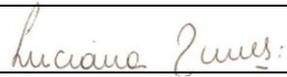
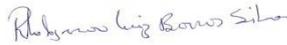


PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE TELES PIRES

P.06 – Programa de Monitoramento da Sismicidade

Relatório Semestral

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Luciana Cabral Nunes Geóloga, M.Sc.	CREA- 50629926484	5287039	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, Sismólogo, D.Sc.	-	5286995	
Tatiana Pilachevsky Geógrafa, M.Sc.	CREA 5064021791	5531743	
Rhobysson B. da Silva Técnico de Meio Ambiente	-	5545778	

Agosto – 2013

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	02
2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	02
3. ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS	03
4. FUNCIONAMENTO DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS	07
5. METODOLOGIA	09
5.1 DETERMINAÇÃO EPICENTRAL	09
5.2 DETERMINAÇÃO DA MAGNITUDE COM A DURAÇÃO DO SISMO (m_D)	10
6. EVENTOS SÍSMICOS REGISTRADOS ENTRE FEVEREIRO E JULHO DE 2013	11
6.1 EVENTOS LOCAIS	12
6.2 EVENTOS REGIONAIS	15
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS	18
ANEXO I - Boletim da Atividade Sísmica Local entre fevereiro e julho de 2013	19
ANEXO II - Boletim da Atividade Sísmica Regional entre fevereiro e julho de 2013	24

1. INTRODUÇÃO

O serviço “Monitoramento Sismográfico na Região do Futuro Reservatório da UHE Teles Pires” está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda**, e atende ao previsto no P.06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade do Projeto Básico Ambiental (PBA). Este programa tem por finalidade auscultar a sismicidade existente na região de influência sísmica da futura barragem da UHE Teles Pires, em um raio de 320 km (200 milhas) com centro na posição da futura barragem, a qual está sendo construída nas coordenadas 9°21’04”S e 56°46’39” O, no rio Teles Pires, na divisa entre os estados do Mato Grosso e Pará.

Esse monitoramento permitirá no período de pré-enchimento caracterizar o nível de atividade sísmica na região de estudo, e posteriormente nos períodos de enchimento e pós-enchimento verificar a existência de eventual atividade sísmica induzida pelo reservatório. Além disso, será possível ampliar o conhecimento da sismicidade regional da região de estudo, que é carente em estações sismográficas.

Neste relatório técnico são documentados os primeiros resultados obtidos nas estações sismográficas STP1 e STP2 entre os dias 28 de fevereiro de 2013 e 18 de julho de 2013, que são divididos nos Boletins Sismológicos 1 e 2, os quais são apresentados neste relatório.

2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Em fevereiro de 2013 foi concluída a importação dos equipamentos sismográficos da UHE Teles Pires, e assim que os mesmos chegaram ao Brasil foram testados e enviados para o campo para a instalação. A equipe da VERACRUZ esteve em campo entre os dias 24 de fevereiro e 5 de março para a instalação das estações sismográficas.

Ambas as estações foram instaladas com sucesso e se encontram em operação plena, com um dos melhores equipamentos disponíveis no mundo (fabricante Nanometrics), que é o mesmo padrão adotado pela Universidade de São Paulo. As estações sismográficas foram instaladas com sucesso com alguns meses de antecedência ao previsto, o que permitiu testar os equipamentos e programar com bastante antecedência a instalação do link para transmissão de dados em tempo real, o que deve ser feito em outubro de 2013.

Em julho de 2013 foram analisados a totalidade dos dados sismológicos coletados nos primeiros meses de funcionamento das estações sismográficas da UHE Teles Pires, os quais são apresentados no formato de Boletins Sismológicos nos **Anexos I e II**. Esses dados ajudaram a avaliar o nível de ruído de longo prazo para verificar a validade dos locais selecionados, visto que as medidas de ruído sísmicos feitas antes da instalação das estações sismográficas são avaliações de curto prazo (2 horas), não contemplando variações diárias de vibrações sísmicas.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

Com a análise conclusiva dos dados está sendo planejado a cobertura dos sensores com terra, e posteriormente a instalação definitiva das antenas para transmissão de dados em tempo real, o que deve ocorrer no mês de outubro de 2013. Esses dados serão enviados para o servidor da VERACRUZ em São Paulo, e para o servidor de dados sismológicos da Universidade de São Paulo, a qual terá acesso aos dados para a realização de pesquisas sobre a estrutura interna da Terra (até 500 km de profundidade, contemplando crosta e manto superior do planeta) e sobre a atividade sísmica regional do Brasil (Boletim Sísmico Brasileiro).

3. ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS

No trabalho de campo de fevereiro de 2013 foram instaladas as duas estações sismográficas do monitoramento sismológico da área de influência sísmico do AHE Teles Pires. Essas estações sismográficas foram nomeadas como Estação Sismográfica UHE Teles Pires 1 (STP1) e Estação Sismográfica da UHE Teles Pires 2 (STP2). Na **Figura 1** são mostradas as posições de ambas as estações.



Figura 1 – Localização das estações sismográficas STP1 e STP2.

A **STP1** está localizada na Fazenda Candinho, próxima, porém a distância tecnicamente segura, do rio Teles Pires, e foi instalada sobre uma rocha aflorante que pode não ser parte do embasamento, visto que é difícil encontrar rocha de embasamento sã na região de estudo. Essa estação fica nas coordenadas **9,49782° Sul e 56,44995° Oeste** (SAD69). Detalhes da estação STP1 podem ser vistos nas **Figuras 2, 3 e 4**, em que são mostrados cada uma das partes da estação.

A **STP2** está localizada no assentamento São Pedro, próxima, porém a distância tecnicamente segura, do rio Paranaíta, e foi instalada sobre uma rocha aflorante que da

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

mesma forma que na STP1 pode não ser parte do embasamento. Essa estação fica nas coordenadas **9,77499° Sul e 56,65619° Oeste** (SAD69). Detalhes da estação STP2 podem ser vistos na **Figura 5**.



Figura 2 – Estação Sismográfica UHE Teles Pires 1 (STP1) na Fazenda Candinho, próxima ao rio Teles Pires. a) vista geral da estação e da cerca de proteção. b) vista do interior do abrigo do registrador, revestido com isopor para isolamento térmica parcial. Na prateleira de cima se encontra o registrador (peça verde) e o GPS, e na prateleira de baixo a bateria da estação, a qual é recarregada por um painel solar que se encontra sobre o abrigo do registrador.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

