

PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE TELES PIRES

P.06 – Programa de Monitoramento da Sismicidade

Parecer Técnico

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Luciana Cabral Nunes Geóloga, MSc.	CREA- 50629926484	5287039	
Priscila Taminato Hirata Geóloga	CREA- 5063373300	5545626	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, Sismólogo, DSc.	-	5286995	
Rhobysson B. da Silva Técnico de Meio Ambiente	-	5545778	

Agosto – 2012

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	02
2. EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SISMOGRÁFICOS	02
3. METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO EPICENTRAL	03
4. ARRANJO SISMOGRÁFICO IDEAL	09
5. PLANO DE MANUTENÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS	09
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	10
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

JUSTIFICATIVA TÉCNICA A SER ENCAMINHADA AO IBAMA PARA SOLICITAÇÃO DA REDUÇÃO DO NÚMERO DE ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS E DOCUMENTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS DAS FUTURAS ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS DA UHE TELES PIRES

1. Introdução

O presente documento visa incorporar novas informações ao programa ambiental referente ao Monitoramento Sismológico com o objetivo de (1) reduzir o número de estações sismográficas a serem instaladas no entorno da UHE Teles Pires (de três para duas), (2) documentar o “Plano de Manutenções Preventivas e Corretivas” dessas estações sismográficas, e (3) informar sobre o uso compartilhado de dados entre os AHE Teles Pires e Colider para ampliar o conhecimento sismológico na região de influência sísmica desses empreendimentos.

2. Evolução dos Equipamentos Sismográficos

A sismologia é uma ciência relativamente jovem, e que teve seu maior crescimento com o desenvolvimento dos equipamentos de registros sismográficos, que conhecemos como estações sismográficas ou sismológicas. Esse desenvolvimento começou nos últimos 100 anos, mas apenas nos últimos 20 anos as estações sismográficas começaram a apresentar registros digitais, que permitiram ampliar o conhecimento sobre a Terra. Essa melhoria da resolução dos registros sismográficos para a sismologia é similar a melhoria de qualidade da visão de um míope quando o mesmo usa um óculos. Desta forma, com a evolução dos equipamentos sismográficos a sismologia começou a “enxergar” cada vez melhor.

A cerca de 10 anos, ou menos, os registros sismográficos eram realizados principalmente no formato analógico, com estações sismográficas que registravam as vibrações em papel ou papel esfumado. Para validar essa informação, basta verificar o trabalho de **Lopes et al. (2010)**, publicado em uma das mais importantes revista internacionais de geofísica, onde a maior parte das estações sismográficas utilizadas no estudo são de papel esfumado.

No registro em papel, o papel é fixado no tambor de um registrador, e uma caneta de ponta muito fina copia os movimentos do chão nessa folha enquanto o tambor gira. No caso do registro em papel esfumado, que é muito mais preciso que o registro em papel, a folha de papel era “esfumada” com uma vela, e a “pena” do sismógrafo (uma espécie de agulha) arranhava a fuligem presa no papel para criar o registro sismográfico. No fim de cada registro em papel esfumado, esse registro era fixado com um tipo de verniz e era deixado em repouso para secar, sendo um processo lento e complicado.

Embora as estações sismográficas digitais já existissem a pouco mais de 10 anos, as mesmas tinham pouca memória (e.g. 512 KB), sendo possível registrar alguns poucos sismogramas com duração inferior a 10 segundos. Desta forma, esse equipamento operava na forma de “trigger”, na qual, a estação sismográfica registrava o sismograma apenas quando a vibração era muito forte, fazendo com que a maior parte dos sismos pequenos fosse perdida.

Com o melhoramento das mídias digitais (e.g. *pendrive*), as estações sismográficas foram ganhando mais memórias, e a resolução dos sismogramas foi ampliada drasticamente. Para se ter uma ideia, até 2008 era comum encontrar sismógrafos (registradores) com resolução de 18 bits, o que representa uma resolução de 1:262.144. Atualmente é difícil encontrar registradores

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

com resolução inferior a 24 bits, o que representa uma resolução de 1:16.777.216, sendo 64 vezes maior que a resolução comum de menos de 5 anos atrás.

