

# SUMÁRIO – 10.1 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE

---

10.1.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE.....	10.1-1
10.1.1.	INTRODUÇÃO.....	10.1-1
10.1.2.	REINSTALAÇÃO DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS atm1 e bm01 ... .....	10.1-4
10.1.3.	RESULTADOS CONSOLIDADOS .....	10.1-6
10.1.4.	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE .....	10.1-26
10.1.5.	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE .....	10.1-28
10.1.6.	ATIVIDADES PREVISTAS.....	10.1-30
10.1.7.	CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS.....	10.1-30
10.1.8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	10.1-32
10.1.9.	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO .....	10.1-33
10.1.10.	ANEXOS.....	10.1-33

## 10.1. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE

### 10.1.1. INTRODUÇÃO

O conteúdo deste 15º Relatório Consolidado (RC) visa à caracterização e comprovação da continuidade do desenvolvimento do Programa de Monitoramento da Sismicidade durante o período compreendido entre os meses de dezembro de 2017 a novembro de 2018, conforme premissas estabelecidas no PBA 10.1. Em função dos problemas de furto e vandalismo ocorridos nas estações BM01 e ATM1, que foram amplamente caracterizados nos últimos RCs, o monitoramento da sismicidade da UHE Belo Monte continuou sendo executado com uso de dados coletados pela estação sismográfica BM02, com auxílio de dados provenientes das estações sismográficas PRPB e TUC4 para uma avaliação mais acurada dos eventos sísmológicos registrados no referido período monitorado.

Destaca-se, ainda no presente RC, que, durante o mês de novembro de 2018, foram reativadas as estações sismográficas ATM1 e BM01. Assim, a partir do mês de dezembro de 2018, a rede de monitoramento estabelecida para a UHE Belo Monte, com três estações em funcionamento, foi integralmente recomposta. Informa-se que o monitoramento atual da sismicidade corresponde à fase pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Conforme tem sido relatado nos últimos RCs, os estudos de Análise de Impactos do EIA/RIMA da UHE Belo Monte (Volume 31)<sup>1</sup> caracterizaram e avaliaram o impacto referente à possibilidade de ocorrência de sismicidade induzida durante e após a fase de enchimento e formação dos reservatórios Xingu e Intermediário. Conforme caracterizado no EIA/RIMA, impactos desta natureza em empreendimentos hidrelétricos em geral são diretos e negativos, pois, caso ocorram, causarão incomodo à população situada no raio de influência do evento sísmico, tendo uma abrangência regional, podendo envolver a Área Diretamente Afetada (ADA), a Área de Influência Direta (AID), a Área de Influência Indireta (AII) e até a Área de Abrangência Regional (AAR). Além disso, é importante destacar que este tipo impacto é irreversível, pois está associado a condicionantes geológicas da área afetada pelo empreendimento, e descontínuo, ocorrendo uma vez ou em intervalos de tempos não regulares. No caso da UHE Belo Monte, sua relevância é classificada como média devido às baixas a médias intensidades e magnitudes (grandeza de medida de sismos) que estão associadas aos sismos induzidos, caso os mesmos ocorram.

---

<sup>1</sup> Leme Engenharia, 2009. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte – Avaliação de Impactos – PARTE 3 – Volume 31

Portanto, a implantação do Programa de Monitoramento da Sismicidade tem como objetivo principal a avaliação da atividade sísmica natural na área de influência dos reservatórios durante um período anterior ao enchimento dos reservatórios (finalizado no âmbito do 9º RC), para comparação com o nível de atividade sísmica obtida durante e após a formação dos mesmos, registrando as ocorrências sísmicas naturais e induzidas. Ressalta-se que, além da verificação da eventual ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento dos reservatórios, a continuidade do monitoramento sísmológico durante a Etapa de Operação da UHE Belo Monte tem como objetivos adicionais a obtenção de uma correlação entre sismos e feições geológicas e estruturais da área, e a determinação de epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas e área de influência dos eventos sísmicos. Este monitoramento é fundamental para atendimento às normas que estabelecem parâmetros para averiguação da segurança das estruturas da construção civil implantadas no empreendimento, relativamente às ações de sismos.

Para atendimento desses objetivos, uma série de atividades foi programada para ser realizada no âmbito deste Programa, que caracterizam e englobam as metas a serem alcançadas durante os períodos de implantação e operação da UHE Belo Monte, das quais se destacam: caracterização da sismicidade regional da área de influência do empreendimento; aquisição, instalação, assistência e acompanhamento técnico das estações sísmográficas da rede de monitoramento; execução do monitoramento da sismicidade com coleta e interpretação dos dados e resultados obtidos nas estações sísmográficas instaladas; realização de campanhas de esclarecimento à população (integração com o Programa Interação Social e Comunicação – PBA 7.2); e promoção de inter-relações com outros programas de monitoramento do Meio Físico, no contexto do Projeto Básico Ambiental (PBA) da UHE Belo Monte, tais como o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (PBA 10.3) e o Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (PBA 11.3.1). Por fim, almeja-se o melhor entendimento dos aspectos sísmicos naturais e induzidos que eventualmente venham a ocorrer, assim como as suas correlações com o contexto geotectônico regional.

Por sua vez, o PBA da UHE Belo Monte<sup>2</sup> estabeleceu o monitoramento da sismicidade em duas fases distintas. A primeira, denominada fase pré-enchimento, foi iniciada cerca de três anos antes do enchimento dos reservatórios. Esta etapa poderia ser cumprida pela instalação de uma única estação triaxial, somando os dados ali obtidos com outros fornecidos por outras estações na região. A segunda, denominada fase pós-enchimento, poderia se iniciar um pouco antes do enchimento do reservatório. Nesta fase, era necessário adensar a rede de monitoramento visando à detecção e localização de possíveis microtremores situados no interior ou nas margens do reservatório. Apesar das premissas apontadas no PBA, a Norte Energia estabeleceu a instalação de toda a rede sísmográfica, composta pelas estações ATM1, BM01 e BM02, bem antes do

---

<sup>2</sup> Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, setembro/2011. Planos, Projetos e Programas – Versão Final – Volume 4.

enchimento dos reservatórios (em fevereiro de 2012), fato este que garantiu a conformidade do Programa, desde seu início, com bastante segurança.

A partir da conclusão da instalação das estações ATM1, BM01 e BM02, que compõem a rede sismológica estabelecida para a UHE Belo Monte, tiveram início as atividades de monitoramento sismológico propriamente dito. A partir do mês e ano supracitados, os dados gerados pelas três estações são encaminhados, continuamente, para o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB), por meio de *link* de *internet* via satélite em tempo real (acompanhamento diário via transmissão de dados).

A análise dos resultados tem sido realizada e encaminhada por meio de relatórios consolidados semestrais ao IBAMA, desde julho de 2012, junto com o Banco de Dados do presente Programa, que apresenta a listagem completa e atualizada, a cada semestre, de todos os eventos registrados pela rede sismográfica instalada. Ressalta-se que a periodicidade de entrega dos RCs do PBA 10.1 para o IBAMA foi alterada de semestral para anual, a partir do ano de 2017, em acordo com pleito da Norte Energia validado pelo órgão ambiental.

Reitera-se que, na atual fase pós-enchimento do monitoramento da sismicidade do presente Programa (PBA 10.1), em função da ocorrência de furtos e vandalismos nas estações ATM1 e BM01, a rede sismográfica não esteve operando integralmente com as três estações sismográficas, sendo que o conteúdo apresentado neste documento, referente ao período de dezembro de 2017 a novembro de 2018, foi realizado com uso de dados coletados apenas na estação BM02, única em operação, e auxiliado com dados oriundos das estações sismográficas PRPB e TUC4. Entretanto, conforme já relatado mais acima, a rede integral de monitoramento da UHE Belo Monte foi restabelecida no mês de novembro de 2018, após a chegada e liberação dos equipamentos sismológicos importados, sendo que, a partir do mês de dezembro de 2018, após a reinstalação dos equipamentos por técnico do Observatório Sismológico da UnB, ocorreu a normalização do monitoramento sismológico conforme preconizado no PBA 10.1.

Por fim, é importante se ratificar que no âmbito do 2º Seminário Técnico Anual de Acompanhamento do PBA e de Condicionantes da Licença de Operação (LO) nº 1317/2015 da UHE Belo Monte, que ocorreu em Brasília em dezembro de 2017, foi estabelecido um encaminhamento para o IBAMA sugerindo o prolongamento do monitoramento da sismicidade do PBA 10.1 por 18 (dezoito) meses, objetivando amenizar o período atual que estava sendo monitorado com a rede amostral incompleta (uso de apenas uma estação sismográfica – BM02). Este encaminhamento foi oficializado no contexto do 13º RC, protocolado junto ao órgão ambiental no final de janeiro de 2018, aguardando-se ainda um parecer favorável do supracitado órgão ambiental.

## 10.1.2. REINSTALAÇÃO DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS ATM1 E BM01

Para a reinstalação das estações sismográficas ATM1 e BM01 da rede de monitoramento da UHE Belo Monte foi necessária a importação de equipamentos específicos (um sismômetro, um digitalizador e cabeados específicos) provenientes da Inglaterra. Tais equipamentos chegaram ao Brasil em junho de 2018, sendo que, devido à complexidade dos trâmites burocráticos junto à Alfândega para a sua liberação, o planejamento para reinstalação das referidas estações sismográficas ATM1 e BM01 foi estabelecido apenas no mês de novembro de 2018, quando os equipamentos chegaram em Altamira (PA). Portanto, no período compreendido entre os dias 19 a 23 de novembro de 2018 procedeu-se à reinstalação das estações sismográficas BM01 e ATM1 com a participação de técnicos do Observatório Sismológico, da Norte Energia e da empresa Tractebel (responsável pela execução do PBA 10.1, em conjunto com a UnB). Vale destacar que o andamento das atividades de importação e liberação dos equipamentos foi sempre relatado ao IBAMA para os devidos acompanhamentos técnicos.

A primeira estação reinstalada foi a BM01, localizada em um reassentamento às margens do Travessão 55, próximo ao sítio Belo Monte. Para as atividades de reinstalação, a área da referida estação passou por um processo de limpeza da vegetação no seu entorno e reforço na segurança de sua edícula e dos painéis solares. A **Figura 10.1 - 1** apresenta aspectos gerais das atividades de reinstalação dos equipamentos na estação sismográfica BM 01.



**Figura 10.1 - 1 – Aspectos gerais das atividades de reinstalação da estação BM 01 (19 e 20 de novembro de 2018): (A) Vista geral da estação BM01; (B) Detalhe da proteção construída para abrigar o sismômetro; (C) Instalação do sismômetro; e (D) Teste de aferição do sismômetro.**

A segunda estação reinstalada foi a ATM 01, localizada a montante da cidade de Altamira, em uma região conhecida como Pedra do Navio. Antes da reinstalação dos equipamentos, a área da estação ATM1 também passou por um processo de limpeza da vegetação no seu entorno e de reforço na segurança de sua edícula e dos painéis solares. A **Figura 10.1 - 2** apresenta aspectos gerais das atividades de reinstalação dos equipamentos.