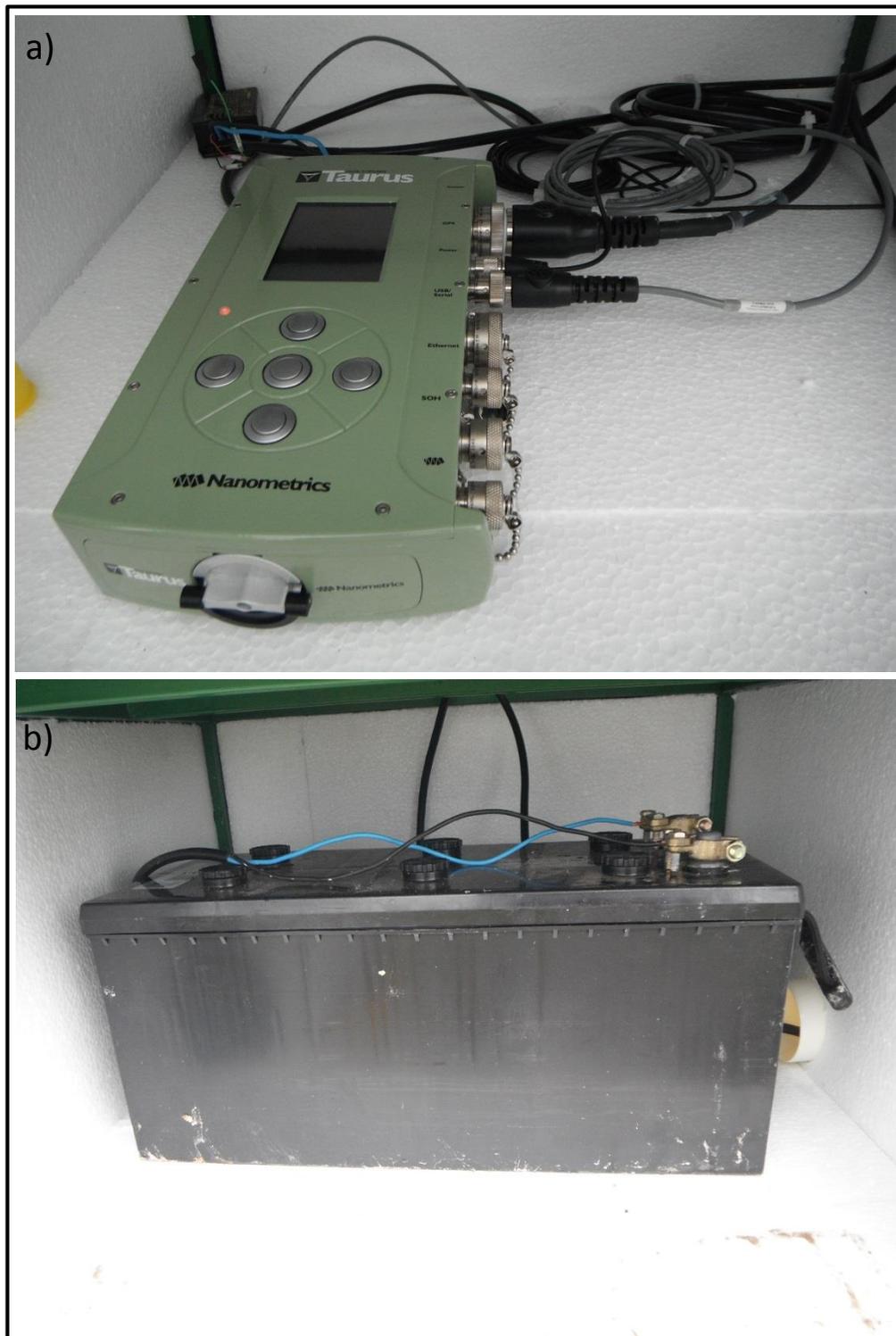


Figura 3 – Estação Sismográfica UHE Teles Pires 1 (STP1) na Fazenda Candinho, próxima ao rio Teles Pires. Em a) é mostrado o registrador e em b) bateria da estação.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade



Figura 4 – Estação Sismográfica UHE Teles Pires 1 (STP1) na Fazenda Candinho, próxima ao rio Teles Pires. a) vista geral do abrigo do sensor (sismômetro). b) vista interna do abrigo do sensor com o sismômetro já instalado. O sensor deve sempre estar nivelado com o chão (isso é feito com o auxílio de uma bolha) e direcionado para o Norte, sendo que a direção do Norte deve ser obrigatoriamente corrigida com dados de sismos distantes.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

Na **Figura 5** são mostradas as fotos das estações junto com as placas de identificação instaladas posteriormente pela equipe do AHE Teles Pires.



Figura 5 – Visão geral das estações sismográficas a) STP1 e b) STP2 após a instalação das placas de identificação.

4. FUNCIONAMENTO DAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS

As estações sismográficas STP1 e STP2 foram parametrizadas para a realização de registros contínuos (24 horas por dia, sem interrupção) da velocidade do chão, fazendo 100 medidas dessa velocidade a cada segundo (taxa de amostragem de 100 Hz). Como se pode ver na **Figura 6**, a estação SPT1 funcionou de forma plena desde o dia 28.02.2013 até o dia 18.06.2013, quando foi realizada a primeira coleta de dados, cuja os dados são apresentados

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

no presente relatório. Neste período a eficiência de registro foi próxima de 99,9%. Da mesma forma, a estação STP2 funcionou de forma plena desde dia 03.03.2013 até o dia 12.04.2013, tendo desempenho de registro de 98,7%.

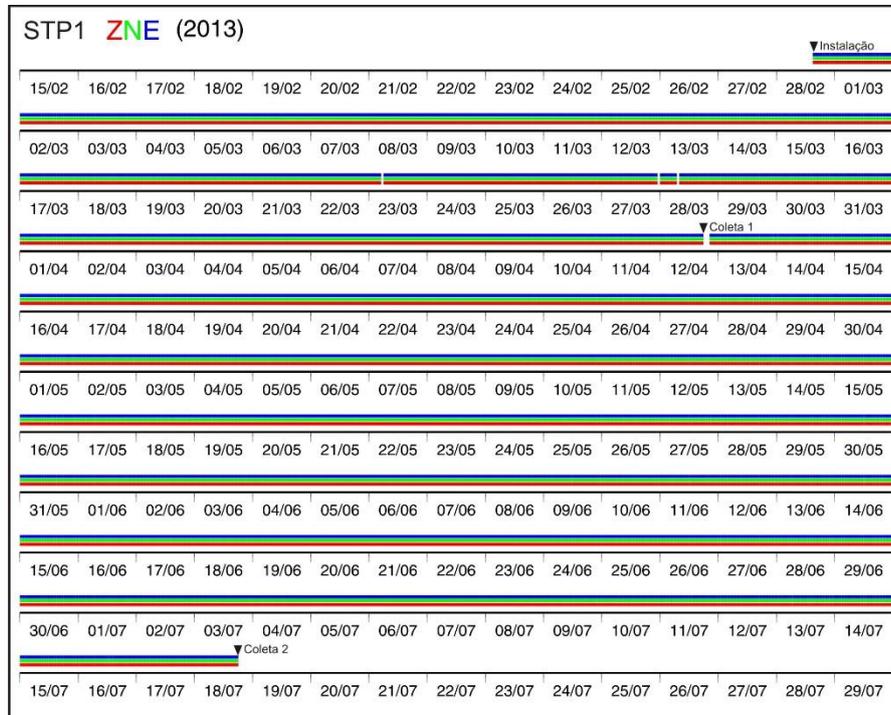


Figura 6 - Gráficos de funcionamento da estação STP1 com destaque em cores para o funcionamento de cada componente da estação (Vertical em vermelho, Norte-Sul em verde, e Leste-Oeste em azul). Os números abaixo dos traços representam o dia e o mês de funcionamento.

