
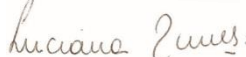




# PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL

## P04 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

### 2º Relatório Semestral


EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, Sismólogo, DSc.	-	5286995	
Luciana Cabral Nunes Geóloga, MSc.	CREA- 50629926484	5287039	
Felipe de Almeida Geofísico	CREA- 5063849978	5493534	

**Agosto – 2015**

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>03</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>03</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>04</b>
<b>3.1. SISMICIDADE REGIONAL</b>	<b>04</b>
<b>3.2. SELEÇÃO DO LOCAL DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE SÃO MANOEL</b>	<b>09</b>
<b>3.3. INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA UHE SÃO MANOEL</b>	<b>09</b>
<b>3.4. PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA</b>	<b>12</b>
<b>3.5. DADOS REGISTRADOS NA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA</b>	<b>12</b>
<b>3.5.1. EVENTOS LOCAIS</b>	<b>13</b>
<b>3.5.2. EVENTOS REGIONAIS</b>	<b>15</b>
<b>3.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS REGISTRADOS PELA ESTAÇÃO E AS EXPLOÇÕES NA OBRA</b>	<b>16</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>18</b>
<b>ANEXO I - Atividade Sísmica Local entre abril e junho/2015</b>	<b>19</b>
<b>ANEXO II - Atividade Sísmica Regional entre abril e junho/2015</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO III – Tabela com as explosões na obra entre abril e junho/2015</b>	

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 2
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

## 1. INTRODUÇÃO


O “Programa de Monitoramento da Sismicidade”, solicitado pela E.E.S.M - Empresa de Energia São Manuel, atende as condicionantes apresentadas no Plano Básico Ambiental (PBA) da UHE São Manuel.

Este serviço está sendo executado pela empresa VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda. e tem por finalidade auscultar a sismicidade existente na região de influência sísmica para a futura barragem da UHE São Manuel em um raio de 320 km (200 milhas), com centro na posição da futura barragem, a qual está sendo construída nas coordenadas -09° 11’ 32’’ de latitude e -57° 03’ 13’’ de longitude, no rio Teles Pires, nos estados de Mato Grosso e Pará.

## 2. OBJETIVOS

O serviço de levantamento da Atividade Sísmica na área do futuro reservatório da UHE São Manoel-MT/PA tem diferentes objetivos nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório. No período de pré-enchimento o monitoramento sismográfico tem os seguintes objetivos:

- Auscultar sísmicamente a região de influência sísmica com o objetivo de determinar a ocorrência e os epicentros de todos os sismos locais que ocorram na região contida em um raio de 100 km e áreas vizinhas a partir do local onde será construída a barragem da futura UHE São Manoel - MT/PA. Esses dados serão utilizados para definir o nível de atividade sísmica local na área do empreendimento, oferecendo uma informação importante para justificar a futura classificação dos sismos locais naturais e de eventuais sismos induzidos pelo reservatório. A análise desses eventos locais constitui o principal interesse do presente monitoramento e será apresentada nos relatórios de andamentos mensais e nos boletins sísmicos trimestrais;
- Estudar os sismos regionais com distâncias maiores que 100 km, porém dentro da Área de Influência Sísmica (100 milhas a partir da barragem) do empreendimento. Esse tipo de informação será usada para acompanhar a evolução de eventuais surtos de atividade sísmica composta por sismos de maiores magnitudes. A sismicidade dessa região do país

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 3
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

é muito pouco conhecida, e por isso a ampliação desse conhecimento pode ser útil para verificar a influência de eventos regionais de maiores magnitudes sobre a obra;

- Assessorar a *E.E.S.M.* em assuntos relacionados com os estudos sismológicos na UHE São Manoel - MT/PA, prestando esclarecimentos à população que mora nas proximidades do futuro reservatório, caso ocorra atividade sísmica provavelmente local nas proximidades do empreendimento.

No período de enchimento e pós-enchimento, o principal objetivo do presente monitoramento é verificar a presença ou não de atividade sísmica induzida pelo reservatório. No Brasil, menos de 10% dos reservatórios induziram atividade sísmica.


### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

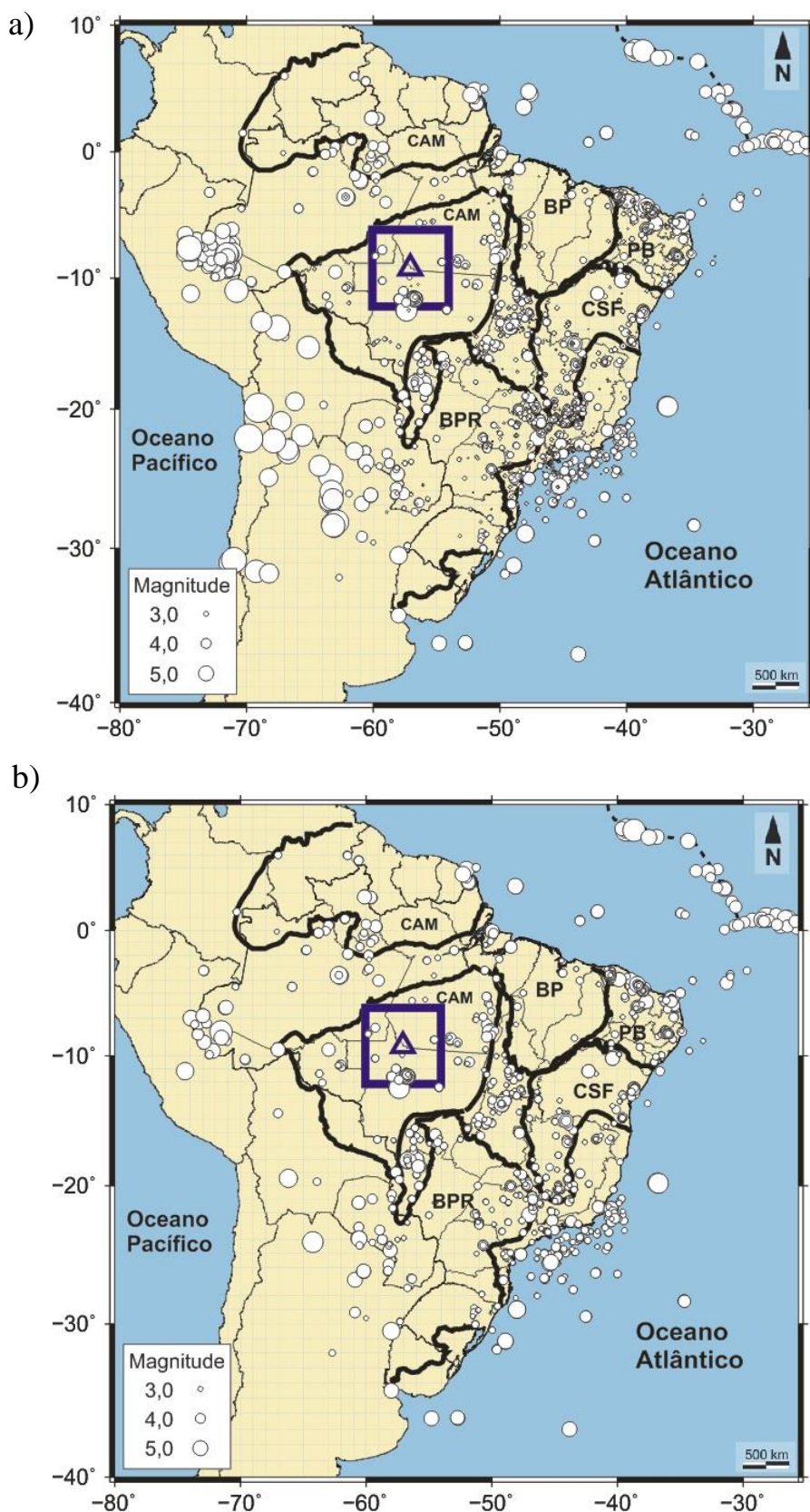
A seguir são descritos os principais resultados obtidos no Monitoramento da Sismicidade na Região de Influência da UHE São Manoel, no período entre dezembro e julho de 2015.

