

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	10.4-4
10.4.2.1. FUNDAMENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	10.4-7
10.4.2.1.1. ANÁLISE DOS ESTUDOS DO EIA/RIMA E COMPLEMENTARES DE ESPELEOLOGIA.....	10.4-7
10.4.2.1.2. ANÁLISE DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS NO ÂMBITO DE OUTROS PROGRAMAS AMBIENTAIS (INTEGRAÇÃO DE DADOS)	10.4-15
10.4.2.1.3. REGIÃO DO KARARAÔ - AVALIAÇÃO TÉCNICA	10.4-15
10.4.2.1.4. <i>CHECKLIST</i> – CAMPANHAS DE CAMPO	10.4-25
10.4.2.1.5. ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS DE ENGENHARIA E AMBIENTAIS – PREMISSAS E DIRETRIZES.....	10.4-36
10.4.2.1.6. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS.....	10.4-37
10.4.2.2. CRONOGRAMA GRÁFICO.....	10.4-39
10.4.3. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS.....	10.4-41
10.4.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO 10.4-41	
10.4.5. ANEXOS.....	10.4-42

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 objetiva a identificação, caracterização e monitoramento dos locais nos quais podem existir riscos associados à fuga de água dos reservatórios, em especial devido à presença de cavidades subterrâneas no Arenito Maecuru, principalmente nas encostas da margem esquerda do Reservatório Intermediário. Estas encostas margeiam litologias sabidamente permeáveis pertencentes à Formação Maecuru, principalmente na região conhecida como Kararaô, portadora das referidas cavidades subterrâneas e de outras feições menores identificadas e caracterizadas nos estudos de Espeleologia e de 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 constituída 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 estabelecido, onde estes arenitos, que possuem as cavidades a serem estudadas, não estão sujeitos aos processos de saturação pelas águas do Reservatório Intermediário e, conseqüentemente, livres da possível reativação ou aparecimento de novos processos de formação de cavidades e *piping* que poderiam ocasionar fugas de água no futuro reservatório.

Em face deste novo cenário, uma reavaliação do projeto e elaboração de um novo planejamento de escopo e cronograma bem menos robusto do que originalmente proposto no PBA foi executada, objetivando a adequação dos objetivos do Programa frente à nova realidade do empreendimento.

Para esse atendimento foi elaborada e encaminhada para o IBAMA a Nota Técnica NT_SMFB_Nº021_PCER_13_04_2012_LEME_CC_RHOS_CC_VS, datada do dia 13/04/12, com todas as justificativas técnicas e mudanças de escopo e cronograma necessárias frente a essa nova conformação do Reservatório Intermediário. No dia 2/06/12, o IBAMA, por meio do Ofício 154/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, se pronunciou positivamente frente às proposições apresentadas na referida Nota Técnica.

A partir da aprovação da Nota Técnica pelo IBAMA tiveram início as atividades inerentes ao PBA, com a produção e determinação dos levantamentos topográficos em escala de detalhe e geral na região de influência da UHE Belo Monte, que serviram como base para todas as atividades de campo e de escritório que foram executadas.

Adicionalmente, estabeleceu-se a coleta e análise de dados provenientes dos boletins de sondagem executados na região do empreendimento para caracterização detalhada dos principais parâmetros geológico-geotécnicos dos materiais de fundação (solo e rocha) do Reservatório Intermediário. No total, foram analisados 997 boletins de sondagem por toda a região do empreendimento de Belo Monte, sendo que os resultados que tiveram maior atenção foram aqueles localizados nos limites do Reservatório Intermediário, principalmente na região dos barramentos existentes.

Também foram realizadas as atividades de mapeamento geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico que se iniciaram com a interação com as atividades desenvolvidas no âmbito do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (pacote de trabalho 10.3 deste PBA) e Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (pacote de trabalho 11.3.1), e também foram baseados nos dados provenientes no mapeamento geológico regional apresentado no EIA.

Entretanto, conforme relatado no Quarto Relatório Consolidado (RC), verificou-se a necessidade da elaboração de um mapeamento em escala de maior detalhe na região do Kararaô que, associado aos resultados obtidos em levantamentos geofísicos previamente programados, propiciaria o pleno entendimento estrutural e geológico da referida região. Esses estudos subsidiariam o futuro planejamento das atividades relacionadas à continuidade ou não do Programa, onde seriam estabelecidas as diretrizes relacionadas à necessidade ou não da execução de sondagens e instalação de piezômetros para monitoramento das condições hidrogeológicas das cavidades subterrâneas, a sua possível substituição por um monitoramento alternativo 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.

Essas atividades de campo previstas no cronograma do PBA estavam transcorrendo normalmente, com a conclusão das atividades de complementação do mapeamento geológico e estrutural em escala de detalhe, quando, no início dos trabalhos relacionados aos levantamentos geofísicos, em setembro de 2012, o proprietário das terras onde se situam as cavidades na região do Kararaô proibiu o acesso da equipe técnica para a continuidade dos mesmos. Essa situação acarretou a paralisação de todas as atividades previstas no PBA até o presente momento e, conseqüentemente, atrasos em seu desenvolvimento.

Essa situação foi devidamente informada ao IBAMA no bojo da carta CE 520/2012-DS, datada de 09/10/12, onde foi anexado o documento assinado pelo proprietário das terras que proíbe a entrada das equipes técnicas responsáveis pelos trabalhos em sua propriedade. Contínuas tratativas junto ao proprietário foram realizadas com o intuito de movê-lo deste posicionamento, sendo que as mesmas se mostraram infrutíferas.

Concomitantemente aos estudos executados na região do Kararaô, 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 no meio geológico-geotécnico como “Graben do Macacão” e caracterizada por rochas areníticas da Formação Trombetas, que objetivou a verificação e possível identificação de novas cavidades sujeitas a processos de fuga de água que possuísem as mesmas características observadas na região do Kararaô. Esta atividade não detectou ocorrências de cavidades que pudessem ser inseridas nos estudos do PBA.

Posteriormente, com base nos dados e resultados geológico-geotécnicos obtidos nas atividades relatadas acima, estabeleceu-se para o Quarto RC, entregue ao IBAMA em agosto de 2013, uma reavaliação técnica do Programa que indicou claramente que a possibilidade de fluxos de água por estruturas regionais (zonas de falhas), que possam se interligar às cavidades subterrâneas dos arenitos da Formação Maecuru na região do Kararaô, são definitivamente improváveis. A partir deste entendimento técnico e ressaltando que o Programa de Estanqueidade refere-se à possibilidade de surgimento de processos de fuga de água relacionados a cavidades de alta relevância espeleológica (estudos de espeleologia nos anos de 2009 e 2010), foi encaminhada, no âmbito do Quarto RC, a proposição de conclusão deste Programa de Estanqueidade.

Para agilização e aprovação desta proposição junto ao órgão ambiental responsável pela análise e avaliação do Programa, realizou-se uma reunião específica com a equipe técnica do IBAMA no dia 22/08/2013, em sua sede em Brasília, para apresentação desse contexto geológico-geotécnico consolidado. Após as explicações realizadas, estabeleceu-se junto ao próprio órgão ambiental que a proposição de fechamento do referido Programa só deveria ser encaminhada, de forma oficial, após a realização de um *checklist* específico 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 estivesse realmente restringida à região do Kararaô.

Ficou acordado, também, que, após a realização deste *checklist*, deveria ser encaminhada para o próprio IBAMA uma Nota Técnica contendo os resultados desses estudos, onde os mesmos indicariam o futuro desenvolvimento de andamento ou de finalização deste Programa.

Em função dessas tratativas, procedeu-se, no segundo semestre de 2013, à execução de atividades de campo e de escritório para atendimento dessa solicitação do órgão ambiental, sendo que seus resultados e dados são apresentados no âmbito deste Quinto RC. Ressalta-SE que o conteúdo técnico aqui apresentado também compõe a Nota Técnica NT_SFB_Nº038-PCER_09_12_2013_LEME, protocolizada em 23/12/2013 junto ao IBAMA. Em anexo a esta Nota Técnica encontra-se a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) 14201300000001544363 – CREA/MG do profissional responsável pela elaboração da mesma, o geólogo Alexandre Luiz Canhoto de Azeredo.

10.4.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES, SEUS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

As atividades realizadas no segundo semestre de 2013, que compõem o conteúdo deste Quinto RC, objetivaram a apresentação dos estudos realizados, no âmbito do *checklist* solicitado pelo IBAMA, para toda a área de influência do empreendimento, principalmente na margem direita do Reservatório Intermediário, levando-se em conta a modificação dos seus limites originais para os atuais. Os referidos estudos tiveram como objetivo verificar se outras regiões compostas por arenitos da Formação Maecuru ou ritmitos, folhelhos e arenitos da Formação Trombetas apresentam cavidades subterrâneas com características geológico-geotécnicas, hidrogeológicas, bioespeleológicas e espeleológicas similares à região do Kararaô que pudessem, por conseguinte, ser incluídas no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios para a proposição de sua continuidade ou conclusão. Adicionalmente, foi realizada uma revisão e atualização dos estudos espeleológicos referentes ao EIA/RIMA e complementares, no sentido de também verificar aspectos relevantes que pudessem ser incorporados a este Programa de Estanqueidade.

Ressalta-se que as considerações e conclusões alcançadas nesses estudos visaram à obtenção de um embasamento técnico robusto e consolidado que propiciasse a indicação, de forma consistente, da necessidade ou não da continuidade de execução deste Programa, levando-se em conta o cumprimento de suas premissas e diretrizes estabelecidas.

A metodologia adotada para a realização desses estudos consistiu de duas fases distintas, a saber:

- A primeira fase caracterizada pela compilação e análise dos dados já existentes provenientes dos estudos do EIA/RIMA e complementares de espeleologia, que foram realizados nos anos de 2009 e 2010, das atividades de campo e escritório para caracterização geológico-geotécnica, hidrogeológica e estrutural da região do Kararaô efetivadas no âmbito do próprio Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios e da coleta e análise dos dados e resultados obtidos no Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (pacote de trabalho 10.3 do PBA) e Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (pacote de trabalho 11.3.1 do PBA); e
- A segunda fase foi composta por atividades de campo executadas ao longo dos limites da nova conformação do Reservatório Intermediário, com ênfase na sua margem direita, para verificação da ocorrência ou não de novas cavidades similares àquelas da região do Kararaô, que pudessem ser incluídas no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. Adicionalmente, foram realizados contínuos contatos com o corpo técnico da engenharia responsável pelas obras civis do empreendimento (construção dos barramentos) para interação, alinhamento e entendimento técnico sob as ações que estão sendo tomadas por cada área em relação à possibilidade de

surgimento de processos de fuga de água nos limites do Reservatório Intermediário, sendo que, no âmbito do meio ambiente, esta problemática é considerada na preservação do patrimônio espeleológico (monitoramento e preservação de cavidades classificadas como de alta relevância sujeitas a estes processos), conforme preconizado nos estudos espeleológicos descritos no EIA/RIMA de 2009 e nos estudos complementares de 2010.

Após a execução de ambas as fases, estabeleceu-se a integração de todas as informações técnicas para consolidação e consistência de seus resultados, com o objetivo de verificar e constatar a necessidade ou não de continuidade no desenvolvimento do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios ou de sua possível reformulação, a partir da existência de novas cavidades que pudessem ser inseridas nesse contexto ambiental.

Após essa integração, procedeu-se ao estabelecimento das conclusões e considerações técnicas que indicaram a ausência de novas cavidades de alta relevância espeleológica que pudessem ser incorporadas no âmbito deste PBA. Todas as justificativas técnicas que embasam essas conclusões são devidamente apresentadas neste Quinto RC.

A **Figura 10.4 - 1** apresenta o organograma que ilustra, de forma resumida, as atividades realizadas para atendimento dos objetivos e metas preconizados no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, que consolidaram as justificativas técnicas apresentadas neste Quinto RC e que recomendam a sua conclusão junto ao órgão ambiental a partir dos dados e resultados alcançados, tanto nas atividades de escritório realizadas, quanto naquelas de campo executadas no âmbito do *checklist* solicitado. Vale ressaltar que a descrição pormenorizada e detalhada de cada uma dessas atividades é devidamente relatada nos itens subsequentes.

Outro ponto importante a se destacar para este Programa é que a propriedade onde se encontram as cavernas do Kararaô e Kararaô Novo, por onde se tem acesso pela trilha aberta pelo sítio Belo Monte, foi totalmente adquirida pela Norte Energia. Este fato garante que as referidas cavernas serão devidamente preservadas, garantindo sua total integridade ambiental.