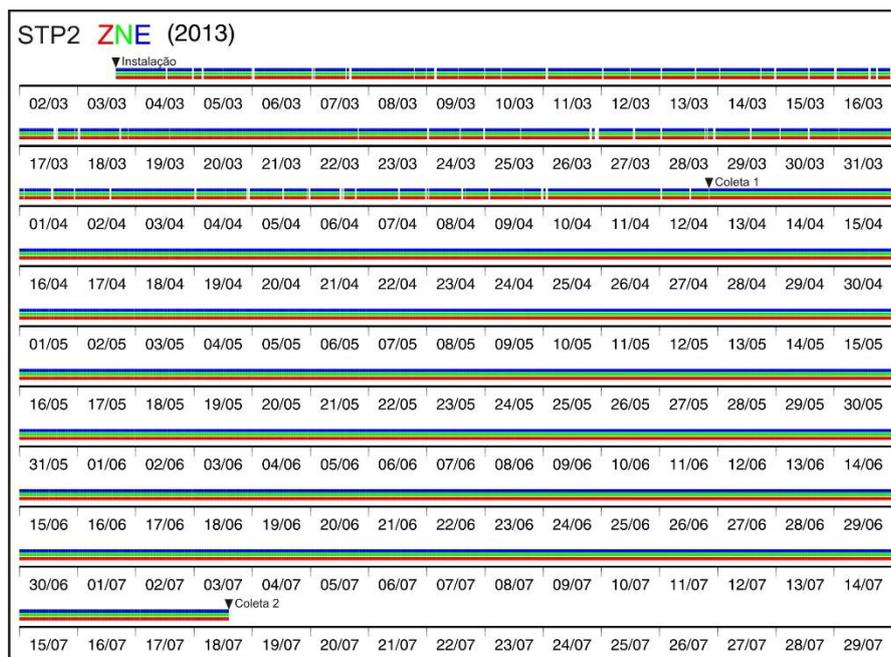


Figura 7 - Gráficos de funcionamento da estação STP2 com destaque em cores para o funcionamento de cada componente da estação (Vertical em vermelho, Norte-Sul em verde, e Leste-Oeste em azul). Os números abaixo dos traços representam o dia e o mês de funcionamento.

5. METODOLOGIA

5.1 DETERMINAÇÃO EPICENTRAL

Considerando que um sismo tenha uma profundidade focal pequena (que possa ser negligenciada com relação a distância epicentral do mesmo) e que as primeiras ondas P e S que chegam à estação são ondas diretas, podemos estimar a distância epicentral (neste caso, igual à distância hipocentral) utilizando a diferença de tempo entre as chegadas das ondas P e S. Como a velocidade da onda P (V_P) é maior que a da onda S (V_S), quanto maior a distância epicentral, maior a distância entre essas duas ondas (veja **Figura 8**), de forma que existe uma relação direta entre a distância hipocentral (neste caso igual a distância epicentral) e o valor $S-P = t_P - t_S$.

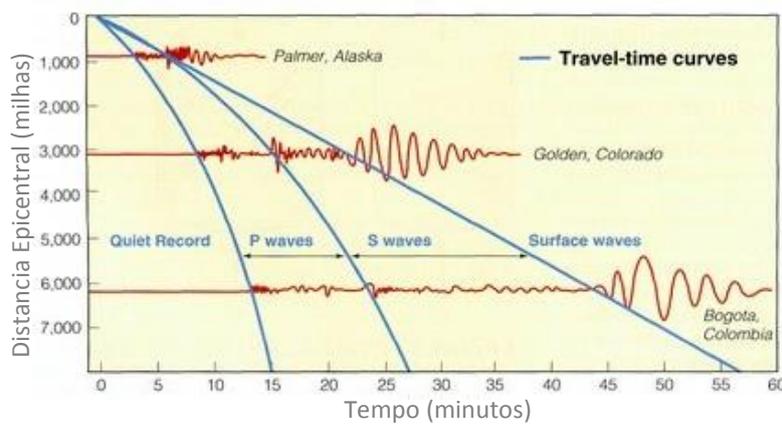


Figura 8 – Seção sísmica ilustrando que o valor de S-P aumenta com a distância epicentral. No nosso caso iremos estudar apenas a parte linear das curvas, para distâncias hipocentrais menores que 500 km.

Como as ondas P e S percorrem a mesma distância hipocentral (Δ), podemos escrever que:

$$\Delta_P = \Delta_S \quad (5.1)$$

No caso de ondas P e S diretas, geradas por um sismo raso, temos:

$$V_P = \frac{\Delta_P}{t_P - t_0} \quad \rightarrow \quad \Delta_P = V_P (t_P - t_0) \quad (5.2)$$

$$V_S = \frac{\Delta_S}{t_S - t_0} \quad \rightarrow \quad \Delta_S = V_S (t_S - t_0) \quad (5.3)$$

Substituindo as Equações (4.2) e (4.3) na equação (4.1), temos:

$$V_P (t_P - t_0) = V_S (t_S - t_0) \quad (5.4)$$

Com isso, o primeiro item a ser determinado é qual é a hora de origem do sismo (t_0), dada por:

$$t_0 = \frac{V_S t_S - V_P t_P}{V_S - V_P} \quad (5.5)$$

Substituindo a Equação (4.5) na Equação (4.2), temos:

$$\Delta = \Delta_P = V_P (t_P - t_0) = V_P \left(t_P - \frac{V_S t_S - V_P t_P}{V_S - V_P} \right) = V_P \left(\frac{V_S t_P - V_P t_P - V_S t_S + V_P t_P}{V_S - V_P} \right) \quad (5.6)$$

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

$$\Delta = V_P \left(\frac{V_S t_P - V_S t_S}{V_S - V_P} \right) = \left(\frac{V_P V_S}{V_S - V_P} \right) t_P - t_S \quad (5.7)$$

Como um dos parâmetros que conhecemos bem nas rochas é a razão V_P/V_S (em geral perto do valor 1,73), divide-se a equação (4.7) por V_S para que possamos reescrevê-la da seguinte forma:

$$\Delta = \left(\frac{V_P}{1 - \frac{V_P}{V_S}} \right) t_P - t_S = C_E * (S - P) \quad (5.8)$$

Note que enquanto as ondas P e S forem diretas, C_E será um valor constante que depende apenas da velocidade da onda P (V_P) e da razão V_P/V_S .

Com base nos dados geológicos disponíveis, adotamos os seguintes valores de C_E para a região do AHE Teles Pires:

$$C_E = 5,5 \quad \text{para} \quad (S - P) < 3 \text{ seg.} \quad (5.9)$$

$$C_E = 7,1 \quad \text{para} \quad 3 \text{ seg.} \leq (S - P) < 6 \text{ seg.} \quad (5.10)$$

$$C_E = 8,13 \quad \text{para} \quad 6 \text{ seg.} \leq (S - P) < 12 \text{ seg.} \quad (5.11)$$

$$C_E = 11,2 \quad \text{para} \quad (S - P) \geq 12 \text{ seg.} \quad (5.12)$$

A profundidade focal não pode ser estimada com apenas uma estação sismográfica, mas a existência ou não de ondas de superfície pode ajudar a indicar o valor máximo da profundidade focal, que deve ser menor que 10% da distância epicentral.

