



Controle de Qualidade de Dados Sismológicos Utilizando o PQLX

Cleiton Kefrof Pavan, Afonso Emidio de Vasconcelos Lopes, José Roberto Barbosa

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The quality control of seismic data is extremely important for the accuracy of seismological analysis. The software PQLX can be used to determine the efficiency of seismographic stations to perform continuous record, assess instrumental failures, signal quality, noise levels and errors in metadata. Furthermore it is a good tool to estimate spectral and identification of patterns of environmental seismic vibrations and its temporal variations. In the present work, we show the results of PQLX for three seismographic stations (APOB2, PAZB and PORB), with different problems. The good definition of the graph PDF with the data used, show how the software is effective in pointing out where seismographic stations need improvement.

Introdução

O PQLX (*PASSCAL Quick Look eXtended*, **Mcnamara & Boaz, 2005**) é um software de controle de qualidade utilizado para determinar a eficiência de estações sismográficas e a qualidade dos registros contínuos, incluindo a análise do ruído sísmico local, identificação de problemas instrumentais, e eventuais erros em metadados. Além disso, pode ser usado como uma ferramenta de estimativa espectral e identificação de padrões de vibrações sísmicas ambientais e suas variações temporais.

A escolha de janelas de interesse concentradas em eventos, período do dia ou épocas do ano é livre, ajudando a estimar a assinatura espectral específica de cada tipo de evento registrado na estação sismográfica, o que inclui uma componente específica das vibrações relacionada a influências de estruturas geológicas locais.

É válido ressaltar que existem diversas fontes de vibrações sísmicas naturais, anteriormente denominadas ruído de fundo, que podem ser separadas no gráfico PDF, incluindo: (i) ruídos culturais de origem antrópica; (ii) vibrações provocadas por variações de temperatura; (iii) interação do oceano com a topografia da linha de costa; e (iv) sismos locais, regionais e telessismos distantes. A seguir são apresentadas breves descrições dessas diferentes fontes de vibrações sísmicas ambientais.

Ruído cultural: Uma das fontes mais comuns de ruído sísmico é a de origem antrópica, ou seja, as vibrações sísmicas geradas pelas ações dos seres humanos sobre a superfície da Terra, incluindo vibrações geradas pela movimentação de veículos, atividades de mineração, indústrias, entre outras coisas. Por isso, essas vibrações têm fortes variações de amplitude entre o dia e a noite.

Este tipo de vibração se propaga principalmente através de ondas de superfície de altas frequências (1 a 60 Hz) que sofrem atenuação rápida, sofrendo decaimento rápido de amplitude com a distância (e.g. alguns quilômetros) e profundidade. Por esse motivo, estações sismográficas instaladas em poços e cavernas profundas são menos suscetíveis a esse tipo de vibração.

A influência do ruído cultural no gráfico PDF (*Probability Density Function* – veja discussão na Metodologia) mostrado na Figura 1 é definida pelo polígono preto.

Variação de temperatura: Outra fonte de ruído observado em estações sismográficas de banda larga tem origem na instabilidade térmica no entorno do sensor. As variações de temperatura, observadas principalmente durante o dia, causam dilatação e contração das rochas, induzindo inclinações no chão e gerando um ruído de longo período (> 20s).

A influência da variação de temperatura no gráfico PDF é definida pelo polígono vermelho da Figura 1. Esse tipo de anomalia ocorre nas estações sismográficas sem o devido isolamento térmico (cobertura do abrigo do sensor com terra), o que em geral ocorre na primeira fase de teste de funcionamento da estação sismográfica.

Ruído microssísmico: A superposição de ondas oceânicas de igual período que viajam em direções opostas, geram anomalias predominantes na faixa 4-8s (**Longuet-Higgins, 1950**), conhecido como pico de frequência dupla. As anomalias na faixa 10-16s são geradas em águas costeiras rasas, em que a energia das ondas é convertida em energia sísmica (**Hasselmann, 1963**). As influências no PDF são indicadas na Figura 1 pelo polígono verde escuro e verde claro, respectivamente.

