

## **ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ**

**BOLETIM SÍSMICO Nº 10**

JULHO - SETEMBRO 2011

**Preparado para**



**elaborada pela**



**São Paulo, Outubro de 2011**

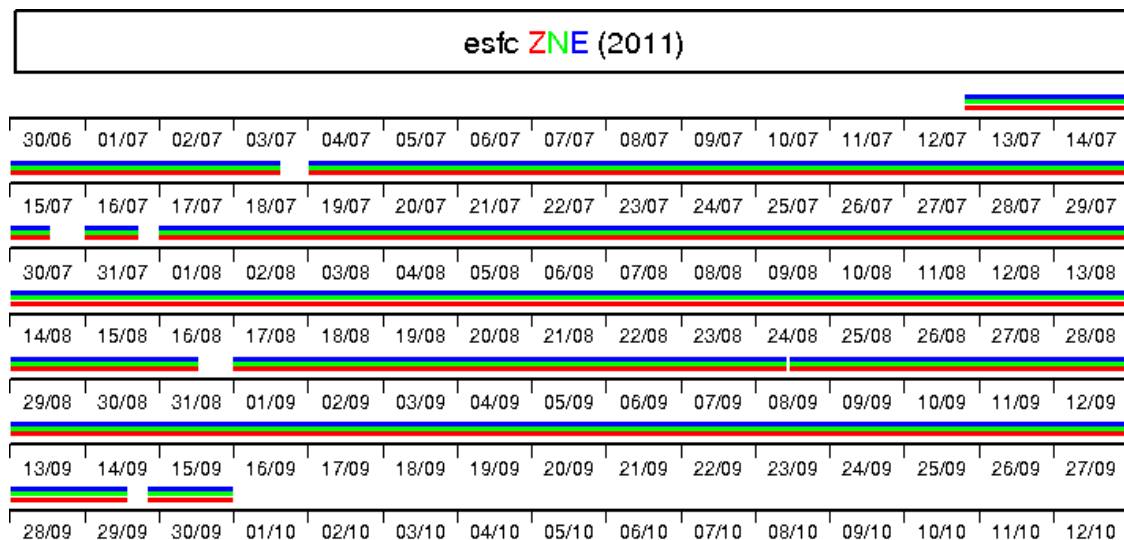
## ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ

### BOLETIM SÍSMICO No. 10

JULHO - SETEMBRO DE 2011

No presente Boletim Sísmico são apresentados os resultados da análise dos dados registrados na Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, no trimestre JULHO – SETEMBRO de 2011.

A ESFC começou a operar em 04 de maio de 2009. A eficiência da ESFC tem sido maior que 80% nos últimos três trimestres, atingindo no trimestre Março - Junho 2011, uma eficiência de 80% e no trimestre anterior ao presente boletim, essa eficiência foi de 86%. No trimestre JULHO - SETEMBRO, correspondente a este boletim, a eficiência da ESFC foi de 84%, como se mostra na **Figura 1**. Os dados no intervalo de 1 até 12 de julho não foram registrados, devido a problemas técnicos, as demais paradas ocorreram durante a coleta dos dados.



**Figura 1-** Calendário de operação da ESFC nos trimestre JULHO - SETEMBRO 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde, componente norte-sul e azul, componente leste-oeste. A ESFC operou 84% do intervalo analisado.

Para análise dos dados foi utilizado o programa WAP (Wave Analysis Program) desenvolvido na **BERROCAL & ASSOCIADOS**. O resultado da análise da estação ESFC apresentou dois eventos sísmicos, os quais foram considerados prováveis explosões ocorridas em pedreiras e/ou obras de engenharia a uma distância aproximada de 13 quilômetros. Na **Tabela 1** é apresentado a listagem destas prováveis explosões.

**Tabela 1-** Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados, registrados na ESFC no trimestre Julho - Setembro 2011.

N°	Data	Ho (UT)	Lat.	Long.	Dist. da ESFC	m <sub>d</sub>	Observação	Figura
1	14-jul	19:42:53,29	-	-	13,35 km	1,4	explosão	Fig. 3
2	28-set	16:36:30,05	-	-	12,32 km	1,7	explosão	Fig. 4

**OBS. Ho (UT):** hora de origem do evento em tempo universal; **Lat.** e **Long.** são as coordenadas do epicentro; **m<sub>d</sub>** é o valor médio da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma.

No caso dos dois eventos sísmicos, os valores de **Ho** são típicos horários de explosões realizadas em pedreiras e os valores de **Dist. da ESFC** em ambos os casos concordam com a distância até a pedreira identificada na **Figura 2**.

Na **Tabela 2** é apresentado a listagem de alguns telessismos que foram registrados na estação ESFC, nesta tabela está listado a data e hora de origem dos telessismos e os seguintes parâmetros como: data, latitude e longitude, profundidade focal e magnitude. (dados do U. S. Geological Survey)

Foram registrados pela ESFC, no trimestre JULHO – SETEMBRO 2011, vários telessismos e alguns deles são listados na **Tabela 2**.

**Tabela 2-** Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados, registrados na ESFC no trimestre Julho - Setembro 2011.

N°	Dia	Ho (UT)	Lat.	Long.	Prof.km	m <sub>b</sub>	Origem	Figura
1	16-jul	00:26:12,64	-33,82	-71,83	20	6,0	Central – Chile	Fig. 5
2	24-ago	17:46:11,65	-7,64	-74,52	147	7,0	Norte do Peru	Fig. 6
3	02-set	13:47:09,64	-28,39	-63,07	577	6,7	Santiago – ARG	Fig. 7

**OBS. Ho (UT)** é a hora de origem em Tempo Universal; **h** é a profundidade do foco em km; **m<sub>b</sub>** é a magnitude na escala de Richter.

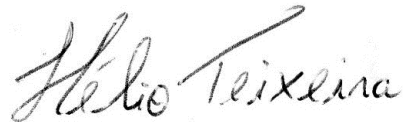
No intervalo do presente Boletim, não ocorreram eventos sísmicos naturais locais e regionais na região de influência do reservatório de Foz do Chapecó.

A estação ESFC-P3 está operando desde 31 de agosto de 2011, os dados registrados nesta estação até o presente Boletim serão coletados na próxima viagem a Foz do Chapecó que esta prevista para novembro ou dezembro de 2011.

São Paulo, outubro de 2011



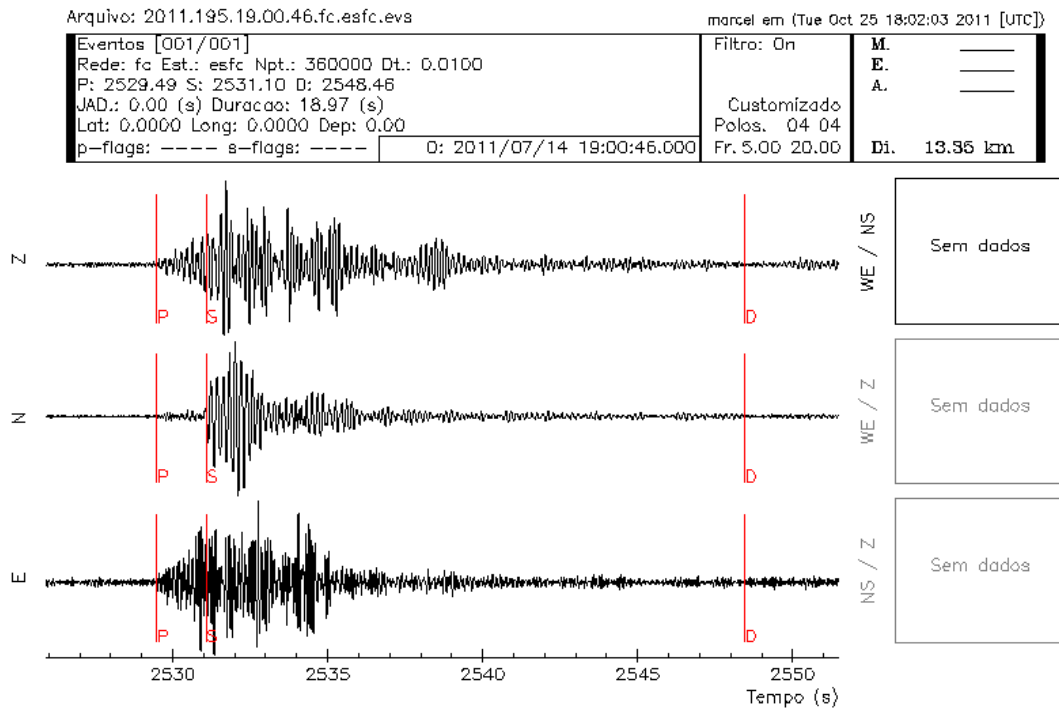
Jesus Berrocal  
Sismólogo



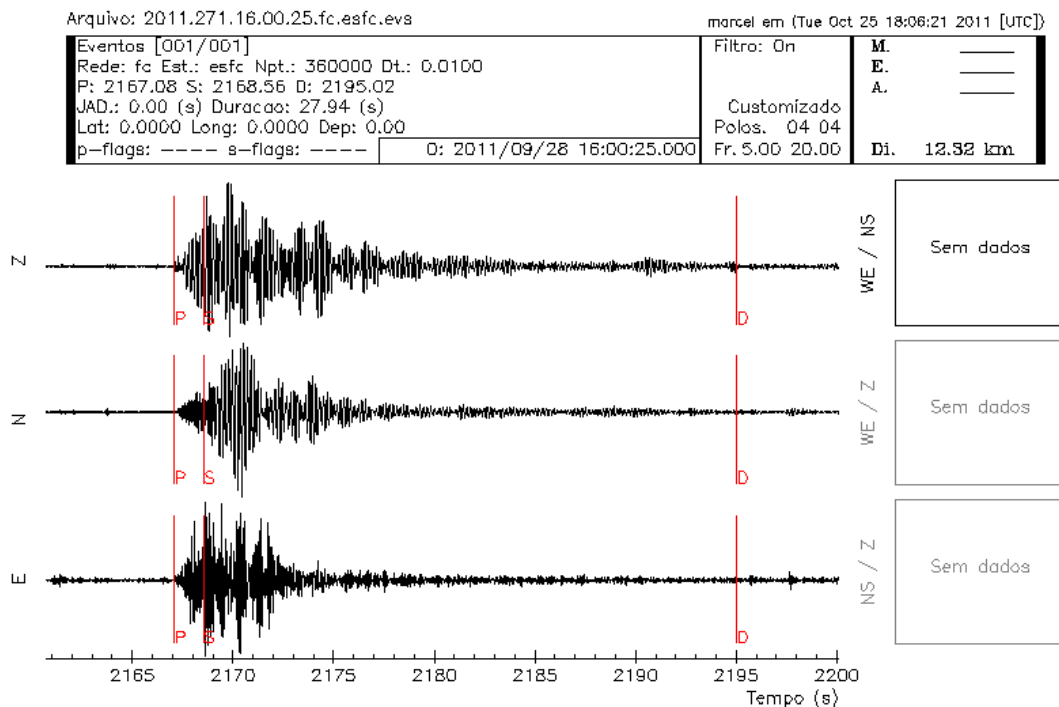
Hélio Augusto C. Teixeira  
Sismólogo



**Figura 2** - Mapa mostrando a localização da Barragem Foz do Chapecó, das estações da rede RSFC e da Pedreira 1, localizada na beira da estrada BR-283.  
**Fonte:** Google Earth.

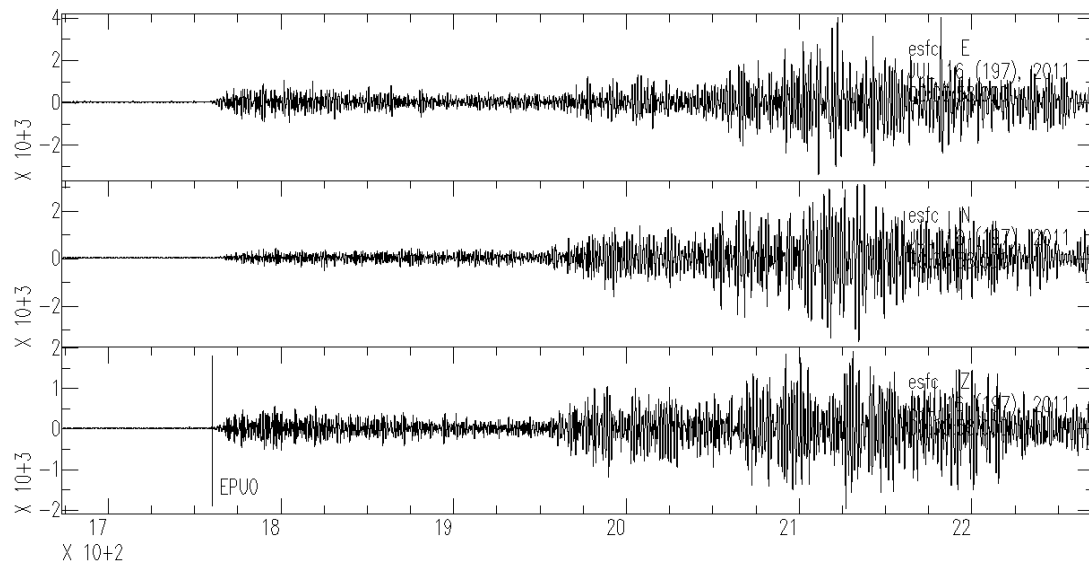


**Figura 3** - Provável explosão, ocorrida em 14.07.2011 as 19:42:53,29 h (UT), localizada a aproximadamente 13 km da estação ESFC. **Obs:** Horário típico de detonação em pedra (~ 17:00 no horário de Brasília)

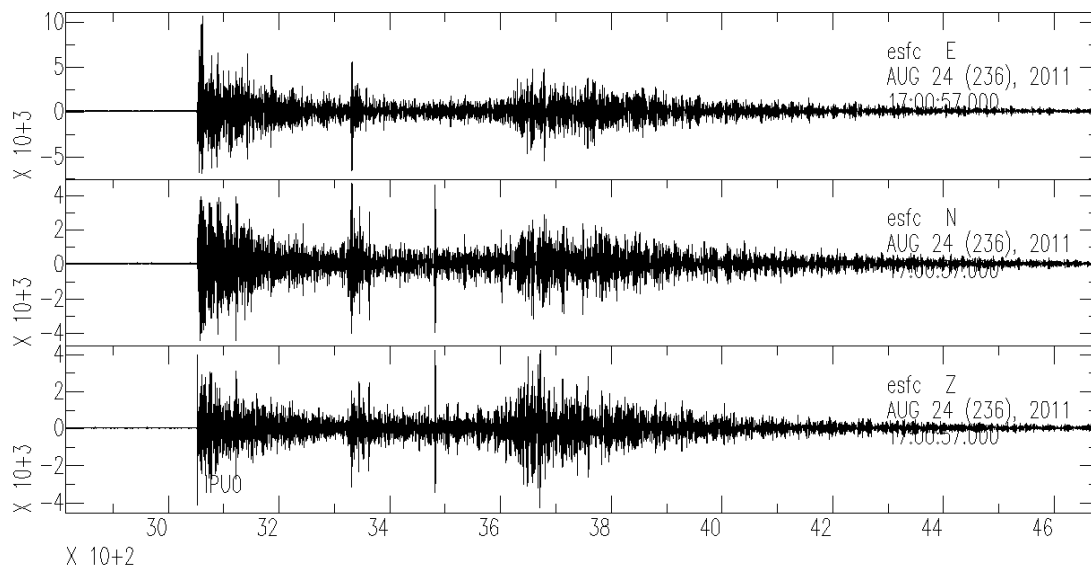


**Figura 4** - Provável explosão, ocorrida em 28.09.2011 as 16:36:30,05 h (UT), localizada a aproximadamente 13 km da estação ESFC. **Obs:** Horário típico de detonação em pedra (~ 13:30 no horário de Brasília)

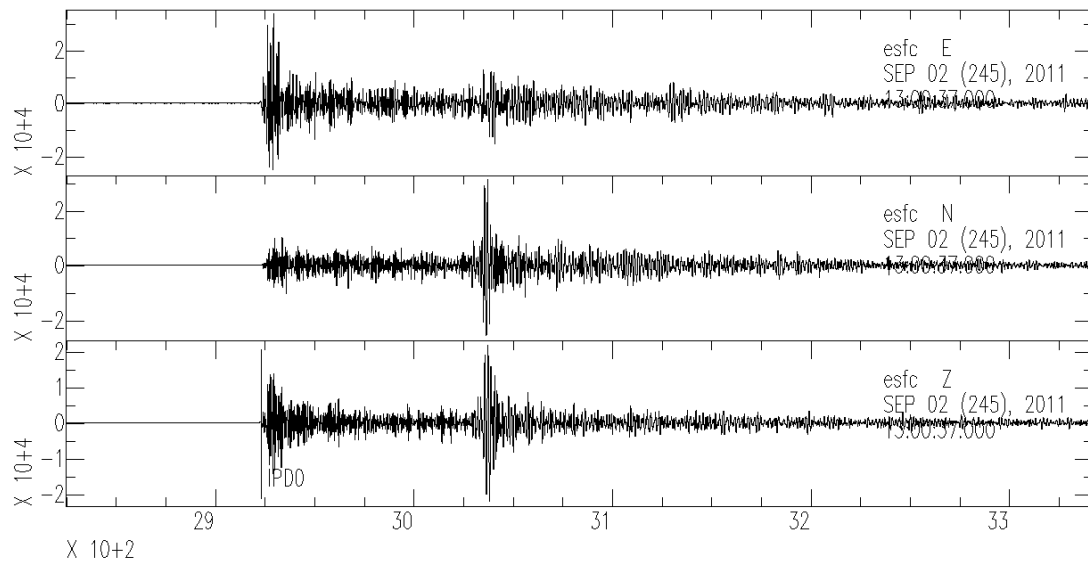




**Figura 5** - Telessismo de magnitude  $m_b$  6,0 ocorrido na região Central – Chile em 16 de junho de 2011, as 00:26:12,64 hora UT. Note a fase P claramente registradas na estação ESFC.