#### 3.1. SISMICIDADE REGIONAL


Para análise da sismicidade da região de interesse, definimos a Região de Influência Sísmica pelo polígono quadrado com dimensão lateral de 640 km, com centro no Local de Interesse (UHE São Manoel), englobando todos os eventos com distâncias epicentrais de 100 milhas (ou 320 km) a partir do Local de Interesse.

O Local de Interesse se encontra dentro do Cráton do Amazonas, que é uma estrutura tectônica bastante estável, mas que apresenta registros de alguns sismos de magnitudes grandes e moderadas importantes, incluindo o maior sismo raso ocorrido no Brasil (Porto dos Gaúchos, MT, em 1955, com magnitude 6,2  $M_w$ ) e alguns sismos com magnitudes maiores que 4,0  $m_b$ . A maior parte da atividade sísmica da parte Sul do Cráton do Amazonas se concentra na porção Sul deste e nos limites oeste do mesmo, onde o mesmo faz contato com a Província Tocantins (**Figura 1**).

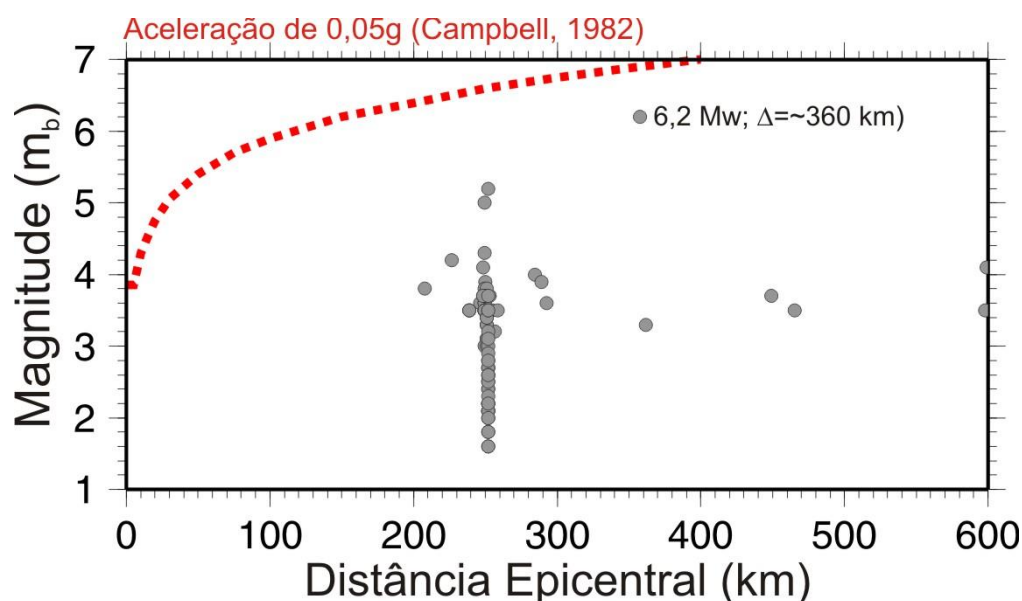
Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 4
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		



**Figura 1.** Sismicidade do Brasil, países vizinhos e maiores estruturas geológicas, incluindo Cráton do Amazonas (CAM), Bacia do Parnaíba (BP), Província Borborema (PB), Cráton do São Francisco (CSF), Bacia do Paraná (BPR), e Cinturão Ribeira (CR). Os epicentros são representados pelos círculos. A linha azul contínua é a Região de Influência Sísmica. a) todos os sismos do Boletim Sísmico Brasileira (IAG-USP), e b) apenas sismos com magnitude maior que 4,0  $m_b$  e profundidade menor que 30 km.


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 5
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

A sismicidade na Área de Influência Sísmica (**Figura 2**) é significativa, principalmente quando comparada a outras regiões do Brasil, porém, o sismo mais próximo do empreendimento ocorreu com magnitude 3,8  $m_b$ , a uma distância de  $\sim 200$  km, tendo tido efeito imperceptível no local do empreendimento. Os sismos mais recentes da Zona Sismogênica de Porto dos Gaúchos se encontram em média a 227 km da UHE São Manoel, e o maior sismo ocorrido nesta Zona Sismogênica se encontra fora da distância de 100 milhas, que define normalmente a Área de Influência Sísmica, porém, dentro da área de Influência Sísmica Expandida, a qual é composta pela ampliação da área de Influência Sísmica para incorporar esse evento sísmico importante nos estudos relacionados à parte de sismologia do empreendimento.