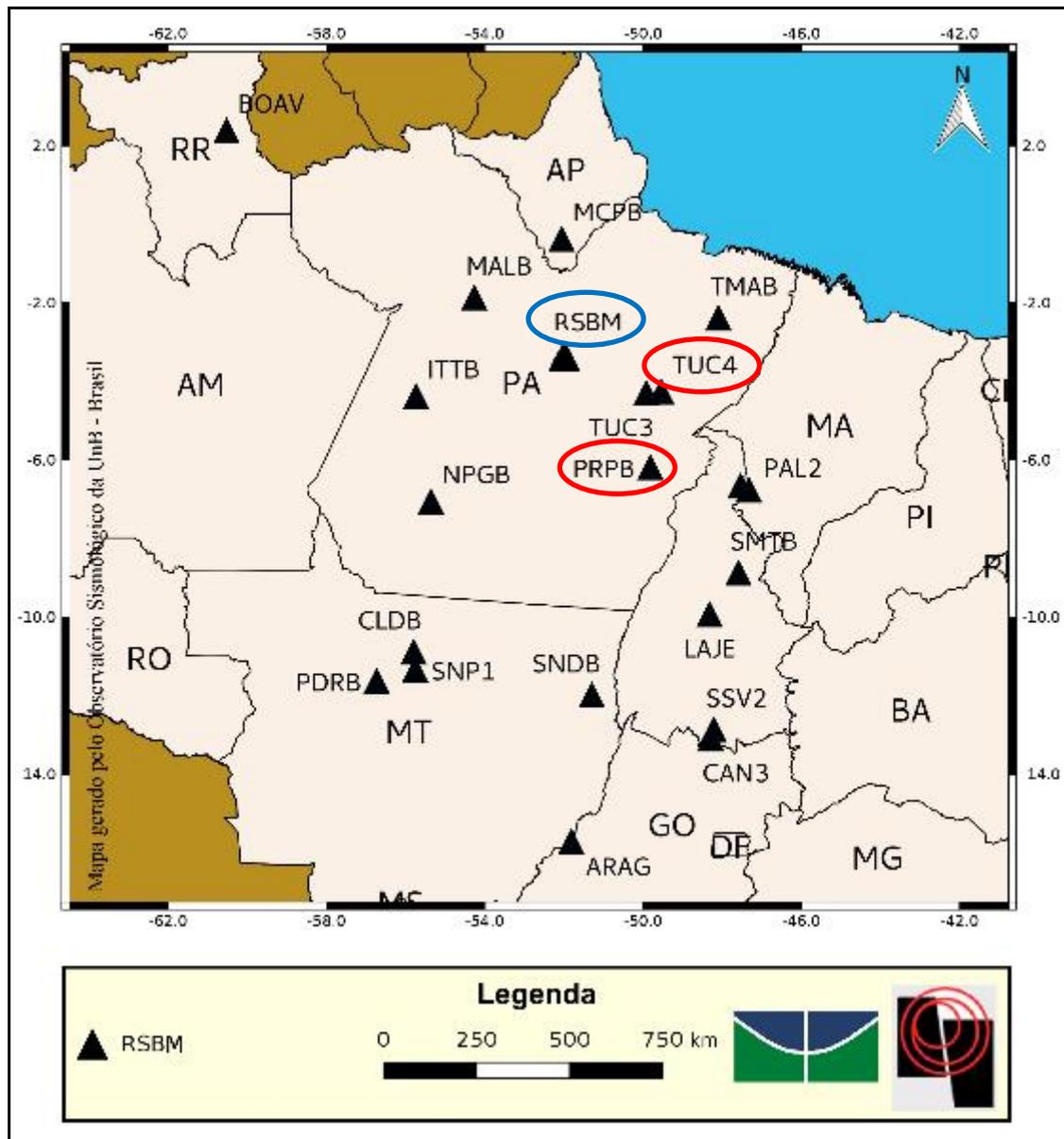
**Figura 10.1 - 2 – Aspectos gerais das atividades de reinstalação dos equipamentos da estação ATM 01 (21 de novembro de 2018): (A) Detalhe da antena e GPS instalados sobre a edícula; (B) Detalhe do sismômetro instalado; (C) Detalhe das baterias estacionárias; e (D) Digitalizador e baterias instaladas.**

Após a reinstalação das estações sismográficas ATM1 e BM01, o Observatório Sismológico realizou testes de funcionamento dos equipamentos para todas as estações, inclusive para a estação BM02, para aferição e continuidade no levantamento e transmissão de dados sismológicos via satélite. Portanto, considera-se que a partir do mês de dezembro de 2018 a rede de monitoramento da UHE Belo Monte está funcionando de maneira integral, conforme as premissas estabelecidas no próprio Programa de Monitoramento da Sismicidade (PBA 10.1).

### **10.1.3. RESULTADOS CONSOLIDADOS**

Apesar dos percalços relacionados aos problemas de furtos de equipamentos relatados nos RCs anteriores, o monitoramento da sismicidade teve continuidade durante todo o período entre dezembro de 2017 a novembro de 2018, sendo que os resultados e dados obtidos são apresentados neste item do presente RC. Ratifica-se ainda a utilização de dados oriundos das estações sismográficas de PRPB e TUC4, localizadas em Parauapebas-PA e Tucuruí-PA, respectivamente, para auxiliar na avaliação e aferição do monitoramento sismológico da UHE Belo Monte executado pela estação BM02.

A **Figura 10.1 - 3** apresenta um mapa com a distribuição espacial das estações existentes próximas à região da UHE Belo Monte, onde se destacam as estações sismográficas PRPB e TUC4 (em vermelho), além da própria Rede Sismográfica de Belo Monte (RSBM – em azul).



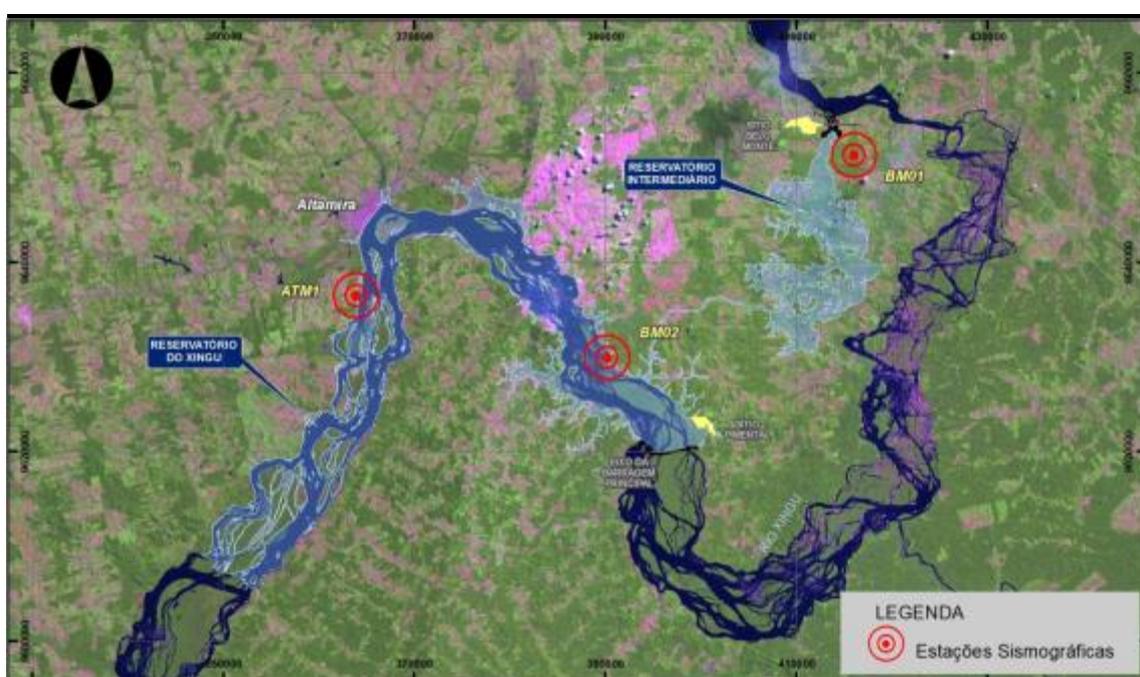
**Figura 10.1 - 3 – Mapa com a localização da rede sismográfica de Belo Monte (RSBM – em azul) e das estações sismográficas PRPB E TUC4 utilizadas para auxiliar no monitoramento da sismicidade da UHE Belo Monte, sendo estas últimas destacadas em vermelho.**

Vale lembrar que as atividades inerentes ao Programa de Monitoramento da Sismicidade se iniciaram a partir da aquisição dos equipamentos das três estações sismográficas previstas para a UHE Belo Monte, por meio da Eletronorte e do estabelecimento de um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre a referida empresa e a Norte Energia. Neste acordo, também ficou estabelecido que as responsabilidades

técnica, executiva e analítica de todas as atividades relacionadas ao Programa, que podem ser visualizadas em seu cronograma (item 10.1.6 do presente Relatório), ficariam a cargo da equipe técnica do Observatório Sismológico da UnB, situado em Brasília.

Após a aquisição dos equipamentos das três estações, estabeleceu-se uma campanha de campo executada pelo Observatório Sismológico ao longo da região de influência da UHE Belo Monte para definição dos pontos de instalação de cada uma das referidas estações sismográficas, por meio de testes de ruído sísmico.

A **Figura 10.1 - 4** mostra a localização e a distribuição espacial das três estações sismográficas (ATM1, BM01 e BM02) e os reservatórios Xingu e Intermediário da UHE Belo Monte.



**Figura 10.1 - 4 – Localização e distribuição espacial das estações sismográficas da UHE Belo Monte.**

A partir da definição dos pontos de instalação, foram construídos os abrigos de alvenaria, cercados por alambrados, para cada uma das três estações sismográficas para proteção contra as ações antrópicas e as intempéries naturais, seguindo orientações recebidas do Observatório Sismológico da UnB. Em cada estação foi instalado um sismômetro, um digitalizador e um sistema de alimentação de energia com painéis solares para funcionamento dos equipamentos, bem com o sistema de transmissão de dados via satélite, com antena. Os sismógrafos são de banda larga, da marca GURALP, operando na faixa de 30 segundos a 100 Hz, em concordância às recomendações do PBA<sup>3</sup>. Destaca-se que todas essas características técnicas se

<sup>3</sup> Leme Engenharia, 2011 “Projeto Básico Ambiental – Plano de Acompanhamento Geológico/Geotécnico e de Recursos Hídricos – Plano de Gestão de Recursos Hídricos – Volume IV.

mantiveram após a reinstalação das estações sismográficas ATM1 e BM02 em novembro de 2018, assim como foi mantida a localização das mesmas.

Ressalta-se que continua em desenvolvimento um Plano de Ação que estabelece reuniões internas periódicas entre a área de Tecnologia de Informação (TI) da Norte Energia, o próprio Observatório Sismológico, a Tractebel e a empresa Autoserviços (responsável pela transmissão de dados) para solução de problemas relacionados à paralisação temporária e esporádica da transmissão de dados via satélite das três estações sismográficas. Nessas reuniões são discutidas a origem e as possíveis causas da ocorrência desses problemas e, a partir dessa avaliação, é estabelecida uma série de medidas mitigadoras em conjunto entre as empresas envolvidas no monitoramento. Vale destacar que, no âmbito desse Plano de Ação, são previstas visitas periódicas nas referidas estações para a possível necessidade de coleta de dados *in loco* e também para a implantação de soluções previamente definidas nas supracitadas reuniões periódicas. Os resultados obtidos pela implementação desse Plano de Ação têm apresentado resultados satisfatórios ao longo do monitoramento já realizado, não ocorrendo, até o presente momento, lacunas de dados levantados e resultando em uma melhora significativa no procedimento de transmissão de dados via satélite.