Além disso, a memória das estações sismográficas cresceu de 512KB para no mínimo 1GB, o que equivale a um aumento de pelo menos 2.000 vezes na capacidade de armazenamento de dados. Essa evolução foi muito importante, pois permitiu que as estações sismográficas deixassem de registrar apenas alguns eventos sísmicos, para passar a realizar registros contínuos com 100 amostras por segundo. Desta forma, atualmente, uma estação sismográfica registra o movimento do chão 24 horas por dia, 7 dias por semana, com amostragem de 100 amostras por segundo, o que é simplesmente sensacional para os sismólogos. Essa evolução permitiu que passássemos a registrar todos os eventos sísmicos, incluindo sismos com magnitudes negativas!

Desta forma, hoje, a sismologia e os equipamentos sismográficos estão em um estágio de evolução impar e muito diferente de cinco anos atrás. Isso representa uma evolução muito rápida e singular, principalmente se tratando de uma ciência exata.

Essa evolução rápida é bem conhecida no meio sismológico, porém, deve-se considerar que há poucos sismólogos trabalhando com sismologia no Brasil, e por causa disso a distribuição do conhecimento sobre o estado da arte na sismologia é relativamente lenta e concentrada em alguns poucos cursos de geofísica e geologia no Brasil.

Por uma questão prática, muitos Programas Básicos Ambientais (PBAs), como o da UHE Teles Pires, apresentam o programa de Monitoramento Sismológico com a mesma parametrização de 5 a 10 anos atrás, sendo pouco adequados para a realidade atual. Nesses programas pode-se observar que os equipamentos sismográficos foram atualizados em suas características técnicas, porém, não há atualização referente a metodologia na determinação de epicentros. Por isso, esses PBAs costumam documentar a “necessidade” de se ter pelo menos três estações sismográficas para que seja possível realizar uma simples determinação epicentral. Essa informação era correta 10 anos atrás, quando cada estação sismográfica operava com apenas uma componente vertical, ou com três componentes registradas em papel, porém, isso não é válido nos dias de hoje, e abaixo explicaremos o motivo disso.

3. Metodologia para Determinação Epicentral

Desde o início da sismologia instrumental até poucos anos atrás havia apenas uma forma de se determinar a localização de um epicentro, que era utilizando os tempos de chegada das ondas sísmica P (onda Primária compressiva com movimento longitudinal a direção de propagação da onda) e S (onda Secundária cisalhante com movimento transversal a direção de propagação da onda) de pelo menos três estações sismográficas. Ambas as ondas sísmicas citadas são ilustradas na **Figura 1** mostrada abaixo.