5.2 DETERMINAÇÃO DA MAGNITUDE COM A DURAÇÃO DO SISMO (M_D)

A magnitude de um sismo é utilizada para comparar a amplitude do movimento do chão produzida por diferentes sismos, porém, algumas relações empíricas mostram que esse parâmetro também pode ser relacionado com a energia liberada pelo evento sísmico. O princípio básico da escala magnitude é que seus valores dependem do logaritmo da amplitude do movimento do chão, de maneira que o aumento de um ponto na escala de magnitude corresponde a um aumento de 10 vezes nas amplitudes do movimento do chão.

A primeira escala de magnitude de sismos (M_L) foi desenvolvida por Richter e se aplicava apenas para sismos do Sul da Califórnia. Posteriormente, a escala de magnitude foi desenvolvida para outras distâncias para aplicação mundial, sendo que as duas principais escalas são as m_b (medida com a onda P) e M_s (medida com as ondas de superfície). Embora a sismologia tenha evoluído muito na determinação da magnitude dos sismos, ainda hoje há uma grande dificuldade em se determinar a magnitude de sismos locais.

Uma alternativa para o estudo de sismos locais é a utilização da magnitude M_D , que é determinada com a duração (D) do sismo, indo desde a chegada da onda P até o final das ondas de cauda. Essa escala de magnitude é baseada no conceito de retro-espalhamento

(*backscattering*) proposto por **Aki (1969)** e demonstrado com dados experimentais por **Aki & Chouet (1975)**. Esses autores propõem que a duração dos sismos locais, com menos de 100 km de distância epicentral, é praticamente independente da distância epicentral e do azimute do sismo. Essa característica permite usar a duração dos sismos (D) como um parâmetro eficiente para estimar a magnitude de eventos sísmicos locais com a relação proposta por **Bath (1981)** para a magnitude M_D de sismos rasos de pequenas magnitudes:

$$M_D = a \log D + c \quad (5.13)$$

Em que, D é a duração do sinal em segundos e a e c são constantes ajustadas para a rede sismográfica local. Neste ponto é importante salientar que um dos maiores problemas da escala de magnitude M_D é que a mesma depende da geologia local, e por isso essa magnitude deve ser calibrada para cada estação sismográfica.

Para calibrar a escala de magnitude M_D é necessário que ocorra um sismo forte, registrado simultaneamente por uma estação sismográfica local e por uma estação sismográfica regional, porém, para isso em geral é necessário um longo período de registros sismográficos. Desta forma, devido à falta de informação para calibração da escala de magnitude M_D , inicialmente iremos adotar para a região do AHE Teles Pires os parâmetros determinados por **Berrocal et al. (1993)** para a região de Angra dos Reis-RJ, permitindo definir a magnitude M_D com as seguintes equações:

$$M_D = 1.71(\pm 0.06) \log D - 0.73(\pm 0.07) \quad \text{Quando } D > 10 \text{ seg.} \quad (5.14)$$

$$M_D = 0.7 \log D + 0.5 \quad \text{Quando } D \leq 10 \text{ seg.} \quad (5.15)$$

6. EVENTOS SÍSMICOS REGISTRADOS PELAS ESTAÇÕES STP1 e STP2 ENTRE FEVEREIRO E JULHO DE 2013

As estações sismográficas STP1 e STP2 operaram no período planejado e registraram eventos sísmicos locais, regionais e telessismos distantes, sendo que apenas uma fração de eventos possui possível origem natural, e a maioria são explosões em pedreiras e na própria obra do AHE Teles Pires.

Os dados analisados foram divididos em: (i) Boletim Sismológico N°. 01, com dados entre 28 de fevereiro e 12 de abril para a estação STP1 e entre os dias 03 de março e 12 de abril para a estação STP2; e (ii) Boletim Sismológico N°. 02, com dados entre 12 de abril e 18 de julho para as estações STP1 e STP2. Os Boletins Sismológicos N°. 01 e N°. 02 são apresentados juntos nos **Anexo I e II**, sendo o **Anexo I** o catálogo de eventos sísmicos locais e o **Anexo II** de eventos sísmicos regionais.

Os resultados destes primeiros meses de monitoramento são apresentados a seguir.

6.1 EVENTOS LOCAIS

As estações sismográficas STP1 e STP2 registraram apenas 138 eventos sísmicos locais, sendo que apenas alguns eventos podem ser classificados como possíveis eventos sísmicos naturais devido a sua magnitude e horário de ocorrência, embora todos os eventos sísmicos tem características de explosões (e.g. ondas P e S com amplitudes semelhantes). Os eventos sísmicos locais são os de maior importância para o presente estudo e são apresentados no **Anexo I**. Os eventos sísmicos regionais naturais também foram analisados, porém com menor destaque, e são mostrados apenas no **Anexo II**.

Os sismogramas dos eventos sísmicos permitiram classificar quase que a totalidade dos eventos sísmicos como sendo possíveis explosões (**Figuras 9 e 10**). Quase a totalidade dos eventos sísmicos são explosões realizadas nas obras do AHE Teles Pires, e uma segunda parcela menor de eventos sísmicos tem características de explosões usadas em exploração mineral, incluindo explosões com pólvora negra para pesquisa de ouro em garimpos.

Na **Figura 11** são mostrados os histogramas dos eventos sísmicos locais segundo: (a) distância epicentral até a estação STP2; (b) magnitude dos eventos sísmicos; e (c) horário de origem. Na **Figura 11a** pode-se observar a maior parte dos eventos sísmicos ocorre no raio da obra, representando explosões realizadas na própria obra. Na **Figura 11b** são mostrados os histogramas de magnitude para todos os eventos sísmicos, enquanto que na **Figura 11c** 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.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

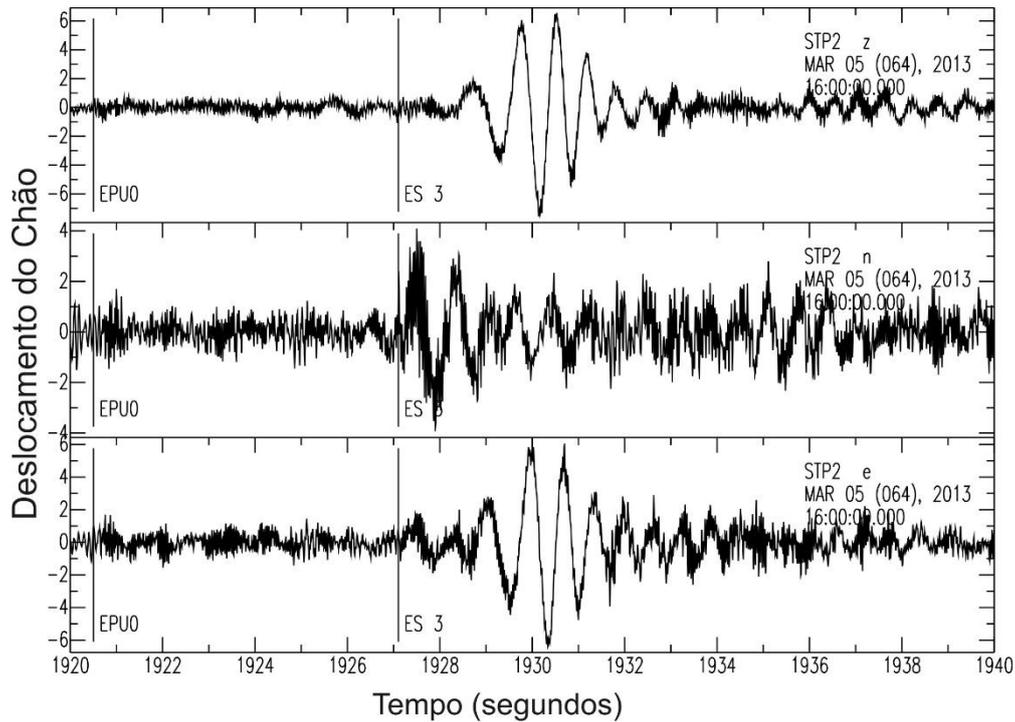


Figura 9 – Sismo local registrado na estação SPT2 no dia 05 de março de 2013. O pacote de ondas de grande amplitude após a onda S são chamadas ondas de superfície do tipo Rayleigh e são comuns em explosões. As amplitudes proporcionais das ondas P e S também são características de explosões.