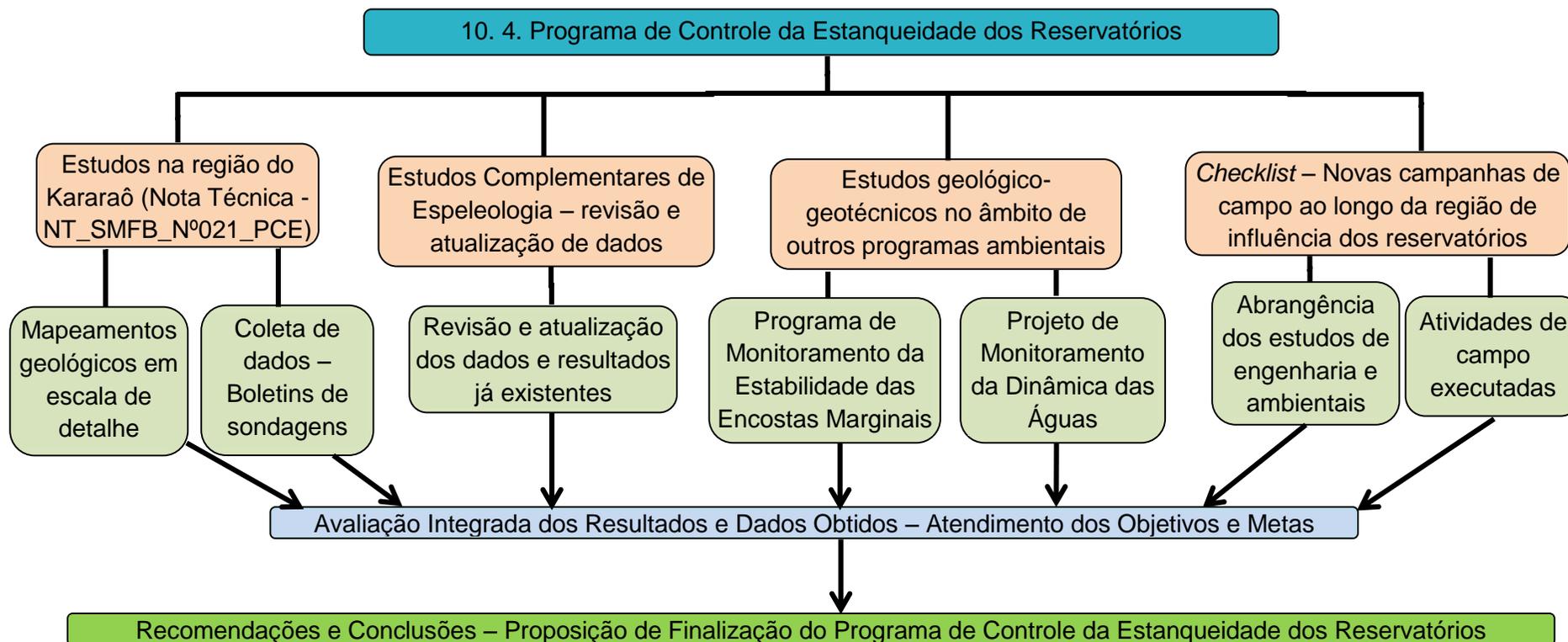


Figura 10.4 - 1 – Organograma das atividades executadas para o Checklist referente ao Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

10.4.2.1. FUNDAMENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA

As atividades caracterizadas a seguir estabelecem todo o embasamento técnico que justifica a recomendação de conclusão do Programa, sendo organizadas e itemizadas da seguinte maneira:

- Análise dos estudos do EIA/RIMA e complementares de espeleologia;
- Análise dos estudos geológico-geotécnicos no âmbito de outros programas ambientais;
- Região do Kararaô – Avaliação técnica;
- *Checklist* – Novas campanhas de campo ao longo da região de influência dos reservatórios: abrangência dos estudos de engenharia e ambientais e atividade de campo executadas.

Vale destacar que muitos aspectos técnicos inerentes a este Quinto RC, e que são relatados a seguir, já foram apresentados em relatórios consolidados anteriores. Esta situação deve-se ao fato de que este relatório está propondo uma reavaliação técnica dos resultados já obtidos, estabelecendo, a partir desta reavaliação, uma proposição de conclusão do referido Programa de Estanqueidade. Para o pleno entendimento de todo o contexto geológico-geotécnico da área diretamente afetada (ADA) pelo empreendimento, é fundamental que todo o embasamento técnico realizado, e que subsidiou as conclusões aqui elencadas, esteja devidamente caracterizado, em ordem sequencial, no âmbito deste relatório.

10.4.2.1.1. ANÁLISE DOS ESTUDOS DO EIA/RIMA E COMPLEMENTARES DE ESPELEOLOGIA

Os estudos espeleológicos executados nos meses de abril, maio e agosto de 2009 para o EIA/RIMA objetivaram a avaliação do potencial espeleológico nas Áreas de Influência Direta (AID) e Diretamente Afetada (ADA) do então denominado AHE Belo Monte, em atendimento ao Termo de Referência (TR) estabelecido pelo Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Nesses estudos foram localizadas 29 (vinte e nove) cavidades dentro da área da AID/ADA, a saber: Caverna Kararaô, Abrigo Kararaô, Gruta do China, Caverna Kararaô Novo, Abrigo do Santo Antônio, Abrigo Turiá/Aturiá, Gruta Leonardo Da Vinci, Abrigo da Grota do Jôa, Gruta do Jôa, Abrigo Paratizão, Caverna do Jacaré, Abrigo das Pacas, Abrigo do Luís, Abrigo do Igarapé, Abrigos Assurini, Abrigo do Abutre, Abrigo do Chuveiro, Abrigo da Gravura, Abrigos Sismógrafo/Tatu, Abrigo Pedra do Navio, Gruta Cama de Vara, Abrigo Cama de Vara, Caverna do Sugiro/Roncador, Caverna Pedra da Cachoeira, Caverna Bat-Loca, Loca Ultrajano, Abrigo do Beja, Abrigo do Beja 2 e Gruta do Tic-Tac.

Verificou-se que essas cavidades se distribuem em uma faixa de direção aproximada SW-NE, coincidente com as ocorrências do arenito da Formação Maecuru, sendo a única exceção a Gruta Leonardo Da Vinci, que se encontra desenvolvida em folhelhos da Formação Curuá.

Já os estudos complementares de espeleologia realizados no mês de julho de 2010 tiveram como objetivo a consolidação, o detalhamento e o refinamento das características espeleológicas presentes na região de influência do empreendimento, em atendimento aos pareceres emitidos pelo IBAMA (Nota Técnica nº 10/2010 – COEND/CGENE/DILIC/IBAMA) e CECAV/ICMBio (Parecer nº 102/2009, Nota Técnica nº 001/2010-CECAV e Relatório de Vistoria 01–CECAV/ICMBio), que solicitavam a apresentação de informações técnicas complementares para fins de análise de relevância das cavidades naturais. Nesses pareceres é destacada a necessidade de refinamento das medidas e programas apresentados no EIA/RIMA, com ênfase para o Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios.

Nos estudos complementares de 2010 procedeu-se à realização de novos levantamentos de campo visando o desenvolvimento de atividades de prospecção exocárstica e endocárstica em toda a AID, incluindo levantamentos detalhados na ADA. Foram identificadas 9 (nove) novas cavidades naturais na AID, de dimensões reduzidas, que foram incorporadas às 29 (vinte e nove) cadastradas em 2009: Abrigo Paratizinho, Abrigo do Denis, Abrigo Nanoabrigo, Abrigo Microabrigo, Abrigo Miliabrigo, Abrigo do Mangá, Abrigo do Urubu, Túnel do Nóia e Abrigo Noíinha, sendo que as duas últimas, diferentemente de todas as demais, estão presentes em migmatitos.

Ressalta-se que em todas as campanhas de campo, tanto no ano de 2009 quanto em 2010, foram realizados levantamentos exocársticos e endocársticos de todas as cavidades encontradas, com uma caracterização detalhada de cada uma delas, assim como estudos bioespeleológicos, geológicos, estruturais, geomorfológicos e hidrogeológicos das mesmas. A partir desse diagnóstico verificou-se a necessidade de implantação de programas ambientais específicos relacionados a estudos de espeleologia de cavidades que foram definidas como de alta relevância e que sofreriam impactos significativos, sendo que um deles foi este Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

A **Figura 10.4 - 2** ilustra o caminhamento de campo das campanhas de 2009 e 2010 dos estudos espeleológicos.

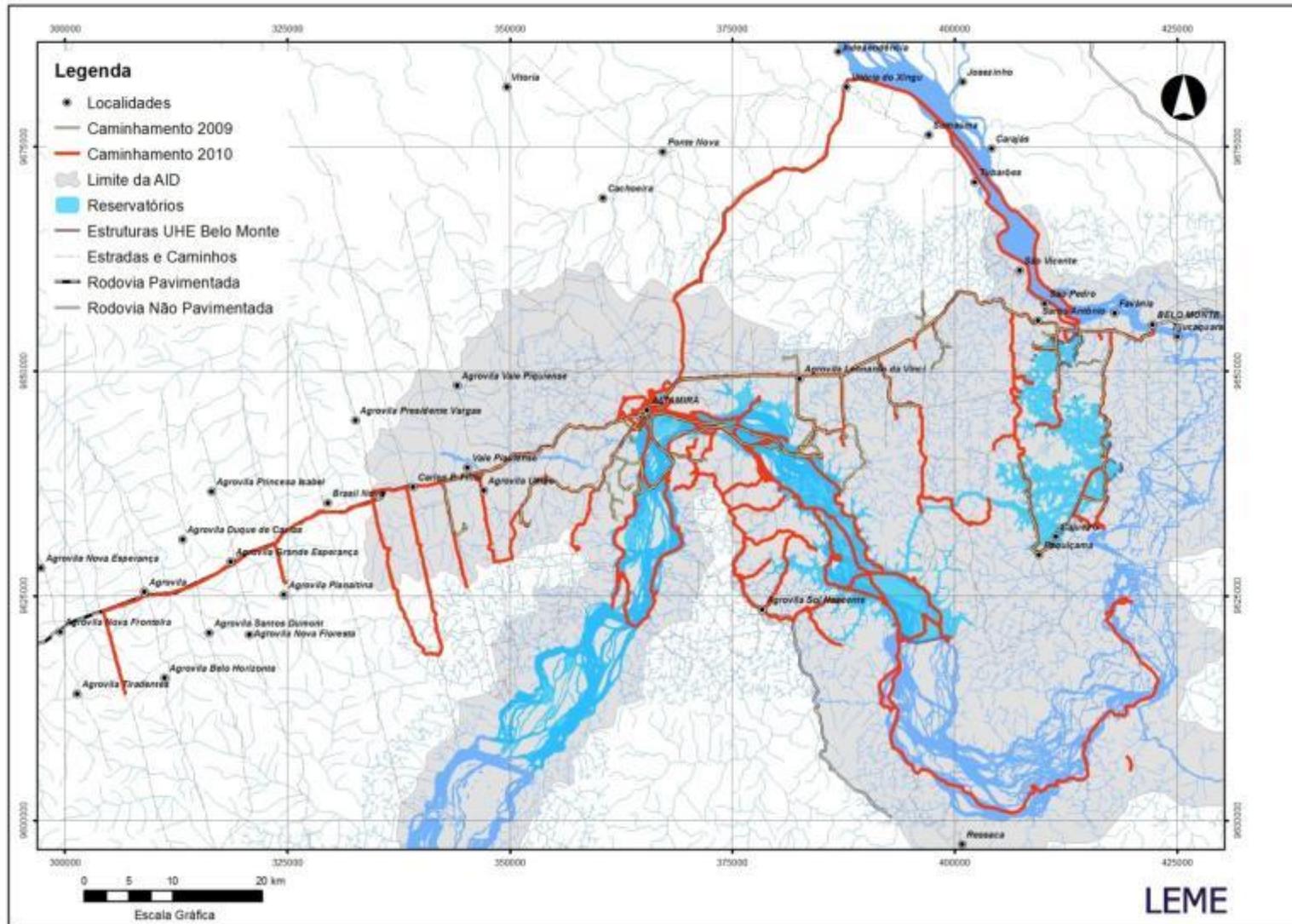


Figura 10.4 - 2 – Visualização dos Caminhamentos de campo de 2009 e 2010.

Vale destacar que esses estudos ocorreram antes da mudança de conformação do Reservatório Intermediário, sendo que suas conclusões identificaram dois tipos de impactos certos e prováveis na região de influência dos reservatórios, que originaram a elaboração de dois programas ambientais distintos para implantação.

O primeiro impacto verificado referia-se à inundação permanente dos Abrigos da Gravura e da região do Assurini (Abrigos Assurini e do Abutre) pela formação do reservatório do Xingu, impactando o patrimônio espeleológico dessa região. Este impacto estaria devidamente tratado no âmbito do Programa de Registro e Armazenamento Cartográfico e Acervo de Elementos Espeleológicos (pacote de trabalho 12.5 do PBA).

Já o segundo impacto detectado se caracterizava pela possibilidade de fuga de água do Reservatório Intermediário pelas cavidades naturais subterrâneas em ambientes de rochas sedimentares, principalmente em encosta localizada na margem esquerda do referido reservatório (região conhecida como Kararaô), sendo as variáveis ambientais impactadas definidas pelo próprio patrimônio espeleológico e pela fauna cavernícola. Estes aspectos foram devidamente contemplados no contexto deste Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, sendo as principais feições a serem monitoradas e estudadas, referentes às cavidades conhecidas, denominadas como Caverna Kararaô, Abrigo Kararaô, Gruta do China e Caverna Kararaô Novo, que se encontravam abaixo do nível de água e muito próximos aos limites da conformação original do referido Reservatório Intermediário.

Entretanto, o projeto de engenharia estabeleceu mudanças significativas na conformação final do Reservatório Intermediário, acarretando um afastamento significativo da sua margem esquerda, aproximadamente 3 km, em relação às cavidades situadas na região do Kararaô, fato este que indicou a necessidade de otimização e simplificação das atividades de monitoramento previstas originalmente no pacote de trabalho 10.4 do PBA (Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios) para a referida região. Esta otimização do referido PBA foi realizada e devidamente apresentada e alinhada junto ao IBAMA por meio de Nota Técnica específica (NT_SMFB_Nº021_PCER_13_04_2012_LEME), que, a partir de sua aprovação, começou a reger as diretrizes estabelecidas para atendimento dos objetivos e metas deste Programa.

O **Quadro 10.4 – 1**, a seguir, apresenta a lista das 38 (trinta e oito) cavidades detectadas nesses estudos complementares de espeleologia, onde se caracteriza a cota onde são encontradas e a distância mínima que as mesmas têm em relação ao reservatório mais próximo, seja o do Xingu (RX) ou o Intermediário (RI), sendo que a terceira coluna, da esquerda para direita, apresenta as distâncias das cavidades em relação à conformação original do Reservatório Intermediário (RI), verificada durante os estudos espeleológicos de 2009 e 2010, enquanto a quarta coluna já apresenta as distâncias devidamente atualizadas em relação à nova conformação do Reservatório Intermediário para o ano de 2013.