Sismos: Os terremotos distantes (telessismos) possuem energia maior do que os outros tipos de vibrações naturais, e por isso os mesmos apresentam uma assinatura espectral com grande amplitude no espectro das vibrações sísmicas ambientais. Sua influência no PDF é indicada pelo polígono azul mostrado na Figura 1.

A observação de todos esses tipos de vibrações sísmicas ambientais permite identificar e qualificar a qualidade de instalação de estações sismográficas, tornando o PQLX uma ferramenta importante de controle de qualidade.

Metodologia

O PQLX é dividido em duas partes principais, que é um servidor e um cliente. Esse programa foi desenvolvido integralmente em linguagem C, e é compatível com todos os grandes sistemas operacionais (Linux, Mac OSX e Solaris). Por outro lado, o PQLX apresenta dependência de softwares externos que são o MYSQL e o PQLII, o que dificulta a instalação do programa.

Os formatos dos dados aceitos diretamente pelo programa são: Mini-seed; SAC; SEG-Y; nano; AH; e DR100.

O servidor PQLX calcula a estimativa espectral da estação sismográfica com o método PSD (*Power Spectral Densities*, **Mcnamara & Buland, 2004**) e avalia a probabilidade da assinatura espectral representar os dados através do PDF (*Probability Density Function*, **Mcnamara & Buland, 2004**). Os valores de PSD, PDF e cálculos estatísticos (moda, média, mediana, etc.) podem ser exportados no formato alfanumérico. Para o cliente PQLX acessar esses resultados, o mesmo tem acesso a uma interface gráfica composta de três partes, que são:

1. *Trace Viewer*: Tem a mesma funcionalidade do PQLII (*PASSCAL Quick Look II*). Neste módulo o usuário pode visualizar os dados, filtrar e calcular espectros.
2. *PDF Viewer*: Acessa a informação no banco de dados sobre PSD e PDF, mostra as parcelas PDF pré-definidas e/ou janelas de tempo definidas pelo usuário como eventos, período do dia, épocas do ano, etc.
3. *Station Viewer*: Depois de se conectar ao banco de dados, o *Trace Viewer* da estação exibe estatísticas (valores máximos, mínimos, contagem de gaps, etc.), miniaturas de PDF e dados disponíveis.

Os modelos mundiais médios de ruído HNM (*High Noise Models*, **Peterson, 1993**) e LNM (*Low Noise Models*, **Peterson, 1993**) são apresentados juntos para uma comparação direta com os dados de vibrações sísmicas ambientais da estação sismográfica. No canto superior esquerdo dos PDF's há um "salto" devido a frequência de Nyquest, que é claramente representada desta forma nos PDF.

A grande eficiência do PQLX o torna uma ferramenta versátil para o controle de qualidade de dados sismológicos, e também para a estimativa espectral relacionada a outros tipos de estudos sismológicos, como microzonificação sísmica e sísmica passiva, oferecendo informações adicionais e diretas sobre as características das vibrações sísmicas ambientais para cada estação sismográfica.

Resultados

Neste trabalho são mostrados os resultados obtidos com o PQLX para três estações sismográficas de banda larga que operaram em banda larga em Goiás, denominadas APOB2 (Aporé-GO), PORB (Porangatu-GO) e PAZB (Araguapaz-GO).

A estação sismográfica APOB2 foi instalada no Sul de Goiás sobre um afloramento de basalto a uma distância de aproximadamente 2 km de uma cachoeira. A Figura 2 mostra o gráfico PDF gerado com os dados da estação sismográfica APOB2, onde pode-se observar um ruído de alta frequência elevado, que pode ser diretamente relacionado a presença da cachoeira nas proximidades da estação sismográfica.

A estação sismográfica PORB foi instalada inicialmente sem o isolamento térmico com terra. Após o período de teste da estação, a mesma foi coberta no dia 26/06/2001, passando a operar com um rigoroso isolamento térmico, que inclui cobertura de terra protegida por caixa de madeira. Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os gráficos PDF's gerados com os dados da estação sismográfica PORB, onde é possível observar a grande influência das variações de temperatura antes da cobertura do abrigo do sensor com terra.