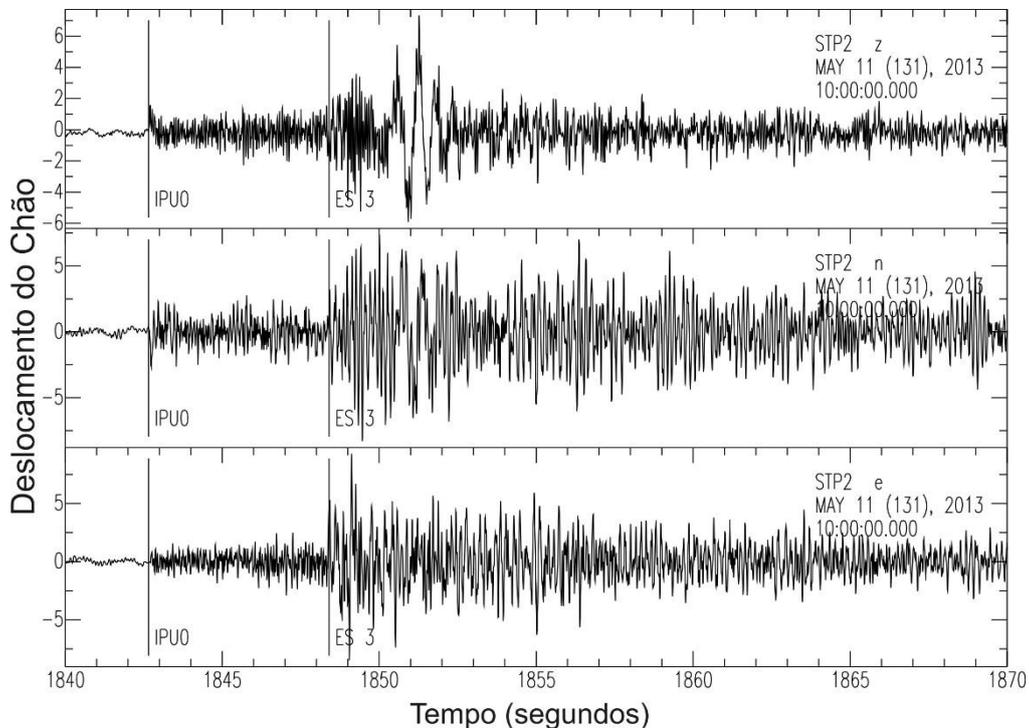


Figura 10 – Sismo local registrado na estação SPT2 no dia 11 de maio de 2013. O pacote de ondas de grande amplitude após a onda S são chamadas ondas de superfície do tipo Rayleigh e são comuns em explosões. As amplitudes proporcionais das ondas P e S também são características de explosões.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

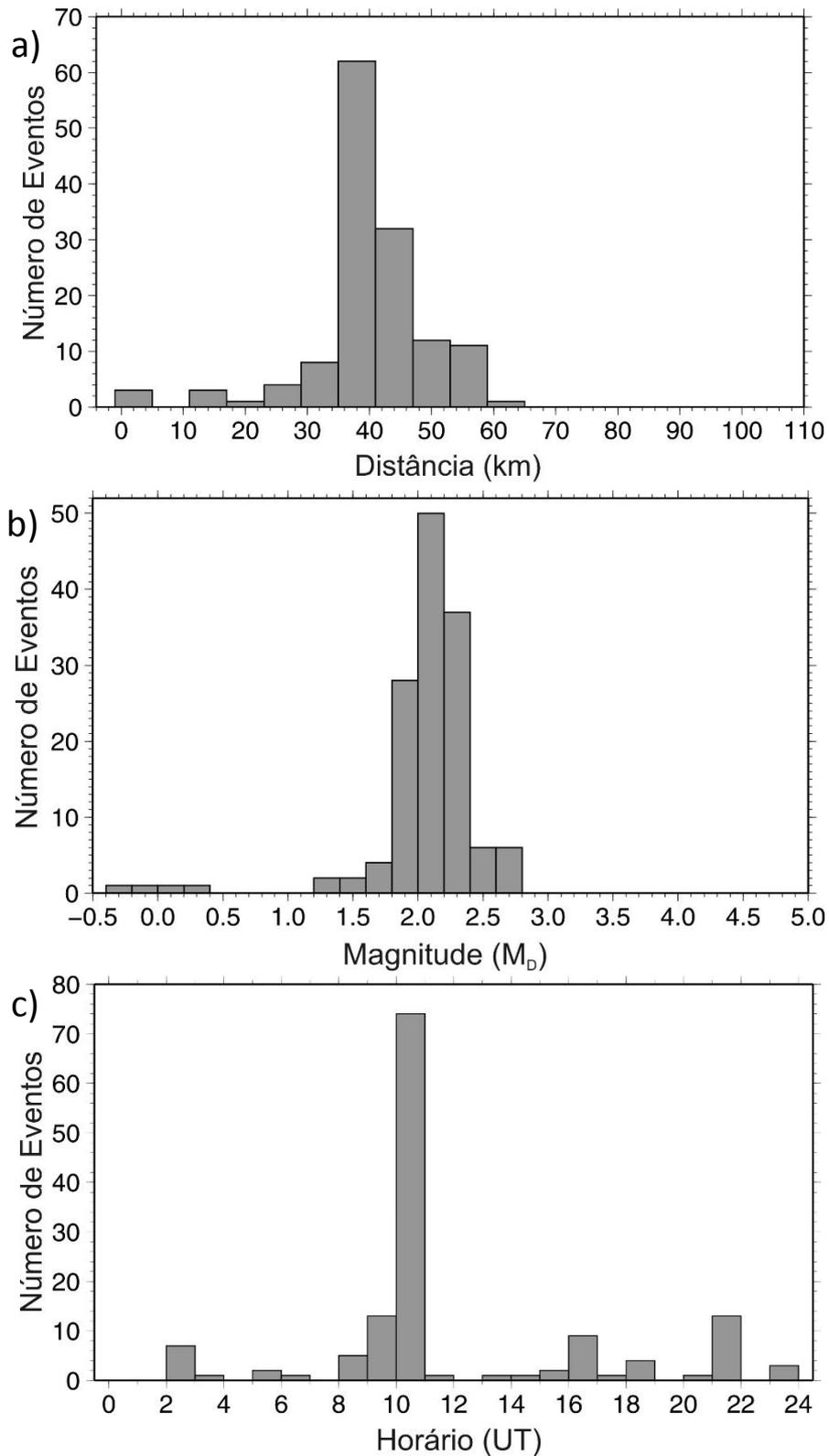


Figura 11 – Histogramas do das (a) distâncias entre os eventos sísmicos e a estação STP2, (b) magnitudes dos eventos sísmicos, e (c) horário de origem dos eventos. O horário dos eventos é dado no Horário no Meridiano de Greenwich (*Universal Time – UT*) e para relacioná-lo ao horário local basta subtrair 4 horas.