**Figura 6** - Telessismo de magnitude 7,0  $m_b$ , ocorrido no norte do Peru em 24 de agosto de 2011 as 17:46:11,65 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.



**Figura 7** - Telessismo de magnitude 6,7  $m_b$ , ocorrido na cidade de Santiago na Argentina em 02 de setembro de 2011 as 13:47:09,64 hora UT, que foi registrado na estação ESFC.



# LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA REGIÃO DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO CHAPECÓ

RELATÓRIO TÉCNICO Nº 6

Boletim Sísmico Nº 11

Preparado para

**Foz do Chapecó**   
Foz do Chapecó Energia S.A.

e elaborada pela

**BERROCAL &  
ASSOCIADOS**   
SOLUÇÕES E INOVAÇÕES GEOFÍSICAS LTDA

São Paulo, 6 de março de 2012



## Conteúdo

1	INTRODUÇÃO .....	3
2	OPERAÇÃO DA ESFC e RSFC-P3 NO SEGUNDO SEMESTRE DE 2011	4
3	UTILIZAÇÃO DO SISMÓGRAFO GURALP EM SUBSTITUIÇÃO ÀS TRÊS ESTAÇÕES MONOCANAIS DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ .....	5
3.1	FASE DO PRÉ-ENCHIMENTO .....	5
3.2	FASE DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO .....	6
3.3	SITUAÇÃO ATUAL E CONTINUAÇÃO DA FASE DE PÓS- ENCHIMENTO .....	8
4	ALTERAÇÕES NA DISTRIBUIÇÃO DE SISMÓGRAFOS NAS ESTAÇÕES DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ .....	9
5	ANÁLISE DOS DADOS REGISTRADOS NA ESFC E P3-RSFC NO SEGUNDO SEMESTRE DE 2011 .....	9
6	DETONAÇÕES EM ROCHA PARA A SE FOZ DO CHAPECÓ .....	14
7	CONCLUSÕES .....	20
8	RECOMENDAÇÕES .....	21
A N E X O 1	.....	23
A N E X O 2	.....	38

---

# LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA REGIÃO DO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO CHAPECÓ

## RELATÓRIO TÉCNICO Nº 6

Boletim Sísmico Nº 11 - Outubro- Dezembro 2011

### 1 INTRODUÇÃO

O serviço “Levantamentos da Atividade Sísmica na região do Reservatório da UHE Foz do Chapecó”, solicitado pela **Foz do Chapecó Energia S.A.** está sendo executado pela empresa **BERROCAL & ASSOCIADOS, Soluções e Inovações Geofísicas Ltda.** Este serviço tem por finalidade auscultar a sismicidade existente na região desse reservatório e nas regiões vizinhas, em um raio de 100 km com centro no local da Barragem da UHE Foz do Chapecó – SC/RS, que foi construída nas coordenadas 27° 08' 22,75" Sul e 53° 02' 50,59" Oeste, no Rio Uruguai, próximo do extremo oeste da divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

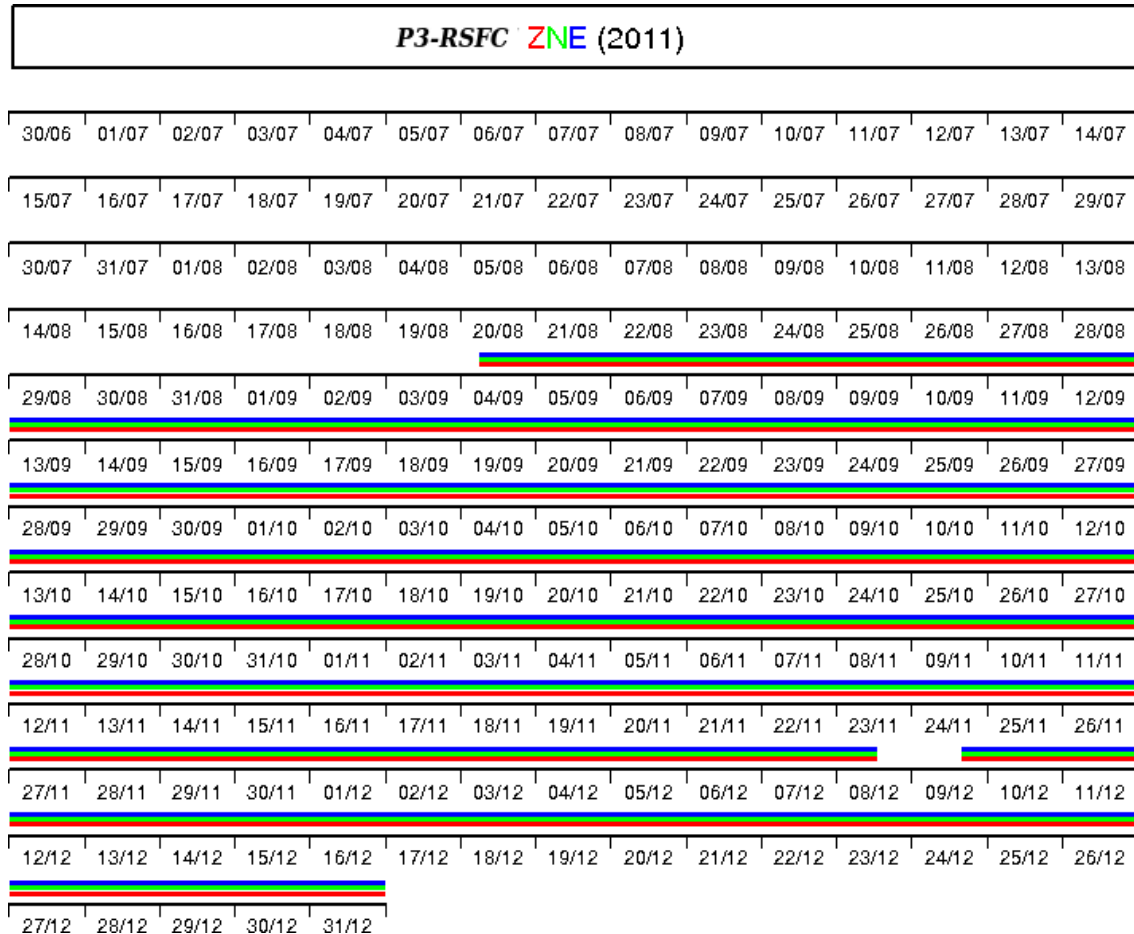
Neste relatório técnico são descritas as principais atividades relacionadas com a operação da Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) durante o terceiro e quarto trimestres de 2011, também são descritas as atividades relativas à manutenção das estações sismográficas que se encontram em operação no segundo semestre de 2011, e se apresenta a interpretação dos resultados da análise e processamento dos dados sísmicos registrados pela ESFC e RSFC-P3 no trimestre Outubro-Dezembro de 2011, os quais estão contidos no Boletim Sísmico Nº 11, apresentado no **Anexo 1** do presente Relatório Técnico

No segundo semestre de 2011 foram efetuadas as seguintes viagens técnicas a Foz do Chapecó, com os respectivos integrantes:

- 1) Entre 29 e 31 de agosto de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues), e
- 2) Entre 07 e 10 de dezembro de 2011 (H. Teixeira e S. Rodrigues).



Na **Figura 2** se apresenta o calendário de operação da estação RSFC-P3 que neste semestre começou a operar no dia 04 de setembro de 2011, para operar no intervalo Pós-enchimento do Reservatório Foz do Chapecó, que começou em 22 de agosto de 2010.



**Figura 2.** Calendário de operação da estação P3-RSFC no semestre Julho – Dezembro 2011, mostrando os intervalos sem operação. Em 08 de dezembro de 2011 foi instalado o sismógrafo *eentec* nesta estação. A P3-RSFC operou em torno de 64% do segundo semestre de 2011, por ter sido instalado somente em 04 de setembro. Desde esta data a eficiência da estação P3-RSFC passou para 99%.

### 3 UTILIZAÇÃO DO SISMÓGRAFO GURALP EM SUBSTITUIÇÃO ÀS TRÊS ESTAÇÕES MONOCANAIS DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ

#### 3.1 Fase do Pré-enchimento

O sistema telemétrico para a instalação das estações complementares em Foz do Chapecó foi encomendado da firma americana *eentec* em outubro 2009. Em dezembro a *eentec* solicitou o envio das frequências corretas para serem

instaladas nos equipamentos telemétricos. Nessa oportunidade, foi contratada a empresa **DRJ** RADIOCOMUNICAÇÃO LTDA, para nos assessorar na solicitação das frequências para utilizar em Foz do Chapecó. Essa empresa nos indicou três frequências, que não eram utilizadas na região oeste do estado de Santa Catarina, para serem enviadas à *eentec*, assim como elaborou um projeto solicitando à ANATEL as frequências recomendadas e com as quais estavam sendo construídos os transmissores e receptores da rede telemétrica de Foz do Chapecó.

As frequências requisitadas em janeiro de 2010 foram liberadas pela ANATEL em abril 2010, as quais foram diferentes das solicitadas pela DRJ. Em maio 2010 chegou o sistema telemétrico, com as frequências não autorizadas pela ANATEL. A troca de frequência tentou ser efetuada em vários centros especializados em São Paulo, porém isso não foi possível, finalmente em julho 2010 decidimos comprar os chips com as frequências corretas (as liberadas pela ANATEL) da própria *eentec*, os quais foram enviados em outubro 2010, com a finalidade de fazer a instalação desses chips nos transmissores e receptores do sistema telemétrico, por nossa conta.

Durante a visita dos técnicos da **B&A** a Foz do Chapecó entre 12 e 18 de abril 2010 os locais dos abrigos das estações remotas com enlace telemétrico da Rede Sismográfica de Foz do Chapeco, foram selecionados e testados.

### **3.2 Fase de Enchimento e Pós-enchimento**

Na visita dos técnicos entre 09 e 12 de junho foram construídos os abrigos das estações P2 e P3 da RSFC. Porém com o problema do sistema telemétrico que provocou a demora em instalar as frequências corretas nos transmissores e receptores desse sistema, e perante a proximidade do início do enchimento do Reservatório Foz do Chapecó, foi decidido instalar no local de uma das estações remotas um sismógrafo triaxial de alta sensibilidade (2.000 V/m/s) marca Guralp, para complementar o sistema sismográfico e permitir, com as duas estações triaxiais e de alta sensibilidade, a localização confiável dos epicentros dos prováveis sismos induzidos que poderiam ser provocados pelo enchimento do Reservatório Foz do Chapecó durante o estágio de enchimento.

Esse sismógrafo foi instalado no local da estação P2-RSFC em 02 de julho de

2010 e ficou operando até início de setembro desse ano. Infelizmente, o sismógrafo Guralp parou de operar prematuramente porque sua memória interna esgotou com dois meses de registro contínuo, devido, provavelmente, à maior amplitude do ruído de fundo, de modo que terminou na metade do tempo previsto, o que foi constatado na visita dos técnicos da **B&A** em 28 de outubro de 2010, quando deveria ser feita a coleta dos dados.

A visita a Foz do Chapecó, no intervalo entre 28 de outubro e 04 de novembro de 2010, teve também a finalidade de instalar os sismógrafos uniaxiais nos abrigos dos pontos P2 e P3 da RSFC, na qual participaram a Eng. Madeleine Barriga e os técnicos Sergio Rodrigues e Dennis Schramm da **B&A**. Foram instalados os sismógrafos uniaxiais nessas estações, com sinais não tão claros como seria necessário. Na primeira remessa dos dados coletados no sismógrafo da ESFC, foi constatado que a transmissão dos dados telemétricos não tinha funcionado depois que os técnicos da **B&A** voltaram para São Paulo.

Não foi possível nessa viagem de outubro/novembro, copiar no local da estação P2-RSFC, os dados registrados na memória interna do sismógrafo Guralp, por tal motivo esse sismógrafo teve que ser trazido para São Paulo, em nosso Laboratório de Sismologia, para recuperar os dados registrados. Por este motivo, durante o trimestre Outubro – Dezembro 2010 ficou operando em Foz do Chapecó somente o sismógrafo triaxial instalado na ESFC.

Durante o primeiro semestre de 2011, foram efetuadas várias viagens dos técnicos da **B&A** com a intenção de instalar as estações uniaxiais com enlace telemétrico: entre 11 e 15 de janeiro, entre 17 e 19 de março e entre 18 e 21 de maio de 2011.

Nessas viagens foram feitas várias tentativas para recuperar os sismógrafos uniaxiais com enlace rádio telemétricos, foram revisadas as orientações das antenas, tanto no ponto de transmissão, quanto no de recepção. Foi conseguido que esses sistemas de transmissão por rádio trabalhassem, porém não era possível manter uma continuidade dessa situação. A qualidade da transmissão estava muito próxima do limite mínimo de modo que qualquer alteração que desviasse muito pouco a direção das antenas, impedia a transmissão. Inclusive foi revisado o registrador de seis canais e o rack onde



---

estão instalados os receptores e os demoduladores do sistema telemétrico.

Em maio de 2011 foi instalado o sismógrafo uniaxial no ponto P2 da RSFC, entretanto, o sistema telemétrico operou, com algumas falhas no sinal, durante aproximadamente cinco dias, como se informou no Relatório Técnico N° 5. De acordo com a análise desses dados e informações sobre o funcionamento do Rack do sistema telemétrico enviadas pelo técnico da Foz de Chapecó Energia que coleta os dados da ESFC, foi constatado que a falha deve estar na transmissão/recepção dos sinais, porque o sismógrafo de seis canais da *eentec* registrou os dados temporariamente.

Foi programada uma visita técnica em agosto de 2011 para tentar resolver esse problema, porém apesar das mudanças na potência de transmissão dos transmissores, não conseguimos um sinal claro nos testes efetuados nessa visita de agosto. Perante essa situação, o sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade modelo CMG-6TD da Guralp, foi instalado na estação P3-RSFC no último dia dessa visita de técnicos de nossa empresa a Foz do Iguaçu, em 04 de setembro de 2011.

### **3.3 Situação Atual e Continuação da Fase de Pós-enchimento**

O sismógrafo triaxial Guralp foi instalado na visita técnica de agosto 2011, desta vez, com a intenção de substituir definitivamente as estações uniaxiais com conexão telemétrica da RSFC, depois de ter constatado categoricamente que o enlace telemétrico adquirido da firma *eentec*, *com problemas na fixação das frequências*, não tem condições de operar nesse enlace telemétrico em Foz do Chapecó.