O acompanhamento e monitoramento da sismicidade da área de influência da UHE Belo Monte (atividade 1.1 do cronograma do Programa) teve início em fevereiro de 2012, conforme mencionado anteriormente, sendo que já foram executadas, até o final de novembro de 2018, 82 (oitenta e dois) campanhas mensais de um total de 98 (noventa e oito), o que corresponde a 83,7% de realização desta atividade. Ressalta-se que este total de 98 (noventa e oito) meses já considera o prolongamento da execução do monitoramento da sismicidade por mais 18 (dezoito) meses em relação ao cronograma original, conforme estabelecido no contexto do 13º RC como ação mitigadora proposta pela Norte Energia, junto ao IBAMA, frente aos problemas de furtos de equipamentos que paralisaram as estações ATM1 e BM01.

Após a conclusão desse período de monitoramento indicado originalmente no PBA, com a extensão de mais 18 (dezoito) meses, a sua continuidade se dará no âmbito de toda a Etapa de Operação da UHE Belo Monte.

Na análise dos dados e resultados produzidos pelas estações continuam sendo utilizados os seguintes programas/aplicativos:

- *Scream* (GURALP SYSTEM LIMITED, 2007): para a visualização e análise preliminar;
- *Seismic Analysis Code – SAC* (GOLDSTEIN & SNOKE, 2005): na edição das imagens dos sismogramas digitais; e

- GMT – *Generic Mapping Tools* (WESSEL & SMITH, 1995): na plotagem de mapas.

Em relação aos resultados obtidos até o presente momento, o **Quadro 10.1 - 1** apresenta o resumo dos quantitativos totais dos eventos até agora registrados e classificados pela rede sismológica implantada para a UHE Belo Monte, desde o início do monitoramento em fevereiro de 2012 até novembro de 2018, e sua apresentação nos respectivos RCs até hoje elaborados. A adoção desse padrão de apresentação no referido **Quadro 10.1 - 1** visa à melhor interpretação comparativa de todos os períodos monitorados desde o início de implantação do presente Programa.

**Quadro 10.1 - 1 – Resumo dos quantitativos dos eventos registrados e classificados no monitoramento sismológico durante todo o período do Programa (fevereiro de 2012 a novembro de 2018)**

PERÍODO	RELATÓRIO CONSOLIDADO	EVENTOS LOCAIS ARTIFICIAIS	EVENTOS REGIONAIS ARTIFICIAIS	EVENTOS REGIONAIS NATURAIS	TELESSISMOS
Fev/12 a Mar/12	2RC	44	-	-	4
Abr/12 a Nov/12	3RC	753	40	5	77
Dez/12 a Mai/13	4RC	750	27	1	58
Jun/13 a Nov/13	5RC	646	24	2	20
Dez/13 a Mai/14	6RC	562	11	-	42
Jun/14 a Nov/14	RFC <sup>(1)</sup>	470	18	2	28
Dez/14 a Mai/15	9RC	464	52	6	56
Jun/15 a Nov/15		588	169	8	68
Dez/15 a Mai/16	10RC	13 <sup>(2)</sup>	267	12	213
Jun/16 a Nov/16	11RC	15 <sup>(2)</sup>	241	13	178
Dez/16 a Mai/17	13RC <sup>(3)</sup>	9 <sup>(2)</sup>	139	6	103
Jun/17 a Nov/17		0 <sup>(2)</sup>	293	21	155
Dez/17 a Mai/18	15RC <sup>(3)</sup>	1 <sup>(2)</sup>	273	6	59
Jun/18 a Nov/18		3 <sup>(2)</sup>	216	11	247
<b>TOTAL</b>		<b>4.318</b>	<b>1.770</b>	<b>93</b>	<b>1.308</b>

<sup>(1)</sup> RFC – Relatório Final Consolidado para solicitação da LO.

<sup>(2)</sup> Diminuição drástica das detonações em rocha após a fase de enchimento dos reservatórios.

<sup>(3)</sup> A partir de 2017, a periodicidade dos RC passou a ser anual no âmbito do PBA 10.1; entretanto, para se manter a metodologia apresentada em todos os RC anteriores, manteve-se a apresentação dos dados em dois períodos para o 13º e 15º RC: de dezembro a maio e junho a novembro.

Reitera-se que a análise técnica feita semestralmente não requer uma avaliação acumulativa e consolidada de todos os eventos detectados pela rede sismológica ao longo de todo o período já monitorado pelo Programa, já que os mesmos são independentes e podem ocorrer de forma aleatória, seja naturalmente (sismos naturais), ou pela ação antrópica (sismos artificiais). Entretanto, o período monitorado e apresentado no presente RC (dezembro de 2017 a novembro de 2018) já abrange a

fase pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, que teve início em fevereiro de 2016.

Durante essa fase pós-enchimento dos reservatórios, desde fevereiro de 2016, a continuidade do monitoramento da sismicidade requer uma atenção especial à possibilidade de ocorrência de sismos induzidos devido à formação dos reservatórios Xingu e Intermediário, já que o peso dos corpos de água sobre o embasamento rochoso e a possibilidade de infiltrações de água pelas falhas e fraturas do próprio substrato rochoso da região, possibilitando o aumento das pressões hidrostáticas, podem ocasionar esses eventos sísmicos induzidos.

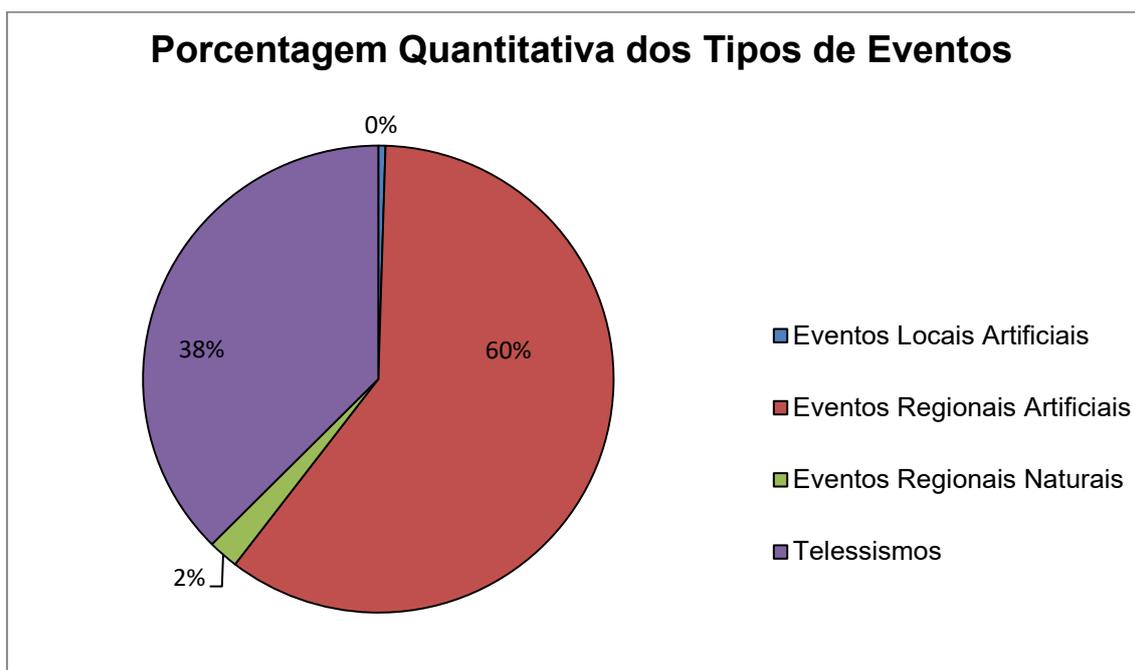
Destaca-se que, desde a formação dos reservatórios Xingu e Intermediário da UHE Belo Monte, nenhum sismo induzido foi registrado e também não houve qualquer evento local natural, ressaltando-se que, em caso de ocorrência de eventos dessa natureza, campanhas de esclarecimentos à população serão implementadas na região de influência da UHE Belo Monte. Portanto, até o presente momento, não houve necessidade de campanhas dessa natureza no contexto do presente Programa em interface com o Programa de Interação Social e Comunicação (PBA 7.2). Essas campanhas também poderão vir a ocorrer, caso a comunidade venha a se manifestar em relação a esse assunto.

Analisando-se os quantitativos do **Quadro 10.1 - 1**, observa-se que no período de dezembro de 2017 a novembro de 2018 foi registrado pela Rede Sismográfica de Belo Monte e pelas estações auxiliares PRPB e TUC4 um total de 816 eventos distribuídos nas seguintes categorias: quatro eventos locais artificiais, 489 eventos regionais artificiais, 17 (dezessete) eventos regionais naturais e 306 telessismos.

Conforme relatado nos últimos RCs, mantém-se a contínua diminuição do registro de eventos locais artificiais que estavam estreitamente relacionados às intensas atividades de escavação e exploração de pedreiras durante a construção da UHE Belo Monte. Vale destacar que os eventos locais artificiais registrados neste último período também continuam a evidenciar essa estreita relação com atividades de detonação em rocha inerentes à UHE Belo Monte. Esta afirmação se deve ao fato de o Consórcio Construtor Belo Monte (CCBM) ter encaminhado planos de fogo para detonação em rocha referentes aos dias em que foram registrados estes eventos. Ressalta-se que esses planos de fogo foram encaminhados para o Observatório Sismológico para análise e integração com os dados registrados pela estação sismológica BM02.

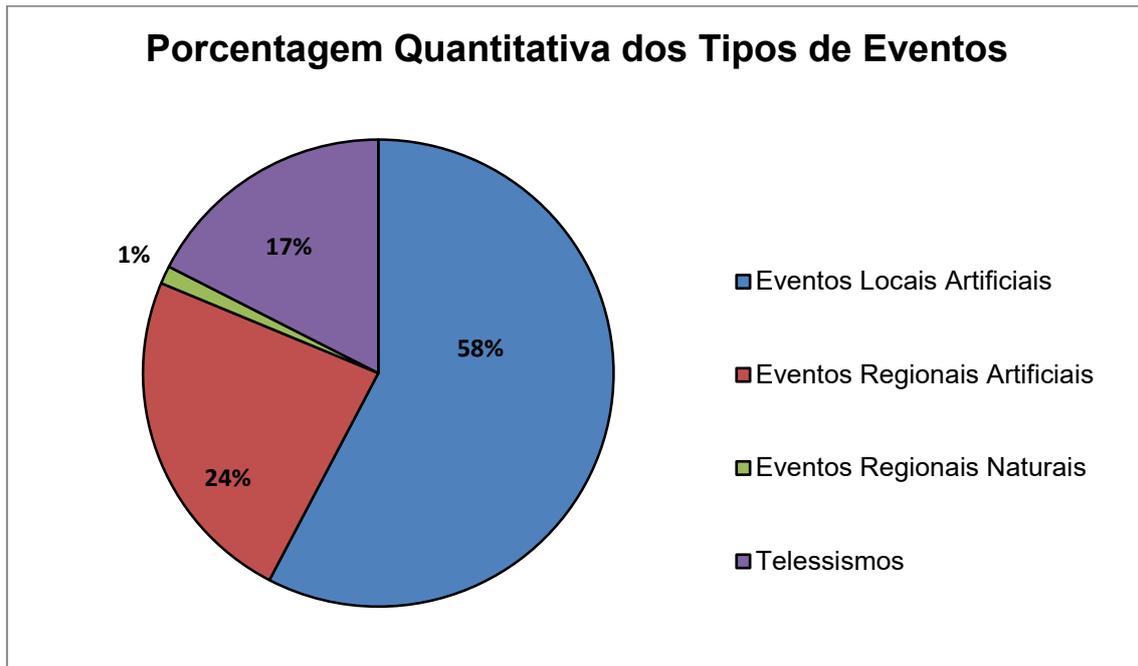
Além disso, foram disponibilizados para o Observatório Sismológico de Brasília os dados do acompanhamento fluviométrico dos meses contemplados no presente RC (dezembro de 2017 a novembro de 2018) para verificação das variações sazonais do nível da água do Reservatório Xingu que poderiam vir a desencadear um evento sísmico induzido. Nesse sentido, cumpre observar que é recomendado que se observe as variações no nível da água de um reservatório, devido ao enchimento ou esvaziamento do lago, principalmente nos seus primeiros anos de formação. Assim, tal procedimento continuará sendo executado ao longo de todo o período ainda a ser monitorado no contexto do presente Programa 10.1.