Quadro 10.4 - 1 – Síntese das características da distância mínima e cota de localização das cavidades subterrâneas da AID/ADA da UHE Belo Monte

Nº	NOME	COTA (m)	DISTÂNCIA DOS RESERVATÓRIOS – SEM ALTERAÇÃO DO RI (m)	DISTÂNCIA DOS RESERVATÓRIOS – COM ALTERAÇÃO DO RI (m)
1	Caverna Kararaô	84,9 - 78,2 ⁽²⁾	178 (RI)	3.290 (RI)
2	Abrigo Kararaô	83,2	219 (RI)	3.306 (RI)
3	Gruta do China	89,3	203 (RI)	3.291 (RI)
4	Caverna Kararaô Novo	78,1	474 (RI)	3.562 (RI)
5	Abrigo do Santo Antônio ⁽¹⁾	100	987 (RI)	2.903 (RI)
6	Abrigo Turiá/Aturiá	99,4	1.085 (RI)	1.063 (RI)
7	Gruta Leonardo Da Vinci	82,9	4.280 (RX)	4.280 (RX)
8	Abrigo da Grota do Jôa ⁽¹⁾	190	10.600 (RX)	10.600 (RX)
9	Gruta do Jôa	150	8.600 (RX)	8.600 (RX)
10	Abrigo Paratizão	126,2	120 (RX)	120 (RX)
11	Caverna do Jacaré	113,6	850 (RX)	850 (RX)
12	Abrigo das Pacas	133,6	3.150 (RX)	3.150 (RX)
13	Abrigo do Luís	123,4	2.800 (RX)	2.800 (RX)
14	Abrigo do Igarapé	147,4	3.400 (RX)	3.400 (RX)
15	Abrigos Assurini	94,9 ⁽³⁾	0 (RX)	0 (RX)
16	Abrigo do Abutre	95,87-98,73 ⁽²⁾	0 (RX)	0 (RX)
17	Abrigo do Chuveiro	130,9	2.950 (RX)	2.950 (RX)
18	Abrigo da Gravura	94,7	0 (RX)	0 (RX)
19	Abrigos Sismógrafo/Tatu	144 -149 ⁽²⁾	144 (RX)	144 (RX)
20	Abrigo Pedra do Navio	158,3	656 (RX)	656 (RX)
21	Gruta Cama de Vara	190,2	1.370 (RX)	1.370 (RX)
22	Abrigo Cama de Vara	153,5	728 (RX)	728 (RX)
23	Caverna do Sugiro/Roncador	184,8	1.180 (RX)	1.180 (RX)
24	Caverna Pedra da Cachoeira	165,3	9.100 (RX)	9.100 (RX)

Legendas correspondentes ao **Quadro 10.4 - 2 – Síntese das características da distância mínima e cota de localização das cavidades subterrâneas da AID/ADA da UHE Belo Monte**

	Cavidades situadas a mais de 250m do reservatório.
	Cavidades situadas a menos de 250m do reservatório (ADA) em cota superior à cota do reservatório
	Cavidades situadas a menos de 250m do reservatório (ADA) em cota inferior à cota do reservatório
	Cavidades sujeitas à inundação após o enchimento do reservatório (ADA).
	Cavidades que tiveram seu <i>status</i> alterado devido à mudança na conformação do Reservatório Intermediário (RI)

(RX) – Reservatório do Xingu / (RI) – Reservatório Intermediário

Obs.:

⁽¹⁾ Cavidades não encontradas durante o levantamento espeleológico de 2009. As coordenadas e cotas foram extraídas do relatório CNEC/ELETRONORTE (1987).

⁽²⁾ Cavidades com duas entradas em cotas distintas.

⁽³⁾ Cota referente ao teto de abrigo submerso.

⁽⁴⁾ Cavidades do EIA visitadas em 2010.

⁽⁵⁾ Cavidades identificadas e visitadas apenas em 2010.

Nº	NOME	COTA (m)	DISTÂNCIA DOS RESERVATÓRIOS – SEM ALTERAÇÃO DO RI (m)	DISTÂNCIA DOS RESERVATÓRIOS – COM ALTERAÇÃO DO RI (m)
25	Caverna Bat-Loca	147,1	9.300 (RX)	9.300 (RX)
26	Loca Ultrajano ⁽⁴⁾	141,0	9.000 (RX)	9.000 (RX)
27	Abrigo do Beja	168,7	16.400 (RX)	16.400 (RX)
28	Abrigo do Beja 2	182,3	16.000 (RX)	16.000 (RX)
29	Gruta do Tic-Tac	151,2	17.500 (RX)	17.500 (RX)
30	Abrigo Paratizinho ⁽⁵⁾	125	100 (RX)	100 (RX)
31	Abrigo do Denis ⁽⁵⁾	111	227 (RI)	3.289 (RI)
32	Abrigo Nanoabrigo ⁽⁵⁾	101	207 (RI)	3.375 (RI)
33	Abrigo Microabrigo ⁽⁵⁾	101	220 (RI)	3.297 (RI)
34	Abrigo Miliabrigo ⁽⁵⁾	75	240 (RI)	3.321 (RI)
35	Abrigo do Mangá ⁽⁵⁾	86	480 (RI)	3.521 (RI)
36	Abrigo do Urubu ⁽⁵⁾	188	19.140 (RX)	19.140 (RX)
37	Túnel do Nóia	88	9.930 (RX)	9.930 (RX)
38	Abrigo Noinha	75	9.980 (RX)	9.980 (RX)

Legendas correspondentes ao **Quadro 10.4 - 3 – Síntese das características da distância mínima e cota de localização das cavidades subterrâneas da AID/ADA da UHE Belo Monte**

	Cavidades situadas a mais de 250m do reservatório.
	Cavidades situadas a menos de 250m do reservatório (ADA) em cota superior à cota do reservatório
	Cavidades situadas a menos de 250m do reservatório (ADA) em cota inferior à cota do reservatório
	Cavidades sujeitas à inundação após o enchimento do reservatório (ADA).
	Cavidades que tiveram seu <i>status</i> alterado devido à mudança na conformação do Reservatório Intermediário (RI)

(RX) – Reservatório do Xingu / (RI) – Reservatório Intermediário

Obs.:

(1) Cavidades não encontradas durante o levantamento espeleológico de 2009. As coordenadas e cotas foram extraídas do relatório CNEC/ELETRONORTE (1987).

(2) Cavidades com duas entradas em cotas distintas.

(3) Cota referente ao teto de abrigo submerso.

(4) Cavidades do EIA visitadas em 2010.

(5) Cavidades identificadas e visitadas apenas em 2010.

Depois de localizadas, identificadas, estudadas e mapeadas, as cavidades foram agrupadas em quatro regiões denominadas como: Região 1 (localizada nas proximidades do povoado Santo Antonio, na margem esquerda do rio Xingu, próximo à comunidade de Belo Monte), Região 2 (cavidades na região que vai da Agrovila Leonardo Da Vinci até a região do Travessão do km 27 da BR-230), Região 3 (cavidades nas proximidades de Altamira) e a Região 4 (compreendendo as cavidades contidas na região da Agrovila União), todas agrupadas de acordo com suas características de acesso.

A **Figura 10.4 - 3** ilustra a espacialização dessas 38 (trinta e oito) cavidades detectadas nesses estudos espeleológicos, levando-se em conta a nova conformação do Reservatório Intermediário e a divisão por regiões citada acima.

Analisando o **Quadro 10.4 – 1**, verifica-se, pela nova conformação do Reservatório Intermediário, que as cavidades denominadas Caverna do Kararaô, Abrigo do Kararaô, Gruta do China, Abrigo Miliabrigo, Caverna Kararaô Novo, Abrigo do Santo Antonio, Abrigo do Mangá, Abrigo do Denis, Abrigo Nanoabrigo e Abrigo Microabrigo, todas localizadas na região do Kararaô, tiveram um afastamento significativo em relação à margem esquerda do referido reservatório, sendo que as quatro primeiras cavidades citadas acima mudaram seu *status* de laranja (cavidades situadas a menos de 250 m do reservatório – ADA - em cota inferior à cota do reservatório) para verde (cavidades situadas a mais de 250 m do reservatório), enquanto que as quatro últimas alteraram seu *status* de amarelo (cavidades situadas a menos de 250 m do reservatório – ADA - em cota superior à cota do reservatório) também para verde (cavidades situadas a mais de 250 m do reservatório). Este fato mostra que a alteração dos limites do Reservatório Intermediário diminuiu drasticamente a possibilidade dos impactos ambientais nas cavidades localizadas na região do Kararaô relacionados a processos de fuga de água devido às grandes distâncias atualmente verificadas.

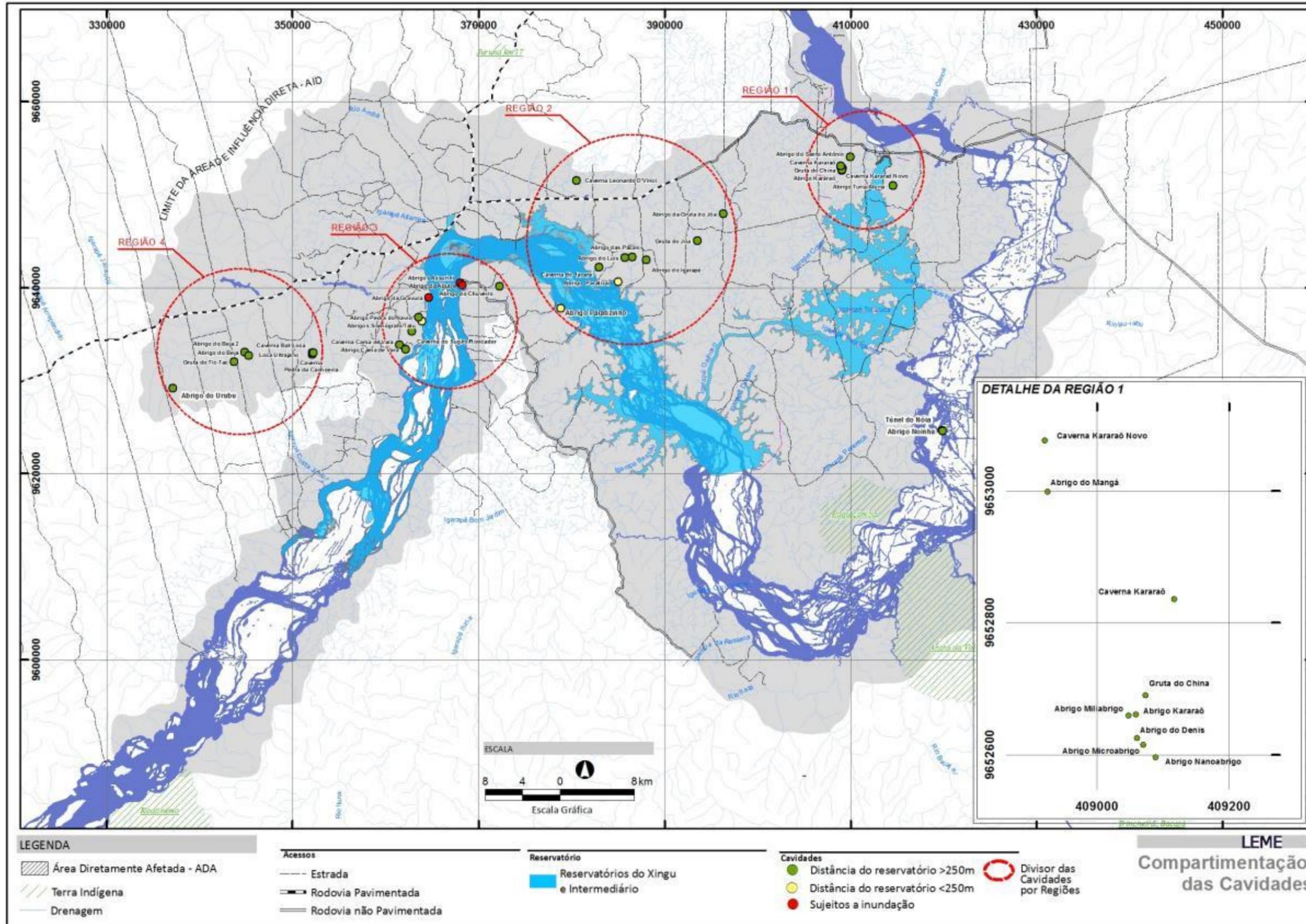


Figura 10.4 - 3 – Compartimentação das cavidades por região.

10.4.2.1.2. ANÁLISE DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS NO ÂMBITO DE OUTROS PROGRAMAS AMBIENTAIS (INTEGRAÇÃO DE DADOS)

As primeiras atividades de mapeamento desenvolvidas no âmbito do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, ocorridas no primeiro semestre de 2012, interagiram estreitamente com os serviços de mapeamentos geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico executados para o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (pacote de trabalho 10.3 do PBA) e Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (pacote de trabalho 11.3.1 do PBA).

Esta interface de integração foi amplamente realizada através da compilação e análise dos dados e resultados relacionados aos mapeamentos geológico, pedológico e hidrogeológico executados no âmbito do Programa 10.3 e Projeto 11.3.1, que indicaram, respectivamente, os tipos litológicos e aquíferos característicos da região de influência do empreendimento, principalmente na região do Kararaô, para o entendimento da dinâmica hídrica, pedológica e geológica. Além disso, não se detectou, durante os trabalhos de campo realizados no programa e projeto citados acima, a existência de novas cavidades que pudessem ser incluídas no contexto deste Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios e que complementassem os estudos espeleológicos executados nos anos de 2009 e 2010. Este fato foi amplamente enfatizado no Segundo RC, entregue ao IBAMA em julho de 2012.