Utilizando dois sismógrafos de banda larga e de alta sensibilidade é possível melhorar a determinação epicentral dos eventos sísmicos registrados nas duas estações, visto que neste caso teremos dois valores do backazimute e duas distâncias epicentrais independentes, o que permite uma boa localização do epicentro desses eventos, como veremos mais adiante.

Mesmo assim, no caso de ficar evidente que está ocorrendo atividade sísmica induzida pelo Reservatório Chapecó, durante o resto da Fase de Pós enchimento, existe o compromisso até o final do intervalo de duração deste serviço (maio de 2013) da **BERROCAL & ASSOCIADOS Ltda** instalar um

---

terceiro sismógrafo de banda larga no local já construído para a estação P2-RSFC, para efetuar um estudo mais detalhado dessa atividade sísmica.

#### **4 ALTERAÇÕES NA DISTRIBUIÇÃO DE SISMÓGRAFOS NAS ESTAÇÕES DA REDE SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ**

Para evitar ou minimizar os problemas que têm afetado os sismógrafos utilizados em Foz do Chapecó, foi decidido solicitar a participação do técnico da Foz do Chapecó Energia, que até então somente se dedicava a coletar os dados da ESFC registrados no sismógrafo *eentec*, a coletar os dados das duas estações ESFC e P3-RSFC, onde estava operando o sismógrafo triaxial Guralp.

Essa participação começou em dezembro de 2011, durante a última visita dos técnicos da **B&A** à Foz do Chapecó, quando houve a oportunidade de mostrar ao engenheiro Sandro Tetsuo Emoto, da FCE, o local onde foi instalada a estação P3-RSFC e treiná-lo sobre a operação do sismógrafo Guralp para a recuperação dos dados..

Nessa visita de dezembro 2011 foi efetuada também a troca dos sismógrafos entre as duas estações, de modo que o sismógrafo Guralp que operava na estação P3-RSFC passou a operar na ESFC a partir de 08 de dezembro de 2011, e o sismógrafo *eentec* passou a operar na estação P3-RSFC a partir de 09 de dezembro de 2011. Com estas alterações os dois sismógrafos serão vistoriados, pelo menos, a cada 10 a 15 dias, durante a recuperação de seus dados, e o sismógrafo Guralp, que é mais suscetível a ser afetado pelas mudanças climatológicas estará funcionando num local onde existe contato telefônico que pode ser utilizado em caso de ser necessário, para se comunicar com o Laboratório de Sismologia da **B&A**.

#### **5 ANÁLISE DOS DADOS REGISTRADOS NA ESFC E P3-RSFC NO SEGUNDO SEMESTRE DE 2011**

Durante o semestre Julho – Dezembro, 2011 foram registrados pelas estações sismográficas que operam em Foz do Chapecó dez eventos sísmicos, 2 dos

quais estão listados na **Tabela 1** apresentada no Boletim Sísmico N° 10 e oito deles estão listados na **Tabela 2**, apresentada no Boletim Sísmico N° 11, o qual se apresenta no **Anexo 1** deste Relatório.

**Tabela 1-** Parâmetros dos eventos sísmico locais registrados na ESFC no trimestre Julho - Setembro 2011 de acordo com o Boletins Sísmico No 10. As coordenadas do evento N° 2 foram calculadas com os dados do sismógrafo Guralp da estação P3-RSFC, disponibilizados somente depois da elaboração do boletim. N° 10.

N°	DATA	Ho (UT)	Lat.	Long.	m <sub>d</sub>	Observação	Figuras
1	14/07/2011	19:42:53.29			1,4	13 km de ESFC	
2	28/09/2011	16:36:30,05	-27,1	-52,8	1,7	Expl. Pedreira 1	3 e 4

**OBS.** **Ho (UT):** hora de origem do evento em tempo universal; **Lat.** e **Long.** são as coordenadas do epicentro; **m<sub>d</sub>** é o valor médio da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma.

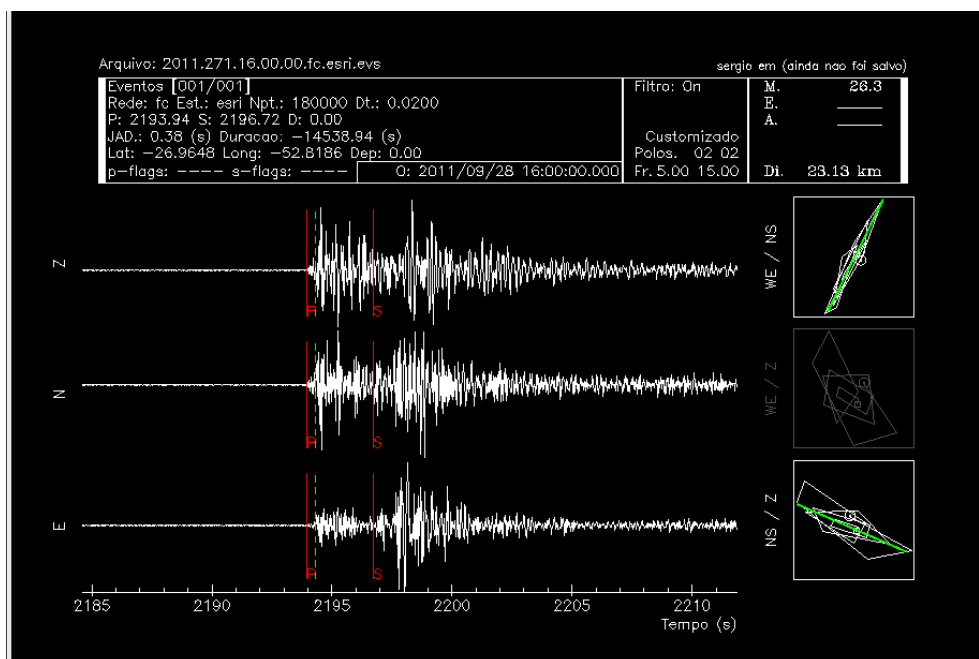
**Tabela 2-** Parâmetros dos eventos sísmico locais registrados na ESFC e na estação P3-RSFC no semestre Outubro - Dezembro 2011 de acordo com o Boletins Sísmico N° 11 (ver Anexo 1 deste Relatório). As figuras desta Tabela são apresentadas no Boletim Sísmico N° 11, no Anexo 1.

N°	DATA	Ho (UT)	Lat.	Long.	m <sub>d</sub>	Observação	Figuras
1	5/10/2011	19:03:21.921	-27,30	-53,04	1,2	Expl. Pedreira 3	<b>4A-B</b>
2	6/10/2011	19:26:33.258	-27,32	-53,03	2,1	Expl. Pedreira 3	<b>5A-B</b>
3	14/10/2011	16:42:49.422	-27,0918	-52,8021	1,5	Expl. Pedreira 1	<b>6A-B</b>
4	27/10/2011	18:30:31.91	-27,25	-53,3	2,4	Provável sismo	<b>7A-B</b>
5	23/11/2011	15:31:46.696	-27,06	-52,77	2,2	Expl. Pedreira 1	<b>8A-B</b>
6	2/12/2011	15:31:37.464	-27,09	-52,78	1,7	Expl. Pedreira 1	<b>9A</b>
7	22/12/2011	15:37:22.58	-27,0917	-52,8023	1,7	Expl. Pedreira 1	<b>10A-B</b>
8	22/12/2011	19:30:59.98	-27,17	-52,69	2,2	Provável sismo Exp. Pedreira 4	<b>11A-B</b>

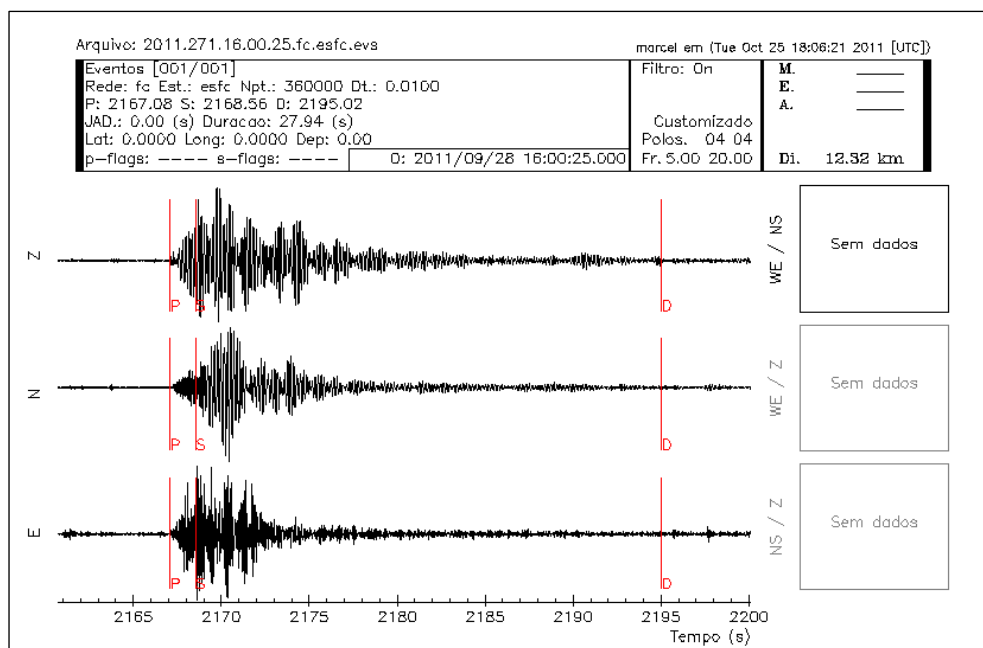
**OBS.** **Ho (UT):** hora de origem do evento em tempo universal; **Lat.** e **Long.** são as coordenadas do epicentro; **m<sub>d</sub>** é o valor médio da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma.

O evento N° 2 da **Tabela 1**, ocorrido em 28.09.2011, foi também registrado na estação P3-RSFC, porém estes dados não estavam disponíveis na ocasião de elaborar o Boletim Sísmico N° 10, os quais foram utilizados nesta oportunidade.

No sismograma da **Figura 3**, pode ser observada a boa qualidade do registro obtido na estação P3-RSFC, com o sismógrafo Guralp, que permitiu localizar seu epicentro com bastante precisão, juntamente com os dados do sismograma da **Figura 4**, apresentada anteriormente no Boletim Sísmico N°. 10. Esse epicentro coincide com a localização da Pedreira 1.



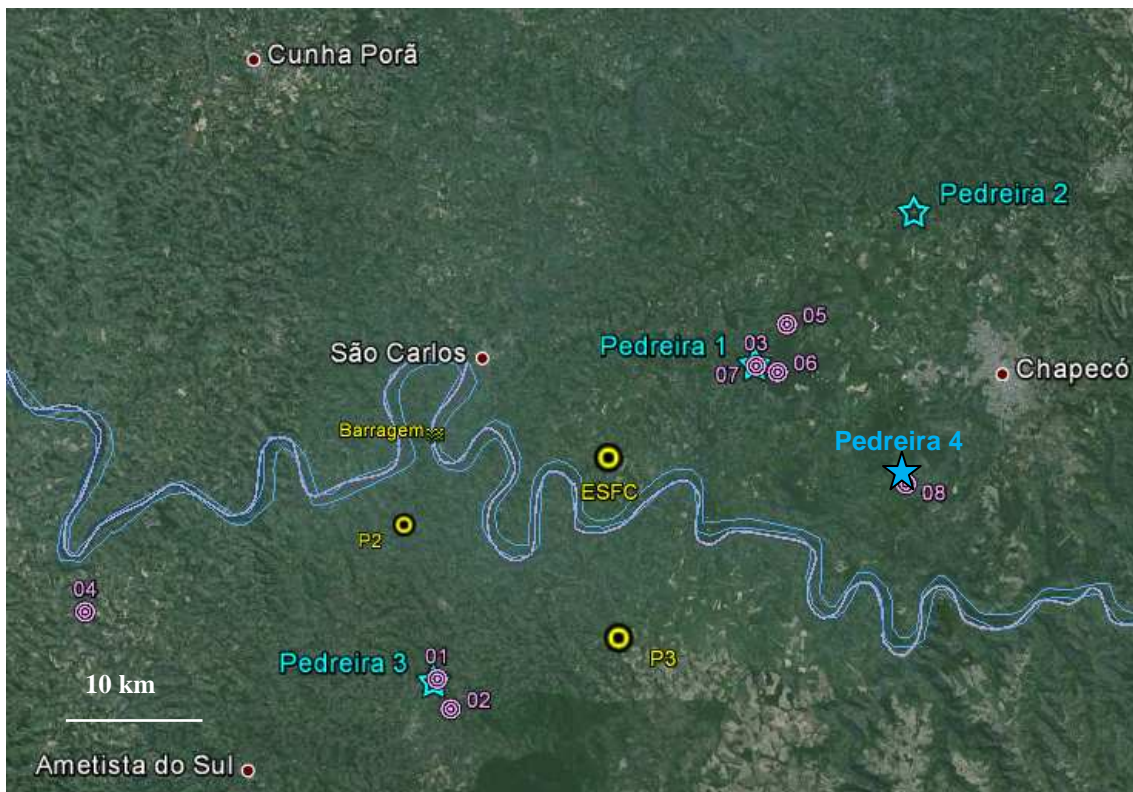
**Figura 3.-** Sismograma do evento sísmico No 2 da **Tabela 1** registrado na estação P3-RSFC no sísmógrafo Guralp, mostrando a boa qualidade do registro, que permitiu uma boa definição do backazimute ( $26,3^\circ$ ) e da distância epicentral (23,13 km).



**Figura 4** Explosão, ocorrida em 28.09.2011 às 16:36:30,05 h (UT), localizada a aproximadamente 13 km da estação ESFC. **Obs:** Horário típico de detonação em pedra (~13:30 no horário de Brasília). Neste caso só foi possível determinar a distância epicentral (12,32 km), o sinal ruidoso no início do evento não permitiu definir o backazimute.

Durante o trimestre Outubro – Dezembro 2011 foram registrados 8 eventos sísmicos cujos parâmetros epicentrais são listados na **Tabela 2** (Tabela 1 do Boletim Sísmico 11, ver Anexo 1 deste Relatório) dos quais 6 foram identificados com prováveis explosões e tiveram seus epicentros próximos da Pedreira 1 mostrada na **Figura 6** (eventos N<sup>os</sup>. 3, 5, 6 e 7 da **Tabela 2**), e da Pedreira 3 mostrada na **Figura 7** (eventos N<sup>os</sup> 1 e 2 da **Tabela 2**).

Dois eventos foram inicialmente classificados como prováveis sismos naturais, os eventos N<sup>o</sup> 4 e N<sup>o</sup> 8 da **Tabela 2**, entretanto uma pesquisa mais detalhada nas proximidade do epicentro do evento sísmico N<sup>o</sup> 8 mostrou a existência de uma pequena pedreira muito próximo à Pedreira 4 mostrada na **Figura 8**.



**Figura 5.** Mapa de epicentros dos eventos sísmicos listados na **Tabela 2**. A maioria dos epicentros estão concentrados ao redor das Pedreiras 1 e 3. Uma pedreira nova foi encontrada nas proximidades do evento sísmico N<sup>o</sup> 8 desta Tabela.





**Figura 6.-** Mapa da Pedreira 1 localizada na rodovia SC 248, entre Planalto Alegre e Chapecó. Esta pedreira é a mais importante da região por isso tem uma frequência maior de explosões.



**Figura 7.-** Mapa da Pedreira 3, uma pequena pedreira localizada na estradinha RS-324 entre os povoados de Alpestre e Planalto (RS).





**Figura 8.-** Mapa da pequena Pedreira 4, localizada a 3 km a NW da estrada SC-480 e a 10 km de Chapecó no trecho entre esta cidade e a ponte SC/RS no rio Uruguai.

A determinação dos epicentros dos eventos sísmicos listados na **Tabela 2**, e apresentados no mapa da **Figura 5**, mostra a eficiência da utilização de dois sismógrafos de banda larga, na monitoração da atividade sísmica de caráter local. Os epicentros dos eventos N<sup>os</sup> 1, 3, 7 e 8, desta Tabela têm seu epicentro praticamente no local das pedreiras onde essas explosões foram detonadas. Os epicentros dos eventos N<sup>os</sup> 2 e 6 foram localizados a pouco mais de 1 km das pedreiras onde foram detonados, neste caso, o epicentro do evento N<sup>o</sup> 6 foi localizado com dados de uma única estação (P3-RSFC) que nesse momento estava operando com o sismógrafo Guralp. O evento N<sup>o</sup> 5, é o único que teve seu epicentro um pouco mais afastado da possível fonte (Pedreira 1).