A **Figura 10.1 - 5** mostra o gráfico contendo os eventos analisados (total de 816 eventos) para o período monitorado (dezembro de 2017 a novembro de 2018) e suas respectivas porcentagens. Observa-se nesta **Figura 10.1 - 5** uma predominância dos eventos regionais artificiais (60% do total) em relação aos outros tipos de evento. No período monitorado, o segundo mais significativo se refere aos telessismos, com 38% do total. Já os eventos regionais naturais apresentam apenas 2% do total, enquanto os eventos locais artificiais não chegam a ter nem 1% do registro total (mais precisamente 0,49%). Ressalta-se que, na fase de construção do empreendimento, os eventos locais artificiais predominavam amplamente em relação a todos os outros eventos.



**Figura 10.1 - 5 – Porcentagem de distribuição dos eventos registrados no período de dezembro de 2017 a novembro de 2018.**

Já a **Figura 10.1 - 6** mostra o gráfico contendo a porcentagem de distribuição dos eventos verificados para todo o período de implantação do monitoramento da sismicidade até agora executado (fevereiro de 2012 a novembro de 2018), baseado nos quantitativos apresentados no **Quadro 10.1 - 1**. Informa-se que durante todo o monitoramento já realizado foi registrado um total de 7.012 eventos distribuídos em eventos locais artificiais, regionais artificiais, regionais naturais e telessismos.



**Figura 10.1 - 6 – Porcentagem de distribuição dos eventos registrados pela Rede Sismográfica da UHE Belo Monte no período de fevereiro de 2012 a maio de 2018.**

Analisando os gráficos das **Figuras 10.1 - 5 e 10.1 - 6**, e os dados apresentados no **Quadro 10.1 - 1**, constata-se claramente que os eventos locais artificiais mantêm a tendência de redução significativa em relação aos períodos anteriores, já que as atividades de exploração e escavação em rocha, que requerem uso de explosivos, foram praticamente finalizadas para a UHE Belo Monte. Esta tendência vem acarretando uma diminuição gradativa do percentual total dos eventos locais artificiais, como demonstra a redução de 65% relatado no 13º RC para 58% no presente RC, enquanto o percentual total dos eventos regionais artificiais apresentou um aumento em relação ao RC anterior, passando de 19% para 24%, assim como os telessismos, que aumentou de 15% para 17%. Já os eventos regionais naturais apresentaram percentual constante quando comparados com os dados do 13º RC, com valor de 1% do total dos eventos registrados.

De maneira geral, reitera-se que a tendência de redução na porcentagem dos eventos locais artificiais em relação aos outros tipos de eventos registrados, que é visualizada na **Figura 10.1 - 6**, será cada vez maior com a continuidade do monitoramento da sismicidade na fase pós-enchimento, já que as atividades de detonação praticamente estão concluídas.

Por fim, ressalta-se, mais uma vez, que a diferenciação dos eventos naturais dos eventos artificiais (explosões), independente da distância, é um procedimento complexo e que demanda a experiência do sismólogo responsável pela classificação dos sismos.

Os sismos naturais são todos aqueles que ocorrem em profundidade, sem a influência direta do homem, ou seja, aqueles que não são ocasionados por atividades humanas. Já os sismos artificiais (explosões) são aqueles que ocorrem próximo à superfície e

ocasionados pela ação antrópica, como, por exemplo, a explosão de cargas de dinamite gerando ondas sísmicas esféricas, que podem ser detectadas por estações sismográficas dependendo da distância e da massa de carga detonada, as quais podem ocorrer em construção de barragens, explorações minerárias, entre outros.

Além da experiência do sismólogo responsável pela classificação dos sismos, para a diferenciação entre os mesmos também é efetuada análise espectral das formas de onda geradas pelos eventos artificiais e naturais, que são distintas entre si, sendo que esta interpretação e distinção leva em consideração uma série de requisitos, tais como:

- Horário de ocorrência: geralmente entre 8:00 e 18:00 (horário local);
- Polaridade positiva da onda longitudinal (onda P) na componente vertical (Z);
- Inexistência ou dificuldade na identificação da onda transversal (onda S); e
- Ocorrência em superfície ou em baixas profundidades (ordem de metros a dezenas de metros).

A seguir são apresentados os resultados e dados obtidos durante o período mais recente monitorado, compreendendo os meses de dezembro de 2017 a novembro de 2018, que foram devidamente avaliados e consolidados pelo Observatório Sismológico da UnB. Vale destacar que, para cada um dos eventos caracterizados ao longo do período monitorado, foram escolhidos exemplos específicos e característicos do registro na forma de ondas que foram detectados nas estações sismográficas e que possuem, didaticamente, uma maior clareza para sua visualização.

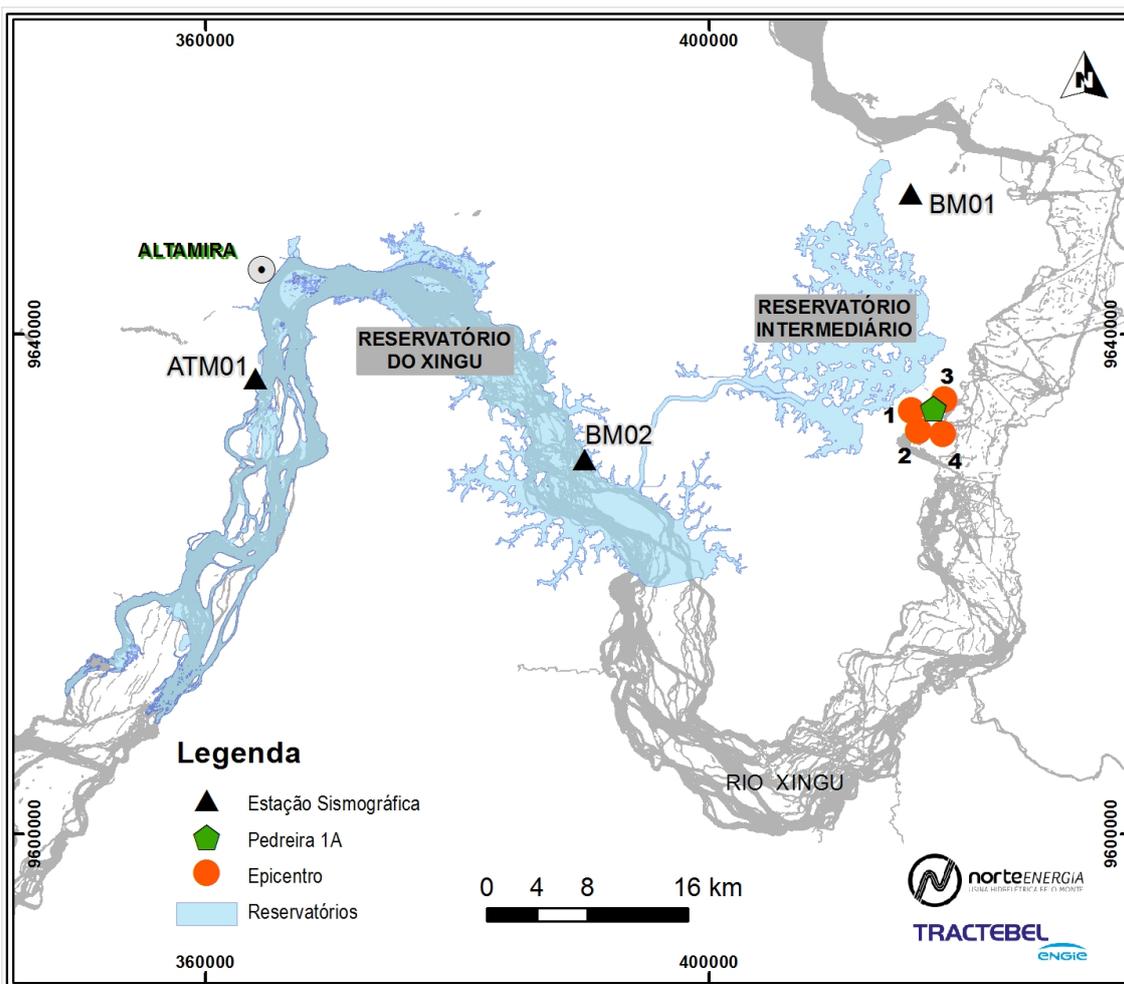
### **Eventos Locais Artificiais**

Nesta categoria encontram-se os eventos cujas distâncias epicentrais em relação às estações sismográficas estão abaixo de 100 quilômetros. Durante o período de monitoramento (dezembro de 2017 a novembro de 2018), foram registrados quatro eventos locais artificiais pela estação BM02 e pelas estações auxiliares PRPB e TUC4. Confirma-se a contínua tendência de redução significativa deste tipo de evento, já que o mesmo apresentava estreita relação com as atividades de escavação e detonação em rocha que eram executadas durante a fase construtiva da UHE Belo Monte (fase de pré-enchimento), sendo que as mesmas foram ou estão praticamente concluídas na fase atual de pós-enchimento, concentrando-se em detonações esporádicas na Pedreira 1A, no Sítio Bela Vista, ainda em atividade. Ressalta-se que essa correlação técnica é estabelecida com a integração entre os eventos registrados com os planos de fogo elaborados e fornecidos pelo Consórcio Construtor quando há uma detonação programada que ocorre nas mesmas datas.

A **Figura 10.1 - 7** apresenta a localização dos quatro eventos locais artificiais registrados dentro do período de monitoramento compreendido entre os meses de dezembro de

2017 a novembro de 2018, sendo que a numeração apresentada corresponde aos eventos listados no **Anexo 10.1 - 1**.

Destaca-se que o referido **Anexo 10.1 - 1** do presente relatório apresenta o registro de todos os parâmetros sísmicos dos eventos locais artificiais (explosões para detonação de rochas na UHE Belo Monte) registrados pela estação BM02 e estações auxiliares PRPB e TUC4.