**Figura 2.** Distribuição das magnitudes dos sismos em função da distância entre o local de interesse (UHE São Manoel) e o evento. Note que não há eventos sísmicos com distância epicentral menor que 100 km. A máxima magnitude registrada na Área de Influência Sísmica é 5,2  $m_b$ , e se considerarmos na Área de Influência Sísmica Expandida a magnitude máxima é a dos sismos de Porto dos Gaúchos de 1955, que é 6,2  $M_w$ .

Embora a fonte sismogênica de Porto dos Gaúchos seja a mais importante da região de influência sísmica, a mesma se encontra a uma distância segura do empreendimento, não representando risco significativo para o mesmo. Detalhes sobre a atividade sísmica na região de Porto dos Gaúchos podem ser encontrados no trabalho de **Barros et al. (2009)**, o qual é uma das principais referências para esta fonte sismogênica.


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 6
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

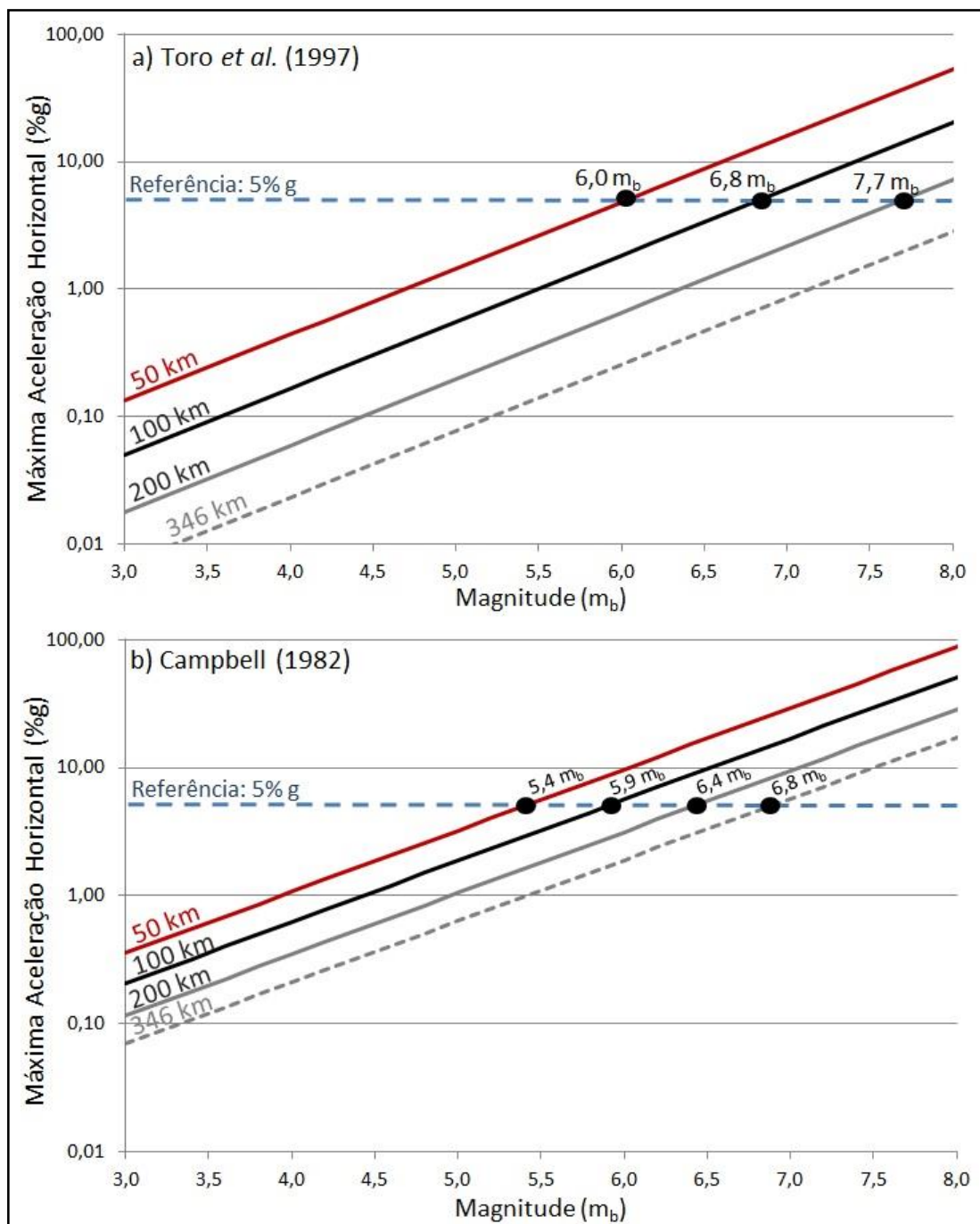
No Brasil, as barragens hidrelétricas costumam ser projetadas para suportar acelerações horizontais máximas de até 0,05g (ou 5% da aceleração gravitacional). Na **Figura 3** são mostradas as máximas acelerações horizontais produzidas por sismos de diferentes magnitudes com diferentes distâncias epicentrais, incluindo a distância do maior sismo ocorrido na região de influência sísmica expandida (o sismo de Porto dos Gaúchos de magnitude 6,2  $M_w$ ). As Funções de Atenuação Sísmica usadas na **Figura 3** foram desenvolvidas por **Toro et al. (1997)** e **Campbell (1982)** para a região Leste dos Estados Unidos, que é tectonicamente parecida com o Brasil. A semelhança tectônica entre a porção Leste dos Estados Unidos e o Brasil, fez com que ambas as equações fossem utilizadas nos estudos de risco sísmico para as obras brasileiras, já que a falta de registros de eventos fortes no Brasil impossibilitou a determinação de uma Função de Atenuação Sísmica própria para essa região.