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

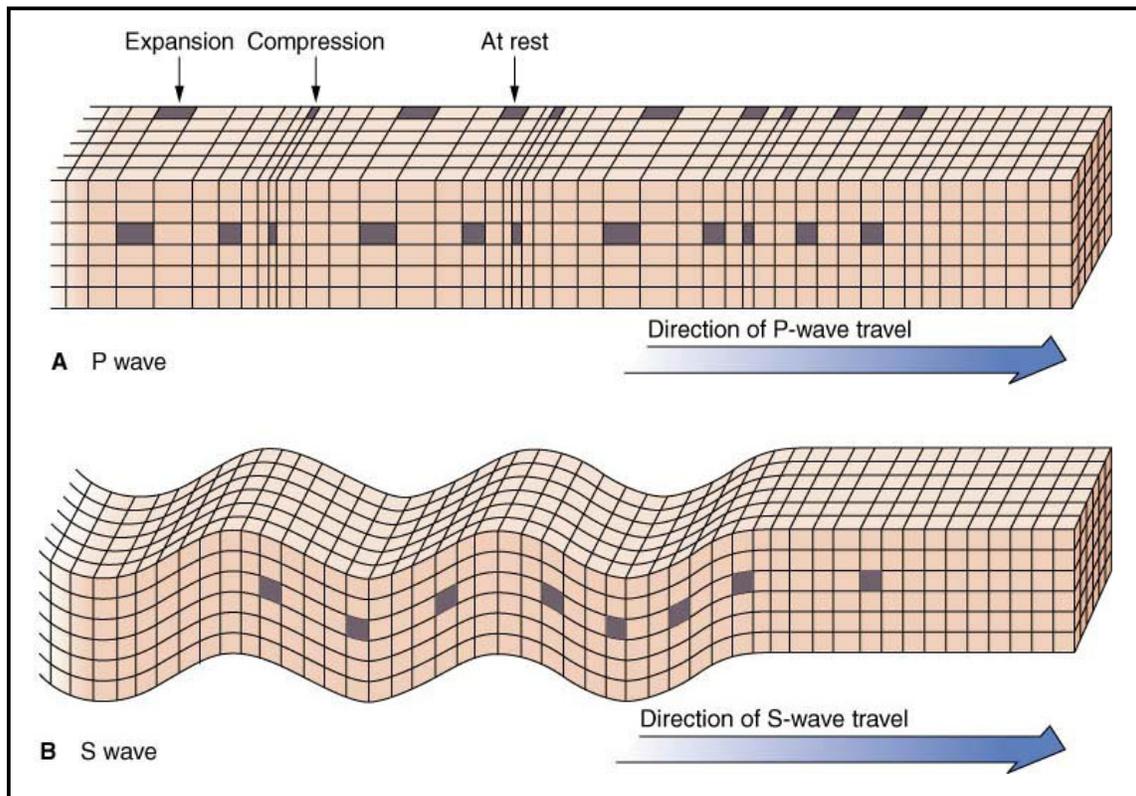


Figura 1 – Ilustração das deformações produzidas pela passagem das ondas P e S. É importante salientar que as deformações produzidas pela onda P são longitudinais a direção de propagação da onda sísmica e a direção do evento sísmico.

Considerando que o sismo tem uma profundidade focal pequena em comparação com a distância epicentral e que as primeiras ondas P e S que chegam à estação são ondas diretas, podemos estimar a distância hipocentral (distância entre o foco do sismo e a estação) 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 à distância epicentral (distância entre o epicentro do sismo e a estação), maior a distância entre essas duas ondas (veja **Figura 2**), de forma que existe uma relação direta entre a distância hipocentral (neste caso igual a distância epicentral) e a diferença de tempo S-P.

Apenas com o objetivo didático de ilustrar esse conceito de diferença de tempos de ondas com diferentes velocidades, basta considerar o exemplo hipotético, de uma corrida entre um corredor muito veloz e um corredor muito lento, ambos com velocidades diferentes. Neste caso, na largada, ambos os corredores estão na mesma posição, e a diferença entre eles é nula. Após a largada, o corredor mais veloz toma a dianteira, e a distância entre o corredor veloz e o corredor lento aumenta cada vez mais com o passar do tempo. Se não sabemos a distância entre o corredor e o ponto inicial da corrida, podemos estimar essa distância observando a diferença de tempo entre a chegada dos dois corredores que tem velocidades conhecidas. Se a distância (e a diferença de tempo) entre os dois for pequena, eles estão perto do ponto de

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

largada, e se a distância (e a diferença de tempo) for muito grande, eles estão longe do ponto de largada! Da mesma forma podemos fazer para as ondas P e S, como mostrado na **Figura 2**.

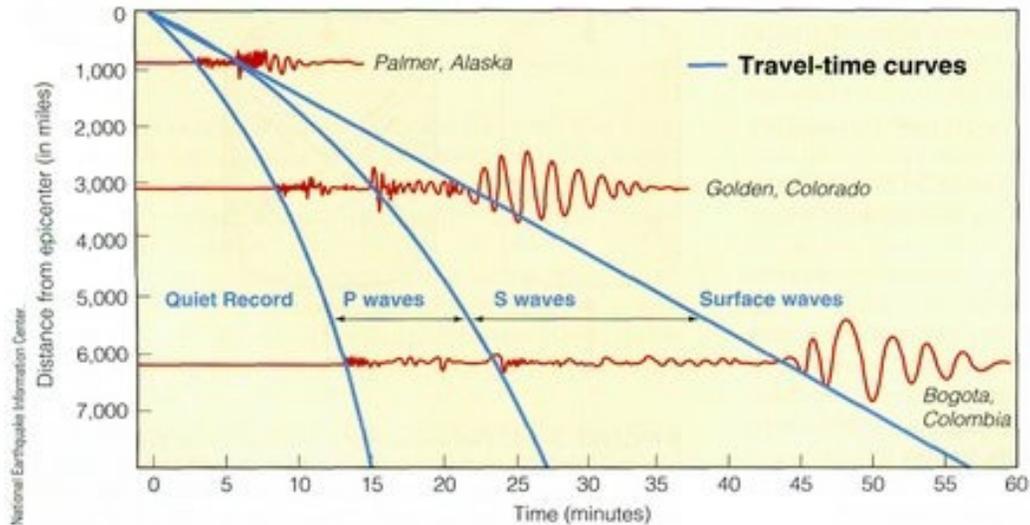


Figura 2 – Seção sísmica ilustrando que o valor de S-P aumenta com a distância epicentral. No nosso caso iremos estudar apenas a parte linear das curvas, para distâncias hipocentrais menores que 500 km.