**Figura 10.1 - 7 – Mapa ilustrativo com a localização epicentral verificada para os eventos locais artificiais (explosões) detectados na estação sismográfica BM02 e estações auxiliares PRPB e TUC4 no período monitorado (dezembro de 2017 a novembro de 2018).**

Informa-se ainda que a identificação dos epicentros dos eventos ilustrados na **Figura 10.1 - 6** foi realizada usando o método do azimute reverso, que utiliza informações de polaridade e amplitude das primeiras fases da onda “P” registradas nos três componentes de movimento do chão (N-S, E-W e Vertical), combinadas com a distância epicentral definida pela diferença entre os tempos de chegada das ondas “S” e “P” (S-P).

Exemplificando, as **Figuras 10.1 - 8** e **10.1 - 9** mostram, respectivamente, o registro da forma de onda sísmica detectada no dia 18 de maio de 2018, que teve magnitude de 1,8 mR na estação BM02 (evento no 01 do **Anexo 10.1 - 1**) e o registro da forma de onda sísmica detectada no dia 20 de setembro de 2018, que teve magnitude de 2,6 mR também na estação BM02 (evento no 04 do **Anexo 10.1 - 1**). Esse evento é confirmado no Plano de Fogo AF-CO-CONS-CL-1305-2018, ocorrido na pedreira 1A, conforme informe a seguir:

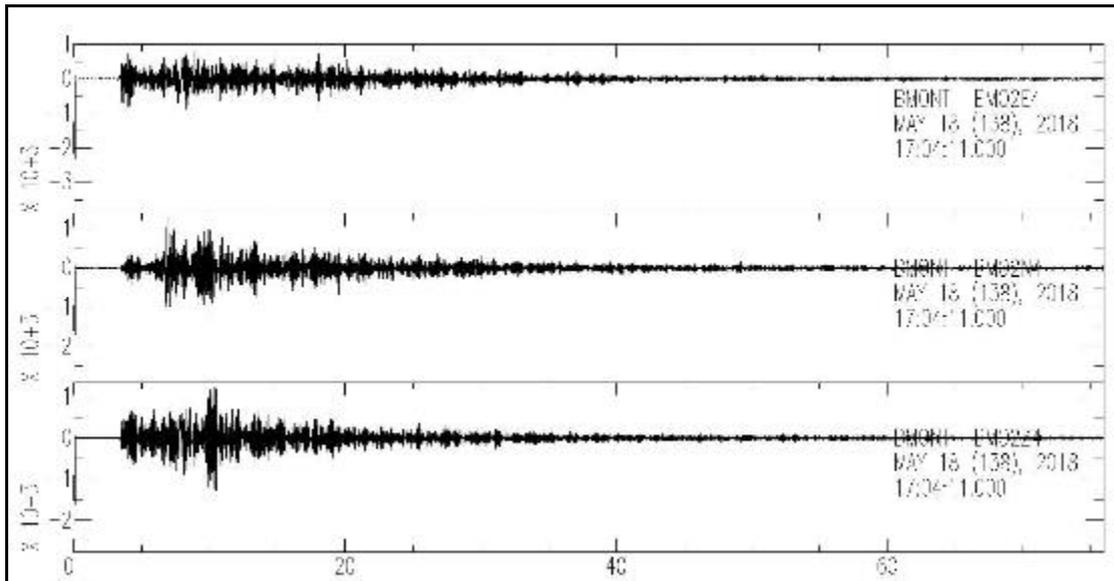
	<b>AVISO DE FOGO</b>	AF-CO-CONS-CL-1305-2018	
<b>CONTRATO Nº DC-S-001/2011-4</b>	<b>Plano de Detonação em Rocha</b>	Data: <b>20/09/2018</b>	
		Rev. 00	Pág. 1/2

Seguem abaixo os horários programados, o número do fogo e as coordenadas geodésicas de localização dos pontos de detonação nas unidades:

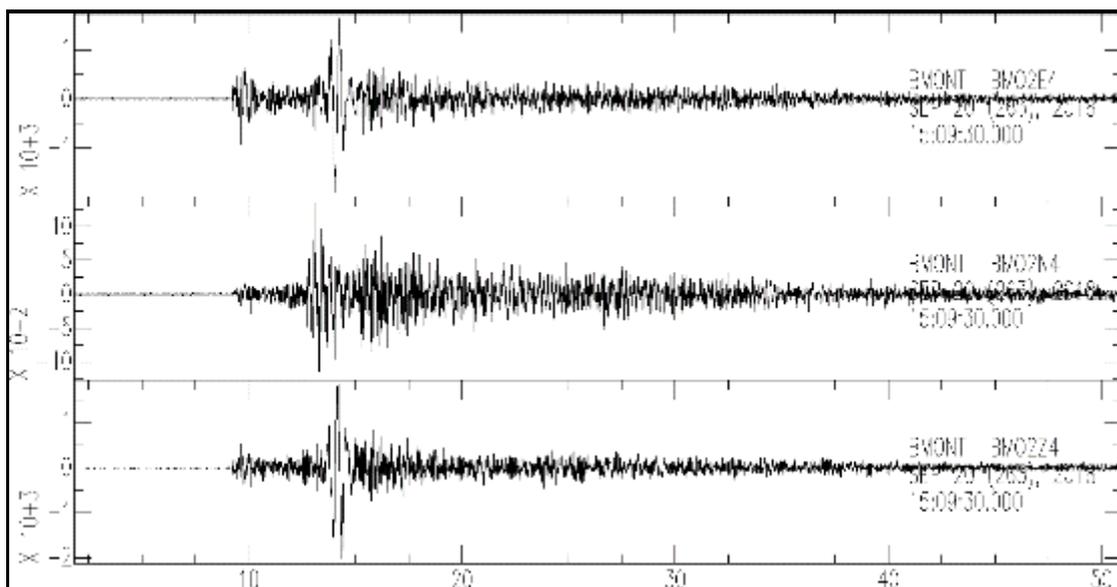
1º. Fogo - MANHÃ					
		Sítio Belo Monte	Sítio Pimental	Sítio Diques	
<b>Horário de Detonação</b>		02:30 às 05:00	02:30 às 05:00	02:30 às 05:00	
<b>Número do Fogo</b>					
<b>Localização Geográfica</b>	LAT.				
	LONG.				
	LAT.				
	LONG.				

2º. Fogo – MANHÃ					
		Sítio Belo Monte	Sítio Pimental	Sítio Diques	
<b>Horário de Detonação</b>		06:00 às 07:30	06:00 às 07:30	06:00 às 07:30	
<b>Número do Fogo</b>					
<b>Localização Geográfica</b>	LAT.				
	LONG.				
	LAT.				
	LONG.				

3º. Fogo – TARDE					
		Sítio Belo Monte	Sítio Pimental	Sítio Diques	
<b>Horário de Detonação</b>		12:00 às 14:00	12:00 às 14:00	12:00 às 14:00	
<b>Número do Fogo</b>				<b>0041</b>	
<b>Localização Geográfica</b>	LAT.			<b>-3° 18' 53,17952" S</b>	
	LONG.			<b>-51° 44' 53,93941" W</b>	
	LAT.				
	LONG.				



**Figura 10.1 - 8 – Registro na estação BM02 da forma de onda do evento local artificial, ocorrido em 18 de maio de 2018 (evento nº 01 do Anexo 10.1 - 1).**



**Figura 10.1 - 9 – Registro na estação BM02 da forma de onda do evento local artificial, ocorrido em 20 de setembro de 2018 (evento nº 02 do Anexo 10.1 - 1).**

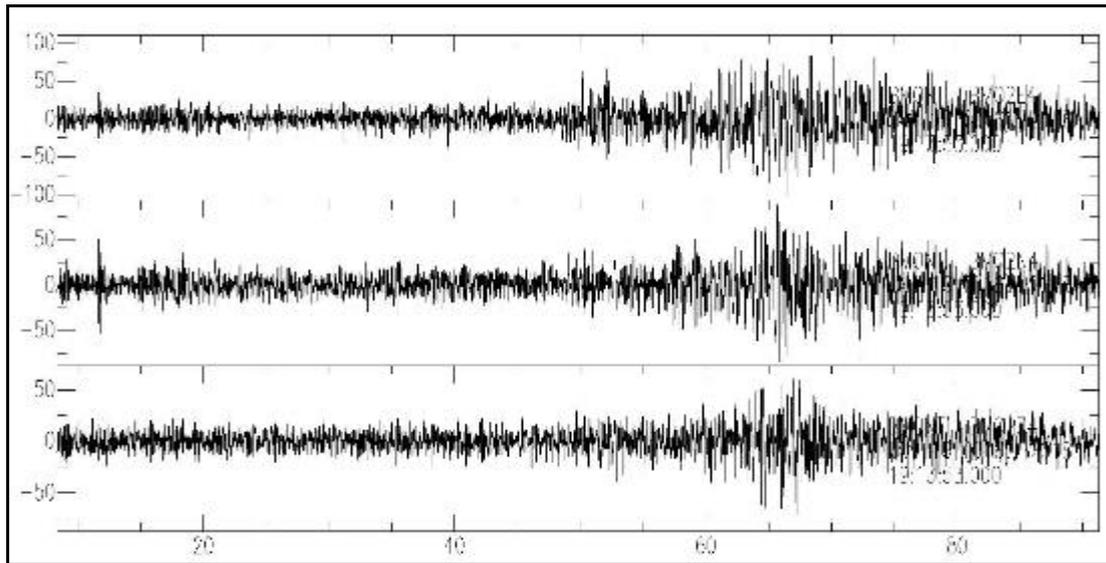
### Eventos Regionais Artificiais

Nesta categoria encontram-se os eventos cujas distâncias epicentrais estão no intervalo de 100 a 1.500 km da rede sismográfica da UHE Belo Monte. Durante o período de monitoramento (dezembro de 2017 a novembro de 2018), foram registrados 489 eventos regionais artificiais pelas estações sismográficas BM02, PRPB e TUC4.

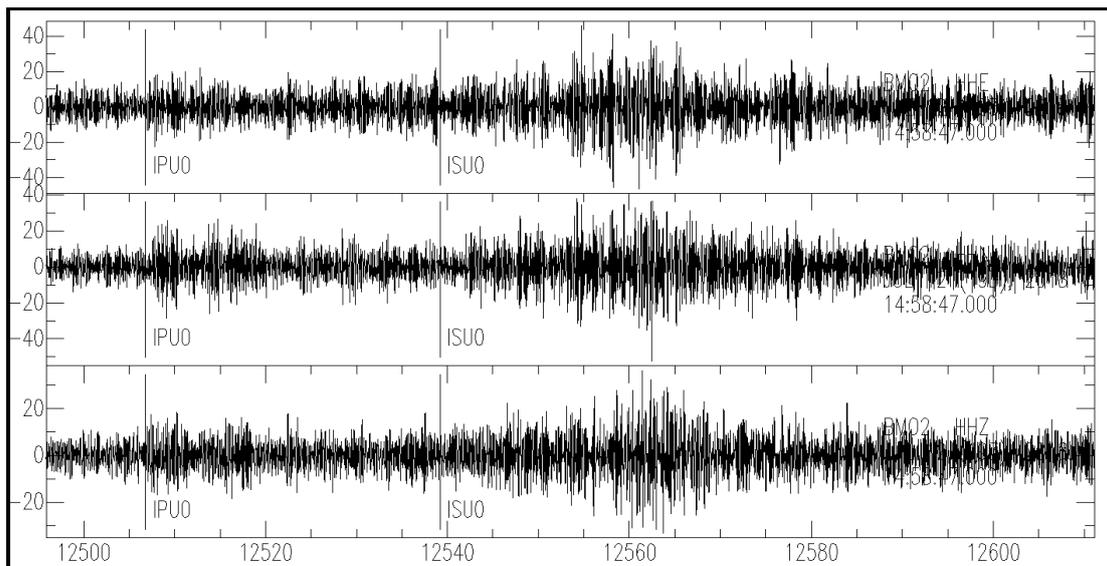
O **Anexo 10.1 - 2** do presente relatório apresenta a listagem dos parâmetros sísmicos regionais artificiais (explosões – detonação de rochas) registrados pela rede sismográfica da UHE Belo Monte.