Na Figura 5 é mostrado o gráfico PDF gerado com os dados da estação sismográfica PAZB, que é usada para ilustrar a região de influência de terremotos distantes.

Nesta primeira fase deste trabalho, o PQLX foi testado exaustivamente, e a próxima etapa consistirá em caracterizar os espectros de sismos locais e regionais nessas estações sismográficas, o que será usado para a elaboração de novos algoritmos de *triggers* para detecção de sismos próximos.

O PQLX também será testado em estudos de sísmica passiva, e será usado nos estudos de vibrações sísmicas ambientais do autor. Todos esses estudos serão concatenados no Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geofísica do autor.

Conclusão

O PQLX se mostrou uma ferramenta versátil, rápida e extremamente útil para a realização de controle de qualidade de dados sismológicos, e tem um grande potencial para ser empregado em outros tipos de estudo, como sísmica passiva para exploração de petróleo e microzonificação sísmica de grandes cidades.

A boa definição do gráfico PDF com os dados utilizados demonstram o quanto o software é eficaz na identificação dos pontos frágeis de uma estação sismográfica, podendo ser utilizado na identificação desses pontos para a realização de melhorias em estações sismográficas, principalmente da rede permanente que está sendo instalada no Brasil (**Pirchner et al., 2011**).

Agradecimentos

A equipe de informática do Grupo de Sismologia do IAG/USP pela instalação do PQLX, elaboração do banco de dados sismográficos, e apoio constante na utilização do software. Ao Prof. Eder pelo apoio de infra-estrutura e pela cordial amizade.

Referencias

Hasselmann, K. (1963). A statistical analysis of the generation of microseisms, *Rev. Geophys.*, 1, 177-209.

Longuet-Higgins, M.S. (1950). A theory of the origin of microseisms, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 243, 1-35.

Mcnamara, D. E. & Buland, R.P. (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94(4),1517-1527.

Mcnamara, D.E. & Boaz, R.I. (2005). Seismic noise analysis system, power spectral density probability density function: standalone software package: United States Geological Survey Open File Report, 2005-1438, 30p.

Peterson, (1993). Observation and modeling of seismic background noise, U.S. Geol. Surv. Tech. Rept., 93-322, 1-95.

Prichiner, M.; Collaço, B.; Calhau, J.; Assumpção, M. & Dourado, J.C. (2011). The BRAZilian Seismographic Integrated Systems (BRASIS): infrastructure and data management, *Annals of Geophysics*, 54(1), doi: 10.4401/ag-4865, 17-22.