6.2 EVENTOS REGIONAIS

As estações sismográficas STP1 e STP2 registraram 24 eventos sísmicos com distâncias regionais (distâncias entre 100 e 1.000 km), sendo que parte 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). Dentre todos os eventos sísmicos regionais registrados, não foi observado eventos naturais importantes para o presente estudo, e por isso foram determinadas apenas suas distâncias epicentrais, magnitudes e horários de ocorrência (**Anexo II**).

Na **Figura 12** são mostrados os histogramas das distâncias epicentrais, horário de ocorrência e magnitude dos eventos sísmicos regionais. Devido ao pequeno número de eventos sísmicos não é possível definir grupos de eventos sísmicos por distância (**Figura 12a**), horário de ocorrência (**Figura 12b**) ou magnitudes (**Figura 12c**).

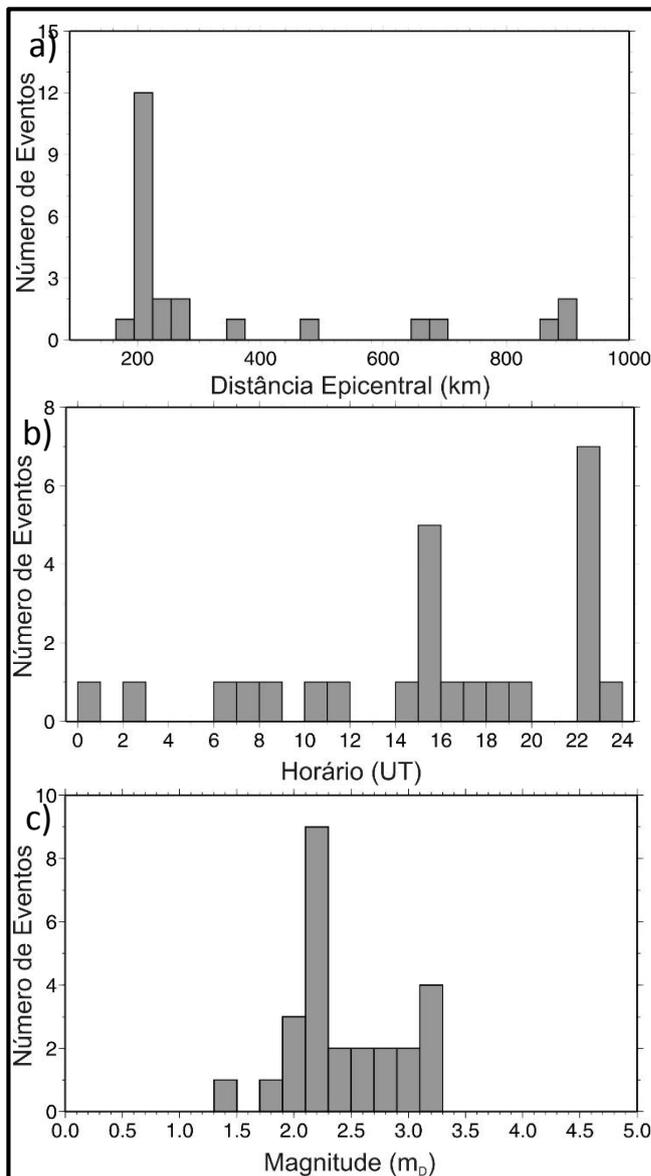


Figura 12 – Histogramas das a) distâncias epicentrais médias, b) horários de origem (UT, *Universal Time*) e c) magnitude dos eventos sísmicos com distâncias regionais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquisição de dados sismográficos do serviço de monitoramento sismológico da região da futura UHE Teles Pires foi iniciado de forma plena com a instalação, início de operação e primeira coleta de dados das estações sismográficas STP1 e STP2. O comissionamento dos equipamentos foi concluído com sucesso e as estações sismográficas estão em pleno funcionamento.

Os primeiros dados evidenciaram uma atividade sísmica regional abaixo do esperado inicialmente, principalmente devido à proximidade da região de estudo da Zona Sismogênica de Porto dos Gaúchos.

Com relação aos eventos sísmicos locais, a maior parte dos eventos são referente as explosões realizadas na própria obra, tendo magnitude próximas de 2,2 m_D com ocorrência concentrada próxima das 10am no Horário Universal, o que corresponde as 7am no horário local. Os poucos eventos sísmicos com distâncias e horários que não caracterizam como explosões na obra, possuem magnitudes pequenas que vão de valores inferiores a zero até 0,5 m_D , e podem representar inclusive estalos de rochas ou explosões feitas por garimpeiros com pólvora negra para pesquisa de ouro, evidenciando a boa sensibilidade das estações sismográficas.

Com os dados coletados na campanha de julho de 2013 pretende-se ainda concluir a análise da consistência das direções das estações sismográficas com os telessismos distantes, com o objetivo de calcular numericamente a eventual correção do “Norte” de cada uma das estações sismográficas. Abaixo (**Figura 13**) segue um exemplo de telessismo distantes, com epicentro na Guatemala, que será utilizado na aferição do Norte das estações sismográficas.

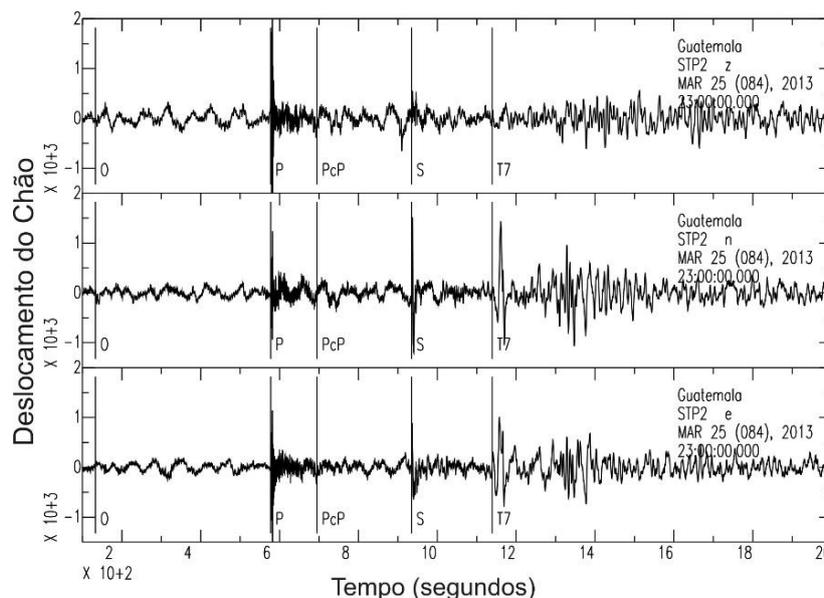


Figura 13 – Sismograma de um sismo ocorrido na Guatemala e registrado pela estação SPT2. Além das ondas P e S, são identificadas as ondas PcP e ScS (T7), que são as ondas P e S refletidas no Núcleo Externo da Terra a mais de 2.900 km abaixo da superfície.