Apenas para contextualizar matematicamente a ideia acima, basta pensarmos que as ondas P e S percorrem a mesma distância (Δ) entre o evento e a estação sísmográfica, e por isso podemos escrever que:

$$\Delta_P = \Delta_S \quad (1)$$

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

$$V_P = \frac{\Delta_P}{t_P - t_0} \rightarrow \Delta_P = V_P (t_P - t_0) \quad (2)$$

$$V_S = \frac{\Delta_S}{t_S - t_0} \rightarrow \Delta_S = V_S (t_S - t_0) \quad (3)$$

Considerando que V_P e V_S são as velocidades das ondas P e S, respectivamente, que são conhecidas; t_P e t_S são os tempos de chegada das ondas P e S, respectivamente, que são lidas nos sismogramas; t_0 é o horário de origem do evento sísmico, que não é conhecido; e Δ_P e Δ_S são as distâncias percorridas pelas ondas P e S, e que são numericamente iguais.

Substituindo as Equações (2) e (3) na equação (1), temos:

$$V_P (t_P - t_0) = V_S (t_S - t_0) \quad (4)$$

Reorganizando a equação acima, conseguimos determinar o horário de origem do sismo (t_0), que é dado por:

$$t_0 = \frac{V_S t_S - V_P t_P}{V_S - V_P} \quad (5)$$

Substituindo a Equação (5) na Equação (2), temos:

$$\Delta = \Delta_P = V_P (t_P - t_0) = V_P \left(t_P - \frac{V_S t_S - V_P t_P}{V_S - V_P} \right) = V_P \left(\frac{V_S t_P - V_P t_P - V_S t_S + V_P t_P}{V_S - V_P} \right) \quad (6)$$

$$\Delta = V_P \left(\frac{V_S t_P - V_S t_S}{V_S - V_P} \right) = \left(\frac{V_P V_S}{V_S - V_P} \right) t_P - t_S \quad (7)$$

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 (7) por V_S para que possamos reescrevê-la da seguinte forma:

$$\Delta = \left(\frac{V_P}{1 - \frac{V_P}{V_S}} \right) t_P - t_S = C_E * (S - P) \quad (8)$$

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

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, o modelo preliminar adotado para a região da UHE Teles Pires é de $V_P = 5,0$ km/s e $V_P/V_S = 1,73$, resultando em:

$$\Delta = 6,85 * (S-P) \quad (9)$$

Desta forma, podemos determinar a distância epicentral de um sismo com base na diferença de tempo entre as ondas P e S (como mostrado na **Equação 9**) ou com alguns tempos de chegada da onda P através de métodos interativas, como o Método de Geiger.

Com isso, é simples imaginar, como ilustrado na **Figura 3**, que com as distâncias de três estações sismográficas é possível determinar o epicentro de um sismo.