## **6 DETONAÇÕES EM ROCHA PARA A SE FOZ DO CHAPECÓ**

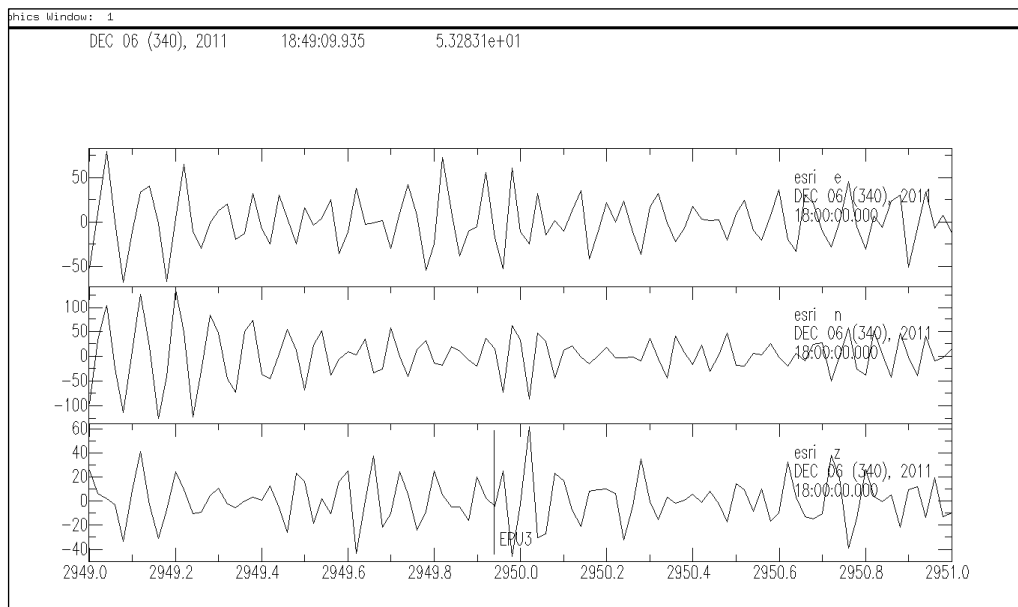
As detonações em rocha efetuadas para a SE Foz do Chapecó, durante os meses de dezembro de 2011 e janeiro de 2012, estão listadas na tabela apresentada no **Anexo 2** deste Relatório. Foram pequenas explosões com cargas entre 3,5 kg e 26,0 kg de explosivos. O objetivo desta tarefa é analisar se algumas dessas explosões foram registradas nas estações sismográficas

que monitoram a atividade sísmica em Foz de Chapecó.

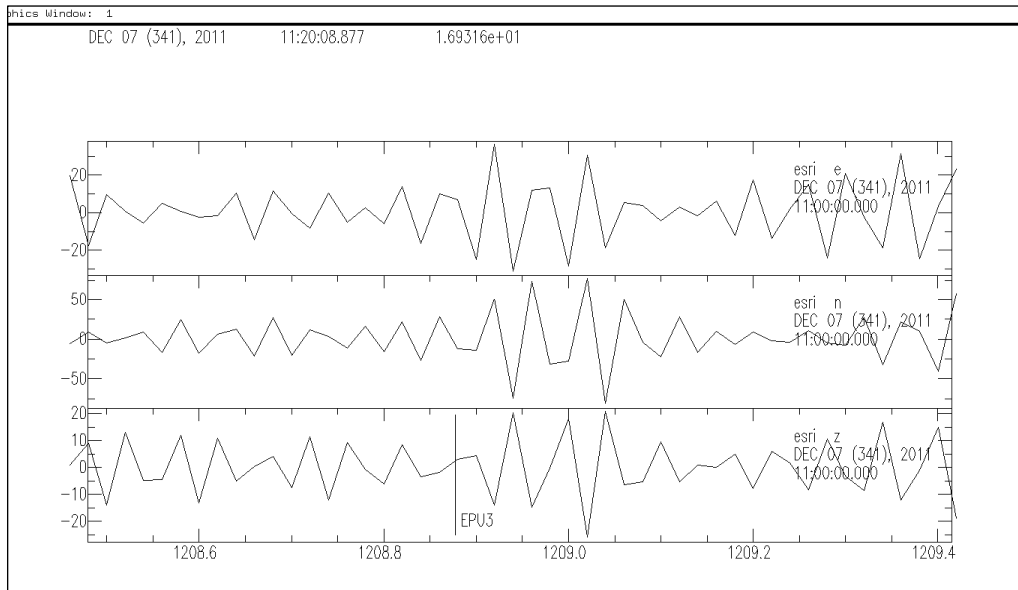
Durante o mês de dezembro, aparentemente, foram registradas algumas dessas explosões que estão listadas na **Tabela 3**.

**Tabela 3.-** Lista de detonações na SE Foz do Chapecó provavelmente registradas nas estações sismográficas de Foz do Chapecó

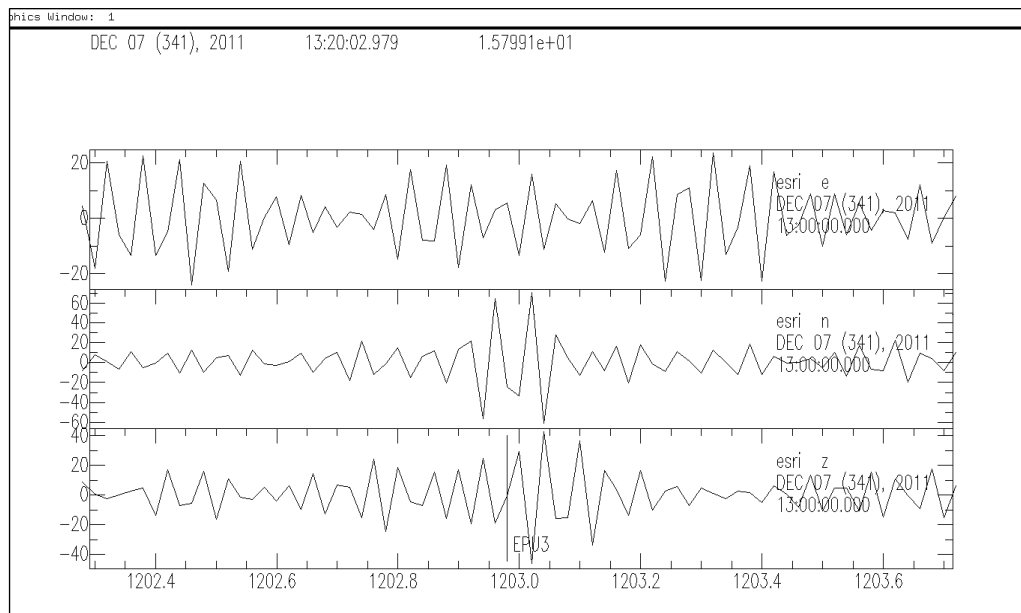
Fogo N°	Data	Furos	Total (ml)	Explos. (kg)	Cordel (ml)	Retardo (pç)	Hora Local/UT	Figura N°
06	06.12.2011	19	37,00	14,000	70	4	16:50/18:50	9
07	07.12.2011	18	24,00	12,000	50	4	09:20/11:20	10
08	07.12.2011	20	24,00	12,000	70	4	11:20/13:20	11
09	07.12.2011	18	27,00	13,000	60	6	15:15/17:15	12
35	20.12.2011	20	48,00	24,000	110	10	16:30/18:30	13
37	22.12.2011	15	27,00	9,000	60	7	10:30/12:30	14
39	26.12.2011	20	36,00	20,000	80	6	17:30/19:30	15
40	26.12.2011	20	31,50	18,000	80	4	15:30/17:30	16
41	29.12.2011	20	30,00	18,000	90	6	14:10/16:10	17



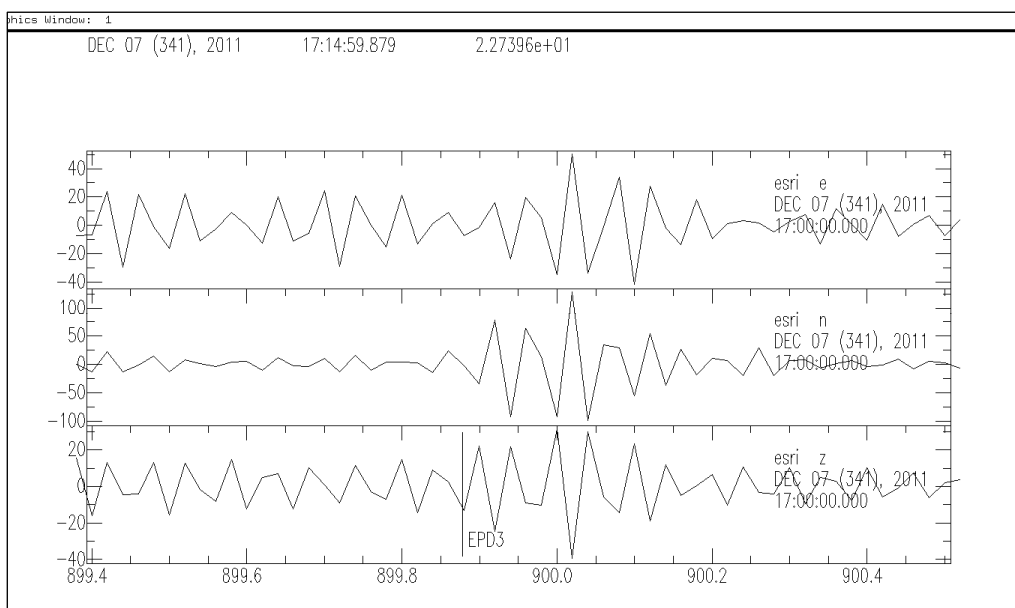
**Figura 9,-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 18:49:09,935 (hora UT) da detonação de 14 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo No 6 da Tabela 3, ocorrida em 06.12.2011 às 18:50 h (hora UT) e registrada na estação P3-RSFC.



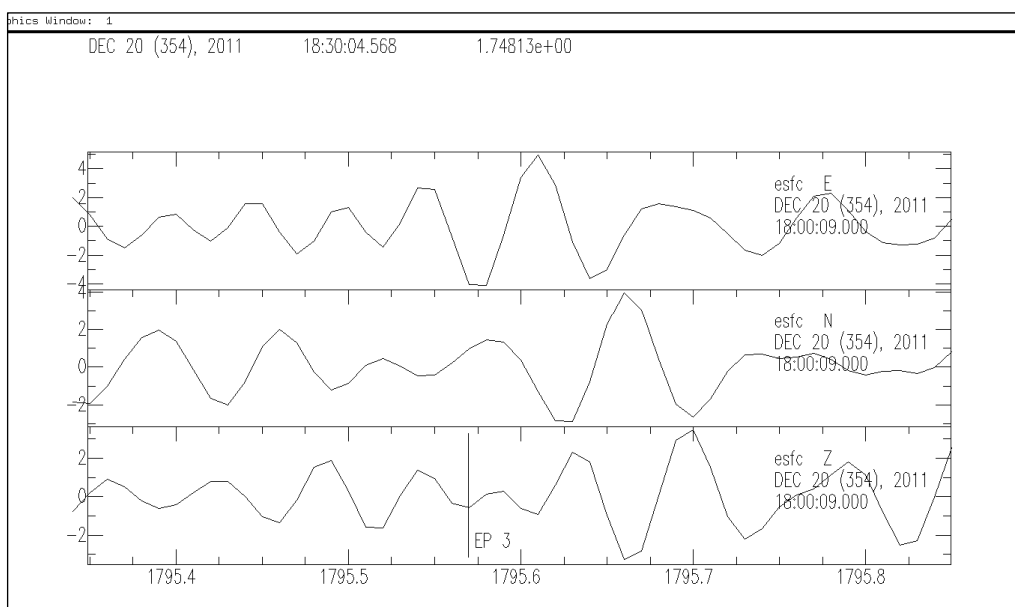
**Figura 10,-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 11:20:08,877 (hora UT) da detonação de 12 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo No 7 da **Tabela 3**, ocorrida em 07.12.2011 às 11:20 h (hora UT) e registrada na estação P3-RSFC .



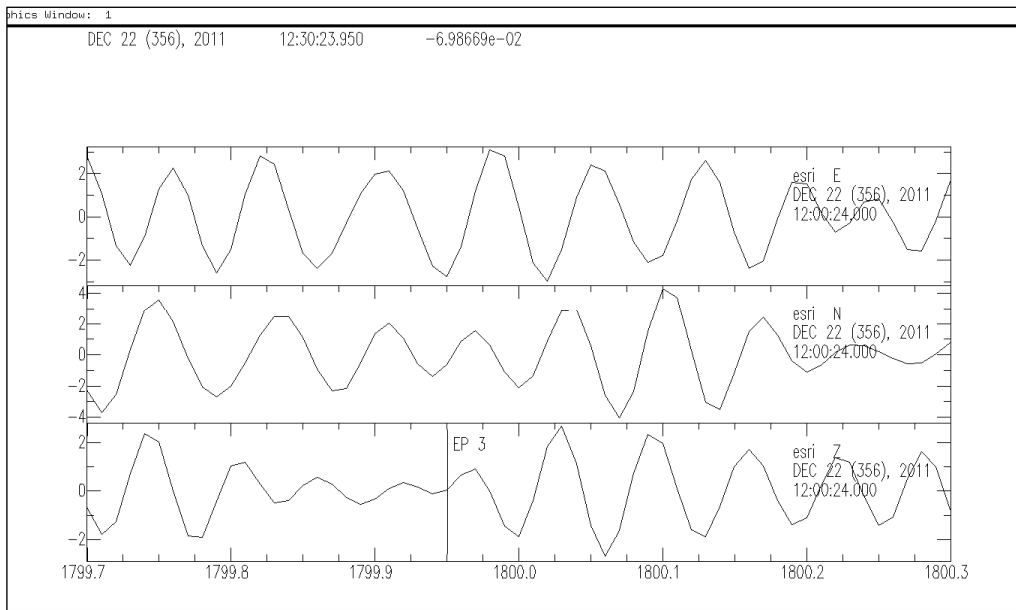
**Figura 11,-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 13:20:02,979 (hora UT) da detonação de 12 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 8 da **Tabela 3**, ocorrida em 07.12.2011 às 13:20 h (hora UT) e registrada na estação P3-RSFC.



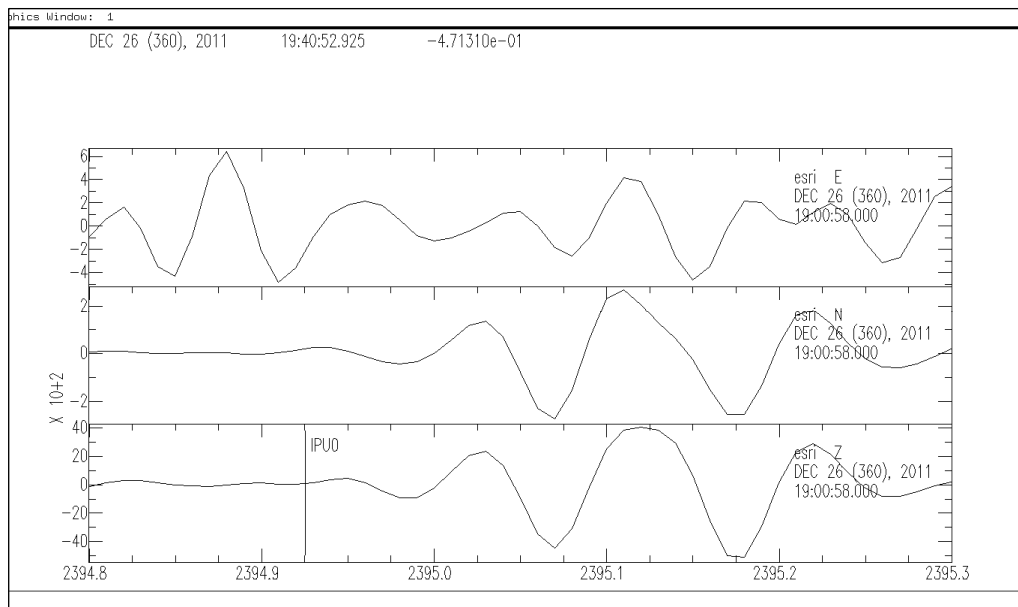
**Figura 12,-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 17:14:59,879 (hora UT) da detonação de 13 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 9 da **Tabela 3**, ocorrida em 07.12.2011 às 17:15 h (hora UT) e registrada na estação P3-RSFC.