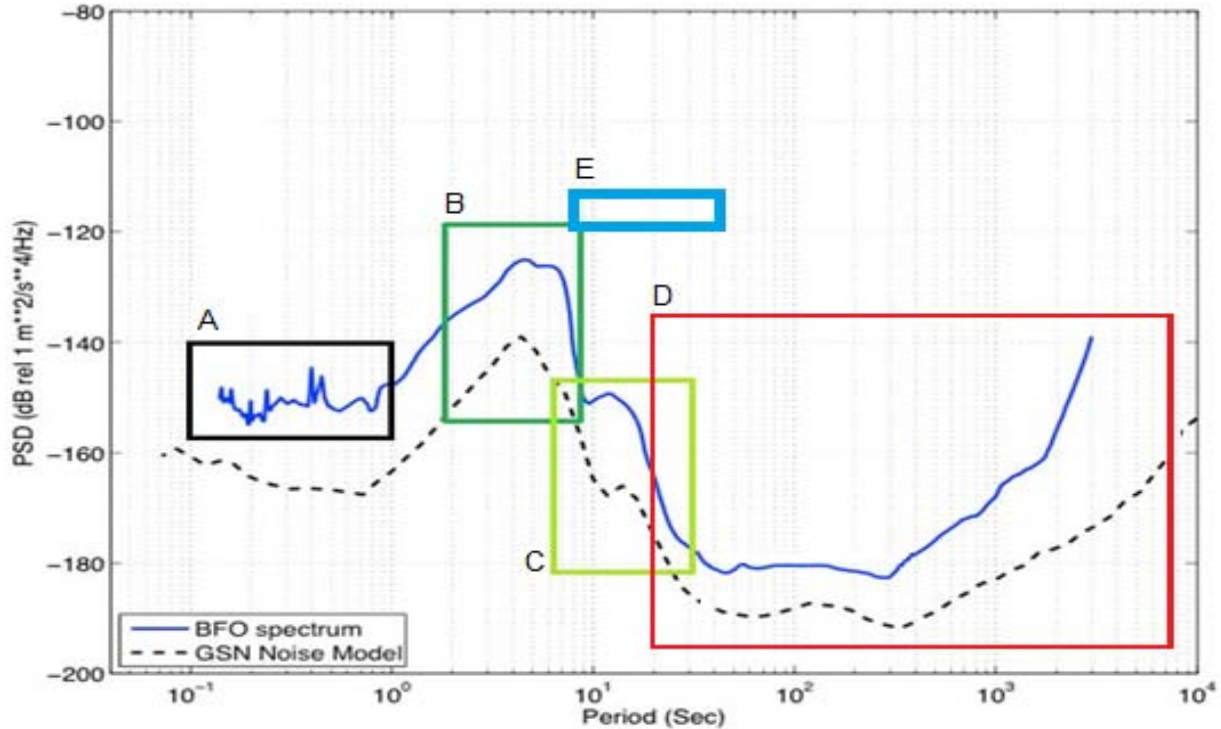


Figura 1: As áreas selecionadas representam as regiões específicas de influencia de cada ruído. (A) Preto é a região de ruído cultural; (B) verde escuro é a superposição de ondas oceânicas de igual período que viajam em direções opostas (conhecido como pico de frequência dupla); (C) verde claro é a interação do oceano com a costa com origem de ondas Rayleigh; (D) vermelho é a parte do sinal que sofre influência da variação de temperatura; e (E) azul é a região de influência de terremotos distantes.