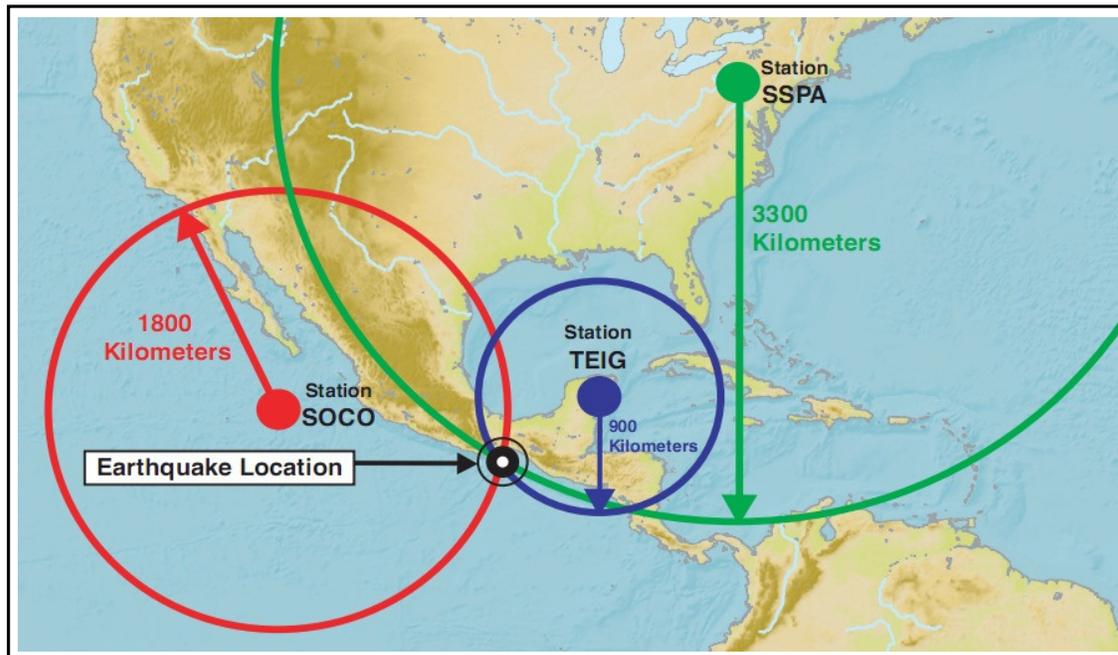


Figura 3 – Determinação epicentral com três estações sismográficas.

Essa linha de raciocínio está correta e até pouco tempo era a única forma de se determinar epicentros com as estações analógicas simples usadas no passado recente. Por outro lado, com o aumento da tecnologia, e com o registro das ondas em três componentes, conseguimos determinar o que chamamos de “movimento da partícula na horizontal”. Esse movimento de partícula mostra em um gráfico como é o movimento do chão produzido pelas primeiras vibrações registradas no sismograma, ou seja, pela onda P.

Na **Figura 4** é mostrado um sismograma de um telessismo (sismo distante) para ilustrar o funcionamento do movimento de partícula da onda P. Note que há o sismograma completo (**Figura 4a**) e um “zoom” que contempla apenas a onda P (**Figura 4b**). Em ambos os casos, os sismogramas são gráficos onde o eixo horizontal representa o tempo, e o eixo vertical mostra a amplitude medida. No caso do gráfico do movimento de partícula (**Figura 4c**), o gráfico é diferente do padrão adotado no sismograma, sendo que no eixo horizontal é mostrada a amplitude medida na componente Leste-Oeste do sismograma, e no eixo vertical é mostrada a

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

amplitude medida na componente Norte-Sul do mesmo sismograma para o mesmo instante de tempo.

Para deixar o conceito de movimento de partícula mais claro, podemos imaginar um arquivo com três colunas, sendo que na “coluna 1” é colocado o tempo em que as medidas são realizadas, e as colunas “2” e “3” são os valores das amplitudes do movimento do chão medidas nas componentes Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente. Neste caso, se quisermos criar um sismograma da componente Leste-Oeste, basta criarmos um gráfico onde o eixo horizontal representará a “Coluna 1”, que é o tempo da medida, e o eixo vertical representará a “Coluna 2”, que é a amplitude medida em cada instante de tempo. No caso do movimento de partícula, o eixo horizontal seria a “Coluna 2” (amplitudes do movimento na componente Leste-Oeste) e o eixo vertical seria a “Coluna 3” (amplitudes do movimento na componente Norte-Sul).

Ao gerarmos o gráfico do movimento de partícula do chão da forma mencionada acima, e exemplificada na **Figura 4**, esse gráfico mostrará como a onda P “mexeu” o chão no local onde se encontra a estação sismográfica. Considerando as características da onda P mostradas na **Figura 1**, principalmente que os movimentos produzidos por essa onda são longitudinais a direção da propagação das ondas sísmicas, podemos inferir com o movimento de partícula da onda P é paralelo à direção das ondas sísmicas, ou seja, a direção de onde vieram as ondas sísmicas. Essa direção é igual à direção do evento sísmico, e desta forma, podemos determinar o ângulo entre o Norte da estação sismográfica e a linha que une a estação ao evento sísmico. Esse ângulo é conhecido em sismologia como Back-azimute, que muitas vezes é traduzido como “azimute reverso”.

Sabendo a distância do evento sísmico em uma única estação, sabemos apenas que o epicentro desse evento se encontra em alguma posição dentro dessa distância. Por outro lado, se sabemos a direção do evento sísmico com o movimento de partícula, podemos determinar a posição do epicentro sem nenhum problema. O Back-azimute do sismo, determinado com essa metodologia, permite determinar as direções dos eventos sísmicos com incertezas próximas de 15°, fazendo com que os erros dos epicentros sejam maiores com o aumento de suas distâncias epicentrais. Para sismos locais, como os que eventualmente podem ser produzidos com o enchimento do reservatório, essa incerteza é pequena e os erros nas posições dos epicentros podem ser de algumas poucas dezenas ou centenas de metros.