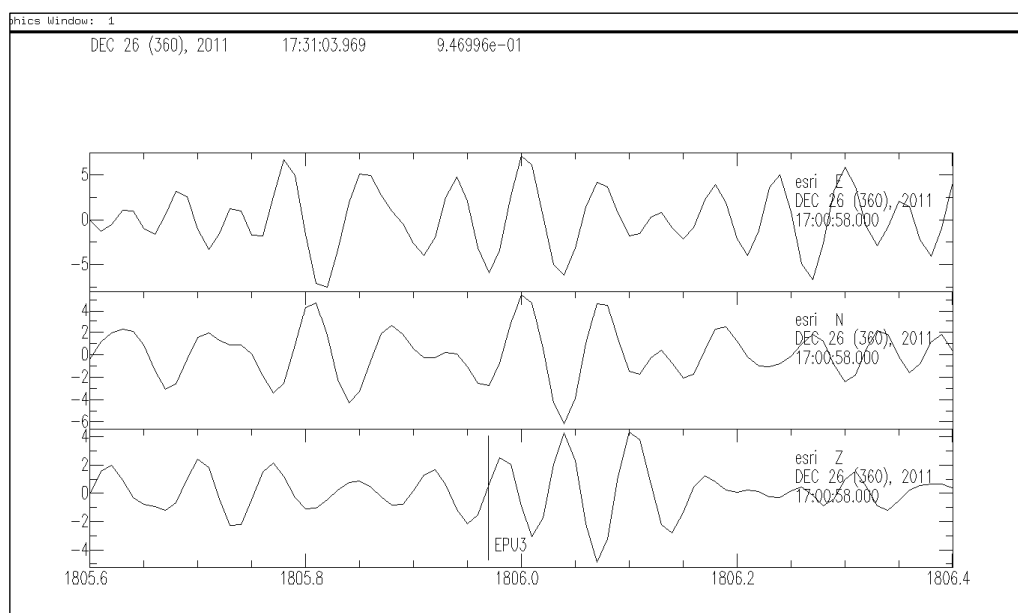
**Figura 13,-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 18:30:04,568 (hora UT) da detonação de 24 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 35 da **Tabela 3**, ocorrida em 20.12.2011 às 18:30 h (hora UT) e registrada na estação P3-RSFC.



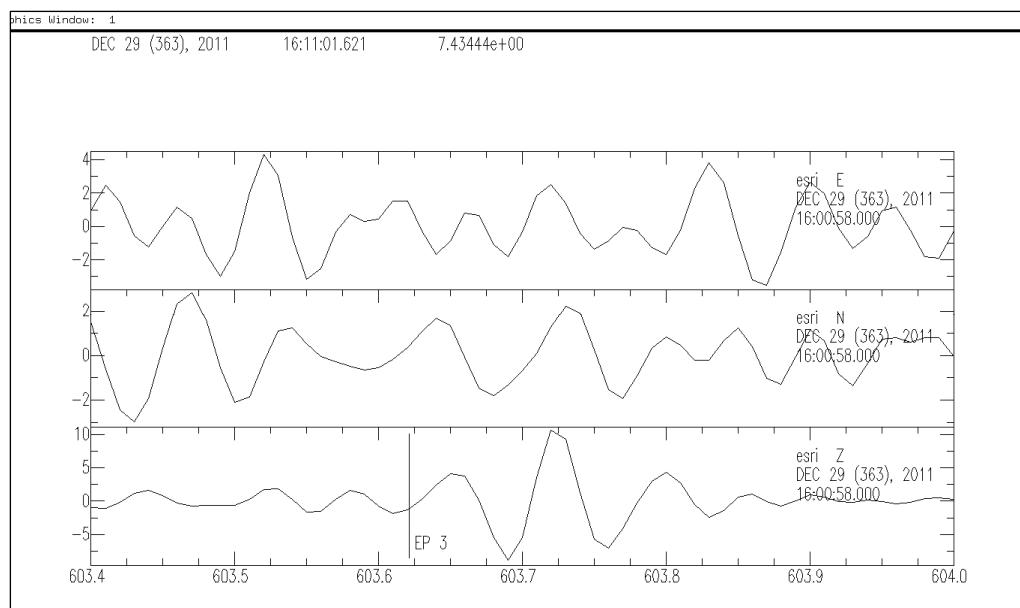
**Figura 14-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 12:30:23,950 (hora UT) da detonação de 9 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 37 da **Tabela 3**, ocorrida em 22.12.2011 às 12:30 h (hora UT) e registrada na ESFC.



**Figura 15-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 19:40:52,925 (hora UT) da detonação de 20 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 39 da **Tabela 3**, ocorrida em 26.12.2011 às 19:30 h (hora UT) e registrada na ESFC. O horário de detonação deste evento parece estar 10 minutos adiantado.



**Figura 16-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 17:31:03,969 (hora UT) da detonação de 18 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 40 da **Tabela 3**, ocorrida em 26.12.2011 às 17:30 h (hora UT) e registrada na estação P3-RSFC.



**Figura 17-** Registro mostrando a provável chegada da onda P às 16:11:01,621 (hora UT) da detonação de 18 Kg na SE Foz do Chapecó, fogo N° 41 da **Tabela 3**, ocorrida em 29.12.2011 às 16:10 h (hora UT) e registrada na ESFC.

Pelo pequeno tamanho dessas detonações os sinais registrados na ESFC e na P3-RSFC, têm amplitudes que se confundem com o ruído sísmico ambiental existente nessas estações. A identificação teve que ser feita pela coerência dos sinais e pela polaridade das ondas registradas nas três componentes.



Não existe certeza absoluta de que os sinais identificados, como sendo de algumas detonações na SE Foz do Chapeco, correspondam realmente a esses eventos devido à energia muito fraca liberada por essas pequenas detonações e pelo tipo de detonação que pode diferir pela forma como foram distribuídas essas cargas, assim como do tipo e condições da rocha encaixante.

Por esse motivo, no caso desses sinais mostrados nas Figuras de 9 a 17 realmente corresponderem a essas detonações, poderia ser explicado que possam ter sido registradas detonações tão pequenas como as de 9 ou 11 kg, e que detonações maiores como as efetuadas em 15 e 16 de dezembro, com 26 e 25 Kg de carga, não foram identificadas nos sismogramas das estações que estão operando em Foz do Chapeco.

## **7 CONCLUSÕES**

### **PRIMEIRA CONCLUSÃO:**

As estações sismográficas ESFC e P3-RSFC registraram no semestre Julho – Dezembro 2011 onze eventos locais que ocorreram nas proximidades do Reservatório Foz do Chapecó, dez (10) dos quais foram associados com prováveis explosões efetuadas em pedreiras existentes nessa região. Um único evento sísmico, com epicentro à jusante da Barragem Foz do Chapecó e a 28,5 km a SW da mesma (evento N° 4 da Tabela 2), poderia ser considerado como um sismo natural e pouco provavelmente, como sismo induzido, embora pela data e hora de ocorrência, poderia tratar-se de uma explosão.

### **SEGUNDA CONCLUSÃO**

Foram efetuados, até início do segundo semestre de 2011, vários testes para tentar colocar em operação os sismógrafos uniaxiais de período curto e de enlace telemétrico com a estação ESFC, e foi concluído que o sistema rádio telemétrico desses sismógrafos não será possível ser utilizado, nas condições que foram implantadas as frequências de transmissão dos transmissores e receptores utilizados.

---

### **TERCEIRA CONCLUSÃO**

Para substituir esses sismógrafos da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó foi instalado um sismógrafo triaxial de banda larga (30 s – 50 Hz) e de alta sensibilidade (2.000 V/m/s) da marca Guralp. Ocorreram algumas falhas técnicas no sismógrafo Guralp, principalmente pela falta de um controle mais frequente, o qual foi solucionado em dezembro de 2011, com a troca de sismógrafos entre as estações ESFC e P3-RSFC e a solicitação para que o técnico da FDC Energia que coleta os dados da ESFC, também colete os dados da estação P3-RSFC.

### **QUARTA CONCLUSÃO**

A eficiência da utilização conjunta de dois sismógrafos de banda larga, para a localização dos epicentros de sismos locais, foi demonstrada com a determinação dos epicentros dos eventos sísmicos locais registrados nessas estações no segundo semestre de 2011, a maioria dos quais foram associados a explosões efetuadas em pedreiras localizadas nas proximidades do Reservatório Foz do Chapecó.

### **QUINTA CONCLUSÃO**

O fato de ter sido suspensa a instalação das estações uniaxiais de período curto da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, por inoperância do sistema telemétrico, a **BERROCAL & ASSOCIADOS Ltda.** se compromete a instalar um terceiro sismógrafo triaxial de banda larga e de alta sensibilidade, no local da estação P2-RSFC (cujos abrigos já se encontram construídos) no caso de que seja constatada a ocorrência de sismos induzidos pelo Reservatório Foz do Chapecó, durante o resto da Fase Pós enchimento.

## **8 RECOMENDAÇÕES**

### **PRIMEIRA RECOMENDAÇÃO**

Autorizar e recomendar que o técnico Wagner de Souza Lima da FDC Energia efetue também a coleta de dados, além da ESFC, da estação P3-RSFC, nas proximidades de Rio dos Índios, com uma frequência quinzenal, e se necessário também futuramente, na estação P2-RSFC, nas proximidades de

Alpestre. O treinamento para operar o sismógrafo Guralp foi dado ao Eng. Sandro, de modo que seria conveniente que ambos executem a coleta de dados da ESFC, onde está operando o sismógrafo Guralp, caso o técnico Wagner tenha alguma dificuldade para coletar esses dados. É imprescindível que os dados das duas estações sejam coletados para efetuar uma análise completa sobre a sismicidade da região de estudo.

### **SEGUNDA RECOMENDAÇÃO**

Com base nos resultados apresentados neste Relatório Técnico sobre a utilização de dois sismógrafos triaxiais de banda larga e de alta sensibilidade, para substituir a rede telemétrica de sismógrafos uniaxiais de período curto, que seria instalada como parte da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, devido as dificuldades técnicas encontradas nos equipamentos de rádio transmissão e recepção, além do compromisso que a **BERROCAL & ASSOCIADOS Ltda.** está manifestando nesta oportunidade, de instalar um terceiro sismógrafo triaxial e de alta sensibilidade, como parte da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó no caso da ocorrência de sismos induzidos pelo Reservatório Foz do Chapecó até o final deste serviço, solicitamos que a Foz do Chapecó Energia manifeste a sua concordância com esta solução, perante o IBAMA.

São Paulo, 05 de março de 2012

-----  
Jesus Berrocal  
Sismólogo

## **A N E X O 1**

### **ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DO CHAPECÓ**

#### **BOLETIM SÍSMICO Nº. 11**

**OUTUBRO – DEZEMBRO DE 2011**

**Fevereiro 2012**

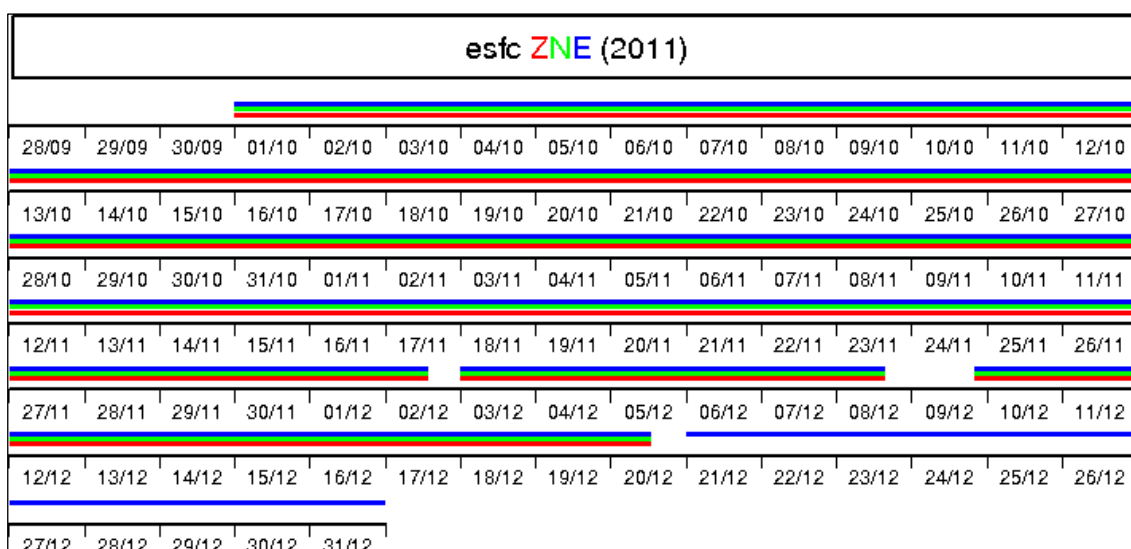
## ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ

### BOLETIM SÍSMICO Nº. 11

OUTUBRO - DEZEMBRO DE 2011

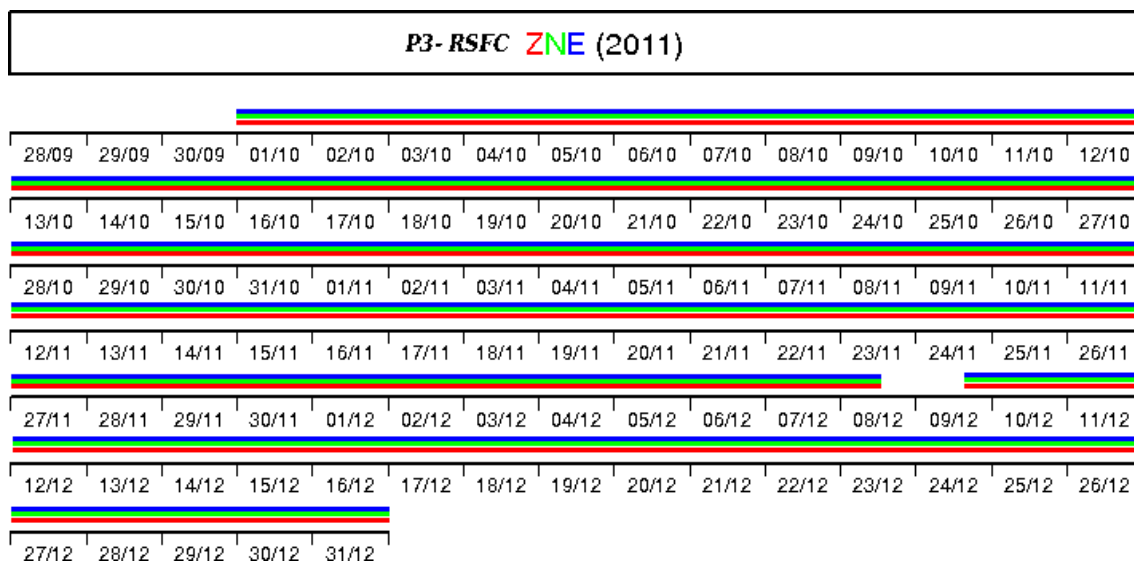
No presente Boletim Sísmico são apresentados os resultados da análise dos dados registrados na Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, no trimestre OUTUBRO – DEZEMBRO de 2011.

A ESFC começou a operar em 04 de maio de 2009. A eficiência da ESFC tem sido maior que 80% nos últimos três trimestres, atingindo no trimestre Março - Junho 2011, uma eficiência de 80% e no trimestre anterior ao presente boletim, essa eficiência foi de 86%. No trimestre OUTUBRO - DEZEMBRO, correspondente a este boletim, a eficiência da ESFC foi de 84%, como se mostra na **Figura 1**. Em 10 de dezembro de 2011, foi trocado o sismógrafo **eentec** desta estação pelo sismógrafo **Guralp** que vinha operando na estação P3-RSFC..