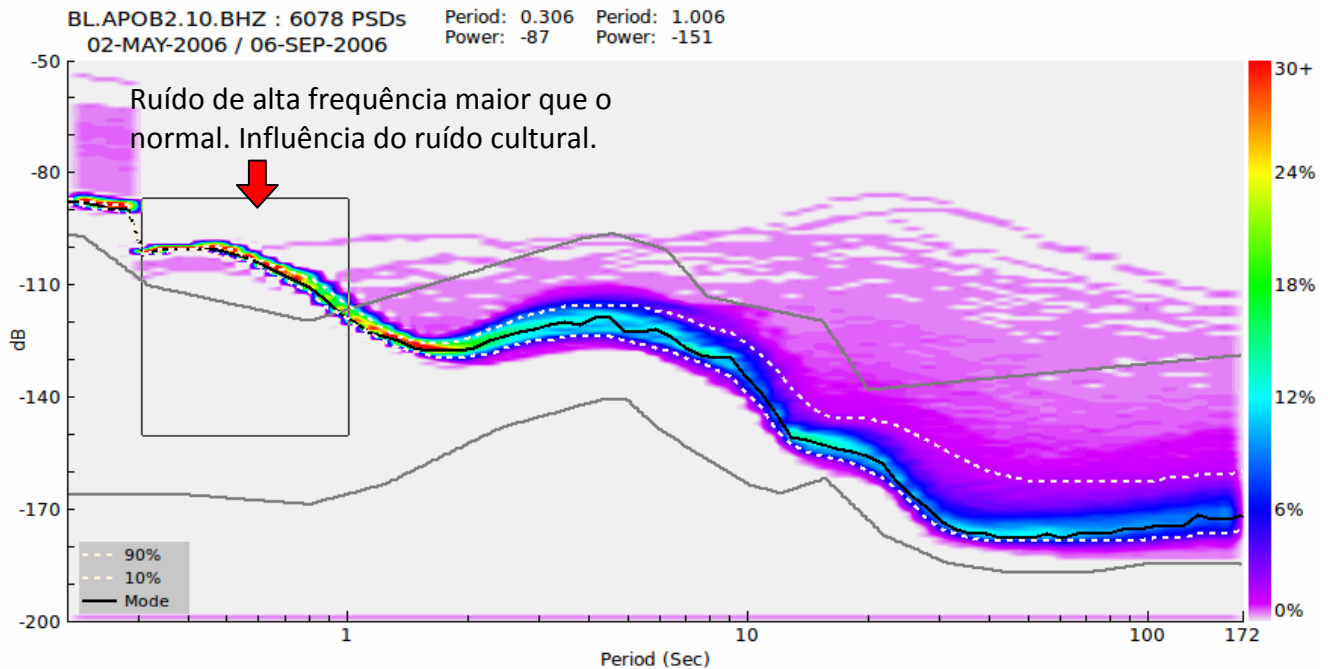


Figura 2: Gráfico PDF gerado com dados da estação APOB2 componente Z apresenta a influência dos ruídos culturais.