**Figura 10.1 - 12 – Registro na estação BM02, das formas de onda do evento regional artificial, ocorrido em 16 de janeiro de 2018, em Canaã dos Carajás - PA (evento nº 33 do Anexo 10.1 - 2).**



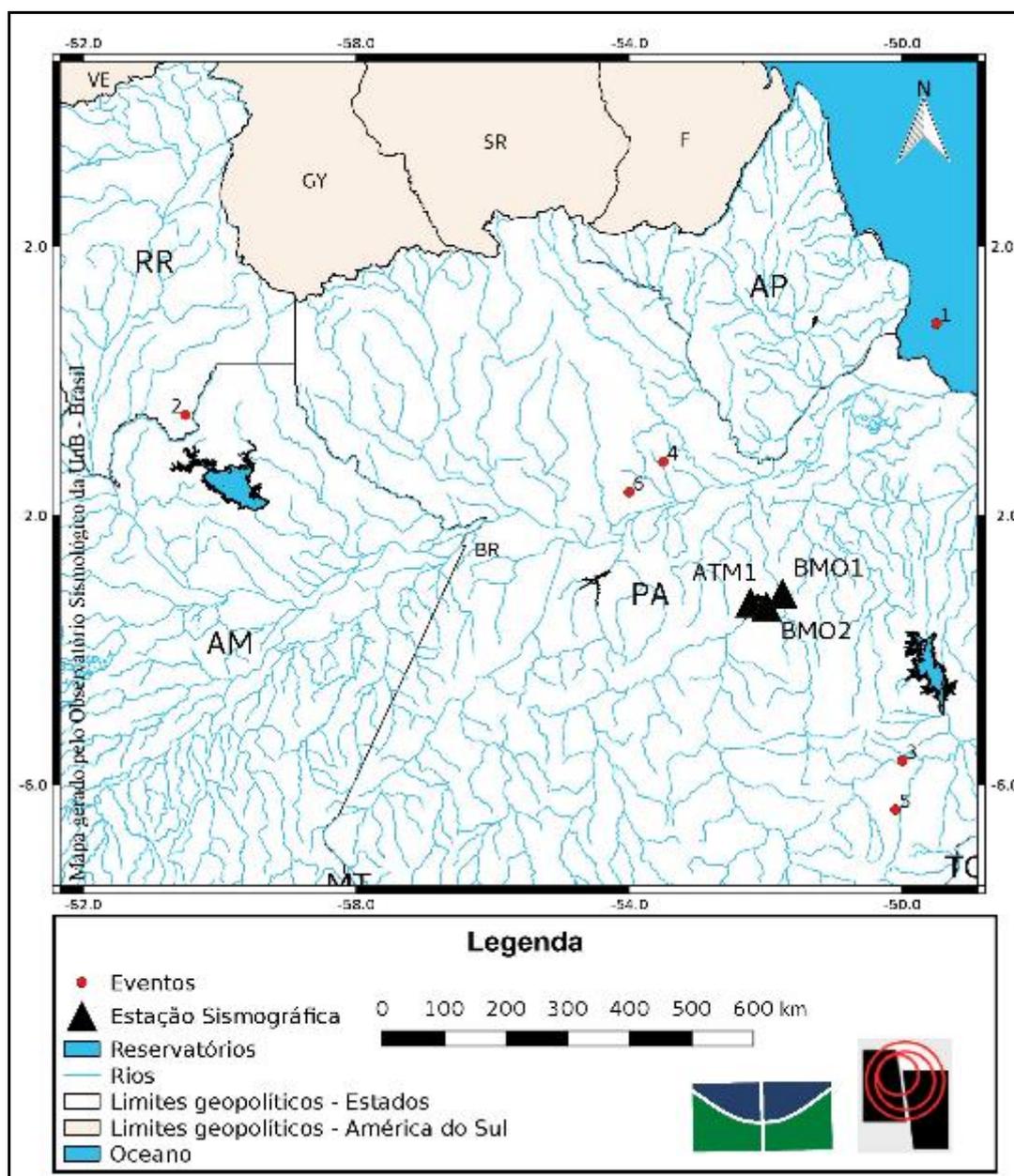
**Figura 10.1 - 13 – Registro na estação BM02, das formas de onda do evento regional artificial, ocorrido em 12 de julho de 2018, em Eldorado dos Carajás - PA (evento nº 353 do Anexo 10.1 - 2).**

### **Eventos Regionais Naturais**

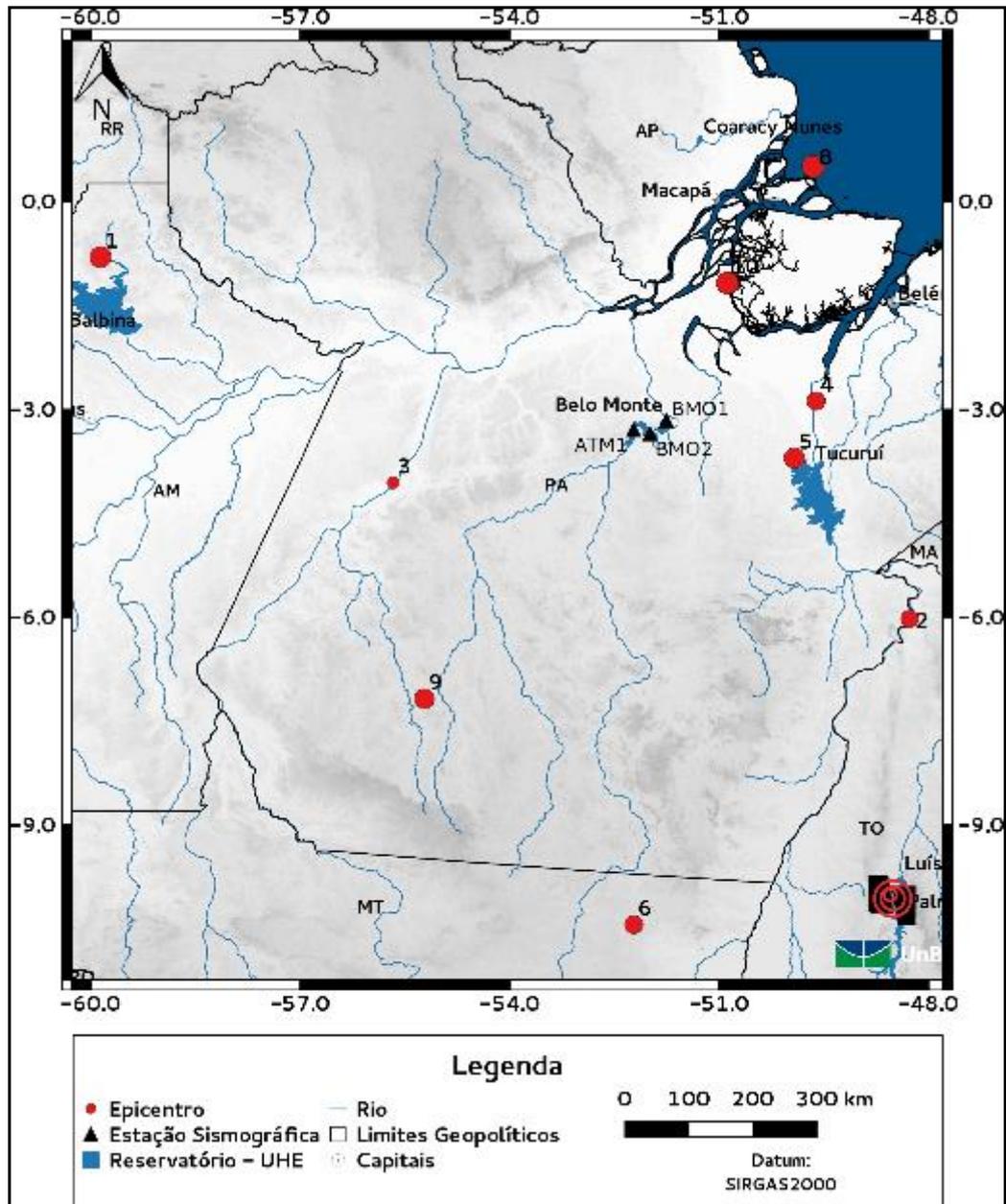
Nesta categoria se encontram os eventos regionais naturais, cujas distâncias epicentrais estão no intervalo de 100 a 1.500 km da rede sismográfica da UHE Belo Monte.

No período monitorado, a rede sismográfica da UHE Belo Monte (especificamente a estação BM02) e as estações auxiliares PRPB e TUC4 registraram um total de seis eventos regionais naturais.

A **Figura 10.1 - 14** ilustra a distribuição espacial dos seis eventos ocorridos durante os meses de dezembro de 2017 a maio de 2018, enquanto a **Figura 10.1 - 14** mostra a distribuição espacial dos 11 (onze) eventos ocorridos no período de junho a novembro de 2018.



**Figura 10.1 - 14 – Mapa com a localização epicentral dos seis eventos regionais naturais detectados pela estação BM02 no período de dezembro de 2017 a maio de 2018.**



**Figura 10.1 - 15 – Mapa com a localização epicentral dos 11 eventos regionais naturais detectados no período de junho a novembro de 2018. O evento 9 representa o evento ocorrido no município de Altamira, em local distante mais de 500 km de sua sede.**

Ressalta-se que a listagem dos parâmetros sísmicos dos dezessete eventos regionais naturais registrados durante o período monitorado de dezembro de 2017 a novembro de 2018 é apresentada no **Anexo 10.1 - 3**.

A **Figura 10.1 - 16** ilustra o evento registrado na estação BM02, ocorrido no dia 05 de janeiro de 2018, às 15h:50min:51,5s (UTC), em Rorainópolis (RR), Brasil, com magnitude de 3,0  $m_R$  (evento nº 02 do **Anexo 10.1 - 3**). Já a **Figura 10.1 - 17** apresenta o evento registrado na estação BM02, ocorrido no dia 22 de setembro de 2018, às

21h:42min:00s (UTC), no município de Altamira (PA), Brasil, com magnitude de 2,6  $m_R$  (evento nº 15 do Anexo 10.1 - 3).