Na **Figura 3b** é possível observar que a Função de Atenuação estabelecida por **Campbell (1982)** é mais conservadora do que a determinada por **Toro et al. (1997)**. Embora a equação de **Toro et al. (1997)** seja mais recente e melhor, em alguns casos opta-se por empregar a equação de **Campbell (1982)** para ser um pouco mais conservador em estimativas de risco sísmico.


Considerando a menor distância conhecida entre um evento sísmico e o local de interesse, não há risco de danos para sismos com magnitude até 6,4 na escala Richter, que é uma magnitude de sismo nunca ocorrido no Brasil. Para distâncias próximas do maior sismo ocorrido no Brasil (distância epicentral de 346 km), apenas sismos com magnitudes maiores que 7,0 na escala Richter podem representar risco representativo para a obra, porém não há nenhum registro de sismo com magnitude maior ou igual a 6,2 no interior do Cráton do Amazonas. No mundo, houve apenas quatro casos de atividade sísmica induzida com magnitude maior ou igual a 6,0  $m_b$ .

O monitoramento sismográfico planejado neste serviço, será importante para ampliar o conhecimento sobre a atividade sísmica local na área do futuro reservatório da UHE São Manoel, e para melhorar o conhecimento da atividade sísmica regional, oferecendo suporte para melhorar as informações sismológicas existentes na região de influência sísmica.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 7
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		



**Figura 3.** Níveis de máxima aceleração horizontal (%g) que podem ser produzidos por sismos de diferentes magnitudes (3,0 a 8,0  $m_b$ ) em diferentes distâncias epicentrais (50, 100, 200 e 346 km). Em ambos os gráficos é apresentado o nível de referência de 5% g (linha azul tracejada), adotado na maior parte das obras hidrelétricas do país. Em a) os níveis de vibrações foram determinados com a equação proposta por **Toro et al. (1997)**, e em b) com a equação proposta por **Campbell (1982)**. Em ambos os gráficos são identificadas as magnitudes dos sismos que atingem o nível de referência de 5% g.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 8
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		



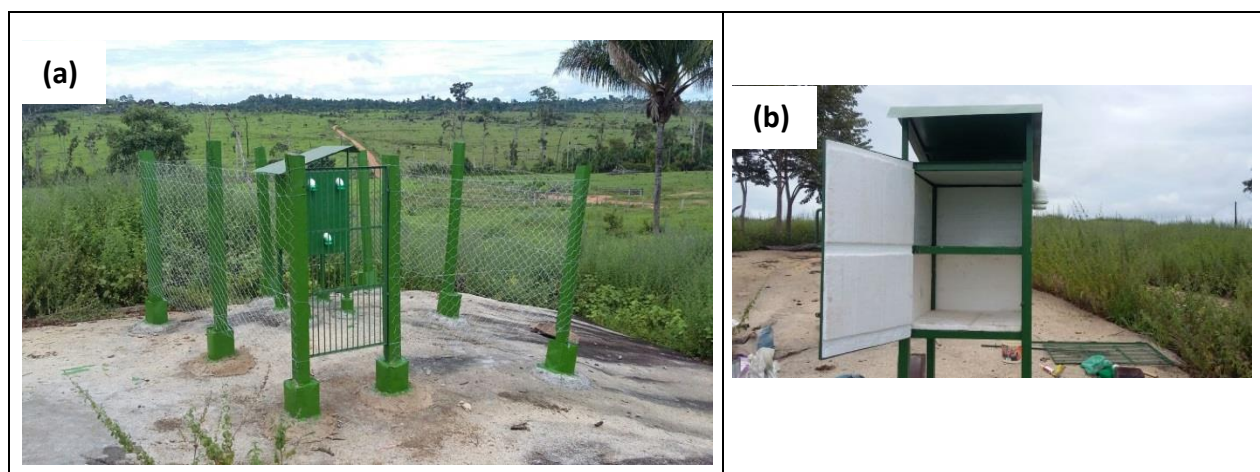
### 3.2. SELEÇÃO DO LOCAL DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE SÃO MANOEL

A seleção do local de instalação da estação sismográfica UHE São Manoel foi realizada no mês de fevereiro de 2015, e o local escolhido encontra-se nas proximidades do empreendimento, local ideal para o monitoramento da atividade sísmica da região, e sobre um afloramento rochoso. O ponto selecionado encontra-se nas coordenadas Lat.09° 25' 8,964"S e Long. 56° 56' 38,857"W (WGS-84), a aproximadamente 28 km da futura barragem.


Salienta-se que no entorno da obra existem duas estações sismográficas pertencentes a Companhia Hidrelétrica Teles Pires, também operadas pela VERACRUZ. A distância entre a futura barragem da UHE São Manoel e as duas estações mencionadas são de aproximadamente 74 km (STP1) e 78 km (STP2).