Para se ter uma boa ideia da qualidade desse tipo de resultado basta considerar que muitos estudos de eventos sísmicos regionais, que tem distâncias epicentrais grandes, também são feitos com essa metodologia, como por exemplo, os estudos realizados pela ELETRONUCLEAR nas usinas de Angra dos Reis, diversos estudos realizados pela Universidade de São Paulo, e o estudo da atividade sísmica regional de Goiás documentado em **Lopes (2003)**.

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

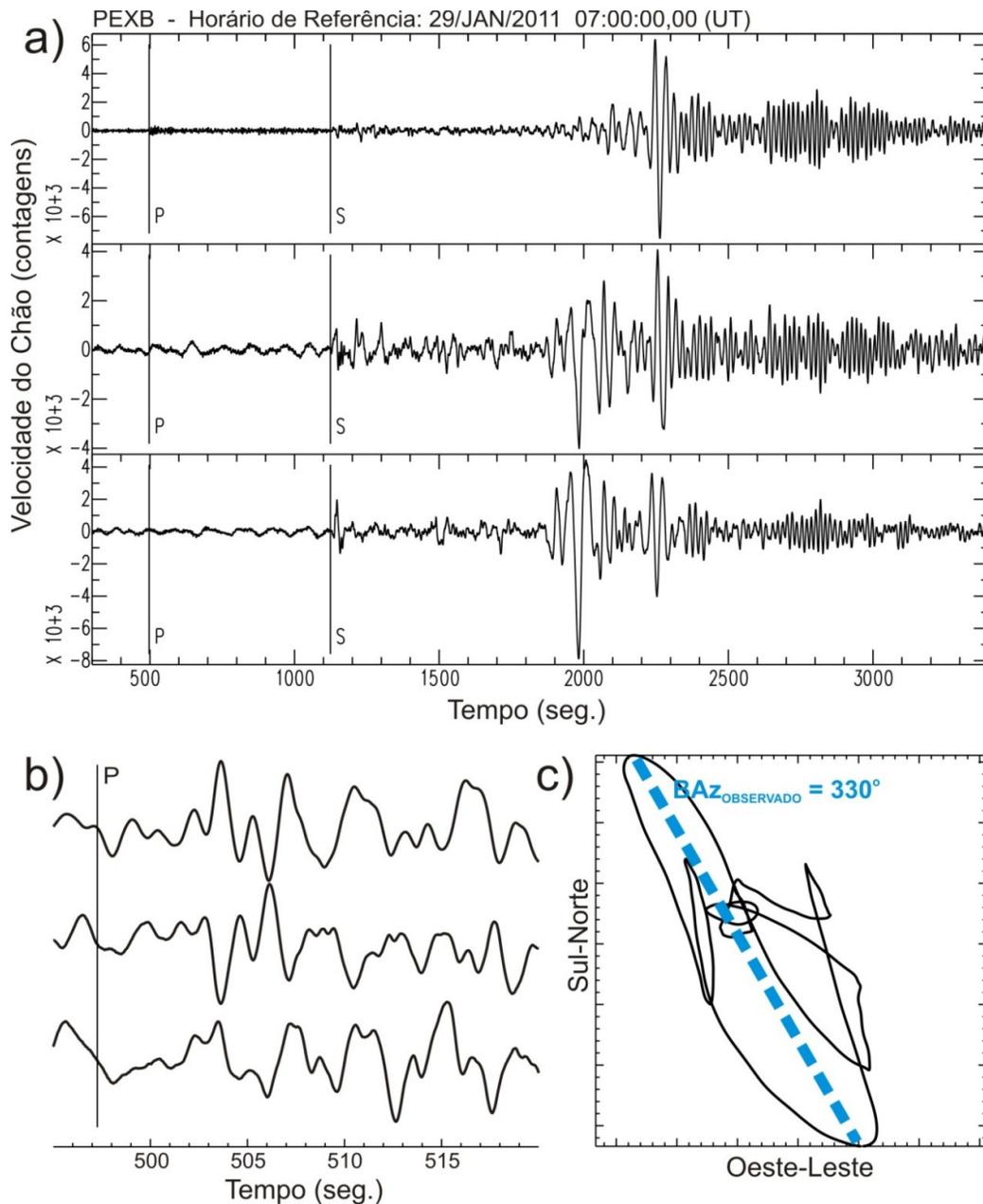


Figura 4 – Análise dos dados de um evento sísmico distante ocorrido na porção Norte da Dorsal do Atlântico Norte, próximo da Ilha Jan Mayer, 700 km ao norte da Islândia. Em (a) são mostrados de cima para baixo os sismogramas das componentes: vertical (Z), norte-sul (N-S) e leste-oeste (E-W). Note que antes da chegada da onda P, o nível de ruído era pequeno, possibilitando o registro perfeito do evento sísmico. (b) Detalhe do sismograma mostrado em (a), com indicações de polarização da onda sísmica para a determinação do quadrante de ocorrência do sismo (neste caso, quadrante NW). (c) A linha preta representa o movimento de partícula real da onda P, e a linha azul grossa mostra a direção do evento estimada com essa informação.

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

No caso de ocorrer eventos sísmicos importantes a 200 ou 300 km da barragem da UHE Teles Pires, exatamente na localização da zona sismogênica de Porto dos Gaúchos, esses sismos não poderão ser bem estudados por um grande número de estações concentradas em uma distância de poucos quilômetros, e a presença de apenas uma, duas ou três estações na UHE Teles Pires produzirão o mesmo resultado, sendo necessário a integração dos dados dessas estações com outras estações sismográficas brasileiras pertencentes às redes da Universidade de São Paulo, da Universidade de Brasília e das empresas privadas (e.g. **CHESF**, **VERACRUZ**, etc). Desta forma, com o objetivo de maximizar a qualidade e as informações desses dados, a UHE Teles Pires celebrará um Acordo de Cooperação Técnica com a Universidade de São Paulo com o objetivo disponibilizar os dados das estações sismográficas da UHE Teles Pires para a Universidade de São Paulo para melhorar a qualidade do Boletim Sísmico Brasileiro, e para a realização de pesquisas diversas por essa instituição.