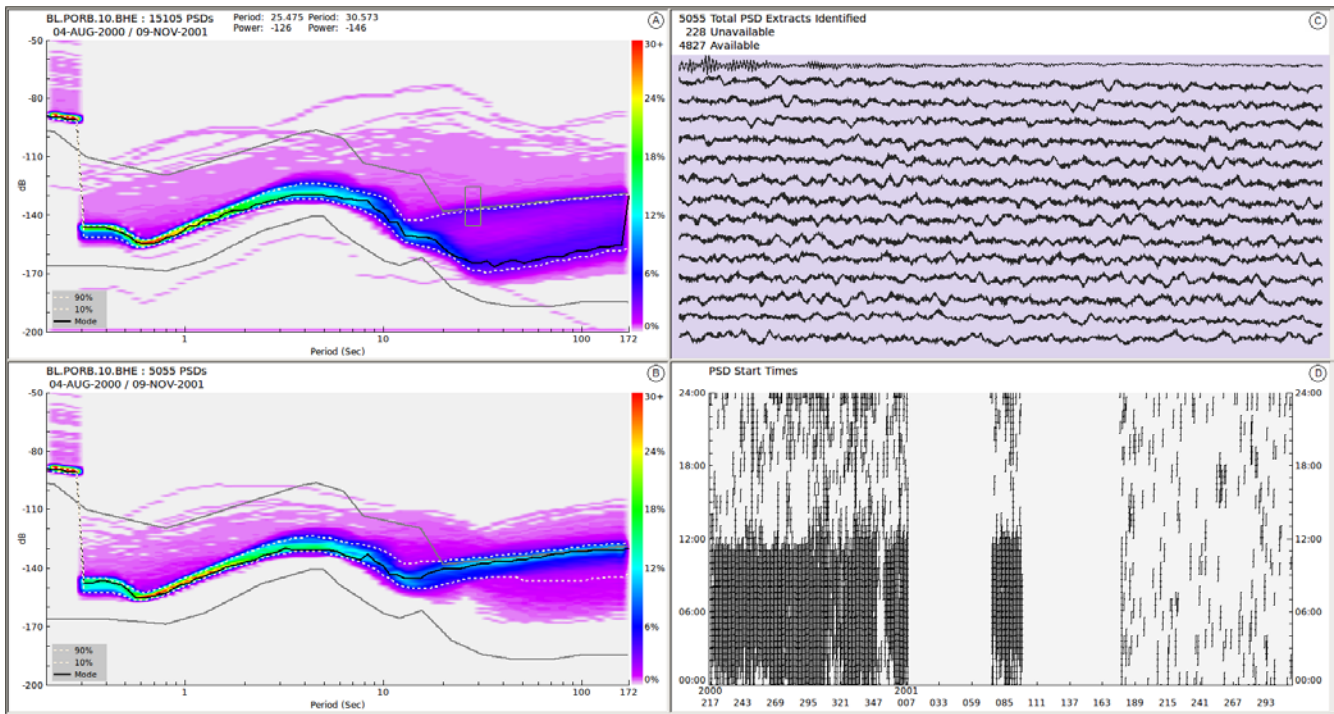


Figura 3: Gráficos ilustrando a influência da variação de temperatura. (A) Gráfico PDF gerado com todos os dados da estação PORB (componente leste-oeste), sendo que o retângulo é a região selecionada, a qual produz o gráfico PDF mostrado em (B), o qual reúne todos os sinais com as PSD que estão contidas na região selecionada. (C) Sismogramas selecionados pelo retângulo mostrado em (A). (D) Data e hora dos eventos selecionados no mesmo retângulo.

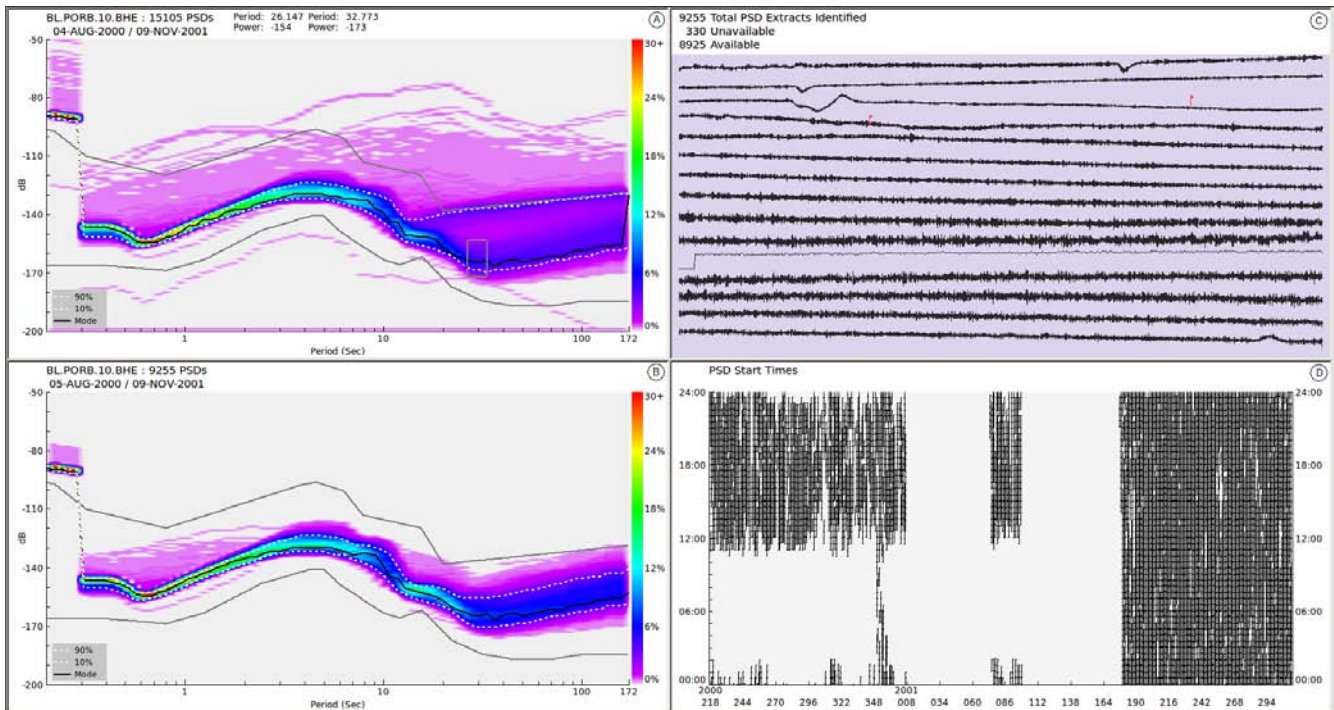


Figura 4: Gráficos ilustrando a influência da variação de temperatura. (A) Gráfico PDF gerado com todos os dados da estação PORB (componente leste-oeste), sendo que o retângulo é a região selecionada, a qual produz o gráfico PDF mostrado em (B), o qual reúne todos os sinais com as PSD que estão contidas na região selecionada. (C) Sismogramas selecionados pelo retângulo mostrado em (A). (D) Data e hora dos eventos selecionados no mesmo retângulo.