### 3.3. INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA UHE SÃO MANOEL

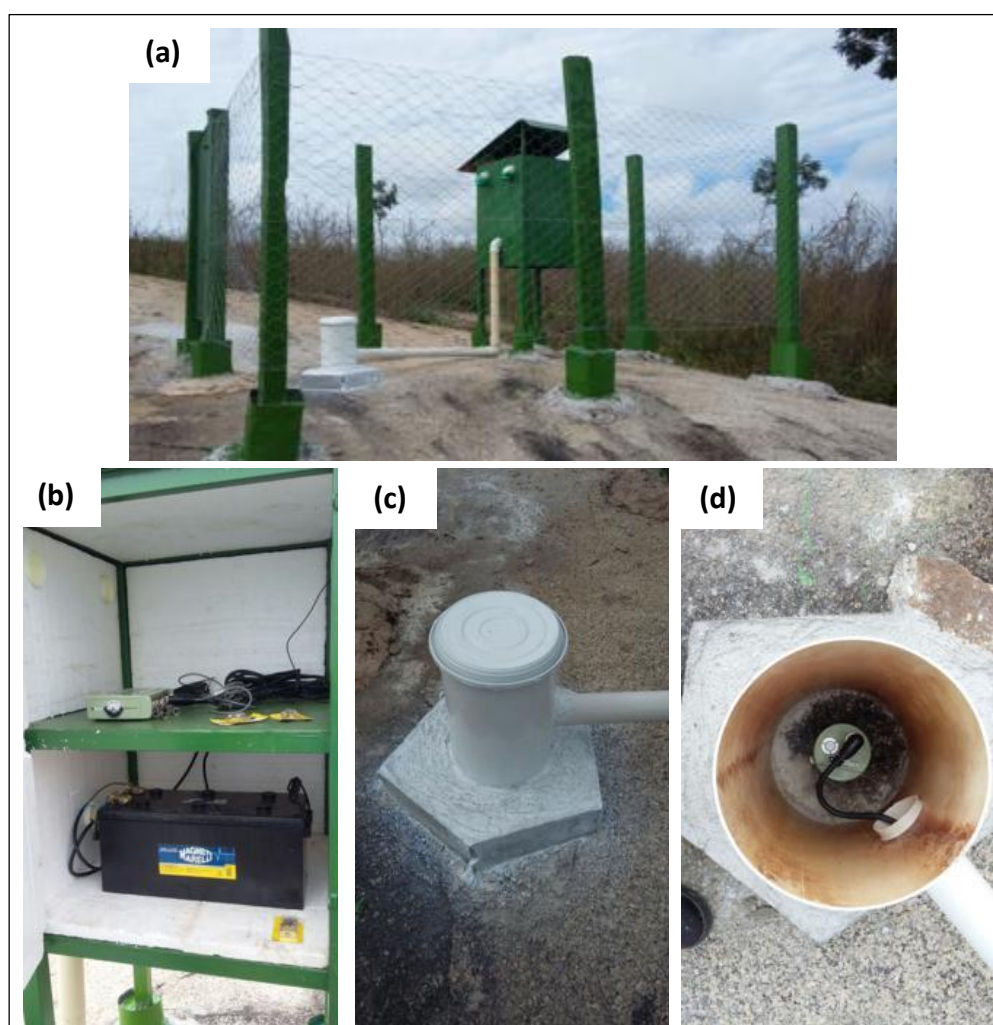
A instalação da estação sismográfica foi iniciada no dia 05 de março, através da instalação do abrigo do sensor/registrator (**Figura 4**), sendo que o mesmo foi construído em fibra de vidro, facilitando e agilizando a construção da estação em relação a um abrigo de alvenaria que levaria vários dias a ser construído, principalmente ao levar-se em conta a instalação durante período de chuvas. O abrigo foi fixado pela parte externa com concreto, e na parte interna o mesmo não recebeu fixação de concreto, a fim de impedir que o mesmo sofresse influências externas que poderiam ser transmitidas através do abrigo, como por exemplo, as vibrações devido a força do vento ou de tempestades.



**Figura 4.** (a) Visão geral do local de instalação da estação e do cercado; (b) Abrigo da estação sismográfica UHE São Manoel, aberto durante a instalação.


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 9
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

A instalação da estação sismográfica foi finalizada no dia 30 de abril de 2015, com a instalação do registrador e do sensor da estação (**Figura 5**), iniciando assim o registro de dados da estação.



**Figura 5.** (a) Visão geral do local de instalação da estação e do cercado; (b) Abrigo da estação sismográfica UHE São Manoel, aberto durante a instalação, com datalogger (registrador) e bateria; (c) Abrigo do sensor da estação; (d) Abrigo do sensor aberto durante sua instalação.

Para o início da implementação do Programa de Monitoramento Sismológico foi adquirido um sismômetro tri-axial portátil, modelo Trillium Compact da marca Nanometrics (**Figura 6a**) de altíssima sensibilidade ( $> 1.000 \text{ V/m/s}$ ) e registro de uma ampla banda de frequências (de 0,033 Hz a 50 Hz), e um registrador de dados (sismógrafo) portátil multicanal, modelo Taurus, marca Nanometrics (**Figura 6b**) com três canais de alta resolução (24 bits), onde são registrados os sinais das componentes norte-sul, leste-oeste e vertical das ondas

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 10
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		


sísmicas, e com capacidade de armazenamento de dados em um cartão de memória de pelo menos 4 Gb.

O sismômetro (**Figura 6a**) é a parte da estação sismográfica que detecta as ondas sísmicas, cujo range dinâmico lhe permite detectar claramente sismos muito pequenos até de grande magnitude sem saturar o registro. O sistema de aquisição de dados ou registrador foi configurado para aquisição de dados em modo contínuo, com uma taxa de amostragem de 100 amostras por segundo (100 Hz), para os três canais de alta resolução. Foi usado um controlador de carga para fazer a regulagem do fornecimento de energia do painel solar para a bateria, o qual foi instalado no abrigo maior onde se encontra o sistema de aquisição de dados e a bateria.

A bateria é responsável pelo fornecimento de energia para o sistema de aquisição (registrador). A sincronização do tempo do relógio do registrador é realizada por um receptor GPS (*Global Position System*), o qual foi instalado no teto do abrigo, e está conectado ao terminal de entrada para GPS do sistema de aquisição. Essa estação possui uma precisão muito alta, e com ela é possível fazer o registro de sismos de pequena magnitude que porventura ocorram na área de estudo, dispensado o uso de um número maior de estações para este tipo de estudo.

Os equipamentos adquiridos são de última geração, e os dados são gravados em *cartão Compact Flash*, os quais não geram ruídos durante os registros. O sensor deve ficar sobre a rocha e coberto de solo para evitar a influência de variações de temperatura. Além desses dois equipamentos, o abrigo da estação sismográfica inclui espaço para duas baterias, um regulador de carga, uma antena de GPS, e um painel solar. Como as baterias que ficam guardadas no abrigo do registrador liberam gases, esse abrigo contém entradas de ar, as quais são isoladas com tela de mosquiteiro que impedem a entrada de insetos e ao mesmo tempo permitem a circulação de ar na cabine. A área no entorno da estação deve ser capinada e foi cercada com arame para proteção dos equipamentos.