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

A transmissão de dados em tempo real deve ser instalada na próxima visita de campo, e será feita por celular, visto a pequena distância entre as estações e a cidade de Paranaíta. A instalação das estações sismográficas foram antecipadas perante o cronograma, porém, a instalação do link para transmissão de dados em tempo real ainda não foi concluída e está em fase de teste. A falta do link para a transmissão de dados em tempo real é bastante conveniente, porém, não afeta a qualidade ou importância dos dados gerados pelo programa.

As atividades previstas para o presente monitoramento se encontram em dia e dentro dos prazos estabelecidos, e não foram identificadas dificuldades técnicas para a realização deste programa ambiental. Caso haja a ocorrência de algum sismo importante, ou seja, sentido pela população, a equipe da comunicação social do AHE Teles Pires em conjunto com a VERACRUZ, deverá prestar esclarecimento para a população com palestras e distribuição de um material explicativo em escolas, sendo este material a ser preparado pela VERACRUZ.

REFERÊNCIAS

- Aki, K. (1969), *Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves*, J. Geophys. Res., 74, 615-631.
- Aki, K. & Chouet, B. (1975), *Origing of coda waves: source, attenuation, and svattering effects*, J. Geophys. Res., 80, 3322-3342.
- Bath, M. (1981), *Earthquake magnitude – recent research and current trends*, Earth Sci. Rev., 17, 315-398.
- Berrocal, J.; Fernandes, C.; Bueno, A.; Seixas, N. & Bassini, A. (1993), *Seismic activity in Monsuaba (state of Rio de Janeiro), Brazil, between 1988 December and 1989 February*, Geophys. J. Int., 113, 73-82.

ANEXO I

Boletim da Atividade Sísmica Local da UHE Teles Pires entre
fevereiro e julho de 2013

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

Tabela A1 – Tabela de eventos sísmicos locais. Os valores de S-P indicam as diferentes de tempo entre as ondas P e S.

	Data	Horário Origem (UT)	S-P (seg.)	Dist. (km)	Magnitude (m_D)
1	03/03/2013	16:14:37,92	2,84	15,5	1,6
2	04/03/2013	21:17:38,09	2,09	11,4	1,4
3	05/03/2013	16:31:51,46	6,60	55,2	1,9
4	06/03/2013	10:18:08,60	4,66	33,2	2,0
5	06/03/2013	10:45:32,64	5,06	36,0	2,2
6	06/03/2013	23:01:04,89	0,33	1,8	-0,1
7	06/03/2013	23:05:31,13	0,60	3,3	0,0
8	07/03/2013	09:34:40,26	5,13	36,5	2,0
9	08/03/2013	08:31:23,97	2,60	14,2	0,2
10	09/03/2013	09:47:45,30	3,40	24,2	2,1
11	12/03/2013	09:33:49,99	5,14	36,6	2,4
12	12/03/2013	10:22:12,87	4,70	33,5	2,2
13	14/03/2013	10:18:25,03	3,07	21,9	2,1
14	16/03/2013	09:38:53,20	5,44	38,8	2,1
15	16/03/2013	10:36:18,52	4,42	31,5	2,4
16	20/03/2013	10:07:27,25	5,75	40,9	2,1
17	21/03/2013	10:06:05,91	5,88	41,9	2,7
18	22/03/2013	10:18:15,73	6,09	50,9	2,3
19	26/03/2013	10:13:57,94	5,85	41,7	2,3
20	27/03/2013	05:46:31,82	0,35	1,9	-0,2
21	27/03/2013	10:10:13,28	5,78	41,2	2,5
22	28/03/2013	09:57:27,91	5,89	42,0	2,2
23	28/03/2013	09:58:25,27	5,76	41,0	2,2
24	02/04/2013	10:14:48,71	5,62	40,0	2,0
25	03/04/2013	10:16:51,06	5,68	40,5	2,0
26	04/04/2013	10:07:41,03	5,68	40,4	2,0
27	04/04/2013	10:08:24,54	5,46	38,9	2,2
28	06/04/2013	10:22:44,89	3,83	27,3	2,6
29	07/04/2013	06:41:12,71	7,00	58,5	2,2
30	08/04/2013	21:17:46,67	4,85	34,6	1,9
31	09/04/2013	10:26:58,70	4,99	35,5	1,5
32	09/04/2013	10:27:27,42	4,54	32,3	2,0
33	09/04/2013	21:36:55,35	4,97	35,4	1,6
34	10/04/2013	08:47:46,35	5,82	41,5	2,2
35	10/04/2013	16:38:06,56	5,39	38,4	1,9
36	11/04/2013	10:12:13,83	5,63	40,1	2,4
37	11/04/2013	21:43:14,15	5,40	38,5	2,0
38	12/04/2013	02:40:38,26	6,16	51,5	2,2
39	12/04/2013	09:53:32,25	5,17	36,8	1,9
40	12/04/2013	09:55:42,66	5,68	40,5	1,9

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

	Data	Horário Origem (UT)	S-P (seg.)	Dist. (km)	Magnitude (m _D)
41	12/04/2013	21:35:51,09	5,58	39,7	2,1
42	13/04/2013	02:35:27,80	5,54	39,5	2,2
43	13/04/2013	10:14:03,07	5,64	40,2	1,3
44	13/04/2013	09:44:45,63	5,84	41,6	1,8
45	13/04/2013	09:45:21,09	5,54	39,4	2,0
46	15/04/2013	21:26:16,69	5,58	39,8	1,9
47	15/04/2013	21:28:55,43	5,66	40,3	1,7
48	16/04/2013	03:00:39,14	5,86	41,7	2,1
49	16/04/2013	10:23:40,73	5,70	40,6	2,0
50	16/04/2013	10:24:39,94	5,91	42,1	2,3
51	16/04/2013	10:27:03,19	5,96	42,5	2,1
52	16/04/2013	16:12:17,88	5,41	38,5	1,5
53	16/04/2013	21:22:57,04	4,68	33,3	1,9
54	16/04/2013	21:23:45,26	5,47	39,0	1,8
55	17/04/2013	02:33:01,36	5,60	39,9	2,0
56	17/04/2013	08:31:42,57	5,77	41,1	2,3
57	17/04/2013	16:13:28,41	5,29	37,7	1,9
58	18/04/2013	08:29:11,48	5,78	41,1	2,2
59	18/04/2013	10:13:26,43	5,43	38,7	1,6
60	18/04/2013	10:13:54,76	5,75	41,0	2,1
61	18/04/2013	21:19:59,12	5,60	39,9	2,0
62	19/04/2013	10:17:50,94	5,89	42,0	1,9
63	20/04/2013	21:05:53,85	4,91	34,9	2,0
64	21/04/2013	10:08:24,84	5,75	41,0	2,6
65	22/04/2013	16:04:27,17	5,30	37,8	2,0
66	23/04/2013	02:29:33,63	5,57	39,7	2,1
67	23/04/2013	05:56:33,39	3,32	23,7	1,9
68	23/04/2013	09:03:28,40	5,59	39,8	2,1
69	23/04/2013	10:18:41,78	5,71	40,7	2,5
70	23/04/2013	14:41:00,41	6,68	55,8	2,4
71	23/04/2013	16:02:41,01	5,40	38,5	2,0
72	23/04/2013	21:27:45,91	5,09	36,3	2,0
73	24/04/2013	02:26:52,82	5,56	39,6	2,0
74	24/04/2013	10:24:30,89	5,47	38,9	1,9
75	24/04/2013	10:27:37,76	5,70	40,6	2,1
76	24/04/2013	10:28:24,82	5,60	39,9	1,9
77	25/04/2013	10:04:16,51	5,64	40,2	1,8
78	25/04/2013	10:04:53,61	5,40	38,5	1,8
79	26/04/2013	09:16:52,59	5,95	42,4	2,1
80	26/04/2013	10:27:59,13	5,68	40,5	2,2
81	27/04/2013	02:43:31,96	5,51	39,3	2,0
82	27/04/2013	09:09:12,80	5,77	41,1	2,0
83	27/04/2013	10:22:31,48	5,64	40,1	2,1