A única desvantagem da metodologia apresentada acima é que a mesma é extremamente trabalhosa, consumindo mais tempo na análise do que a metodologia tradicional, onde deve-se apenas ler os horários de chegada das ondas sísmicas em três estações sismográficas. Por outro lado, a VERACRUZ desenvolveu um software denominado **PPMi**, que já vem sendo utilizado nos monitoramentos das UHEs Peixe Angical-TO e Retiro baixo-MG, que permite automatizar parcialmente essas análises, reduzindo o trabalho na realização desse tipo de estudo, e possibilitando a análise de centenas de eventos sísmicos no mesmo tempo necessário para a análise manual de alguns poucos sismos. Esse software se encontra em sua versão 12.5, e se encontra em evolução, sendo uma das principais inovações implantadas pela **VERACRUZ** na área de sismologia, devendo receber destaque em revista internacional nos próximos meses.

4. Arranjo Sismográfico Ideal

O arranjo sismográfico sugerido normalmente seria composto por apenas uma estação sismográfica, sendo suficiente para o monitoramento sismográfico, porém, em conversa com membros do IBAMA, ficou estabelecido que poderia ser mais adequado e prudente ter pelo menos duas estações sismográficas, sendo que neste caso uma estação funciona como reserva da outra para o caso de defeito em uma das estações.

Embora esse tipo de arranjo seja incomum, uma análise estatística sobre o desempenho de uma rede sismográfica composta por duas estações evidencia que estatisticamente é possível elevar a eficiência de registros sismográficos mínima normal de 75% para no mínimo 96%, considerando o funcionamento independente de duas estações sismográficas com desempenho mínimo de 75%, melhorando bastante a robustez da rede sismográfica. Como as estações sismográficas serão monitoradas por satélite, esse desempenho da rede sismográfica da UHE Teles Pires pode chegar facilmente a 100%.

Desta forma, propõe-se como ideal para a UHE Teles Pires, uma rede sismográfica composta por duas estações sismográficas, o que reduz em uma estação a proposta inicial do PBA, mas mantém um certo conservadorismo que melhora a eficiência dos registros de 75% para 96%.

5. Plano de Manutenções Preventivas e Corretivas

As manutenções preventivas das estações sismográficas serão realizadas trimestralmente, e deve incluir:

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

- Limpeza do painel solar para garantir que o mesmo tenha condições de recarregar as baterias;
- Troca anual das baterias automotivas da estação sismográfica, mesmo que a mesma esteja boa. Essa boa prática considera que uma bateria de caminhão tem condições de ter bom rendimento em até 300 recargas, reduzindo sua capacidade após esse limite;
- Limpeza da estação e retirada dos dados da memória física da estação;
- Corte do mato no entorno da estação sismográfica.