A telemetização dos dados da estação será implantada no mês de setembro de 2015 com a transmissão de dados através de sistema 3G.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 11
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

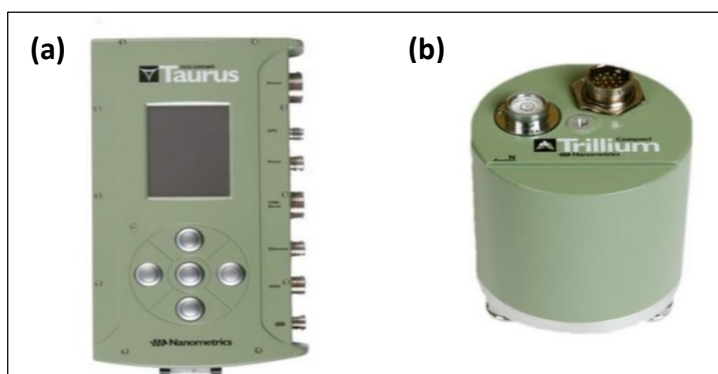


Figura 6. (a) registrador modelo Taurus. (b) Sismômetro tri-axial modelo Trillium.

### 3.4. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para garantir o funcionamento contínuo da estação sismográfica, foi elaborado um plano de manutenção preventiva periódica, que consiste em visitas técnicas, realizadas trimestralmente a partir da instalação da estação. Nessas visitas, serão realizadas basicamente as seguintes atividades:


- Limpeza do painel solar;
- Poda da vegetação no entorno da estação;
- Limpeza dos equipamentos e retirada dos dados da memória física da estação;
- A cada ano será realizada a troca das baterias automotivas da estação sismográfica, a fim de evitar quaisquer acidentes ou mau funcionamento dos equipamentos.

Caso seja verificado o mau funcionamento da estação no período entre as campanhas de monitoramento serão realizadas visitas emergenciais para a verificação do possível problema.

Até o momento não foi realizada nenhuma manutenção emergencial uma vez que o funcionamento da estação está ocorrendo plenamente. No dia 29 de junho de 2015 foi realizada a primeira manutenção preventiva, com a coleta dos dados registrados no cartão de memória.

### 3.5. DADOS REGISTRADOS NA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA

A estação sismográfica UHE São Manoel começou operar a partir do dia 30 de abril de 2015 e registrou até a data de coleta do cartão de memória (29 de junho de 2015)

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 12
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

alguns poucos eventos sísmicos locais, regionais e telessismos distantes, sendo que nenhum dos eventos até agora possui possível origem natural, e a maioria são explosões em pedreiras próximas.

Os eventos sísmicos identificados, processados e analisados foram divididos em eventos sísmicos locais (distância epicentral menor ou igual a 100 km) e regionais (distância epicentral maior que 100 km e menor que 1000 km), e se encontram nos **Anexos I e II**, respectivamente.


Ressalta-se que os dados registrados pela estação de São Manoel foram confirmados através da análise dos dados registrados pelas estações sismográficas da UHE Teles Pires, também operadas pela VERACRUZ e situadas na região.

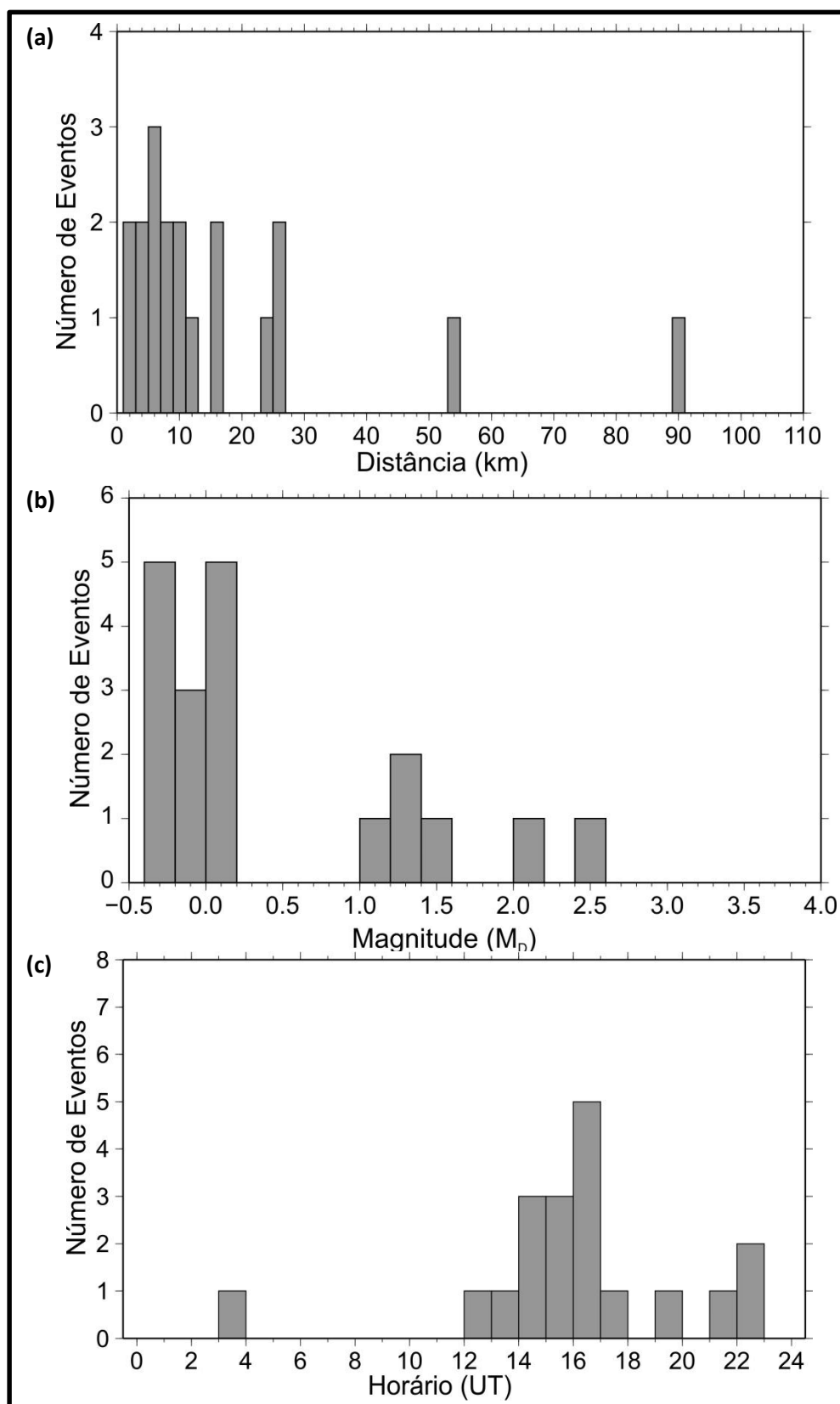
### 3.5.1. EVENTOS LOCAIS

A estação sismográfica UHE São Manoel registrou 19 eventos sísmicos locais, sendo que a totalidade foi classificada como possíveis explosões de pedreiras ou em túneis, principalmente vinculadas as construções de obras na região, e pequenas explosões com pólvora negra possivelmente derivadas de atividades minerárias.