Esses resultados dos pacotes de trabalho 10.3 e 11.3.1 foram corroborados com as atividades de campo executadas no segundo semestre de 2012 para este Programa de Estanqueidade, sendo que estas se caracterizaram por um mapeamento geológico em escala de maior detalhe na região do Kararaô e de um levantamento de campo ao longo da margem direita do Reservatório Intermediário, principalmente na região denominada de Graben do Macacão, que também objetivou a verificação e possível identificação de novas cavidades sujeitas a processos de fuga de água frente a sua nova conformação, em função deste local específico ser caracterizado por rochas areníticas da Formação Trombetas.

Portanto, concluiu-se que tanto as atividades de integração com os pacotes de trabalho 10.3 e 11.3.1, quanto aquelas de mapeamento de maior detalhe no âmbito exclusivo do próprio pacote de trabalho 10.4, demonstraram que as áreas relacionadas aos processos de fuga de água inerentes à estanqueidade continuavam concentradas apenas na região do Kararaô e que a mudança na conformação original do Reservatório Intermediário não acarretou a inclusão de outras cavidades no referido Programa.

10.4.2.1.3. REGIÃO DO KARARAÔ - AVALIAÇÃO TÉCNICA

Ainda que uma avaliação técnica relacionada à região do Kararaô já tenha sido apresentada no Quarto RC, viu-se a necessidade de rerepresentá-la neste relatório para que se estabeleça uma sequência cronológica acerca das considerações e

conclusões consolidadas para o pleno entendimento das premissas e diretrizes que consolidam a proposição de conclusão deste Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

Em função da nova conformação do Reservatório Intermediário, as atividades do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios foram otimizadas e simplificadas na região do Kararaô.

Primeiramente, procedeu-se à realização do mapeamento em escala de detalhe na região do Kararaô, onde a integração dos dados geológicos, geológico-geotécnicos, estruturais e hidrogeológicos obtidos em campo com os resultados já existentes no EIA/RIMA, projetos de engenharia e de outros projetos/programas ambientais, bem como a compilação dos dados topográficos e modelos digitais de terreno, permitiram o melhor entendimento da geologia da região e suas particularidades, principalmente no que se refere às estruturas geológicas presentes e à permeabilidade a estas associadas. O mapa geológico produzido em função dessas atividades foi devidamente apresentado no Terceiro RC entregue ao IBAMA em janeiro de 2013.

Vale ressaltar que esse mapeamento em escala de detalhe seria complementado com a realização de levantamentos geofísicos na região, que dariam maiores subsídios técnicos aos estudos realizados. Entretanto, esta atividade não foi executada devido à proibição de acesso às cavidades naturais da região do Kararaô feita pelo proprietário das terras onde as mesmas estão situadas.

Entretanto, com o nível de conhecimento atual do arcabouço geológico da área que envolve a borda oeste do futuro Reservatório Intermediário, onde se destacam as escarpas associadas às cavidades da região do Kararaô, afirma-se que as áreas de ocorrência da Formação Maecuru se encontram detalhadamente definidas, assim como as demais unidades aflorantes, após a execução das referidas atividades de mapeamento de detalhe.

Concomitante ao mapeamento em escala de detalhe, procedeu-se à coleta de dados referentes aos resultados dos boletins de sondagem realizados na região do empreendimento pelas empresas PROGEO (maior parte) e Rosseti, que objetivou a caracterização detalhada dos principais parâmetros geológico-geotécnicos dos materiais de fundação (solo e rocha) do Reservatório Intermediário. Dentre essas características destacam-se os resultados dos ensaios de perda de água sob pressão (Ensaio EPA), que determinaram a condutividade hidráulica e coeficiente de permeabilidade tanto do material terroso (solo), quanto da rocha de fundação. Tais características são de fundamental importância para avaliação da eficiência do reservatório e dos estudos de estabilidade das estruturas que compõem o empreendimento.

As principais características geológico-geotécnicas avaliadas neste estudo foram:

Para Rocha: tipo litológico, caracterização de descontinuidades, grau de faturamento (fraturas abertas ou preenchidas), *Rock Quality Designation* (RQD), permeabilidade e grau de alteração; e

Para Solo: espessura, textura, determinação da rocha parental e permeabilidade.

A análise e avaliação dos boletins de sondagens mostraram que a rocha de fundação predominante na região da margem esquerda do Reservatório Intermediário (nas proximidades da região do Kararaô) é caracterizada por migmatitos de composição granito-gnáissica, com grau de fraturamento variando de pouco a medianamente fraturado, recobertos por solo residual predominantemente de textura silto-argilosa a silto arenosa, quando maduro, e textura arenosa, quando residual, sendo que a condutividade hidráulica, tanto para solo quanto para rocha, varia em geral de H1 a H2. Trechos mais permeáveis são verificados (condutividade hidráulica H3) na maioria dos furos analisados e estão relacionados à textura arenosa do solo residual jovem ou ao grau de fraturamento da rocha, que condiciona a permeabilidade do maciço rochoso da região. Este contexto geológico-geotécnico verificado indica uma condição de fundação favorável, onde os tratamentos de fundação para as estruturas a serem construídas pelo empreendimento (diques, barragens e estruturas de concreto) irão requerer tratamentos convencionais em obras dessa natureza, tais como: cortinas de injeção para fundação em rocha e trincheiras de vedação – os denominados *cut-offs* - para fundações em solo residual. O **Quadro 10.4 – 2**, a seguir, apresenta a classificação da condutividade hidráulica dos materiais de solo e rocha utilizada nos referidos estudos.

Quadro 10.4 - 2 – Classificação de Condutividade Hidráulica

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA			
Grau	Descrição	Perda D'água Específica	Coefficiente de Permeabilidade
H1	Muito Baixa	< 0,1 l/min. m. kg/cm ²	$k < 10^{-5}$ cm/s
H2	Baixa	De 0,1 a 1 l/min. m. kg/cm ²	$10^{-5} \leq k < 10^{-4}$ cm/s
H3	Média	De 1 a 5 l/min. m. kg/cm ²	$10^{-4} \leq k < 5 \times 10^{-4}$ cm/s
H4	Alta	De 5 a 10 l/min. m. kg/cm ²	$5 \times 10^{-4} \leq k < 10^{-3}$ cm/s
H5	Muito Alta	> 10 l/min. m. kg/cm ²	$10^{-3} \leq k$ cm/s

A partir do aprimoramento e refinamento do conhecimento geológico da região, por meio das atividades de mapeamento geológico em detalhe e avaliação de outros dados secundários relevantes (boletins de sondagem e projetos básicos de engenharia) mencionados acima, foi feita uma análise e avaliação pormenorizada dos estudos e levantamentos geotécnicos, hidrogeológicos, topográficos, estruturais e geológicos da região em questão. Esses estudos visaram verificar se os resultados e dados já adquiridos possibilitariam conclusões que evidenciassem que o surgimento de processos de fuga de água nas cavidades do Kararaô seriam praticamente nulos, indicando, assim, um embasamento técnico consistente para proposição de conclusão deste Programa.

As atividades de campo que originaram o mapa geológico em escala de detalhe apresentado na **Figura 10.4 - 4** também possibilitaram um refinamento dos contatos das unidades, com destaque para um aumento significativo da área de exposição da

Formação Maecuru, nas proximidades das cavidades, e uma fragmentação das ocorrências desta unidade a sul, resultando em diversas áreas isoladas de exposição, com ocorrências restritas nas cotas mais elevadas, associadas aos pequenos morrotes, nessa porção da área mapeada. A Formação Trombetas, por sua vez, apresentou, de modo geral, um aumento significativo da sua área de ocorrência, principalmente na porção sul da área mapeada.

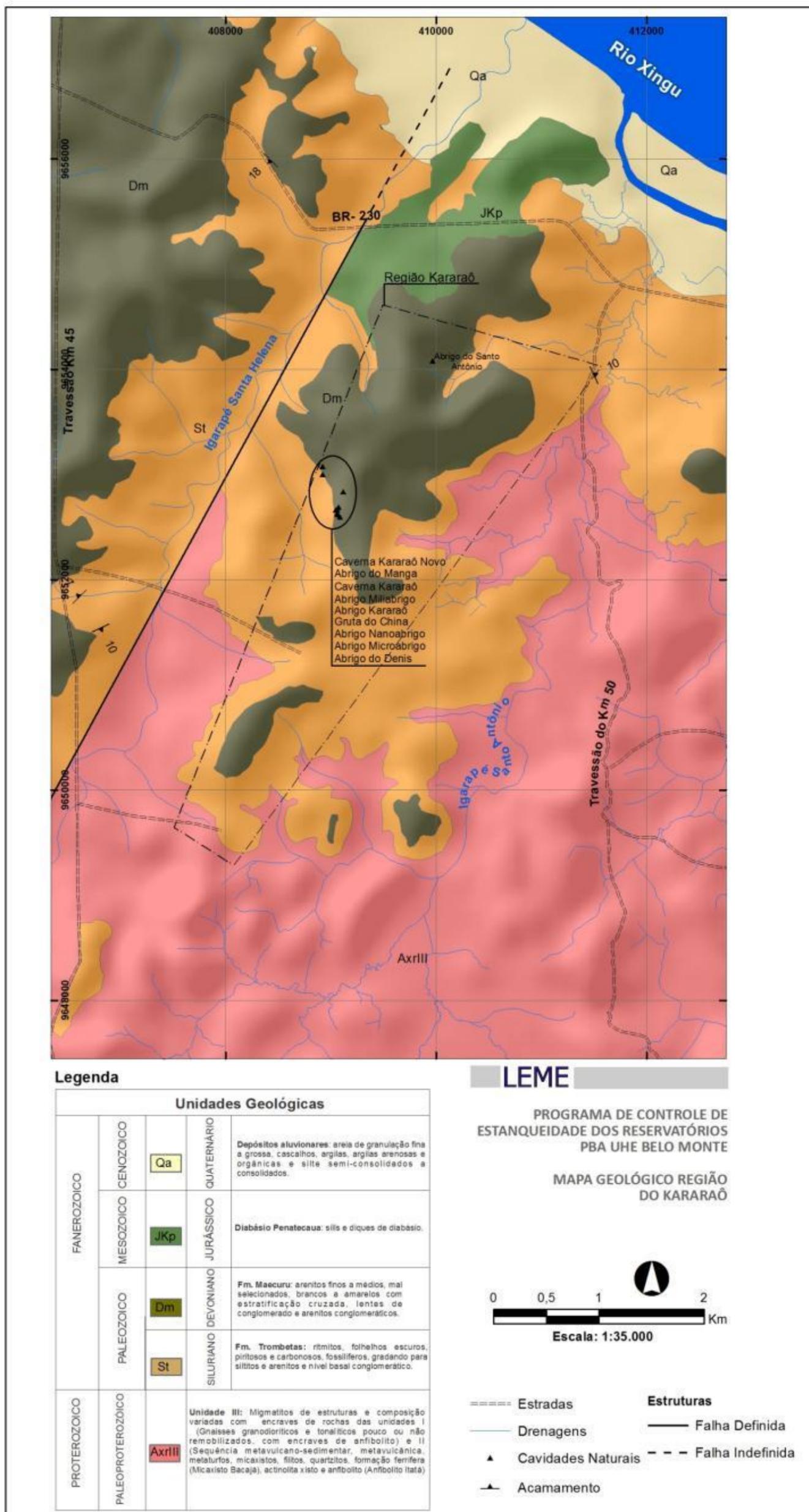


Figura 10.4 - 4 – Mapa produzido durante o mapeamento em escala de detalhe.

A partir dessa conformação geológica detalhada foi realizada uma análise técnica frente às características geológico-geotécnicas da região do Kararaô entre as duas situações de configuração do Reservatório Intermediário: a primeira proposta no PBA e a segunda referente à nova conformação estabelecida, conforme ilustrado no **Quadro 10.4 -3**.

Quadro 10.4 - 3 – Quadro Comparativo das Características Técnicas entre os reservatórios do PBA e Nova Conformação (Definitiva)

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO – REGIÃO DO KARARAÔ – INFLUÊNCIAS NA MARGEM ESQUERDA		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PBA	NOVA CONFORMAÇÃO (DEFINITIVA)
Rocha de fundação no limite esquerdo do reservatório	Arenitos da Formação Maecuru e folhelhos e ritmitos gradando para siltitos e arenitos da Formação Trombetas (rochas permeáveis - contato direto)	Embasamento Cristalino – migmatitos e granitoides (rochas estanques – contato direto)
Resultados dos boletins de sondagem	Rochas reconhecidamente permeáveis, tanto pela sua matriz, quanto pelo seu fraturamento	Rochas, na sua maior parte, com baixa permeabilidade e pouco a medianamente fraturadas
Estruturas geológicas que possam influenciar na estanqueidade	Cavidades subterrâneas nos arenitos – cavernas, grutas e <i>piping</i> – fugas de água	Lineamentos estruturais regionais NE-SW interceptados por lineamentos NW-SE mais espaçados – maior ou menor condutividade hidráulica do maciço
Igarapé Santo Antônio – influência topográfica	Totalmente afogado	Preservado. Servirá como barreira natural para os efeitos da elevação do lençol freático durante o enchimento. Topograficamente se encontra em cotas mais baixas que a região do Kararaô. Escoamento natural das águas para o rio Xingu
Distância das cavidades subterrâneas da Formação Maecuru	< 250 m – Caverna Kararaô, Abrigo Kararaô e Gruta do China. 450 a 1.000 m – Caverna Kararaô Novo e Abrigo Santo Antônio	Distância mínima de 3.000 m para todas as cavidades subterrâneas existentes na região do Kararaô
Estudos de Projeto de Engenharia – problemas de estanqueidade (integração com PBA)	Cuidados especiais com relação à permeabilidade dos arenitos da região do Kararaô	A grande distância do Reservatório Intermediário atual não requer estudos relacionados a este tema na região do Kararaô
Influência Direta do Reservatório nos Arenitos da	Saturação do maciço arenítico	Não haverá contato direto com os arenitos,

RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO – REGIÃO DO KARARAÔ – INFLUÊNCIAS NA MARGEM ESQUERDA		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PBA	NOVA CONFORMAÇÃO (DEFINITIVA)
Formação Maecuru – possibilidade de surgimento de processos de fuga de água.	<p>Elevação do lençol freático</p> <p>Ocorrência de caminhos preferenciais de fluxo de água</p> <p>Presença de elevados gradientes hidráulicos</p> <p>Condições favoráveis para o aparecimento de processos de fuga de água</p>	<p>impossibilitando o desenvolvimento de condicionantes favoráveis para o surgimento de processos de fuga de água pelas cavidades. A única possibilidade, e pouco provável, é o surgimento de caminhos preferenciais de água por zonas de falhas regionais (descontinuidades interligadas), sendo que, neste caso, serão devidamente tratados pelo setor de engenharia da obra, não havendo interferência com as cavidades presentes na região do Kararaô</p>

Verifica-se que as rochas areníticas da Formação Maecuru, que contém as cavidades em estudo, não serão mais afetadas diretamente pelas águas do futuro reservatório, sendo que a rocha de fundação da nova conformação do Reservatório Intermediário, principalmente na margem esquerda, se encontra no domínio das rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, caracterizado por migmatitos e granitoides. Destaca-se que esses migmatitos e granitoides, diferentemente das rochas sedimentares, apresentam porosidades e permeabilidades extremamente baixas, conforme indicaram as características geológico-geotécnicas verificadas a partir dos resultados obtidos nos furos de sondagem executados ao longo dessa região.