**Figura 1-** Calendário de operação da ESFC nos trimestre OUTUBRO - DEZEMBRO 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde, componente norte-sul e azul, componente leste-oeste. A ESFC operou 97,7% do intervalo analisado, porém nos últimos 11 dias o sismógrafo Guralp, que substituiu o sismógrafo da *eentec*, operou somente com a componente leste-oeste..

A estação do Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (P3–RSFC) operou com o sismógrafo *Guralp* desde início do mês de outubro de 2011 até o dia 09 de dezembro desse ano, quando foi trocado pelo sismógrafo *eentec* que foi retirado da estação ESFC, nesse mesmo dia. Na **Figura 2** se mostra o calendário de funcionamento desta estação, cuja eficiência foi de praticamente 100 %, se descontarmos o intervalo de quase um dia (entre 08 a 09 de dezembro) devido à troca de sismógrafos.



**Figura 2-** Calendário de operação da estação P3-RSFC nos trimestre Outubro – Dezembro 2011, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde, componente norte-sul e azul, componente leste-oeste. Em 09 de dezembro o sismógrafo *Guralp*, que vinha operando nesta estação foi substituído pelo sismógrafo da *eentec* que vinha operando na estação ESFC. O sismógrafo de P3=RSFC operou praticamente 100% do intervalo do trimestre Outubro – Dezembro 2011.

Para análise dos dados foi utilizado o programa WAP (Wave Analysis Program) desenvolvido na **BERROCAL & ASSOCIADOS**. Da análise dos dados das estações ESFC e P3-RSFC foram identificados oito eventos sísmicos de caráter local, dos quais seis foram considerados como prováveis explosões por terem seus epicentros perto de pedreiras que existem nessa região, como se indica na **Tabela 1** e se mostra na **Figura 3**. Os outros dois eventos (de números 4 e 8 na **Tabela 1**) serão considerados como prováveis sismos naturais. Ver os respectivos sismogramas mostrados nas **Figuras 4 a 11**.

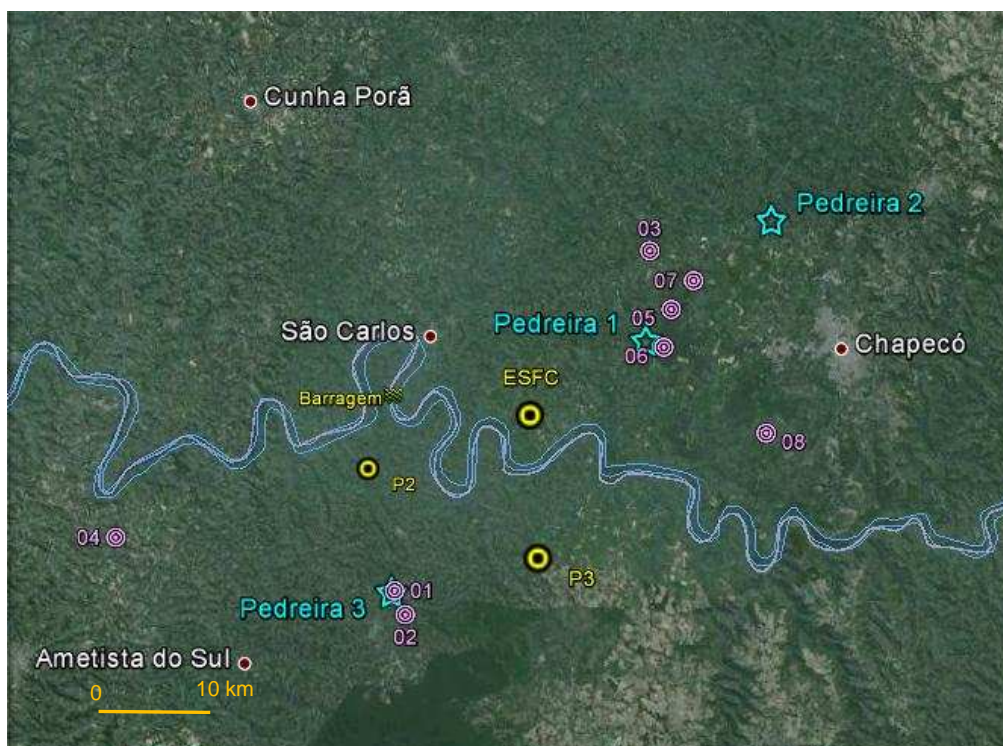


**Tabela 1-** Lista de eventos sísmicos registrados na ESFC e no Ponto P3 da Rede Sismográfica de Chapecó, ocorridos no trimestre Outubro - Dezembro 2011.

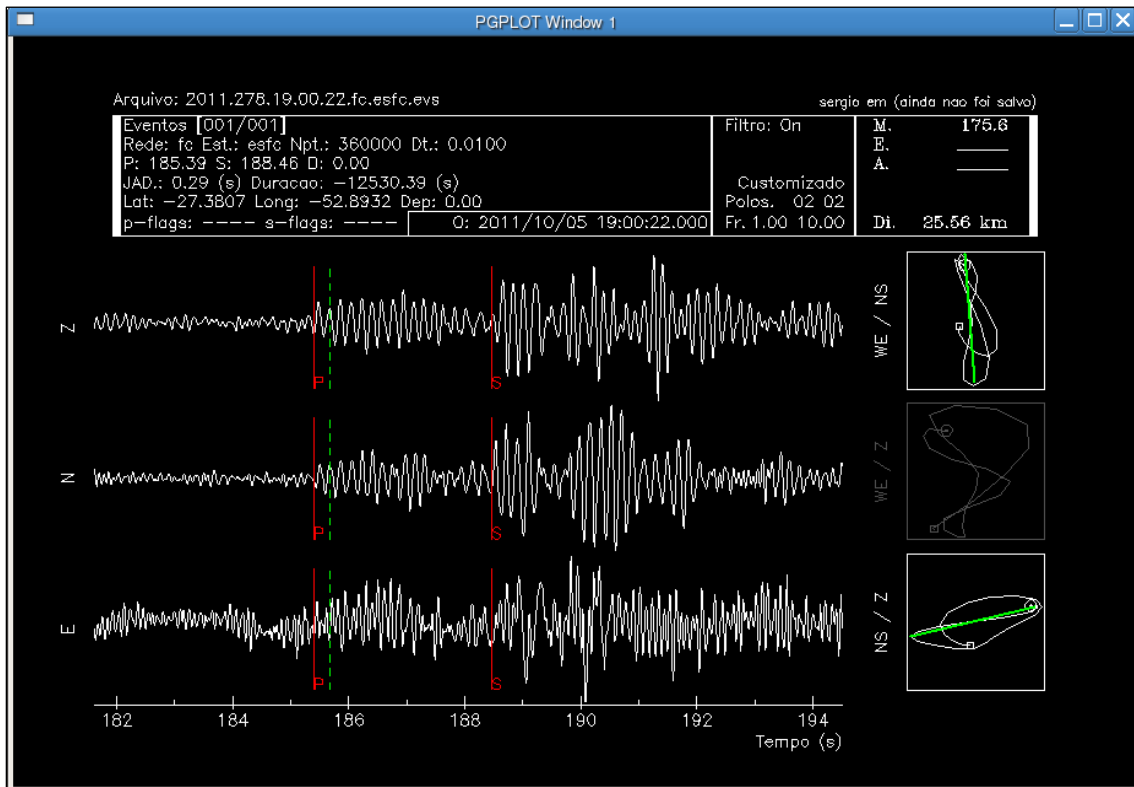
Nº	DATA	Ho (UT)	Lat.	Long.	m <sub>b</sub>	Observaçã	Figuras
1	5/10/2011	19:03:21.921	-27,30	-53,04	1,2	Expl. Pedreira 3	4A-B
2	6/10/2011	19:26:33.258	-27,32	-53,03	2,1	Expl. Pedreira 3	5A-B
3	14/10/2011	16:42:49.422	-27,0918	-52,8021	1,5	Expl. Pedreira 1	6A-B
4	27/10/2011	18:30:31.91	-27,25	-53,3	2,4	Provável sismo	7A-B
5	23/11/2011	15:31:46.696	-27,06	-52,77	2,2	Expl. Pedreira 1	8A-B
6	2/12/2011	15:31:37.464	-27,09	-52,78	1,7	Expl. Pedreira 1	9A
7	22/12/2011	15:37:22.58	-27,0917	-52,8023	1,7	Expl. Pedreira 1	10A-B
8	22/12/2011	19:30:59.98	-27,17	-52,69	2,2	Provável sismo	11A-B

**OBS.** Ho (UT): hora de origem do evento em tempo universal; Lat. e Long. são as coordenadas do epicentro; m<sub>b</sub> é o valor médio da magnitude calculada com a duração do sinal do sismo no sismograma.

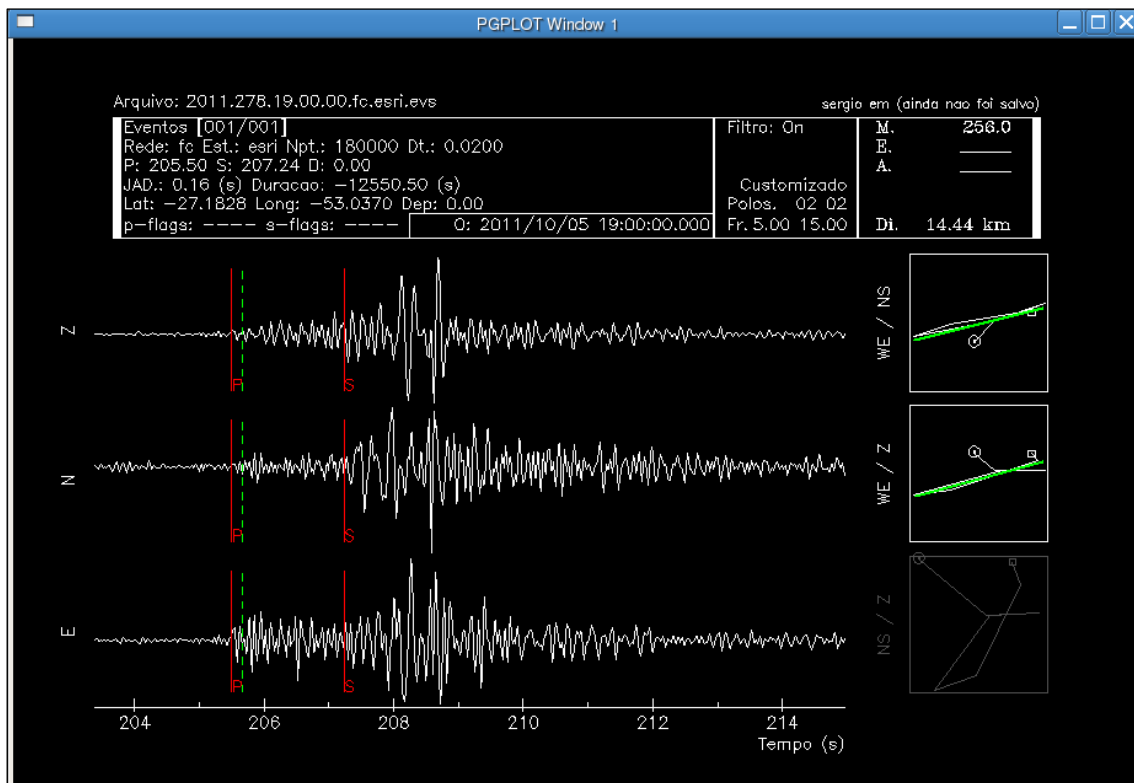
No caso dos eventos sísmicos da **Tabela 1**, os valores da Hora de Origem são típicos horários de explosões realizadas em pedreiras da região, embora alguns epicentros não tenham sido localizados mais próximos das pedreiras identificadas, como se mostra na **Figura 3**.



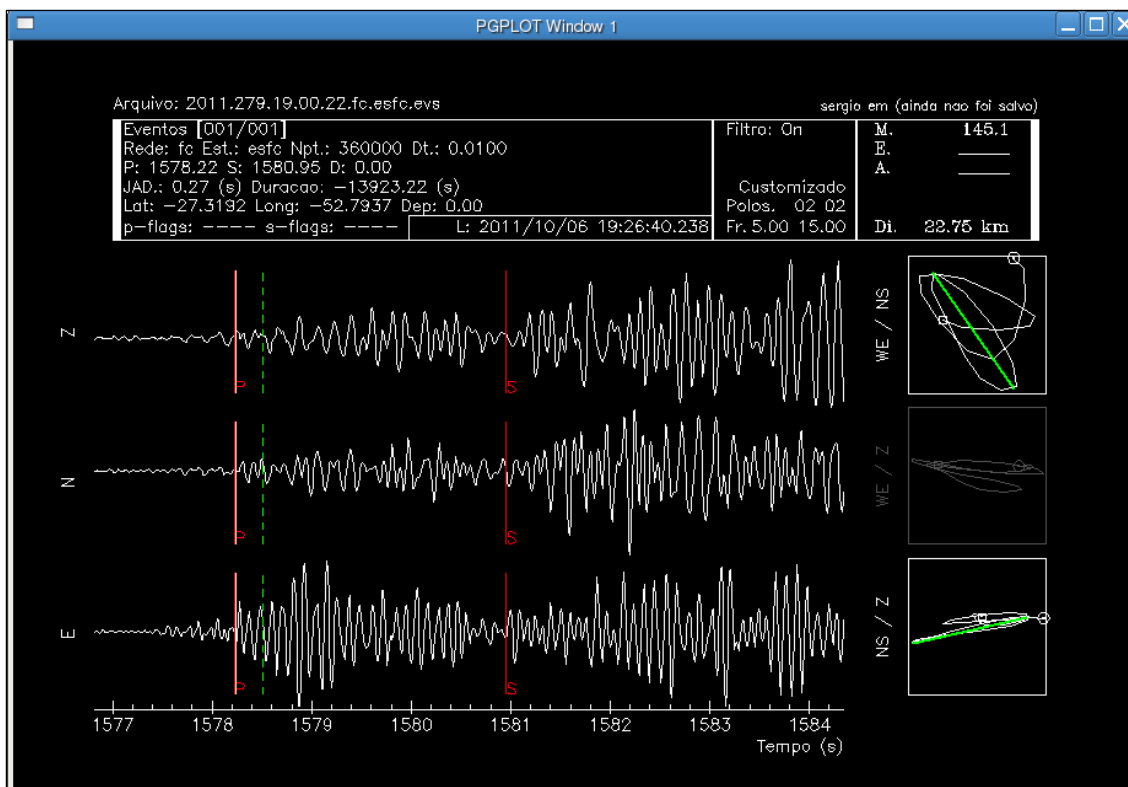
**Figura 3,-** Mapa de epicentros dos eventos sísmicos ocorridos na área do Reservatório Foz do Chapecó, no trimestre OUT-DEZ 2011 e que foram registrados nas estações ESFC e/ou P3-RSFC. O número dos eventos corresponde à numeração da **Tabela 1**.