As principais características nos sismogramas que permitem identificá-los como explosões são sua magnitude (em geral menor que 2,5  $m_b$ ), horário de ocorrência (na maioria em horário comercial) e ondas P e S com amplitudes semelhantes e com caudas constituídas de pacotes sísmicos típicos de explosões. Os eventos sísmicos locais são os de maior importância para o presente estudo e são apresentados no **Anexo I**.

Na **Figura 7** são mostrados os histogramas das distâncias epicentrais até a estação, magnitude dos eventos sísmicos; e horário de origem. Na **Figura 7a** pode-se observar os histogramas de distância dos eventos sísmicos em relação a estação. Na **Figura 7b** são mostrados os histogramas de magnitude para todos os eventos sísmicos, enquanto que na **Figura 7c** são mostrados os horários de origem dos eventos sísmicos locais estudados. A atividade sísmica local natural é quase inexistente, não havendo observações importantes sobre a mesma.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 13
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		



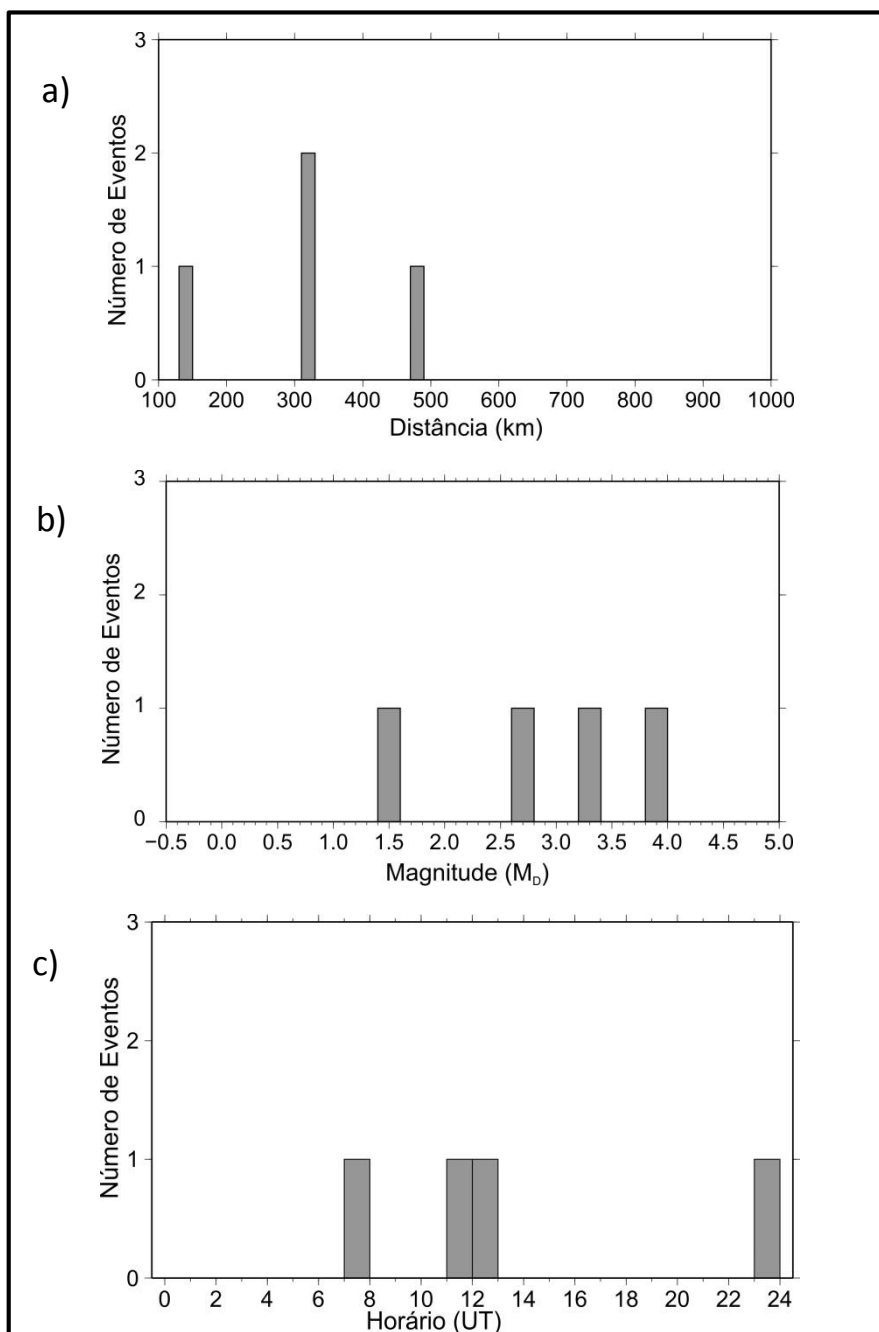
**Figura 7.** Histogramas dos principais parâmetros dos eventos sísmicos locais: **a)** distância epicentral; **b)** magnitude; **c)** número de eventos sísmicos em função do horário de ocorrência (o horário é dado no horário universal, que é 3 horas adiantado com relação ao horário de Brasília fora do horário de verão).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 14
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

### 3.5.2. EVENTOS REGIONAIS

A estação sismográfica UHE São Manoel registrou quatro eventos sísmicos com distâncias regionais (distâncias entre 100 e 1.000 km), sendo que a totalidade dos eventos tem características de explosões realizadas em pedreiras e em outros tipos de jazidas minerais (e.g. forma de onda; horário de ocorrência, etc.).

Na **Figura 8** são mostrados os histogramas das distâncias epicentrais, horário de ocorrência e magnitude dos eventos sísmicos regionais.