Ademais, a condutividade hidráulica nesse tipo de rocha (embasamento cristalino) está diretamente ligada a sua porosidade secundária condicionada à existência de descontinuidades no maciço rochoso (essencialmente falhas, fraturas e foliações), que permitem o transporte da água subterrânea devido à influência de um gradiente hidráulico. Assim, a condutividade hidráulica nas rochas migmatíticas e granitoides depende exclusivamente das características do maciço rochoso, tais como: grau de fraturamento, espaçamento entre as estruturas, atitudes (direções e mergulhos), conectividade entre as diversas famílias e os aspectos geológico-geotécnicos das descontinuidades (aberturas, persistência, presença ou não de material de preenchimento, rugosidade, entre outras).

Além disso, a preservação da bacia do igarapé Santo Antonio, localizada em cotas mais baixas do que a região do Kararaô e a margem esquerda do Reservatório Intermediário, separando-as topograficamente e servindo como barreira natural para os possíveis efeitos da elevação do lençol freático durante e após o enchimento do referido reservatório, indica a forte improbabilidade no desenvolvimento de fluxos de

água por estruturas regionais (zonas de falhas) do embasamento cristalino que possam se interligar e atingir os referidos arenitos. Outro fator que corrobora com esta situação é a elevada distância, de pelo menos 3 km, entre o Reservatório Intermediário e as cavernas do Kararaô, sendo muito difícil que tal conectividade estrutural possa realmente criar condições de saturação dos arenitos, acarretando o desencadeamento dos referidos processos de fuga de água por essas cavidades.

Tais aspectos geomorfológicos característicos dessa área podem ser devidamente visualizados no mapa de Modelo Digital do Terreno compreendendo a região do Kararaô, confeccionado a partir da base topográfica de detalhe de curvas de nível de 1 em 1 metro, conforme a **Figura 10.4 - 5**.

Por fim, os perfis geológicos esquemáticos elaborados e apresentados na **Figura 10.4 - 6** permitem a visualização, de forma clara e objetiva, da espacialização das rochas areníticas da região do Kararaô, que contêm as cavidades em estudo, em relação à nova conformação do Reservatório Intermediário.

Portanto, em uma análise mais conservadora, um eventual problema de estanqueidade (processos de fuga de água) nos limites da margem esquerda do Reservatório Intermediário em rochas do embasamento cristalino, por meio de suas discontinuidades, não teria qualquer influência ou ocasionaria quaisquer impactos às cavidades existentes na região do Kararaô, pois além da falta de evidências de conectividade entre o embasamento cristalino e os arenitos da Formação Maecuru, referida região se apresenta hidraulicamente isolada pela depressão topográfica associada ao vale do Igarapé Santo Antônio.

Adicionalmente, destaca-se que essas conclusões estão em concordância com os estudos de engenharia na região, que indicaram que a mudança de conformação do Reservatório Intermediário extinguiu as suas interferências nas cavernas situadas na região do Kararaô, que eram um fator de preocupação do projeto em relação à possibilidade de processos de fuga de água. Além disso, a implantação de cortinas de injeção, como tratamento de fundação em rocha onde serão assentadas as barragens de Santo Antonio e Fechamento Esquerdo do projeto executivo de engenharia da margem esquerda do Reservatório Intermediário, propiciará características geotécnicas adequadas às rochas de fundação.

Pelos estudos já realizados e consolidados na região do Kararaô, conclui-se que o novo arranjo do Reservatório Intermediário anulou ou minimizou drasticamente a possibilidade de aparecimento ou desenvolvimento de processos relacionados à fuga de água nos arenitos friáveis da Formação Maecuru, que possibilitam a formação de cavidades subterrâneas, e que possam justificar a continuidade deste Programa nesta região. Em função desta situação, entende-se que não há nenhum embasamento técnico que justifique a continuidade de execução deste Programa na região do Kararaô e que o mesmo pode ser considerado como concluído.

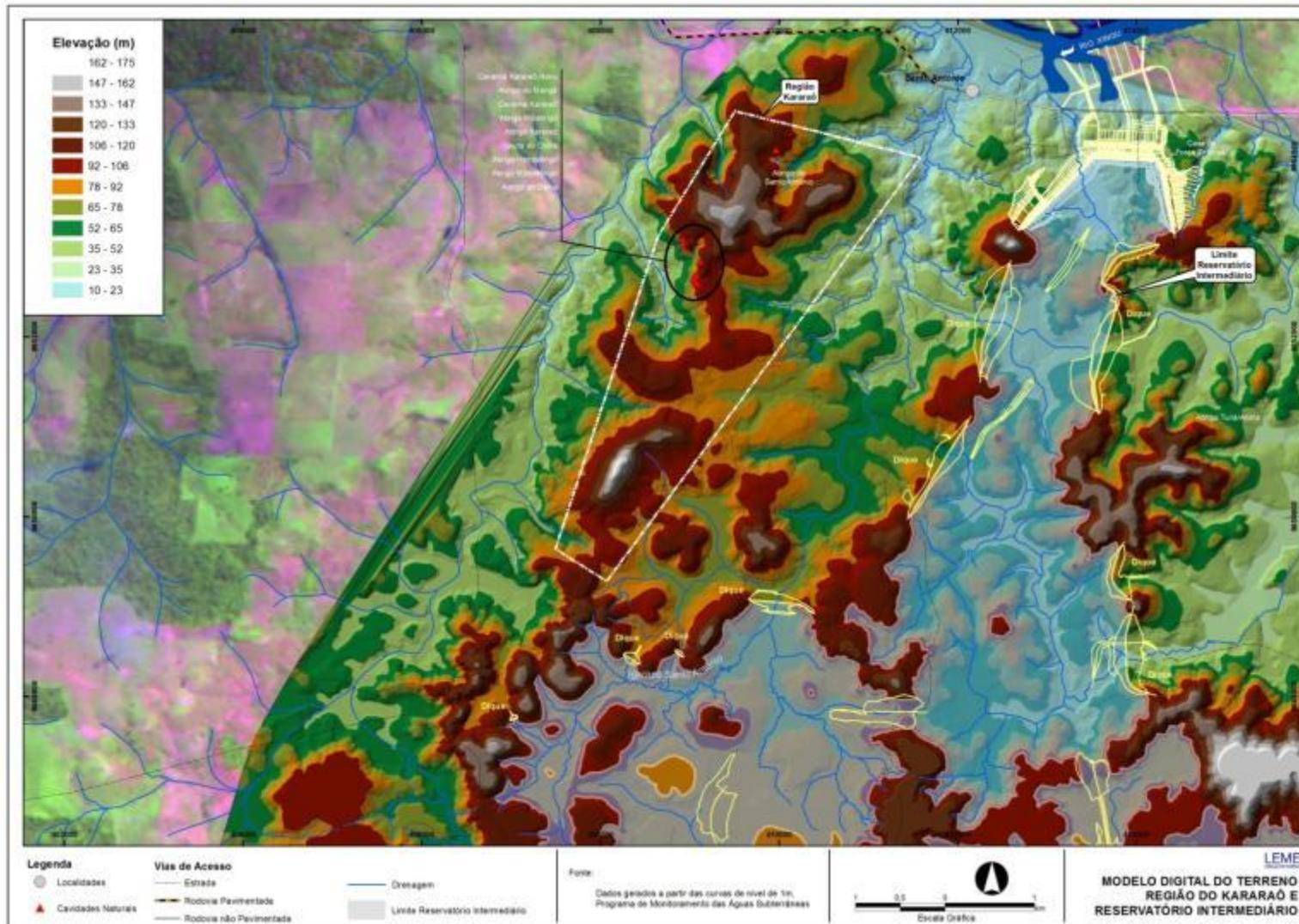


Figura 10.4 - 5 – Modelo Digital do Terreno com a Região do Kararaô em destaque.

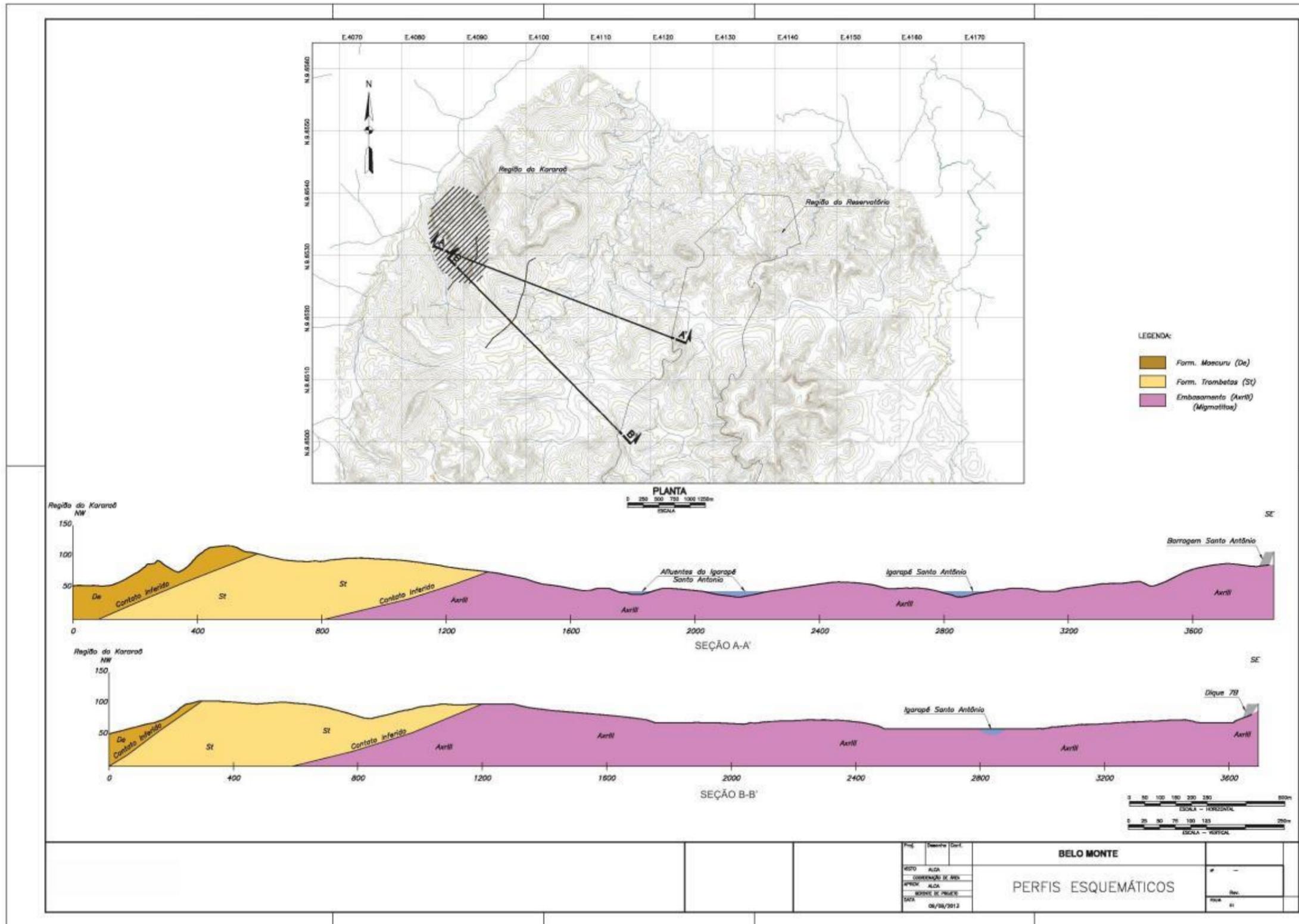


Figura 10.4 - 6 – Perfis Geológicos Esquemáticos – Distância entre a região do Kararaô até o novo limite esquerdo do Reservatório Intermediário.

10.4.2.1.4. CHECKLIST – CAMPANHAS DE CAMPO

Após análise de todos os estudos relacionados ao Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, sobretudo a avaliação técnica da região do Kararaô apresentada no item anterior, nova campanha de campo foi realizada objetivando-se um aumento da gama de dados e resultados obtidos na região das ADA e AID, visando garantir, junto ao órgão ambiental, a consistência técnica necessária para consolidação da proposição de conclusão do Programa de Estanqueidade.