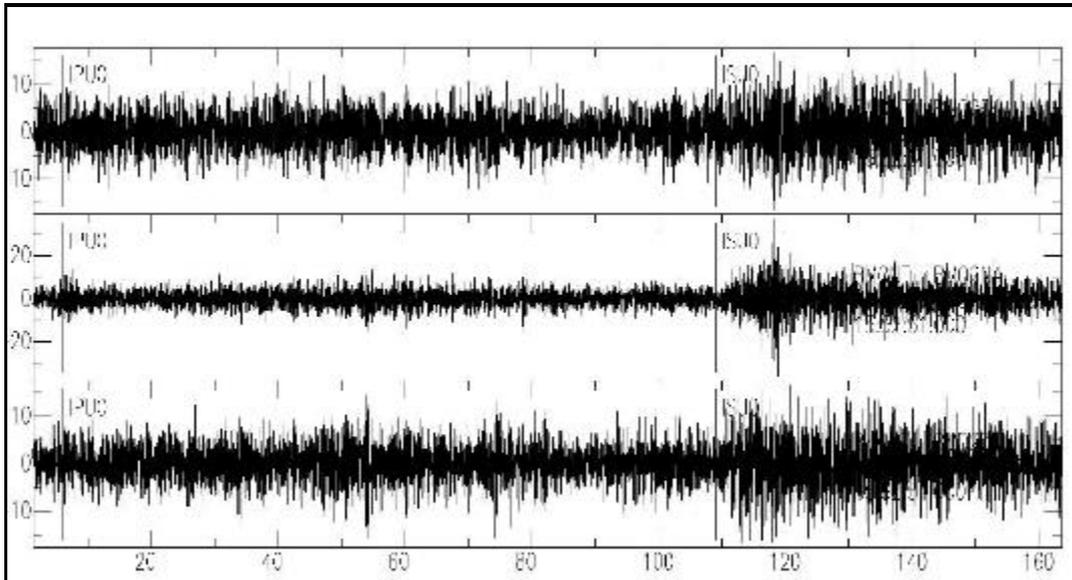


Figura 10.1 - 16 – Registro na estação BM02, do evento regional natural ocorrido em Rorainópolis, em Roraima, no dia 05 de janeiro de 2018, às 15h:50min:51,5s (UTC) com magnitude de 3,0  $m_R$  (evento nº 02 do Anexo 10.1 - 3).

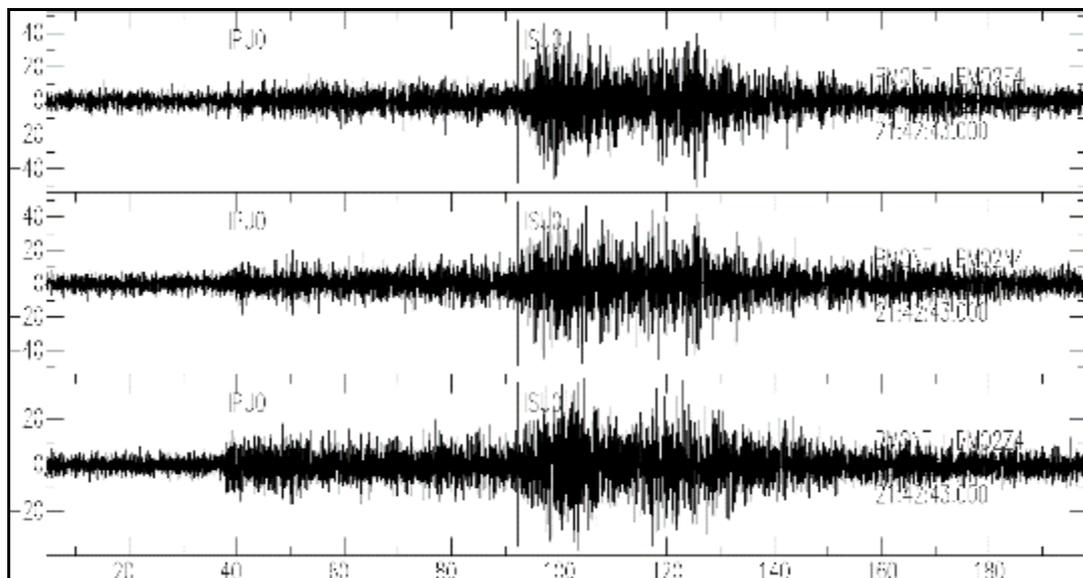


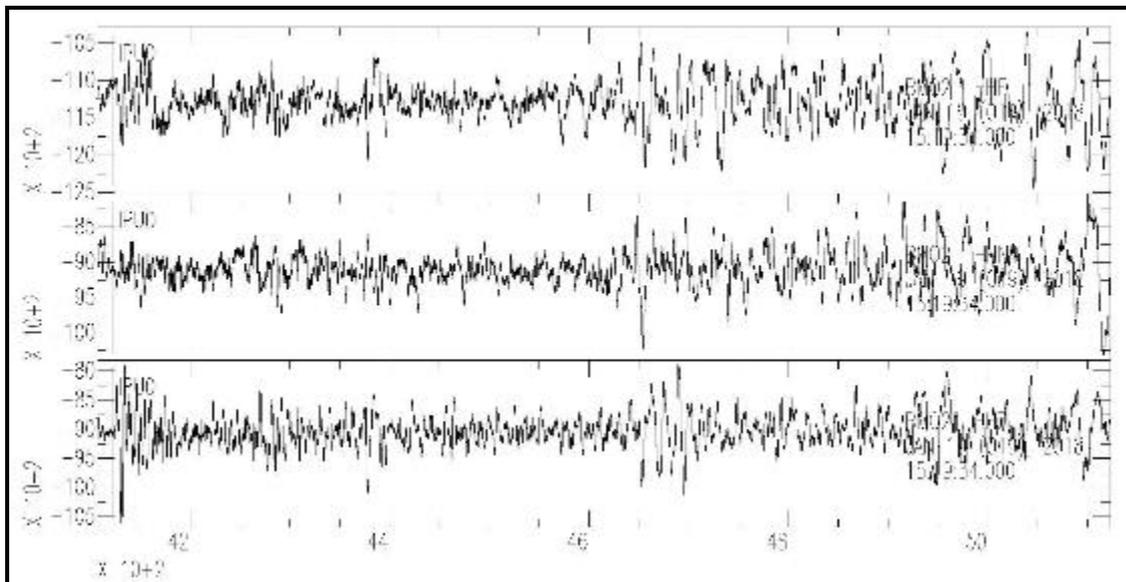
Figura 10.1 - 17 – Registro na estação BM02, do evento regional natural ocorrido no município de Altamira, no Pará, no dia 22 de setembro de 2018, às 21h:42min:00,82s (UTC) com magnitude de 2,6  $m_R$  (evento nº 15 do Anexo 10.1 - 3).

## Telessismos

Nesta categoria encontram-se os eventos cujas distâncias epicentrais estão acima de 1.500 quilômetros da rede sismográfica da UHE Belo Monte.

No período de dezembro de 2017 a novembro de 2018 foram registrados 306 telessismos (eventos distantes), os quais foram correlacionados com os dados obtidos junto a IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*), que é uma corporação que integra as principais instituições de pesquisa de sismologia. A listagem dos parâmetros sísmicos e os respectivos telessismos detectados são apresentados, com registros mensais, no **Anexo 10.1 - 4**.

A **Figura 10.1 - 18** mostra o telessismo registrado na estação BM02, ocorrido no dia 19 de janeiro de 2018 às 16h:17min:44,7s (UTC), na região NNE de Loreto, México, com magnitude de 6,3  $m_{ww}$  (evento nº 11 do **Anexo 10.1 - 4**).



**Figura 10.1 - 18 – Registro na estação BM01, do telessismo ocorrido na região NNE de Loreto, no México, no dia 19 de janeiro de 2018, às 16h:17min:44,7s (UTC) com magnitude de 6,3  $m_{ww}$  (evento nº 11 do Anexo 10.1 - 4).**

Já a **Figura 10.1 - 19** ilustra o mapa com a distribuição epicentral dos telessismos registrados no período de dezembro de 2017 a maio de 2018. Já a **Figura 10.1 - 20** mostra o mapa com a distribuição epicentral dos telessismos registrados no período de junho a novembro de 2018. Verifica-se pelos quantitativos registrados de telessismos que o segundo período monitorado apresentou maior atividade tectônica no planeta do que o primeiro período monitorado.

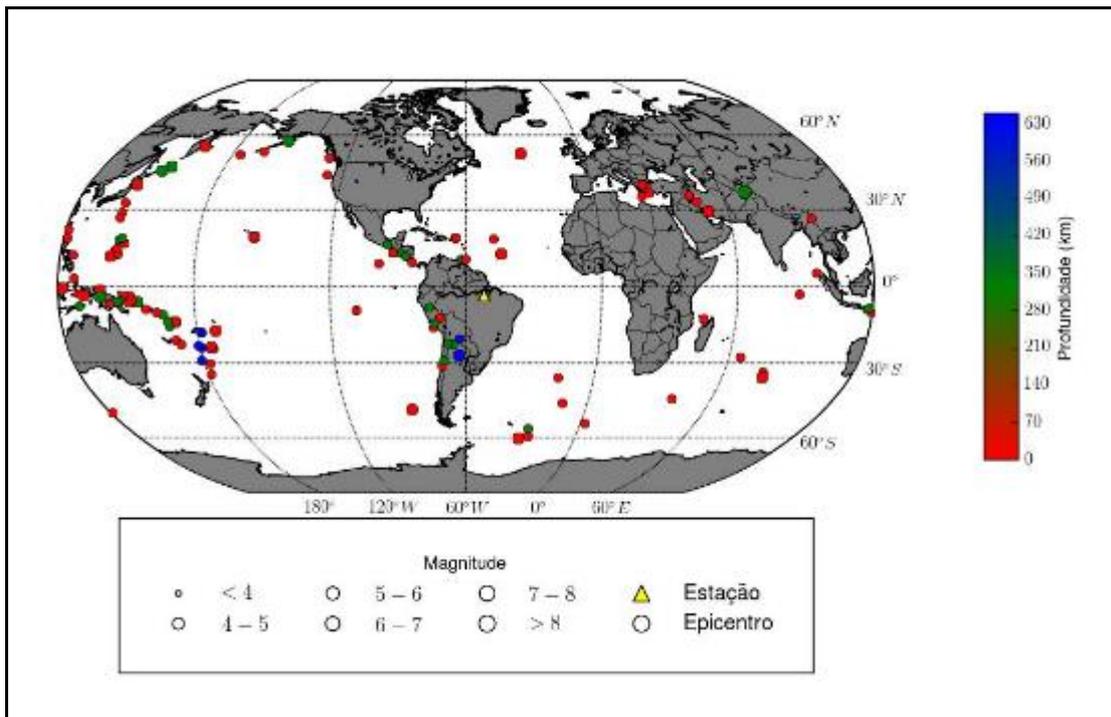


Figura 10.1 - 19 – Mapa com a distribuição epicentral dos telessismos registrados no período de dezembro de 2017 a maio de 2018.