**Figura 8.** Histogramas das **a)** distâncias epicentrais, **b)** magnitude dos eventos sísmicos com distâncias regionais, e **c)** horários de origem (UT, *Universal Time*).

Dentre todos os eventos sísmicos regionais registrados, não foram observados eventos naturais importantes para o presente estudo, e por isso foram determinadas apenas suas distâncias epicentrais, magnitudes e horários de ocorrência (**Anexo II**).

### 3.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS REGISTRADOS PELA ESTAÇÃO E AS EXPLOSÕES NA OBRA

Comparando-se a tabela de explosões realizadas na obra, no período entre 30 de abril a 29 de junho de 2015, apresentada no **Anexo III**, com os eventos registrados pela estação sismográfica UHE São Manoel, observa-se que dois dos eventos registrados corresponderam a explosões ocorridas no interior do empreendimento (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Explosões realizadas no interior da obra e registradas pelo sismógrafo.


	Data	Horário Origem (UT)	Magnitude ( $m_D$ )
1	25/05/2015	22:44:53.03	2.5
2	26/05/2015	16:04:55.69	0.0

Analisando mais detalhadamente os sismogramas desses dias é possível notar que a intensidade do sinal de registro foi muito pequena; na mesma ordem de grandeza do ruído normal de movimentação da superfície. Isso explica o motivo pelo qual apenas um pequeno número de explosões ocorridas na obra foi registrado pela estação.

Com os registros, foi possível constatar também que a intensidade das explosões é mínima e as chances de causarem transtornos aos residentes na região são muito remotas.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS


O serviço de monitoramento sismológico da região da futura UHE São Manoel foi iniciado no mês de fevereiro de 2015, através da seleção do local de instalação da estação sismográfica. No mês de março foi iniciado o processo de instalação da mesma, através da construção do cercado e de parte dos abrigos dos equipamentos, e no dia 30 de abril de 2015 foi finalizado o processo de instalação, com colocação dos equipamentos da estação sismográfica UHE São Manoel e o início dos registros dos dados pela mesma.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 16
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		




Os dados registrados entre os dias 30 de abril e 29 de junho de 2015 foram analisados, sendo que até o momento foram registrados apenas eventos sísmicos artificiais, como explosões em pedreiras e garimpos, com pequena intensidade. A atividade sísmica natural na região pode ser considerada nula nesse período.

O presente monitoramento está sendo realizado conforme previsto em cronograma, sendo que nenhuma dificuldade técnica foi identificada até o presente momento.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 17
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		


## REFERÊNCIAS

- ASSUMPÇÃO, M. (1983), *A regional magnitude scale for Brazil*, Bulletin of the Seismological Society of America, 73(1), 237-246.
- BARROS, L.; ASSUMPÇÃO, M.; QUINTEROS, R. & CAIXETA, D. (2009), *The intraplate Porto dos Gaúchos seismic zone in the Amazon craton Brazil*, Tectonophysics, 469, 37-47.
- LOPES, A.E.V. & NUNES, L.C. (2011), *Intensidades sísmicas de terremotos: formulação de cenários sísmicos no Brasil*, Revista USP, 91, 90-102.
- LOPES, A.E.V.; ASSUMPÇÃO, M.; DO NASCIMENTO, A.F.; FERREIRA, J.M.; MENEZES, E.A.S. & BARBOSA, J.R. (2010), *Intraplate Earthquake Swarm in Belo Jardim, NE Brazil: Reactivation of a Major NeoProterozoic Shear Zone (Pernambuco Lineament)*, Geophys. J. Int., doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04485.x, 180(3), 1303-1312.
- LOPES, A.E.V. (2003), *SISMICIDADE E ESTRUTURA CRUSTAL EM GOIÁS*, Trabalho de Conclusão de Curso, IAG/USP, 34p.
- MIOTO, J.A. (1993), *Sismicidade e zonas sismogênicas do Brasil*, Tese de Doutorado, UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo, 2 vols., 558p.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 18
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		


## ANEXO I

### **Atividade Sísmica Local na área de interesse da UHE São Manoel entre abril e junho de 2015**

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 19
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		


**Tabela A1** – Tabela de eventos sísmicos locais.

	<b>Data</b>	<b>Horário Origem (UT)</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Magnitude (<math>m_D</math>)</b>
1	06/05/2015	21:38:51.33	15.2	1.5
2	07/05/2015	15:01:13.32	5.3	-0.3
3	08/05/2015	16:23:17.66	15.1	2.0
4	08/05/2015	22:12:34.98	2.5	-0.1
5	16/05/2015	12:24:26.50	4.6	-0.2
6	21/05/2015	13:44:48.17	9.7	0.0
7	22/05/2015	14:07:49.60	23.1	1.3
8	25/05/2015	22:44:53.03	90.6	2.5
9	26/05/2015	16:04:55.69	8.7	0.0
10	28/05/2015	03:41:06.76	2.7	-0.3
11	28/05/2015	14:10:08.13	26.5	0.1
12	29/05/2015	17:58:52.06	25.2	1.0
13	04/06/2015	16:10:31.09	6.9	0.0
14	06/06/2015	15:02:51.33	6.3	-0.2
15	11/06/2015	14:55:55.10	8.3	-0.1
16	17/06/2015	15:31:31.26	53.3	1.2
17	19/06/2015	16:40:02.76	10.8	-0.1
18	21/06/2015	16:46:54.01	11.3	0.0
19	21/06/2015	19:36:42.99	4.4	-0.2

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 20
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		


## ANEXO II

### **Atividade Sísmica Regional na área de interesse da UHE Teles Pires entre abril e junho de 2015**

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 21
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		

**Tabela A2** – Tabela de eventos sísmicos regionais.

	<b>Data</b>	<b>Horário Origem (UT)</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Magnitude (mD)</b>
1	06/05/2015	07:36:37.24	135.4	1.5
2	30/05/2015	11:41:01.68	325.8	3.9
3	05/06/2015	23:32:19.93	312.8	2.7
4	22/06/2015	12:52:25.00	476.2	3.3

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 22
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Afonso E. de V. Lopes Geofísico	Felipe de Almeida Geofísico		