A primeira campanha de campo, que foi executada em outubro de 2012, ocorreu justamente na região do Graben do Macacão, onde não foram registradas ocorrências de cavidades que pudessem ser inseridas nos estudos do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. Esse primeiro levantamento de campo confirmou que as áreas de estudo referentes aos processos de fuga de água inerentes a este Programa estavam realmente concentradas na região do Kararaô.

Entretanto, o início das obras civis para construção dos diques em toda a região limite do Reservatório Intermediário facilitou o acesso e, conseqüentemente, a verificação de possíveis novos afloramentos rochosos ali assentes. Assim, frente a esta facilidade, e principalmente para atendimento da solicitação do IBAMA para realização de um novo *checklist* fora dos limites da região do Kararaô, estabeleceu-se, no mês de outubro de 2013, uma segunda campanha de campo objetivando uma nova varredura em todas as áreas reconhecidamente formadas por litologias que possam apresentar cavidades de alta relevância espeleológica sujeitas a processos de fuga de água. Nesta segunda campanha percorreram-se as áreas adjacentes ao Reservatório Intermediário e pontos específicos nas proximidades do Reservatório do Xingu e Canal de Derivação, na área de ocorrência de litologias da Formação Maecuru e Trombetas.

A **Figura 10.4 - 7** apresenta o mapa geológico da área com os pontos de controle de campo referenciados, enquanto a **Figura 10.4 - 8** mostra um detalhe do Reservatório Intermediário.

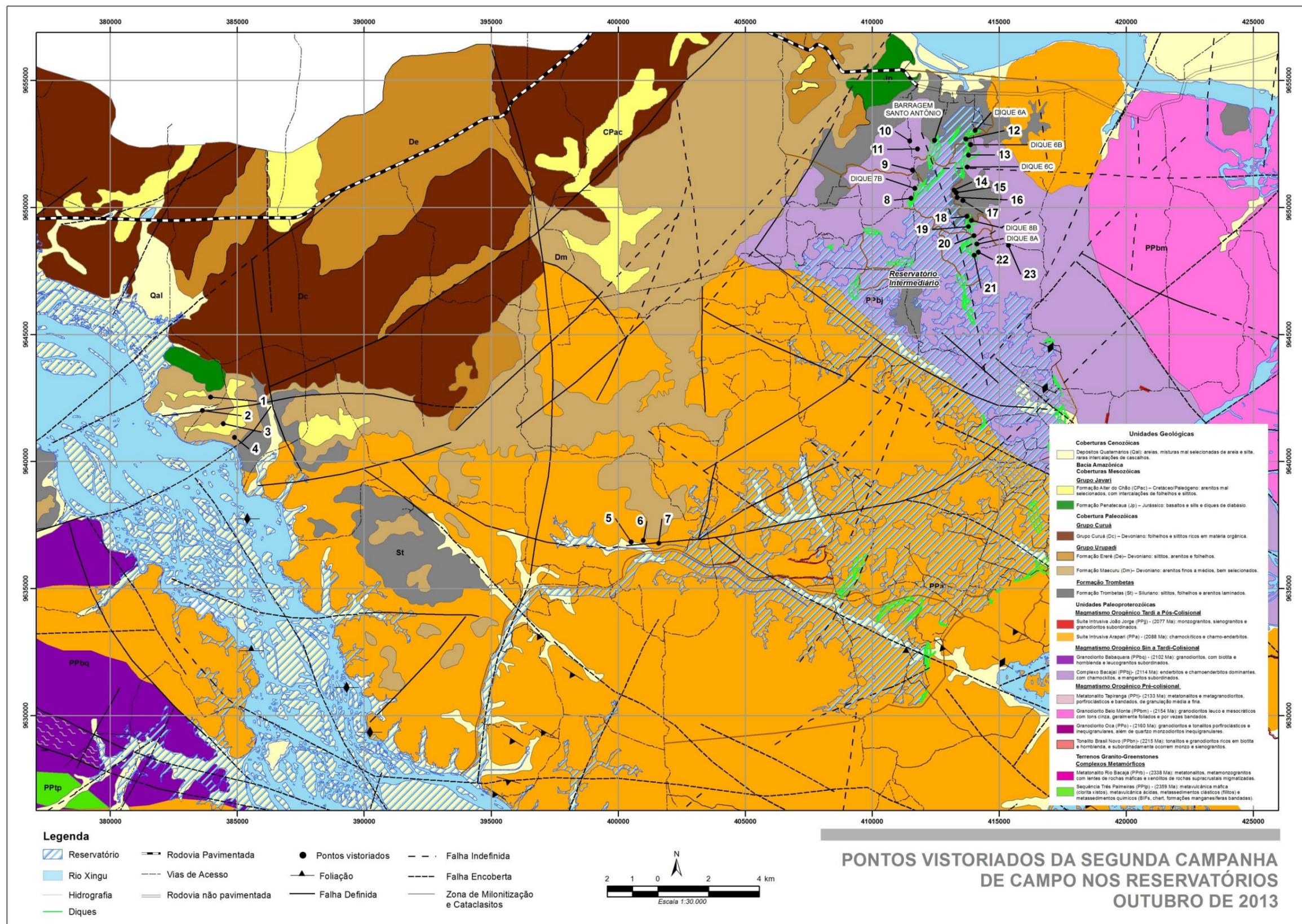


Figura 10.4 - 7 – Mapa geológico da região de influência do empreendimento com os pontos vistoriados da campanha de campo realizada em outubro de 2013.

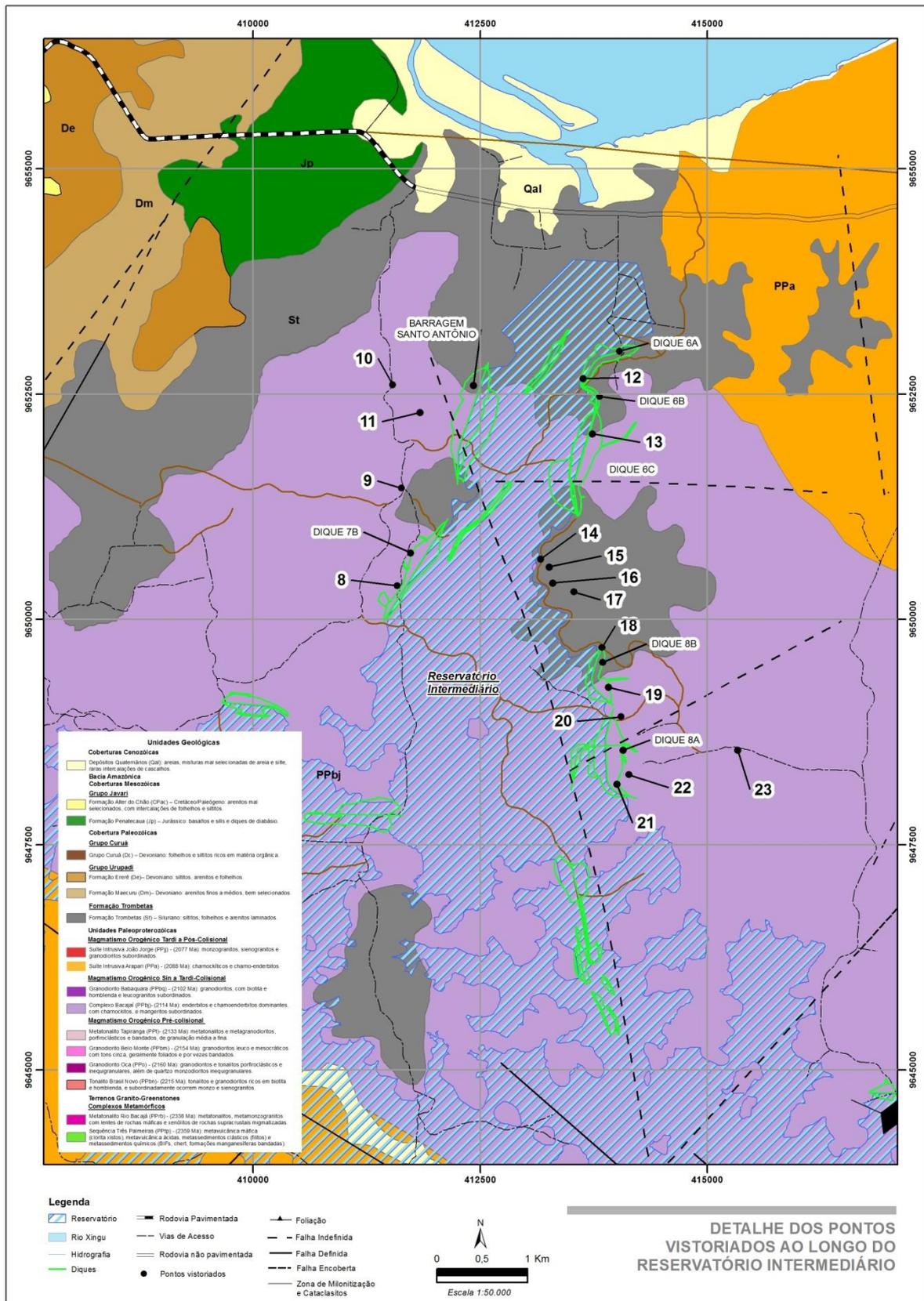


Figura 10.4 - 8 – Detalhe dos pontos vistoriados da campanha de campo realizada em outubro de 2013 ao longo dos limites do Reservatório Intermediário.

A primeira região visitada está situada próxima à margem esquerda do rio Xingu, caracterizada no mapa geológico por litologias predominantemente da Formação Maecuru, com bolsões da Formação Alter do Chão, sendo que estas duas formações se caracterizam basicamente por rochas areníticas. Ressalta-se que nesta região os estudos espeleológicos ocorridos em 2009 indicaram a existência de várias cavidades que foram devidamente catalogadas (Caverna do Jacaré, Abrigo do Luís, Abrigo das Pacas, Abrigo do Igarapé e Abrigo Paratizão).

Os pontos aí vistoriados (pontos 1 a 4) não evidenciaram nenhuma nova cavidade daquelas já devidamente encontradas. Ressalta-se que a incidência de afloramentos rochosos é muito rara, predominando áreas de pastos e florestas. Os pequenos cortes de estrada indicam solo residual maduro bastante arenoso. As **Figuras 10.4 - 9 e 10.4 - 10** ilustram de maneira geral a região em questão.



Figura 10.4 - 9 – Aspecto geral da região dos Pontos 01 a 04, com pastagens e florestas associadas



Figura 10.4 - 10 – Pequeno talude de corte caracterizado por solo arenoso, oriundo de arenito da Formação Maecuru (Ponto 4)

A segunda região visitada encontra-se no prolongamento de um braço do futuro Reservatório Intermediário que margeia rochas areníticas da Formação Maecuru.

Neste caminhar, caracterizado pelos Pontos 5 ao 7, não foram detectados afloramentos de rocha contendo cavidades de relevância espeleológica.

A região apresenta densa vegetação (florestas) e corpos de água que dificultam a locomoção e, conseqüentemente, a visualização de afloramentos de rocha. Verificou-se que o solo possui textura argilo-arenosa no Ponto 5, enquanto nos Pontos 6 e 7 o solo presente é bem mais arenoso, indicando a possibilidade da presença de rochas areníticas (material parental). Também foi observada a presença esparsa de matações de migmatito.

As **Figuras 10.4 - 11 e 10.4 - 12**, a seguir, ilustram, de forma abrangente, a referida região vistoriada.



Figura 10.4 - 11 – Corpo de água existente no Ponto 5, com solo de textura argilo-arenosa



Figura 10.4 - 12 – Outro corpo de água localizado no ponto 6, onde o solo possui textura arenosa

A terceira região visitada refere-se ao novo limite da margem esquerda do Reservatório Intermediário, onde foram marcados os Pontos 08 a 11 do caminhamento de campo. Em nenhum desses pontos foram observados afloramentos rochosos. Entretanto, verificou-se na região dos referidos pontos, com exceção do Ponto 09, presença de vários blocos de migmatito e solos residuais de textura argilo-arenosa a argilosa, que definem a sua abrangência na região em questão.

Em relação ao Ponto 09, verifica-se nesta região a presença de blocos de rocha de diferentes litologias, tais como arenitos e migmatitos. Esta observação indica a existência, nas proximidades, de um contato litológico entre o embasamento cristalino composto por migmatitos com rochas da Formação Trombetas, caracterizada por ritmitos, folhelhos e arenitos. As **Figuras 10.4 - 13 e 10.4 - 14** ilustram aspectos litológicos referentes a esta região da margem esquerda do Reservatório Intermediário.



Figura 10.4 - 13 – Presença de vários blocos de rocha de migmatito e arenito ao longo da via de acesso (Ponto 09)



Figura 10.4 - 14 – Blocos de migmatito envolvidos por solo residual de textura argilo-arenosa próximos à barragem de Santo Antonio (Ponto 10)

Vale destacar que os boletins de sondagem relacionados ao dique 7B e à Barragem de Fechamento de Santo Antônio indicam, predominantemente, a presença de migmatitos nesta região, com boas características geológico-geotécnicas de permeabilidade (condutividade hidráulica H1 e H2) e resistência, tanto no que se refere ao material rochoso, quanto terroso. Além disso, verifica-se localmente, nos boletins de sondagem da Barragem de Santo Antônio, a ocorrência de ritmitos e folhelhos da Formação Trombetas, que também apresentam boas características geológico-geotécnicas. Estas características geológico-geotécnicas corroboram com as observações de campo realizadas, indicando a ausência de cavidades associadas às litologias presentes da Formação Trombetas que possam acarretar o aparecimento de possíveis problemas de estanqueidade nesta região oriundos da formação do reservatório, problemas estes materializados pela presença de cavidades subterrâneas.