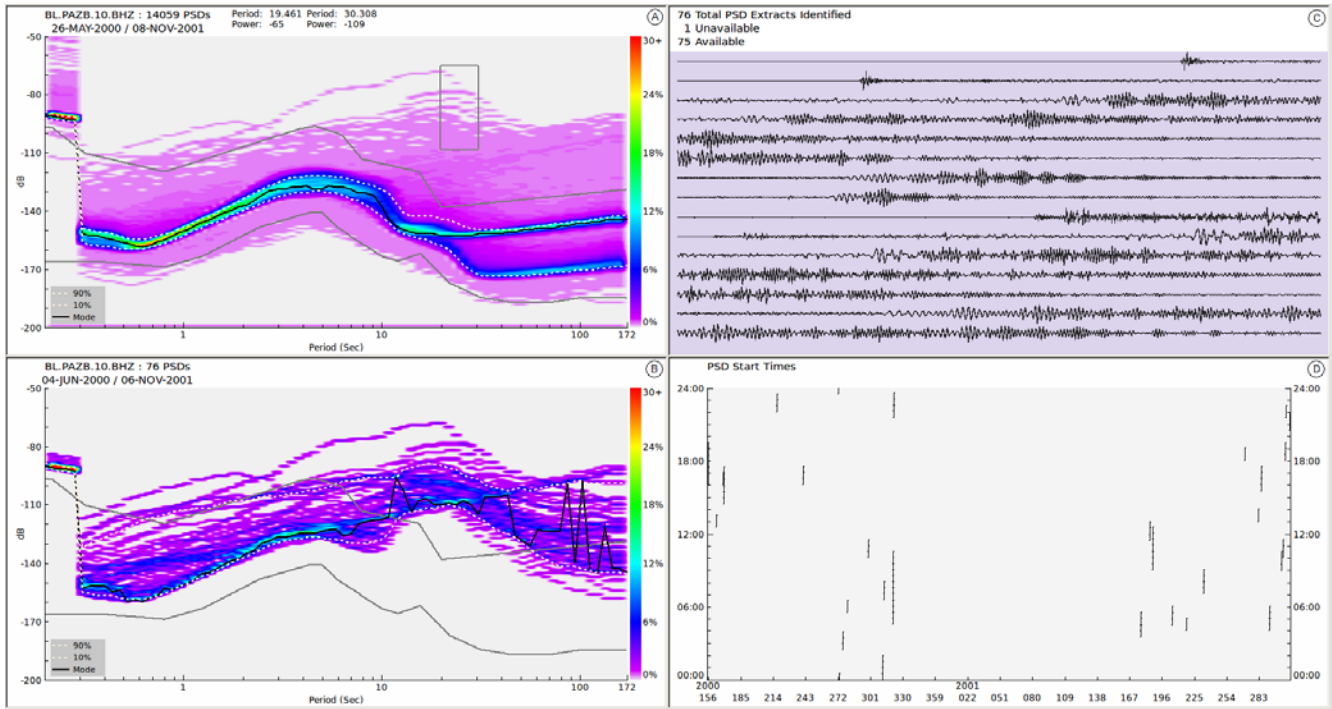


Figura 5: Gráficos que ilustram a influência de terremotos. (A) Gráfico PDF gerado com todos os dados da estação PAZB (componente vertical) , sendo que o retângulo é a região selecionada, a qual produz o gráfico PDF mostrado em (B), o qual reúne todos os sinais com as PSD que estão contidas na região selecionada. (C) Sismogramas selecionados pelo retângulo mostrado em (A). (D) Data e hora dos eventos selecionados no mesmo retângulo.