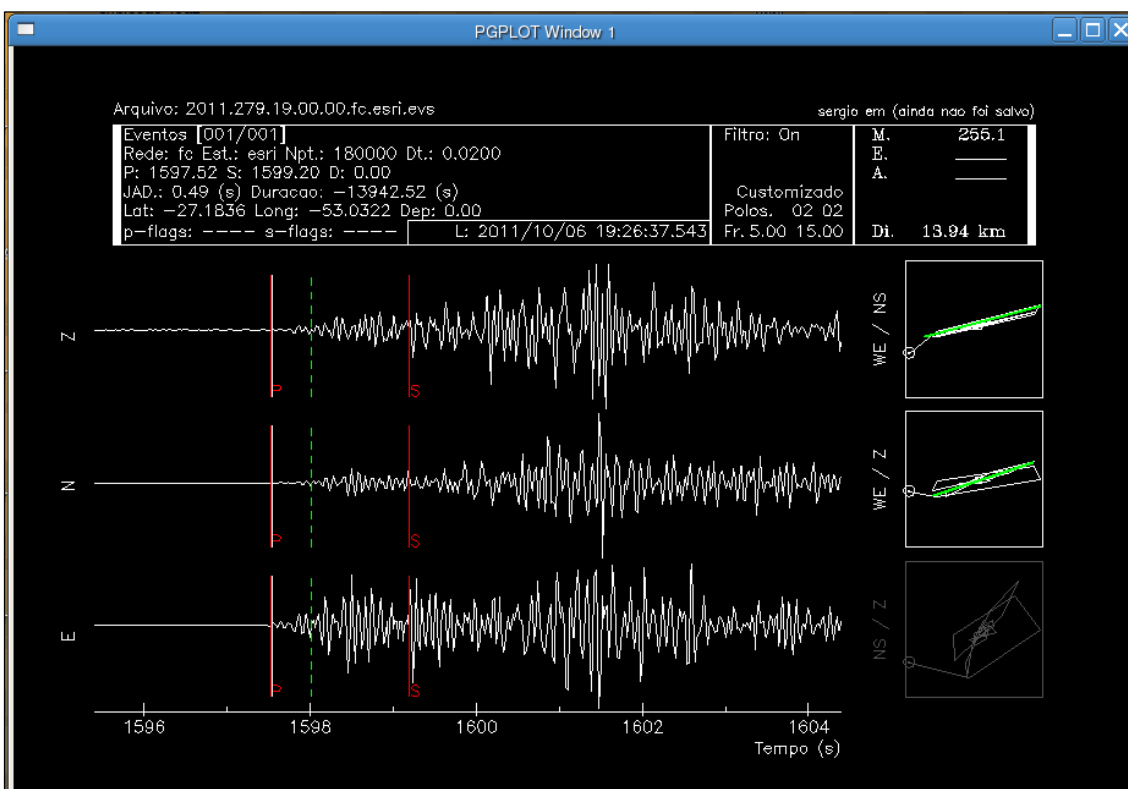
**Figura 4A.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 3 (Nº. 01, Tabela 1) registrada na ESFC.



**Figura 4B.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 3 (Nº. 01, Tabela 1) registrada na estação P3-RSFC.



**Figura 5A.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 3 (Nº. 02, Tabela 1) registrada na ESFC.



**Figura 5B.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 3 (Nº. 02, Tabela 1) registrada na estação P3-RSFC.

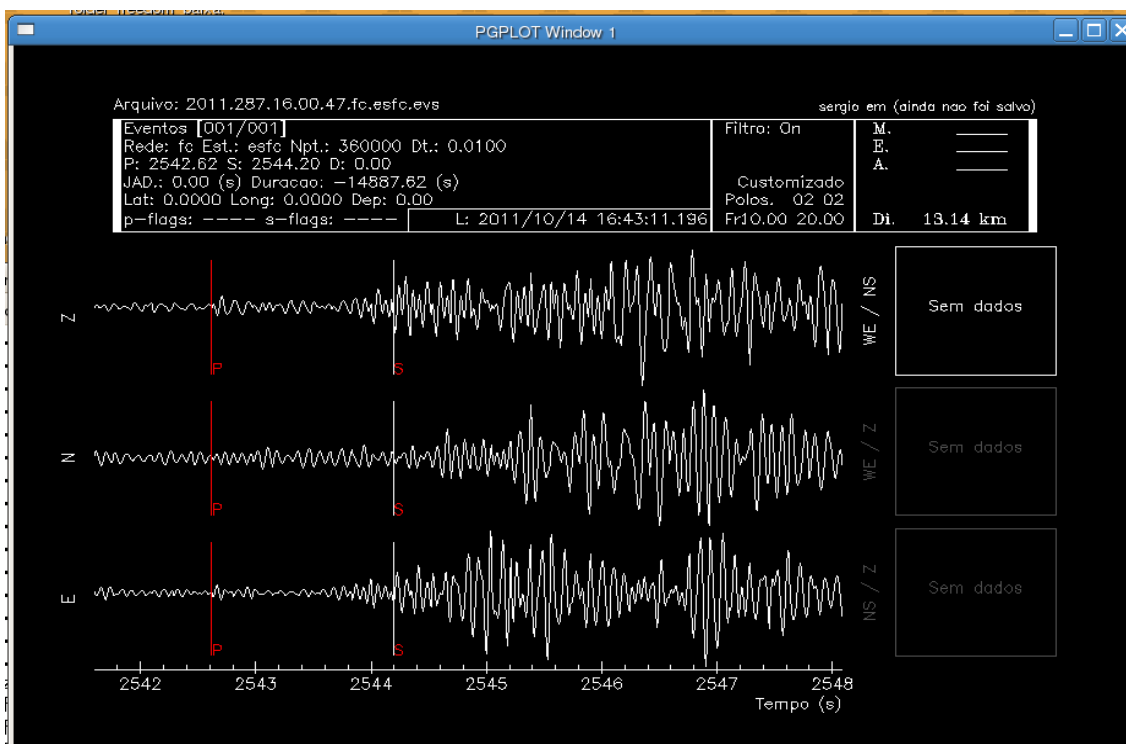


Figura 6A.- Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº. 03, Tabela 1) registrada na ESFC.

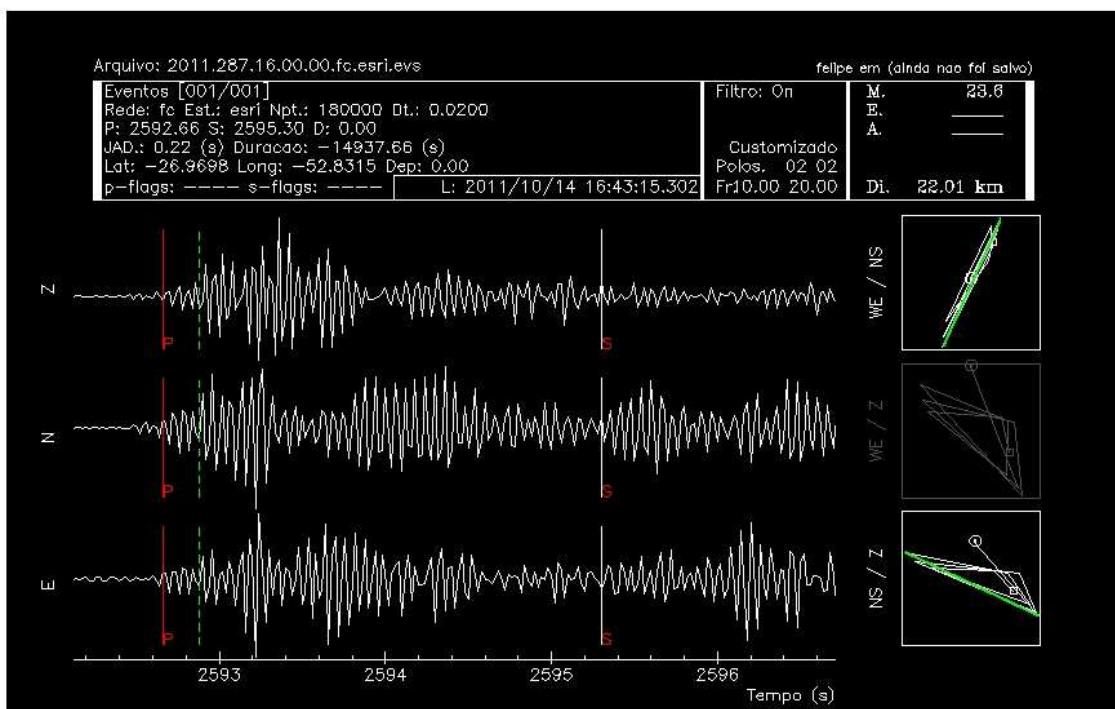
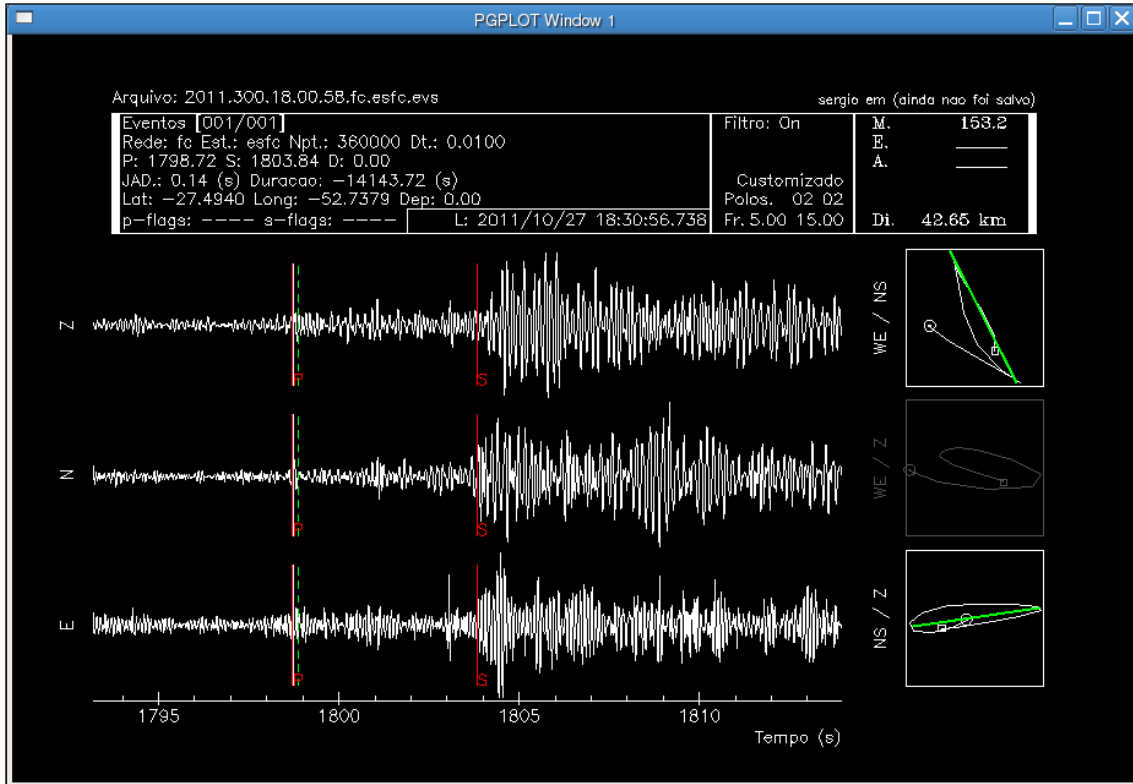
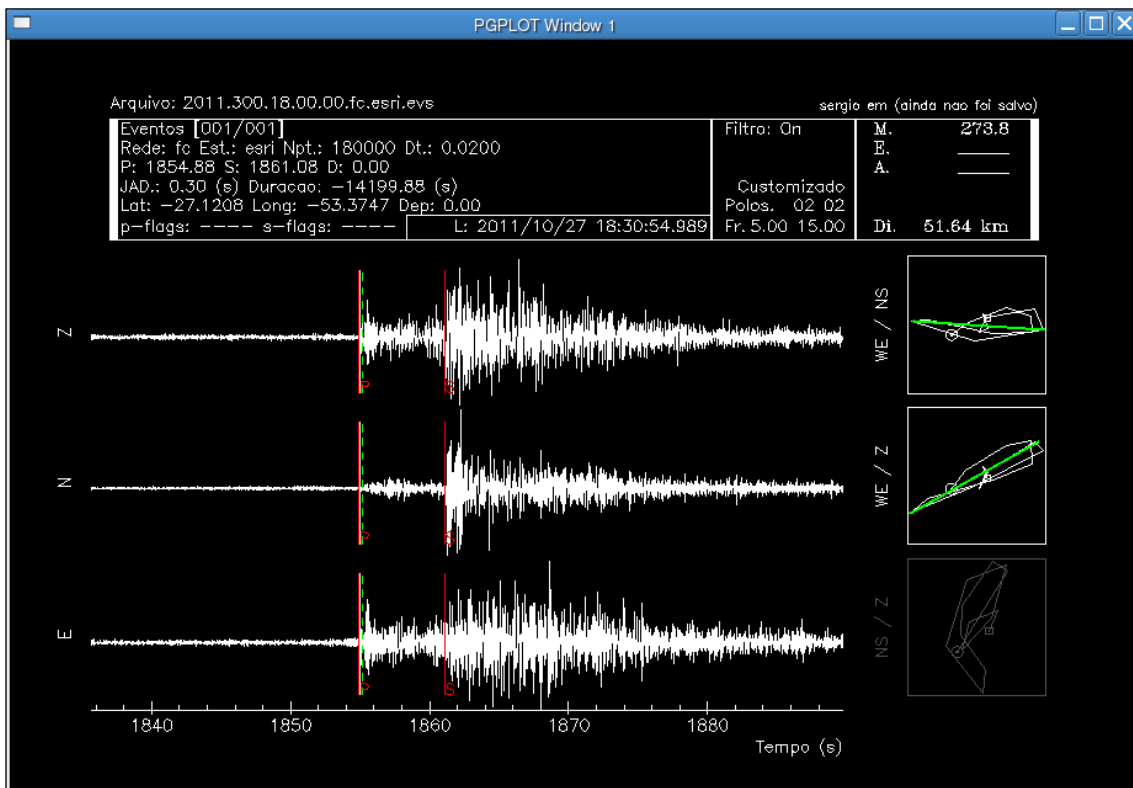


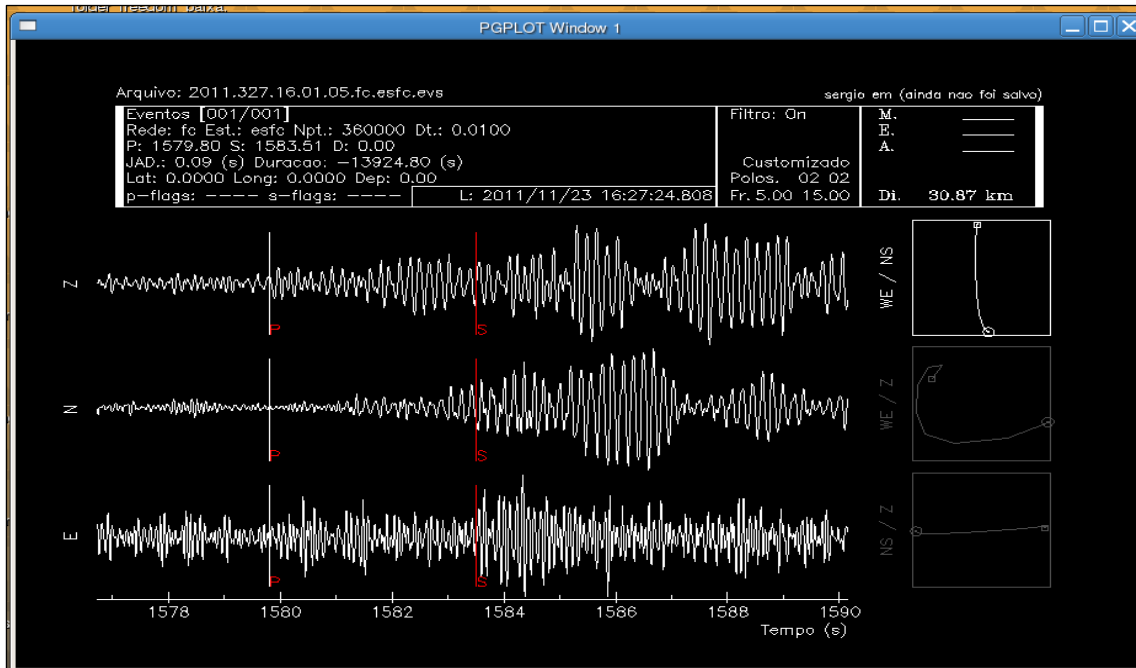
Figura 6B.- Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº. 03, Tabela 1) registrada na estação P3-RSFC.