Pelas atividades de campo realizadas e conversas técnicas junto ao corpo técnico de engenharia responsável pelas obras civis, ficou devidamente constatado que não existe quaisquer tipos de cavidade ou feição similar que indiquem problemas de estanqueidade e que possam ocorrer na região da margem esquerda do Reservatório Intermediário, conduzindo, por conseguinte, a sua incorporação a este Programa de Estanqueidade.

A quarta região vistoriada corresponde a toda a margem direita do Reservatório Intermediário, sendo que as atividades se iniciaram pela subregião correspondente aos diques 6A, 6B e 6C, que já estão em obras, com os serviços de escavação em pleno desenvolvimento, o que permitiu uma melhor visualização das camadas mais profundas do solo residual característico da Formação Trombetas. Verificou-se no Ponto 12, na base do talude de corte, a presença de saprolito de origem pelítica gradando para solo residual de textura areno-siltosa. Já no Ponto 13, foi observado solo de textura arenosa com presença de concreções ferruginosas (Vide **Figuras 10.4 - 15 e 10.4 - 16**).

Destaca-se a presença de muitos blocos soltos de migmatito na sub-região dos Pontos 12 e 13, onde também foram observados taludes de corte com presença de saprolito de ritmito da Formação Trombetas. Entretanto, não foram observados afloramentos rochosos da Formação Trombetas que indicassem a presença de cavidades. Adicionalmente, os boletins de sondagem verificados nesta região, principalmente no dique 6A, indicaram a predominância de migmatitos em relação à ocorrência de tipos litológicos da Formação Trombetas.



Figura 10.4 - 15 – Vista geral do talude de corte do Ponto 12



Figura 10.4 - 16 – Detalhe do saprolito do ritmito do perfil do Ponto 12

Já na subregião compreendida entre os diques 6C e 8A, conhecida como Graben do Macacão, verificou-se no Ponto 14 a presença de um grande paredão rochoso de arenito são e bastante fraturado da Formação Trombetas, localizado em cota aproximada de 100 m, com a ocorrência de duas cavidades de pequenas dimensões e uma fenda (fratura vertical). A referida fenda possui dimensões com aproximadamente 0,3 m de largura, 1,6 m de altura e profundidade aproximada de 0,9 m, o que indica a necessidade de estudos mais detalhados de engenharia nesta região (investigação geológico-geotécnica – execução de sondagens e ensaios de perda de água sob pressão) para a definição da necessidade ou não de tratamentos específicos de impermeabilização de fundação dos diques neste tipo de rocha para garantia de sua estanqueidade e resistência, no que diz respeito à manutenção e operação do Reservatório Intermediário.

Vale destacar, ainda, que essas cavidades observadas no campo não possuem características espeleológicas que justifiquem a sua incorporação ao Programa de Estanqueidade no âmbito do PBA, já que são comuns em rochas areníticas e referem-se a aspectos geológico-geotécnicos (condutividade hidráulica e resistência) que devem ser considerados nos projetos de engenharia. Além disso, o referido paredão rochoso localiza-se em cota acima da cota 97,0 m do referido reservatório. As **Figuras 10.4 - 17 a 10.4 - 22** ilustram os aspectos geológico-geotécnicos do paredão rochoso arenítico do Ponto 14, situado na região do Graben do Macacão.



Figura 10.4 - 17 – Vista geral do paredão rochoso de arenito do Ponto 14



Figura 10.4 - 18 – Pequena cavidade observada no paredão arenítico



Figura 10.4 - 19 – Vista geral de outra cavidade observada no Ponto 14



Figura 10.4 - 20 – Detalhe da cavidade da foto anterior



Figura 10.4 - 21 – Fenda vertical do Ponto 14

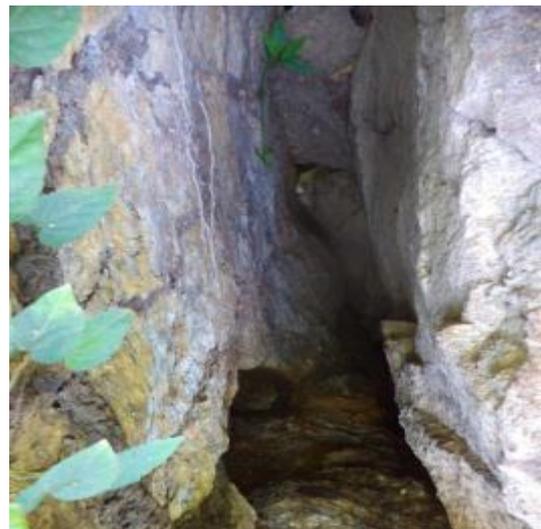


Figura 10.4 - 22 – Detalhe da parte interna da fenda vertical do paredão rochoso

Já os pontos restantes verificados na região do Graben do Macacão (Pontos 15 a 17) não evidenciaram novos afloramentos de rocha arenítica que apresentassem cavidades a serem avaliadas em relação a sua relevância espeleológica. Toda esta área que compõe os Pontos de 15 a 17, que corresponde a uma barreira natural para o Reservatório Intermediário por se apresentar em cota superior ao mesmo, já foi totalmente desmatada e se caracteriza pela presença superficial de solo areno-argiloso. A referida região será produto de estudos mais apurados pelo setor da engenharia no sentido de uma caracterização geológico-geotécnica mais detalhada por meio de novas campanhas de sondagem para a verificação da necessidade ou não de tratamentos de fundação que garantam as condições ideais de impermeabilização.



Figura 10.4 - 23 – Vista geral da região do Graben do Macacão que engloba os Pontos 15 a 17



Figura 10.4 - 24 – Outra vista geral da região do Graben do Macacão que abrange os Pontos 15 a 17

Já a subregião compreendida entre os diques 8A e 8B se caracteriza basicamente por falta de exposições de afloramentos rochosos, com exceção do Ponto 20, sendo que a mesma está em processo de desmatamento e limpeza de fundação para construção dos referidos diques.

O Ponto 20 é caracterizado localmente por um paredão rochoso arenítico são e pouco fraturado, situado na elevação 99,0 m, com a presença de pequenas reentrâncias (vide **Figuras 10.4 - 25 e 10.4 - 26**), sendo que não foi detectado nenhum tipo de cavidade de relevância espeleológica a ser incorporada ao Programa de Estanqueidade.



Figura 10.4 - 25 – Vista geral do paredão de arenito



Figura 10.4 - 26 – Detalhe do afloramento de rocha arenítica

O Ponto 18 corresponde à área desmatada para construção do dique 8B, onde ficou exposto solo residual de textura arenosa (**Figura 10.4 - 27**), sendo que no Ponto 19 observa-se talude de corte para construção do mesmo dique onde está exposto solo residual maduro de textura argilo-arenosa (**Figura 10.4 - 28**).



Figura 10.4 - 27 – Vista geral da área desmatada para construção do dique 8B do Ponto 18



Figura 10.4 - 28 – Talude de corte para construção do dique 8B do Ponto 19. Exposição de material terroso

O Ponto 21 corresponde à área desmatada para construção do dique 8A, onde se verifica solo de textura predominantemente argilo-arenosa (**Figura 10.4 - 29**). Já os Pontos 22 e 23 são pontos de controle do caminhamento, onde não foi evidenciado nenhum tipo de afloramento rochoso que caracterize a litologia desta região (**Figura 10.4 - 30**).



Figura 10.4 - 29 – Vista geral da área desmatada para construção do dique 8A do Ponto 21



Figura 10.4 - 30 – Vegetação da região, sem exposição de afloramentos rochosos (Pontos 22 e 23)

Após a descrição pormenorizada dessa segunda campanha de campo, ficou devidamente constatada a ausência de novas cavidades de relevância espeleológica em toda a região de influência do empreendimento, principalmente no Graben do Macacão, que pudessem ser incorporadas ao Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, fora da região do Kararaô.

Entretanto, confirmou-se junto ao setor de engenharia da obra a necessidade no aprofundamento dos estudos de engenharia (investigações geotécnicas – execução de campanhas de sondagens) na região do Graben do Macacão, tanto no que se refere às fundações dos diques 6C e 8B, quanto nas barreiras topográficas naturais existentes acima da cota 97,0 m, em função das características geológico-geotécnicas dos materiais ali existentes (solo e rocha) serem desfavoráveis (materiais permeáveis e com alta susceptibilidade à erosão e eventual presença de descontinuidades abertas e contínuas no material rochoso). Tais estudos devem requerer a elaboração de projetos de engenharia que visem à manutenção e eficiência do Reservatório Intermediário, para a mitigação de problemas relacionados ao surgimento de processos de percolação e erodibilidade em seus limites, nas litologias reconhecidamente suscetíveis a esses processos.

Ainda com relação ao contexto acima, vale atentar para a diferenciação da abrangência dos estudos e projetos de engenharia e ambientais no tocante à questão do surgimento de processos de fuga de água relacionados à estanqueidade dos futuros reservatórios, fator de compreensão obrigatória para que se possa bem estabelecer a matriz de responsabilidades – área de engenharia ou área ambiental – no tocante à resolução efetiva, em caráter preventivo, de problemas potenciais eventualmente detectados com relação a esses processos. Este é o tema do item subsequente e que, por conseguinte, complementa este sobre o *checklist* efetuado em campo.

10.4.2.1.5. ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS DE ENGENHARIA E AMBIENTAIS – PREMISSAS E DIRETRIZES

Inicialmente é importante diferenciar e definir de forma clara e objetiva a delimitação da abrangência dos estudos relacionados à engenharia com os estudos ambientais no que se refere à questão da estanqueidade dos reservatórios (surgimento de processos de fuga de água). Tais aspectos são de fundamental importância para o pleno entendimento técnico em relação às premissas e diretrizes que caracterizam o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, de âmbito exclusivamente ambiental, em relação aos problemas de estanqueidade que podem ser verificados na região de fundação dos diques e barragens e dos limites naturais (selas topográficas) da margem direita do Reservatório Intermediário (fluxos de água e estabilidade de estruturas), principalmente na região conhecida como Graben do Macacão e que devem ser avaliados no contexto técnico de engenharia.

O Graben do Macacão é uma feição geológica conhecida desde os estudos de viabilidade de engenharia (CNEC – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores. Estudo de Impacto Ambiental. Usina Hidrelétrica de Kararaô, 1988), sendo que a nova conformação do Reservatório Intermediário acarretou um aumento de sua influência em seus limites, requerendo estudos de engenharia mais apurados para sua caracterização geológico-geotécnica e seus possíveis tratamentos para problemas de fundação. Verifica-se, atualmente, que esta feição compreende tanto a ombreira direita do Dique 6C, quanto a ombreira esquerda dos diques 8A e 8B, bem como na parte do espigão de arenito correspondente ao referido Graben, que se encontra entre os diques supracitados.

O Graben do Macacão se caracteriza pela presença de ritmitos, folhelhos e arenitos, que indicam uma região de fundação com características geológico-geotécnicas desfavoráveis de resistência e permeabilidade, tanto no que se refere aos materiais rochosos quanto terrosos (alto grau de fraturamento, alta erodibilidade e alta condutividade hidráulica), que foram confirmadas principalmente pela análise de boletins de sondagem existentes na região dos diques 6B, 6C e 8B. Em função desta complexidade geológica, está previsto, no contexto técnico de engenharia, a implementação de estudos de investigação geotécnica mais específicos, para que se obtenha um entendimento geológico-geotécnico pleno desta região, 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 ou rochosos de fundação dos diques que limitam o Reservatório Intermediário, garantindo, assim, a integridade física do empreendimento e sua capacidade operacional.

Vale destacar que essa preocupação também é evidenciada nas selas topográficas próximas da cota 100 m existentes ao longo do Reservatório Intermediário, principalmente nesta região do Graben, em função da eventual presença de materiais com permeabilidade elevada, resultantes de solos arenosos ou de canálculos em seu interior, que podem ocasionar fluxos indesejáveis e com capacidade erosiva, que

devem ser também diagnosticados para implementação de tratamentos específicos de engenharia.

Em face do que foi exposto, constata-se que os aspectos de garantia de estanqueidade na área de influência do Graben do Macacão e na região das selas topográficas, ao longo dos limites do Reservatório Intermediário, estão estreitamente relacionados ao entendimento de engenharia e devem ser sanados pelos projetos afetos à execução das obras civis nesta região. Já sob a ótica ambiental, o foco principal refere-se aos impactos que podem ser causados pelo aparecimento de processos de fuga de água pelas cavidades de alta relevância espeleológica existentes, prejudicando sua manutenção e preservação no contexto geral da área de influência do empreendimento. Deve-se ressaltar que os referidos impactos ambientais não ocorrem na região do Graben do Macacão, conforme foi verificado nas atividades de campo realizadas (ausência de cavidades de alta relevância espeleológica).

10.4.2.1.6. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS

A partir da análise integrada de todos os aspectos técnicos apresentados e consolidados, constatou-se que as atividades preconizadas neste Programa estavam concentradas integralmente na região denominada Kararaô, situada na margem esquerda do Reservatório Intermediário, sendo que a mudança na conformação final deste reservatório minimizou ou sanou a possibilidade de surgimento de processos de fuga de água pelas cavidades de alta relevância espeleológica existentes e que pudessem causar impactos ambientais significativos e irreversíveis nas mesmas.

