pelo IBAMA no Ofício 02001.00868/2014-39-CGNE/IBAMA, onde os estudos de análise de percolação de água demonstraram que os valores de percolação serão pouco significativos durante a

etapa de operação da UHE Belo Monte. Os estudos de percolação revelam que a vazão total prevista para esse dique, durante a operação, é da ordem de 30 litros/minuto. Ressalta-se que as dimensões da vala de drenagem, situada a jusante deste dique, assim como de todos os outros diques a serem construídos, são estabelecidas em função dos processos construtivos, os quais requerem condições de acessos para equipamentos utilizados na construção e para manutenção dos mesmos. Portanto, o dimensionamento das valas de drenagem dos diques não está relacionado com as suas vazões de percolação que possam ocorrer durante a etapa de operação da usina.

O **Anexo 10.4 - 4** apresenta os relatórios técnicos contendo a memória de cálculo de percolação de água e dimensionamento do sistema de drenagem interna de cada um dos 14 diques mencionados acima. Os relatórios técnicos dos demais diques restantes serão fornecidos pela projetista durante o terceiro trimestre de 2014, assim que os mesmos forem sendo consolidados. Os referidos relatórios comporão o conteúdo do 7º RC, onde também deverá ser estabelecida uma análise conjunta de todos os dados e resultados de cada um dos diques, dando atenção maior àqueles situados na região do Graben do Macacão.

Por fim, conforme mencionado anteriormente, reitera-se que as dimensões das valas (saídas) de drenagem, situadas à jusante dos diques, foram estabelecidas em função dos processos construtivos, os quais requerem condições de acessos para os equipamentos utilizados na construção e manutenção do referido dique, durante a operação, sem relação com a vazão de percolação em seu dimensionamento, que serão muito pequenas e, conforme afirmado anteriormente, não acarretarão qualquer tipo de impacto ambiental a jusante dos mesmos.

#### 10.4.2.7. CRONOGRAMA GRÁFICO

O Cronograma de andamento deste Programa foi revisado e adequado em função das determinações estabelecidas pelo IBAMA por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, datado de 31/01/2014, as quais foram devidamente apresentadas no item 10.4.2 deste Relatório Consolidado. Conforme mencionado anteriormente, as novas atividades previstas estão embasadas no acompanhamento técnico dos serviços realizados pela equipe de engenharia da obra, principalmente na região do Graben do Macacão.

Já o cronograma antigo, que regia o desenvolvimento do Programa, foi definitivamente suspenso e cancelado, pois focava as atividades na região das cavernas do Kararaô, sendo que na mesma foi constatado e comprovado que não há possibilidade do aparecimento de problemas de estanqueidade relacionadas às cavidades ali existentes com a nova conformação do Reservatório Intermediário.

Portanto, o cronograma gráfico apresentado, na sequência, ilustra as novas atividades que estão sendo desenvolvidas no presente Programa para atendimento das recomendações estabelecidas pelo IBAMA. As linhas com as células preenchidas em amarelo representam o que já foi executado, sendo que as células amarelas

hachuradas são as atividades previstas e ainda não executadas até o final do Programa.





### 10.4.3. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS

Embora o IBAMA não tenha aprovado a conclusão do Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios proposto na Nota Técnica **NT\_SFB\_Nº038-PCER\_09\_12\_2013\_LEME**, entende-se que as solicitações e recomendações apresentadas pelo próprio órgão ambiental sanaram de forma definitiva os atrasos existentes em seu cronograma original, já que as atividades estabelecidas exclusivamente para a região do Kararaô foram definitivamente canceladas. O entendimento técnico de que a nova conformação do Reservatório Intermediário realmente excluiu qualquer possibilidade de surgimento de processos de fuga de água (estanqueidade dos reservatórios) na região do Kararaô ficou plenamente consolidado.

As novas recomendações apresentadas pelo IBAMA, por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, estabelecem que o foco principal do Programa deva enfatizar a possibilidade do surgimento de problemas de estanqueidade a partir das fundações, tanto em rocha quanto em solo, das estruturas civis previstas, principalmente àquelas referentes aos diques a serem construídos na região do Graben do Macacão. Tais premissas estão estreitamente relacionadas aos projetos de engenharia previstos para o empreendimento, fato este que indica a necessidade de um estreito relacionamento e integração técnica entre os setores de meio ambiente e de engenharia, tanto da Norte Energia quanto das empresas envolvidas na elaboração e execução dos projetos de engenharia e, também, daquelas que são responsáveis pela execução do presente Programa.

Em face do que foi exposto, é apresentado ao longo do presente Relatório Consolidado uma reformulação e readequação deste Programa objetivando ao atendimento desta principal premissa. Portanto, o conteúdo técnico deste 6º RC está embasado no encaminhamento e execução de um novo cronograma com a caracterização e periodicidade de atividades técnicas desenvolvidas e intimamente integradas entre os setores de engenharia e meio ambiente da Norte Energia, projetista e empresa executora (Leme Engenharia) deste Programa, que dá continuidade ao Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

### 10.4.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CTF
Cristiane Peixoto Vieira	Engenheira Civil, M. Sc.	Gerente de Projetos	CREA/MG 57.945D	2.010.648
Alexandre Luiz Canhoto de Azeredo	Geólogo	Coordenador Meio Físico	CREA/RJ 100.015/4-D	567.608
Luís Augusto da Silva Vasconcellos	Biólogo, M. Sc.	Coordenador de Obra	CRBio 20.598/01-D	1.772.130

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CTF
Luciano Ferraz Andrade	Geógrafo	Geoprocessamento e design gráfico	CREA/MG 164.360/D	5.552.542
Fernanda Roberti Gil de Paula	Geóloga	Levantamento de dados e elaboração de relatórios	CREA/MG 166352-LP	5.846.995
Carlos Chicarelli	Geógrafo	Levantamento de dados e acompanhamento de atividades	CREA/MG 120.924 D	4.963.386
Nestor Antônio Mendes Pereira	Geólogo	Coordenador das investigações geológico-geotécnicas (NE/DC)	CREA/SP 0600-41019-2 D	-

#### 10.4.5. ANEXOS

**Anexo 10.4 - 1 – Ofício 02001.000868-2014-39-CGNE/IBAMA**

**Anexo 10.4 - 2 – Investigações Geológico-Geotécnicas no Graben do Macacão**

**Anexo 10.4 - 3 – Carta CE 0147-2014 - DS**

**Anexo 10.4 - 4 – Análise de Percolação e Dimensionamento da Drenagem Interna dos Diques – Memória de Cálculo**