As manutenções corretivas serão executadas quando for observado nos registros adquiridos em tempo real por satélite, que a estação parou de funcionar. Neste caso, deve-se tentar religar a estação remotamente, e se não for possível, deve-se realizar um trabalho de campo de emergência com o objetivo de restaurar a operação da estação sismográfica no menor tempo possível.

Em geral, a eficiência média de registro de uma estação sismográfica é de no mínimo 75%, principalmente devido ao acompanhamento apenas trimestral. Porém, como as estações da UHE Teles Pires serão monitoradas continuamente em tempo real através da internet, essa eficiência deve subir muito, podendo chegar facilmente a 90% por ano. Considerando o funcionamento de duas estações simultaneamente, o desempenho da rede sismográfica será no mínimo entre 96% e 99% (no primeiro caso, considerando desempenho individual de 75% e no segundo caso de 90% para cada uma das duas estações sismográficas).

6. Considerações Finais

Levando em conta as informações apresentadas neste documento, e considerando que a equipe do AHE Colider, próximo ao AHE Teles Pires, irá disponibilizar para a equipe do AHE Teles Pires os dados de suas estações sismográficas que também serão instaladas em breve, o AHE Teles Pires solicita junto ao IBAMA que o programa ambiental de Monitoramento Sismológico da UHE Teles Pires seja realizado com apenas duas estações sismográficas, ao invés das três estações sismográficas previstas inicialmente no PBA, visto que duas estações sismográficas já representa uma situação conservadora para a realização desse tipo de monitoramento, e que, além disso, prevê-se o uso de dados das estações do AHE Colider, a montante do empreendimento.

Essa mudança manterá a qualidade do monitoramento sismológico, e representa uma otimização importante, principalmente considerando-se que:

1. A redução do número de estações sismográficas irá reduzir o número de locais a serem impactados pela instalação dessas estações, visto que será poupado a construção dos abrigos sismográficos em um local. Além disso, como essas estações sismográficas usam energia solar, requerendo que grandes árvores no entorno da estação tenham que ser cortadas, a diminuição de um ponto irá evitar esse tipo de impacto em pelo menos um local;
2. Considerando que apenas 10% dos reservatórios apresentam atividade sísmica induzida, seria um desperdício de recurso financeiro instalar três estações sismográficas para auscultar uma atividade sísmica que possivelmente nem irá ocorrer. Mesmo assim, considerando que eventualmente o reservatório apresente atividade sísmica induzida, duas estações são suficientes para identificar essa atividade sísmica e determinar os epicentros dos sismos;
3. Em uma situação normal, o uso de uma estação seria o suficiente, e a eficiência dos registros sismográficos seriam de aproximadamente 75%, ou seja, a estação registraria normalmente no

P. 06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade

mínimo 75% do tempo sem problemas. Com a utilização de duas estações independentes, essa eficiência no registro sobre para 94%, sendo facilmente obtida eficiência de 100%, considerando que os dados serão transmitidos por satélite, o que facilitará na identificação de problemas e a necessidade de se realizar manutenções corretivas de emergência;

4. Considera-se a possibilidade de integrar os dados das redes sismológicas dos AHE Teles Pires e Colider, com o objetivo de ampliar espacialmente as informações sismológicas da região, principalmente sobre a micro-sismicidade (sismos com magnitudes próximas de zero ou com magnitudes negativas), que é registrada apenas com estações locais próximas aos epicentros dos sismos.

Por fim, é importante salientar que a maioria dos empreendimentos hidrelétricos que está realizando monitoramento sismográfico atualmente, está empregando apenas uma estação sismográfica, o que é válido até mesmo para grandes hidrelétricas como as do rio Madeira, onde apenas uma estação sismográfica é usada para monitorar simultaneamente dois reservatórios (Jirau e Santo Antônio), o que evidencia o compromisso e conservadorismo da UHE Teles Pires em instalar duas estações sismográficas no programa ambiental de Monitoramento Sismológico.

Os dados sismológicos do presente monitoramento serão de importantes para o conhecimento da sismicidade da região amazônica, e por isso, a parceria que a UHE Teles Pires estará celebrando com a Universidade de São Paulo será importante para garantir que esses dados sejam empregados em estudos científicos que irão ampliar esse conhecimento, assim como da estrutura da Terra abaixo de cada uma dessas estações sismográficas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.