Portanto, baseado nas informações técnicas aqui relatadas, propõe-se junto ao órgão ambiental (IBAMA) a conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, em função dos seguintes entendimentos técnicos aqui sintetizados:

- Estudos de Espeleologia de 2009 e 2010 – foram catalogadas 38 (trinta e oito) cavidades existentes na região de influência do empreendimento que embasaram o desenvolvimento de dois programas ambientais: Programa de Registro e Armazenamento Cartográfico e Acervo de Elementos Espeleológicos para estudos referentes às cavidades conhecidas como Abrigos da Gravura, Assurini e do Abutre, que ficarão permanentemente submersas em função da formação do Reservatório do Xingu; e o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, que estabeleceu atividades de monitoramento e controle mais específicos principalmente na região do Kararaô em função da influência do Reservatório Intermediário em rochas areníticas da Formação Maecuru. A atualização desses estudos mostrou que a mudança na conformação do referido Reservatório Intermediário aumentou significativamente a distância desta região do Kararaô em relação aos seus limites, minimizando as possíveis influências hidrogeológicas de sua formação sobre as cavidades ali existentes;
- Integração com Programas Ambientais Correlacionáveis – a coleta e a interpretação de dados e resultados geológicos, hidrogeológicos, estruturais e

pedológicos referentes ao Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos e Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas indicaram, de forma mais acurada, a distribuição espacial das formações geológicas suscetíveis ao aparecimento de processos de fuga de água (Maecuru e Trombetas), além de terem evidenciado a inexistência de novas cavidades que pudessem ser incorporadas ao programa de estanqueidade;

- Região do Kararaô – Avaliação Técnica dos Estudos Realizados – com base na análise e avaliação dos dados e resultados alcançados (mapeamento em escala de detalhe, boletins de sondagem, análise geomorfológica da região, entre outros), constatou-se que a possibilidade no desenvolvimento de processos de fuga de água nas cavidades dos arenitos da Formação Maecuru na região do Kararaô é extremamente remota e improvável frente à nova conformação do Reservatório Intermediário, já que qualquer problema de estanqueidade estaria diretamente associado com a percolação de água através das descontinuidades existentes do embasamento cristalino, que apresenta, de maneira geral, condutividades hidráulicas baixas (H1 e H2). Cabe ainda lembrar que, conforme mencionado anteriormente, que a responsabilidade pela detecção e prevenção, por meio de técnicas construtivas, dessas eventuais fugas de água está atrelada aos estudos e projetos de engenharia do empreendimento. Além disso, a planície por onde escoam as águas do igarapé Santo Antonio serve como uma barreira natural para os efeitos da elevação do lençol freático resultante da formação do referido reservatório, inclusive separando topograficamente as rochas areníticas da Formação Maecuru e grande parte do limite da margem esquerda do Reservatório Intermediário;
- Execução de Campanhas de Campo em 2012 e 2013 – as atividades de campo desenvolvidas no período mencionado (2012/2013) não detectaram qualquer tipo de cavidade de alta relevância espeleológica que pudesse ser incorporada ao Programa de Estanqueidade. Tal evidência convergiu com os resultados alcançados durante os estudos complementares de espeleologia. Verificaram-se pequenas locas, fendas e descontinuidades comuns em rochas areníticas de região, que ocasionam um aumento na sua permeabilidade e que, reitera-se, devem ser tratadas no contexto técnico de engenharia. Ressalta-se que são rochas facilmente erodíveis e que requerem tratamentos especiais a serem definidos pela engenharia para amenizar tal característica geológico-geotécnica; e
- Abrangência dos Estudos de Engenharia e Ambientais – o estabelecimento e a distinção das atribuições inerentes aos estudos de estanqueidade de responsabilidade da engenharia em relação aos ambientais são fundamentais para se evitar conflitos de informações entre as duas áreas. Os estudos ambientais devem estar focados nos impactos que os processos de fuga de água podem causar nas cavidades subterrâneas de alta relevância espeleológica para sua manutenção e preservação no contexto geral da área

de influência do empreendimento, sendo que tais impactos deverão ser prevenidos ou amenizados por medidas mitigadoras estabelecidas diretamente por projetos de engenharia. Já os estudos de engenharia têm como responsabilidade a caracterização geológico-geotécnica das rochas de fundação e limítrofes do Reservatório Intermediário, principalmente aquelas litologias que possam acarretar problemas de estanqueidade devido a sua alta permeabilidade e erodibilidade e baixa resistência (rochas areníticas das Formações Maecuru e Trombetas) para definição e implantação de tratamentos específicos de impermeabilização e estabilização que minimizem estes aspectos desfavoráveis, garantindo a total integridade física e operacional do empreendimento.

Portanto, em função do contexto geológico-geotécnico analisado e consolidado, entende-se que a continuidade do programa com a implantação das atividades ainda previstas no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios não indicará qualquer fato novo que contrarie as conclusões já estabelecidas e aqui detalhadas. Em função deste entendimento, e a partir das justificativas técnicas dissertadas ao longo deste documento, informa-se que os objetivos e metas previstos neste Programa estão devidamente consolidados e finalizados.

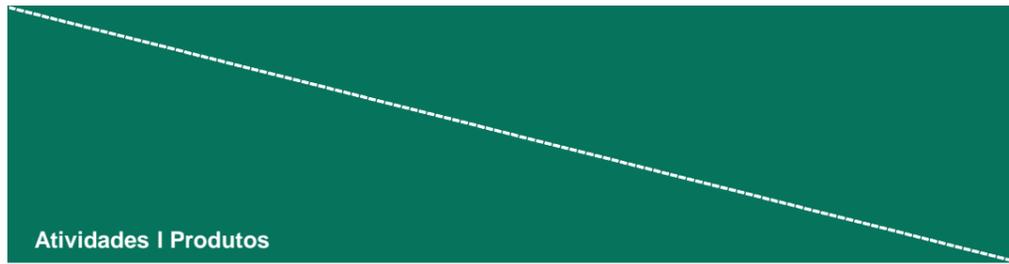
Face ao que foi exposto, solicita-se a anuência oficial do IBAMA para esta proposição de conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

10.4.2.2. CRONOGRAMA GRÁFICO

O cronograma gráfico é apresentado na sequência, ilustrando o desenvolvimento das atividades no cronograma que foi aprovado pelo IBAMA em junho de 2012, por meio da emissão do Ofício 154/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. As linhas com as células em laranja representam o que foi estabelecido e proposto, e as linhas com as células preenchidas em amarelo representam o que já foi executado. Além disto, as células amarelas hachuradas são as atividades que estavam previstas no referido cronograma aprovado e que deverão ser eliminadas, após a aprovação do término do Programa, conforme proposto ao IBAMA na Nota Técnica NT_SFB_Nº038-PCER_09_12_2013_LEME. proposição está aqui reiterada.

A linha em vermelho vertical indica o período onde as atividades do PBA foram paralisadas devido à proibição de acesso às cavidades da região do Kararaô imposta pelo proprietário das terras. No entanto, destaca-se que a atividade de coleta de dados obtidos por meio dos boletins de sondagens (item 3 do cronograma) foi desenvolvida e concluída no primeiro semestre de 2013, assim como a análise dos resultados das investigações (item 7 do cronograma), que continuaram a se desenvolver e possibilitaram o estabelecimento das conclusões elencadas neste relatório.

PACOTE DE TRABALHO: 10.4 Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios

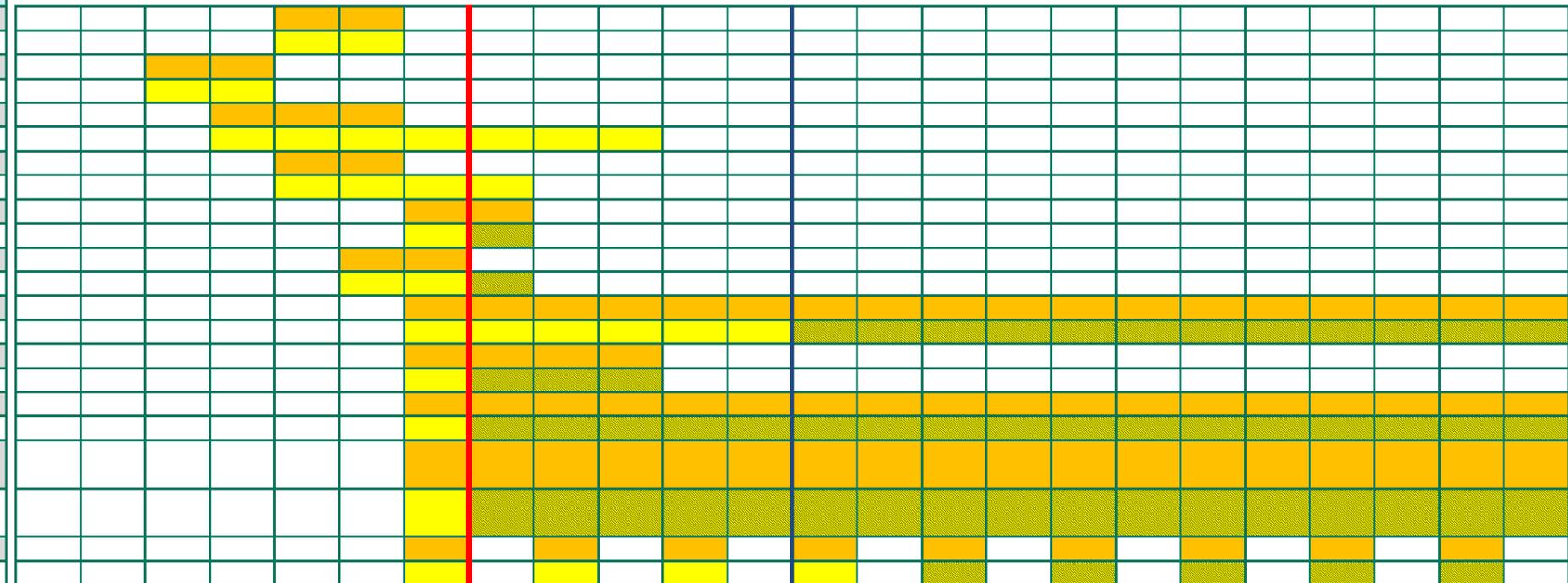


Item	Descrição
------	-----------

2011				2012				2013				2014				2015				2016			
T1	T2	T3	T4																				

CRONOGRAMA DO PACOTE DE TRABALHO

10	10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MI
10.4	10.4 Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios
1	Readequação do PBA - nova conformação do Reservatório Intermediário
1	Readequação do PBA - nova conformação do Reservatório Intermediário
2	Levantamentos topográficos
2	Levantamentos topográficos
3	Coleta de dados - Boletins de sondagens executadas na região de fechamento do RI
3	Coleta de dados - Boletins de sondagens executadas na região de fechamento do RI
4	Mapeamento geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico
4	Mapeamento geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico
5	Levantamentos geofísicos
5	Levantamentos geofísicos
6	Sondagens, ensaios e instalação de monitores e piezômetros
6	Sondagens, ensaios e instalação de monitores e piezômetros
7	Análise dos resultados das investigações e de relevância do risco de fuga d'água
7	Análise dos resultados das investigações e de relevância do risco de fuga d'água
8	Estudos de alternativas e detalhamento das medidas de controle e de monitoramento
8	Estudos de alternativas e detalhamento das medidas de controle e de monitoramento
9	Inspeções, levantamentos e leitura de instrumentos
9	Inspeções, levantamentos e leitura de instrumentos
10	Monitoramento das condições de estanqueidade, dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleológicos
10	Monitoramento das condições de estanqueidade, dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleológicos
11	Relatório parciais e consolidados
11	Relatório parciais e consolidados



LEGENDA

- Linha de Base - Alteração do PBA
- Realizado
- Previsto até fim do produto, conforme cronograma aprovado, e que não mais serão realizadas uma vez aprovada a proposição de encerramento do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios

Paralisação dos trabalhos devido a proibição de acesso a região do Kararaô. Entretanto, informa-se que as únicas atividades desenvolvidas para este cronograma durante o ano de 2013 referiam-se a coleta e avaliação de dados provenientes dos boletins de sondagens (3) e a análise dos resultados das investigações (7) que propiciaram, junto ao *check list* realizado e das atividades anteriormente executadas,

Envio de Nota Técnica ao IBAMA solicitando o encerramento do Programa 10.4. Para continuidade das atividades, aguarda-se o parecer do IBAMA sobre a NT_SFB_Nº038-PCER_09_12_2013_LEME

10.4.3. ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS

A partir do contexto geológico-geotécnico analisado e consolidado, somado aos novos dados de campo realizados para o *checklist*, consolida-se o conceito de que a continuidade da implantação das atividades ainda previstas neste Programa não indicará qualquer fato novo que contrarie as conclusões já estabelecidas. Em face desta situação, propõe-se a conclusão do Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios (PBA 10.4), ressaltando que o mesmo se originou exclusivamente a partir dos estudos de espeleologia realizados, que indicaram a possibilidade do surgimento de processos de fuga de água em cavidades subterrâneas de alta relevância espeleológica existentes, prioritariamente, em rochas areníticas da Formação Maecuru, que sofreriam influência direta do Reservatório Intermediário da UHE Belo Monte em sua conformação original.

Conforme aqui anteriormente abordado, este encaminhamento de conclusão do referido Programa já foi feito junto ao IBAMA por meio da Nota Técnica NT_SFB_Nº038-PCER_09_12_2013_LEME, sendo que seus resultados já tinham sido apresentados em reunião técnica junto à equipe técnica do órgão ambiental, em Altamira, no dia 03/12/2013.

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
Luciano Ferraz Andrade	Geógrafo	Geoprocessamento e design gráfico	-	-
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
Luiz Fernando Roldan	Geólogo, MSc	Levantamentos de dados e elaboração de relatórios	CREA/SP 5062130080-D	975.244

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CTF
Matheus Henrique Roldan	Geólogo	Levantamentos de dados e elaboração de relatórios	CREA/SP 5063849749-D	4.350.604
Daiane Katya Curti Barale	Geóloga	Levantamentos de dados e elaboração de relatórios	CREA/SP 5063580560-D	5.614.677

10.4.5. ANEXOS

Anexo 10.4 - 1 – Referências Bibliográficas