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

	Data	Horário Origem (UT)	S-P (seg.)	Dist. (km)	Magnitude (m_D)
84	28/04/2013	02:01:53,32	6,16	51,5	2,0
85	28/04/2013	23:29:09,28	5,08	36,2	1,2
86	29/04/2013	20:07:32,04	6,74	56,3	2,0
87	01/05/2013	16:20:34,09	5,40	38,5	1,9
88	03/05/2013	16:20:42,90	5,33	38,0	2,0
89	05/05/2013	10:07:25,58	5,98	42,6	2,2
90	05/05/2013	10:08:24,45	6,44	53,8	2,4
91	07/05/2013	10:20:55,46	5,91	42,1	2,4
92	09/05/2013	10:20:20,58	6,16	51,4	2,2
93	11/05/2013	08:03:41,55	3,36	23,9	1,9
94	11/05/2013	10:30:34,78	5,75	40,9	2,3
95	14/05/2013	10:18:35,63	5,69	40,5	2,0
96	14/05/2013	10:19:20,17	5,73	40,8	2,1
97	15/05/2013	18:06:37,45	6,39	53,4	2,2
98	16/05/2013	18:08:58,12	6,48	54,1	2,1
99	21/05/2013	10:28:20,36	5,85	41,7	2,0
100	21/05/2013	10:29:07,13	5,82	41,5	2,1
101	22/05/2013	21:31:01,73	5,87	41,8	1,9
102	23/05/2013	10:26:03,14	6,00	50,2	2,2
103	23/05/2013	10:28:22,21	5,78	41,1	2,0
104	24/05/2013	10:24:47,74	5,63	40,1	2,1
105	25/05/2013	10:19:22,13	4,99	35,5	2,0
106	25/05/2013	10:20:32,83	6,04	50,5	2,6
107	28/05/2013	10:22:42,49	4,76	33,9	2,1
108	28/05/2013	10:23:48,04	5,69	40,5	2,0
109	01/06/2013	18:09:04,54	7,00	58,5	2,2
110	05/06/2013	10:20:32,44	5,31	37,8	2,1
111	07/06/2013	10:09:04,69	5,66	40,3	2,1
112	12/06/2013	10:13:47,68	5,67	40,4	2,1
113	12/06/2013	10:15:14,64	7,30	61,0	2,0
114	18/06/2013	10:15:26,07	5,85	41,7	2,4
115	20/06/2013	10:15:23,20	5,86	41,8	2,4
116	22/06/2013	10:13:44,94	5,70	40,6	1,8
117	22/06/2013	10:14:22,60	5,74	40,9	1,9
118	23/06/2013	11:16:39,98	5,77	41,1	2,1
119	25/06/2013	10:21:01,00	6,09	50,9	2,6
120	25/06/2013	17:57:15,36	6,44	53,8	2,4
121	28/06/2013	10:26:36,34	5,93	42,3	2,3
122	29/06/2013	13:31:25,24	6,42	53,7	2,3
123	04/07/2013	10:21:47,27	5,62	40,0	1,8
124	04/07/2013	10:22:29,76	6,02	50,3	1,9
125	05/07/2013	10:26:47,61	5,76	41,0	2,4
126	06/07/2013	10:05:02,18	5,75	40,9	2,1

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

	Data	Horário Origem (UT)	S-P (seg.)	Dist. (km)	Magnitude (m_D)
127	07/07/2013	10:47:32,25	5,68	40,5	1,9
128	07/07/2013	10:48:42,69	6,14	51,3	2,5
129	09/07/2013	10:16:12,26	5,75	40,9	1,9
130	09/07/2013	10:16:57,92	5,76	41,1	1,9
131	10/07/2013	10:12:49,20	6,05	50,6	1,8
132	11/07/2013	10:16:52,92	5,84	41,6	1,9
133	12/07/2013	10:17:51,11	5,85	41,7	2,4
134	13/07/2013	10:26:07,29	6,12	51,1	2,4
135	13/07/2013	18:37:16,79	6,48	54,2	2,2
136	16/07/2013	10:15:06,05	6,16	51,5	2,5
137	17/07/2013	10:19:18,44	5,80	41,3	2,5
138	18/07/2013	10:19:30,51	5,64	40,2	2,5

ANEXO II

Boletim da Atividade Sísmica Regional da UHE Teles Pires entre
fevereiro e julho de 2013

P. 06 Programa de Monitoramento da Sismicidade

Tabela A2 – Tabela de eventos sísmicos locais. Os valores de S-P indicam as diferentes de tempo entre as ondas P e S.

	Data	Horário Origem (UT)	S-P (seg.)	Dist. (km)	Magnitude (m_D)
1	18/04/2013	11:01:28,89	18,77	210,8	2,1
2	19/04/2013	15:38:25,59	19,14	215	2,2
3	22/04/2013	15:33:28,69	19,30	216,8	2,6
4	23/04/2013	18:13:08,61	22,04	247,5	2
5	29/04/2013	22:09:41,32	18,64	209,4	2,1
6	11/05/2013	02:45:35,11	32,99	370,5	3,1
7	16/05/2013	19:41:21,22	22,02	247,4	2
8	16/05/2013	22:22:20,49	23,51	264,1	2,1
9	21/05/2013	15:26:51,35	18,81	211,3	2,2
10	25/05/2013	17:48:52,48	80,23	901,2	2,9
11	29/05/2013	15:16:01,71	18,67	209,7	2,2
12	04/06/2013	16:54:09,71	62,52	702,3	2,8
13	05/06/2013	22:03:43,00	18,68	209,9	2,3
14	08/06/2013	23:05:42,44	19,26	216,3	1,9
15	10/06/2013	00:59:33,94	59,13	664,2	3,2
16	10/06/2013	22:07:37,33	18,77	210,9	2,6
17	13/06/2013	22:04:28,93	19,12	214,8	2,2
18	22/06/2013	06:04:46,78	90,67	1018,4	3,3
19	22/06/2013	15:08:56,15	19,56	219,7	2,4
20	28/06/2013	22:03:23,37	18,73	210,4	2
21	05/07/2013	08:12:12,21	24,57	275,9	2,4
22	13/07/2013	15:23:43,10	19,30	216,7	2,6
23	14/07/2013	07:49:23,41	79,98	898,4	3,1
24	16/05/2013	22:07:28,68	16,42	184,4	2,3