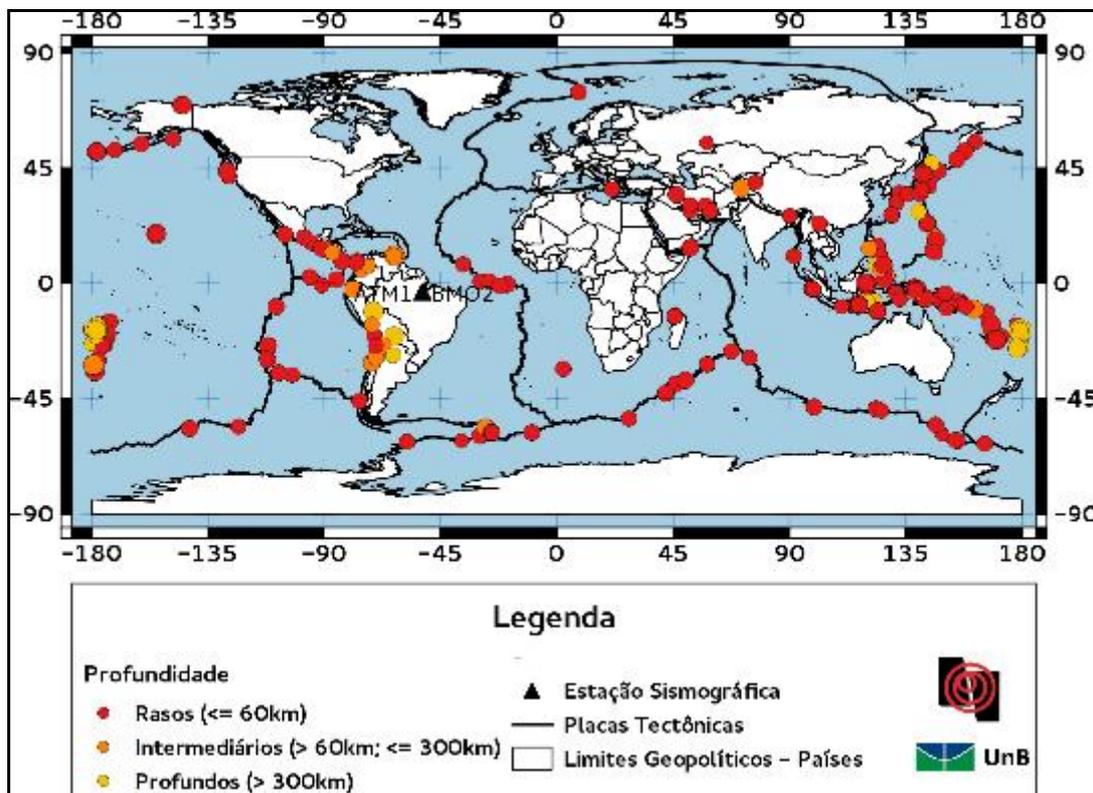


Figura 10.1 - 20 – Mapa com a distribuição epicentral dos telessismos registrados no período de junho a novembro de 2018.

#### **10.1.4. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE**

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

OBJETIVOS GERAIS	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Avaliar a atividade sísmica natural na área de influência do reservatório, durante um período anterior ao enchimento, para comparação com o nível de atividade sísmica obtida durante e após o enchimento do mesmo. Essa comparação objetiva avaliar a eventual existência de impactos no nível de sismicidade natural devido ao enchimento dos reservatórios.</p>	<p><b>Em Atendimento</b> - Após a implantação da rede sismográfica programada no PBA (3 estações sismológicas - ATM1, BM01 e BM02), o monitoramento da sismicidade continuará em desenvolvimento até o final do quarto trimestre de 2021. Informa-se que as estações sismográficas ATM1 e BM01 foram reinstaladas em novembro de 2018. Portanto, a partir de dezembro de 2018, a rede de monitoramento do PBA 10.1, composta pelas estações ATM1, BM01 e BM02, voltou a funcionar integralmente, conforme preconizado no PBA 10.1. Destaca-se que, no período monitorado com apenas uma estação sismográfica (BM02), foram utilizados dados de outras estações (PRPB e TUC4) para auxiliar no monitoramento sismológico, o que evitou a ocorrência de possíveis prejuízos na efetividade do trabalho executado.</p>
<p>Obter a correlação entre sismos e feições geológicas e estruturais da área, determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas e área de influência dos eventos.</p>	<p><b>Em Atendimento</b> - Os epicentros e magnitudes dos diversos tipos de eventos verificados ao longo do monitoramento implantado estão sendo registrados e inseridos em um banco de dados específico para o Programa, sendo que as possíveis correlações com estruturas geológicas e estruturais na área de influência do empreendimento só ocorrerão quando da detecção de sismos induzidos no período após enchimento dos reservatórios ou de sismos naturais locais associados às referidas estruturas geológicas.</p>

#### **10.1.5. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE**

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

META	STATUS DE ATENDIMENTO
Acompanhamento do programa e interpretação dos resultados;	<p><b>Em Atendimento</b> - Informa-se que foram reinstaladas as estações sismográficas ATM1 e BM01 em novembro de 2018. Portanto, a partir de dezembro de 2018 a rede de monitoramento do PBA 10.1, composta pelas estações ATM1, BM01 e BM02, voltou a funcionar integralmente, conforme preconizado no PBA 10.1. Destaca-se que no período monitorado com apenas uma estação sismográfica (BM02) foram utilizados dados de outras estações (PRPB e TUC4) para auxiliar no monitoramento sísmológico, o que evitou a ocorrência de possíveis prejuízos na efetividade do trabalho executado.</p>
Proporcionar esclarecimentos à população; e promover interrelações com outros programas de monitoramento do meio físico, tais como monitoramento de encostas marginais (PBA 10.3) e monitoramento hidrogeológico (PBA 11.3.1);	<p><b>Em Atendimento</b> - Com a formação dos reservatórios Xingu e Intermediário, a possibilidade da ocorrência de sismos induzidos poderá ser mais efetiva e, caso ocorram, esclarecimentos devem ser promovidos.</p>
Melhor entendimento dos aspectos sísmicos naturais e induzidos que eventualmente venham a ocorrer, assim como as suas correlações com o contexto geotectônico regional.	<p><b>Em Atendimento</b> - Até o momento não ocorreram eventos que propiciassem essa correlação. O alcance desta meta deve ocorrer ao longo e, principalmente, na conclusão do referido monitoramento.</p>

#### **10.1.6. ATIVIDADES PREVISTAS**

O monitoramento da sismicidade por meio da rede sismográfica instalada, formada pelas estações ATM1, BM01 e BM02, continuará se desenvolvendo na fase pós-enchimento da UHE Belo Monte, conforme vem ocorrendo desde sua implantação em fevereiro de 2012, de acordo com as diretrizes preconizadas no PBA. Conforme relatado no presente documento, foi realizada a normalização do monitoramento sismológico, a partir de dezembro de 2018, com a reativação das estações sismográficas ATM1 e BM01, que estão em pleno funcionamento, de forma integrada, com a estação sismográfica BM02.

Com a rede de monitoramento plenamente efetivada e em funcionamento continuarão a ser desenvolvidas reuniões e visitas periódicas das equipes técnicas da Norte Energia e do Observatório Sismológico nas supracitadas estações sismológicas para garantir a eficiência e efetividade da transmissão de dados via satélite para o próprio Observatório Sismológico da UnB, evitando-se, dessa maneira, possíveis falhas nos dados sismológicos registrados. Além disso, atividades periódicas de manutenção e limpeza da área no entorno das estações sismográficas continuarão a ser realizadas a fim de garantir o pleno funcionamento dos equipamentos de transmissão de dados existentes.

Ressalta-se ainda que, caso ocorra algum sismo induzido na região monitorada que seja sentido pela população urbana e/ou ribeirinha, a Norte Energia prontamente efetuará campanhas de esclarecimentos junto a essas comunidades, conforme preconizado no PBA 10.1, em interface com o PBA 7.2, anteriormente mencionado. Ainda assim, caso a população demonstre ter dúvidas sobre estes processos, a qualquer tempo, com ocorrência ou não de eventos, os devidos esclarecimentos também serão prestados.

#### **10.1.7. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS**

O cronograma gráfico inserido neste relatório ilustra o desenvolvimento e continuidade das atividades que estão sendo executadas no âmbito do Programa de Monitoramento da Sismicidade para a Etapa de Operação da UHE Belo Monte.

Conforme relatado no presente RC, a atividade 1.1 do Cronograma, referente ao monitoramento da sismicidade no âmbito do PBA 10.1, foi prolongada até o final do segundo trimestre de 2020, adicionando-se mais 18 (dezoito) meses de execução, objetivando amenizar as lacunas ocorridas pelo furto dos equipamentos das estações ATM1 e BM01. Tal ajuste acarretou a sobreposição com a atividade 1.2; entretanto, ambas as atividades são idênticas.



#### **10.1.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A continuidade das atividades de monitoramento da sismicidade, caracterizada no presente RC, demonstra que o Programa de Monitoramento de Sismicidade está implantado e se desenvolveu no período de dezembro de 2017 a novembro de 2018 ainda com a utilização de apenas uma estação sismográfica BM02, devido aos problemas de furtos dos equipamentos das estações ATM1 e BM01 e com o auxílio de dados oriundos de estações sismográficas mais distantes como a PRPB (Parauapebas-PA) e TUC4 (Tucuruí-PA). Apesar dessa situação, o monitoramento da sismicidade foi realizado com efetividade, sem qualquer tipo de lacuna no período monitorado, com o registro de 816 eventos sísmicos que foram analisados e consolidados pelo Observatório Sismológico da UnB.

Destaca-se ainda que, atualmente, a rede de monitoramento da UHE Belo Monte, composta por três estações sismográficas - ATM1, BM01 e BM02 -, está em pleno funcionamento desde dezembro de 2018. Relata-se que ações de segurança, tais como implantação de grades de proteção, sistema de alarme e suportes robustos para os painéis solares, foram tomadas para as três estações a fim de se evitar novos furtos de equipamentos que possam acarretar uma nova paralisação no monitoramento sismológico em qualquer uma das supracitadas estações sismográficas.

Por fim, reitera-se que, desde o final de fevereiro de 2016, o monitoramento da sismicidade tem caracterizado a fase pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, quando a possibilidade da ocorrência de sismos induzidos se torna maior em função da formação dos reservatórios, o que pode acarretar aumento das pressões hidrostáticas e infiltração de água nas descontinuidades (falhas, fraturas etc.) do embasamento rochoso. Portanto, mesmo que nada tenha sido registrado até o momento nesse sentido, a continuidade do monitoramento da sismicidade é fundamental para o atendimento dos objetivos e metas estabelecidos no EIA/RIMA, e no próprio PBA 10.1 da UHE Belo Monte.

### 10.1.9. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO / INSTITUIÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CTF
Lucas Vieira Barros	Engenheiro Eletrônico, Dr.	Coordenador Geral / Observatório Sismológico	CREA-DF 3.056/D	646.187
Marcelo Peres Rocha	Geofísico, DR.	Chefe do Observatório Sismológico	-	-
Mônica Giannocaró Von Hulsén	Geofísica, Dra.	Pesquisadora	-	-
Darlan Portela Fontenele	Especialista em Redes de Computadores	Coordenador Técnico / Observatório Sismológico	CREA-DF 978/TD	-
Francisco de Assis Lima	Especialista na Instalação de Estações Sismológicas	Técnico do Observatório Sismológico	-	-
Alexandre Luiz Canhoto de Azeredo	Geólogo	Coordenador Meio Físico / Tractebel	CREA-RJ 100.015/4-D	567.608
Carlos Chicarelli	Geógrafo	Apoio de campo / Tractebel	CREA/MG 120.924 D	4963386

### 10.1.10. ANEXOS

**Anexo 10.1 - 1 – Listagem dos Eventos Locais Artificiais**

**Anexo 10.1 - 2 – Listagem dos Eventos Regionais Artificiais**

**Anexo 10.1 - 3 – Listagem dos Eventos Regionais Naturais**

**Anexo 10.1 - 4 – Listagem dos Telessismos**