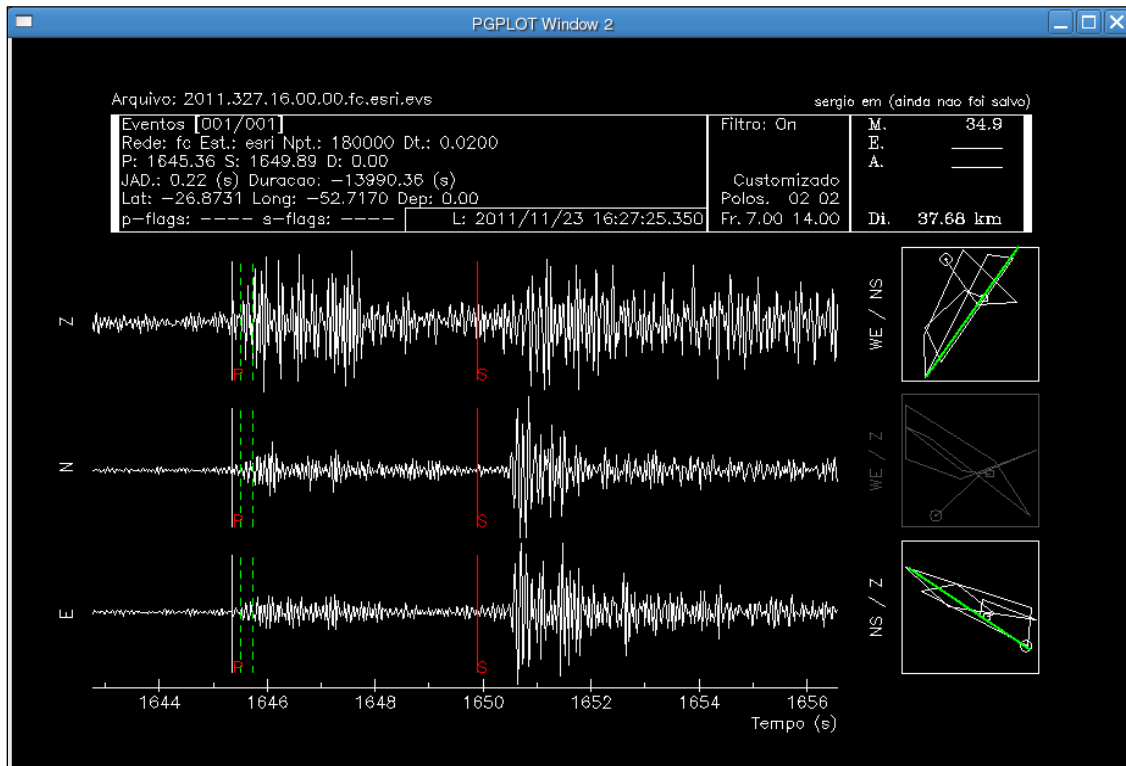
**Figura 7A.-** Provável sismo ocorrido a 28,5 km a SW da Barragem Foz do Chapecó (Nº. 04 da Tabela 1) registrada na ESFC.



**Figura 7B.-** Provável sismo ocorrido a 28,5 km a SW da Barragem Foz do Chapecó (Nº. 04, Tabela 1) registrada na estação P3-RSFC.

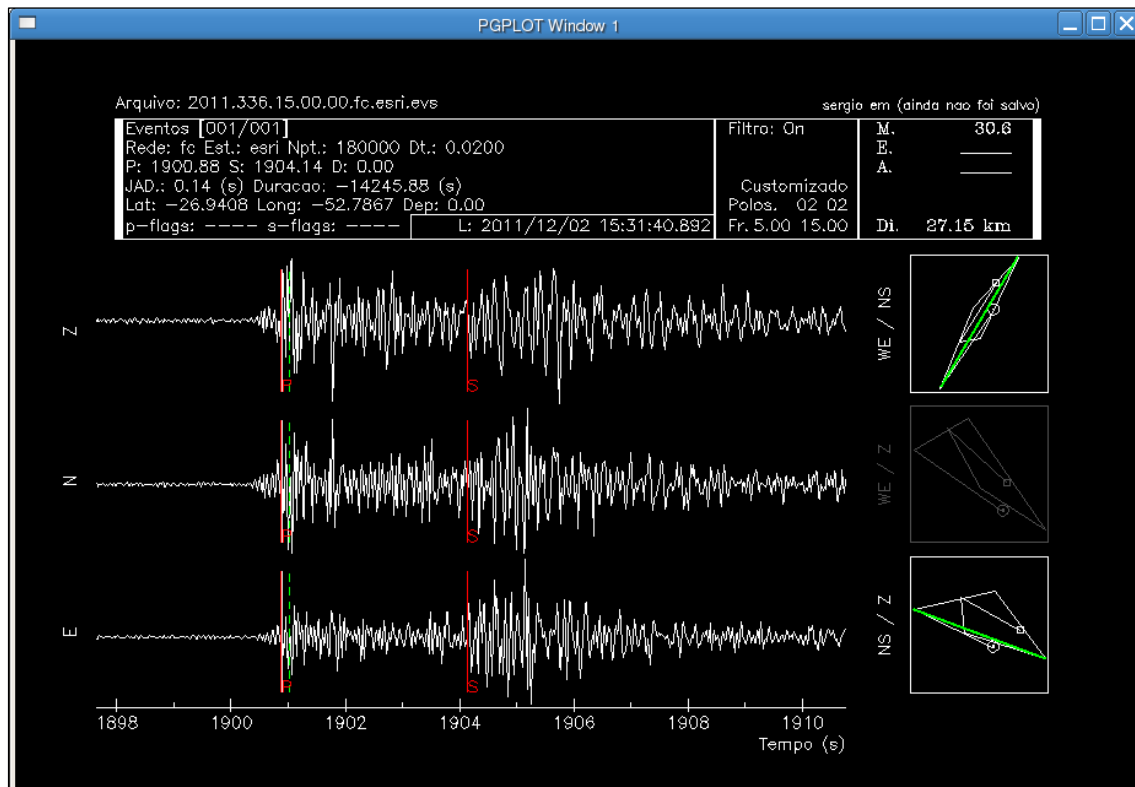


**Figura 8A.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº. 05, Tabela 1) registrada na ESFC.

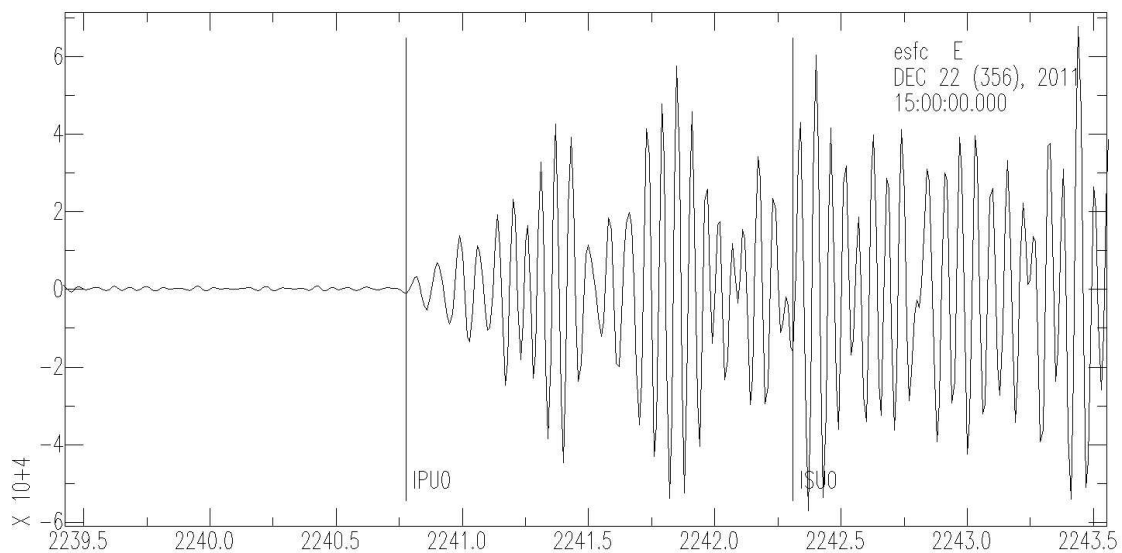


**Figura 8B.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº. 05, Tabela 1) registrada na estação P3-RSFC.



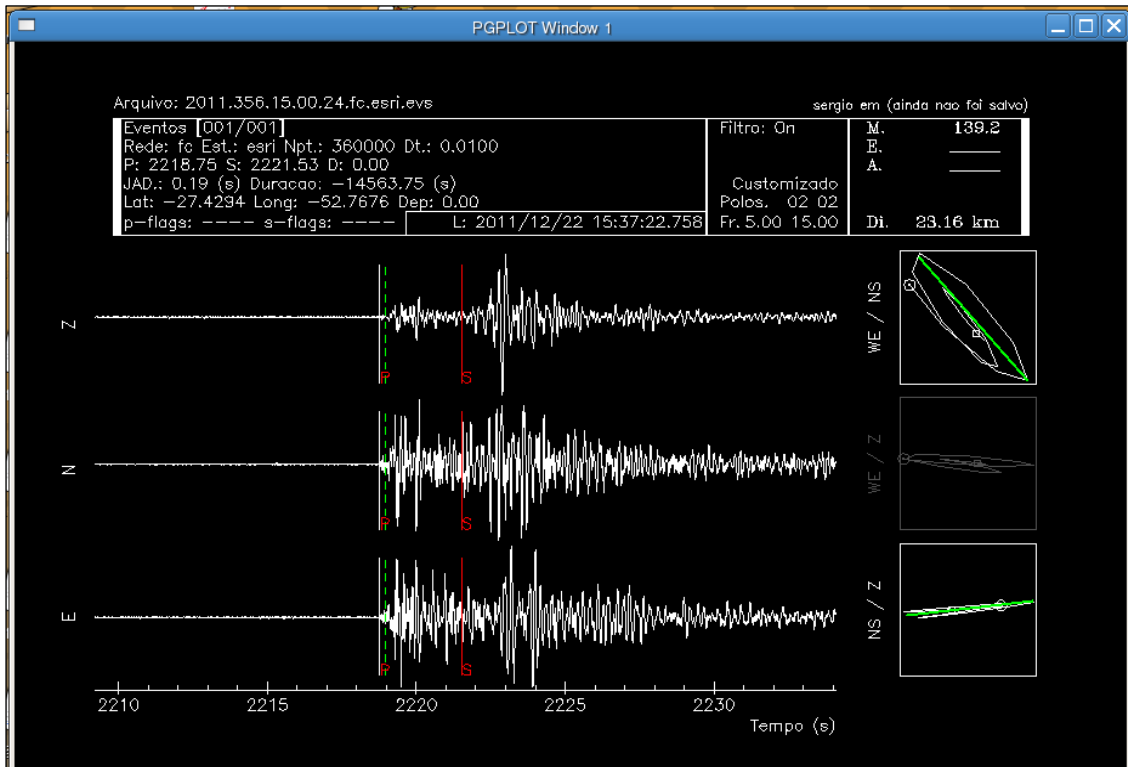


**Figura 9A.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº 06, **Tabela 1**) registrada na estação P3-RSFC. Este evento não foi registrado pela estação ESFC, por não se encontrar em operação nesse dia.

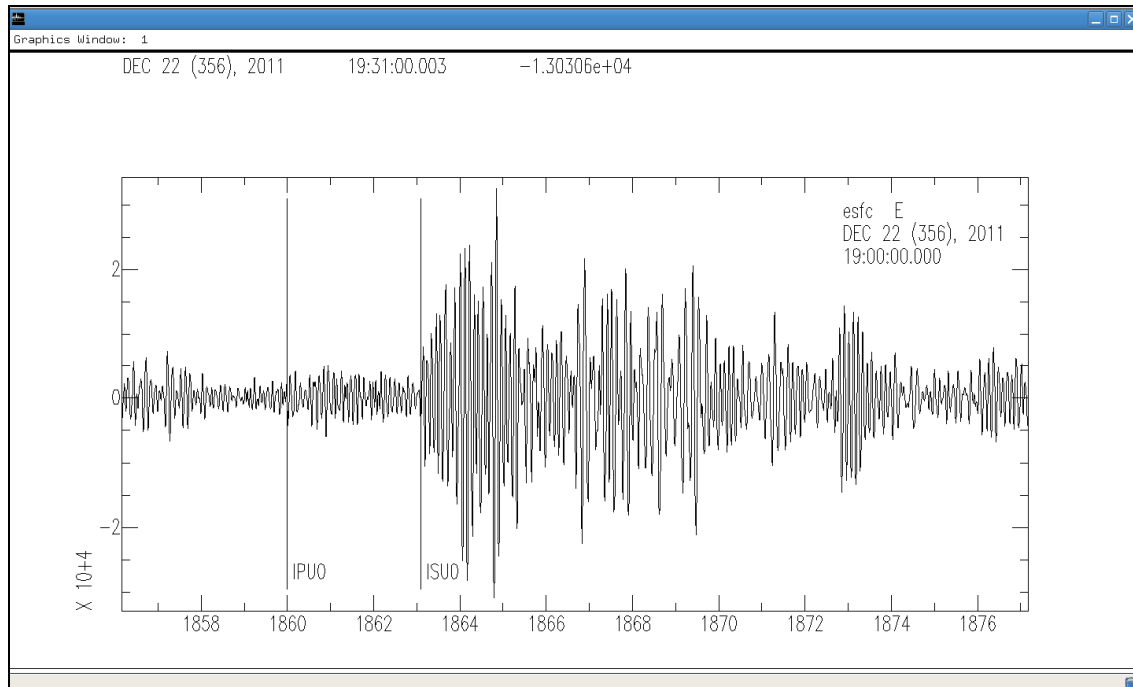


**Figura 10A.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº 07, **Tabela 1**) registrada na ESFC. Neste dia o sismômetro Guralp tinha duas de suas componentes travadas.

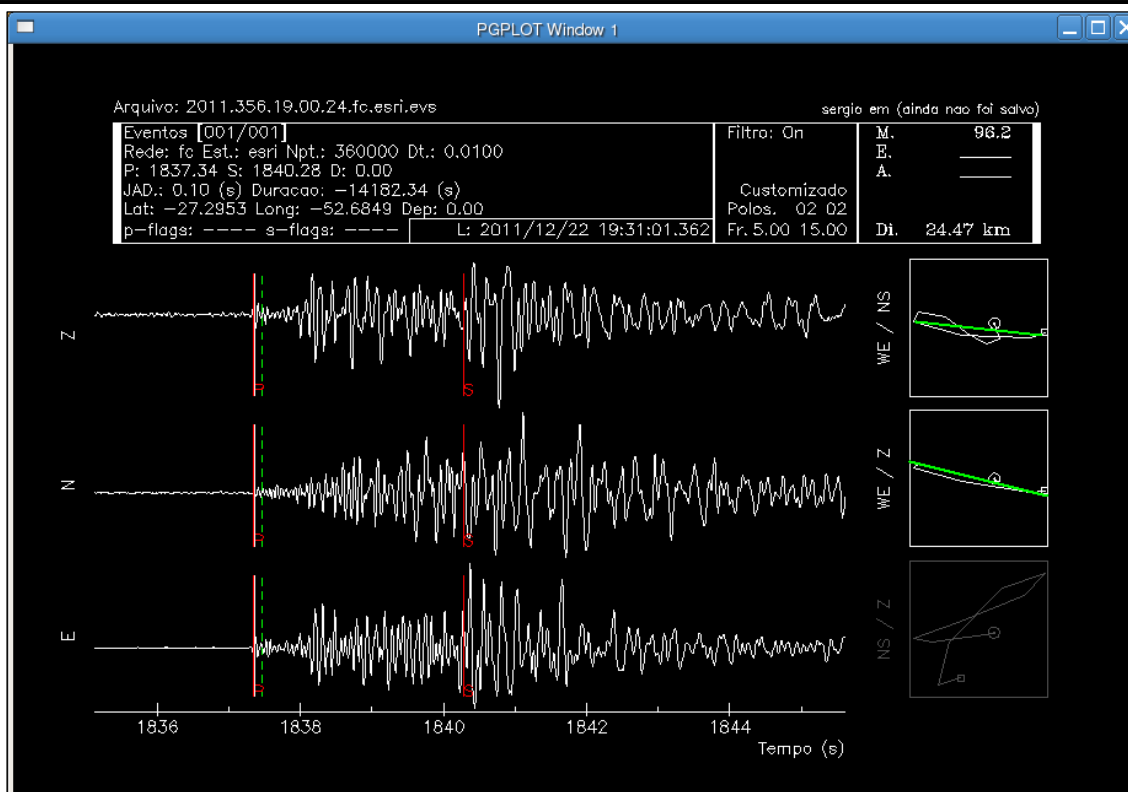




**Figura 10B.-** Provável explosão ocorrida na Pedreira 1 (Nº. 07, Tabela 1) registrada na estação P3-RSFC.



**Figura 11A.-** Provável sismo ocorrido a 34 km a Leste da Barragem Foz do Chapecó (Nº. 08, Tabela 1) registrada na ESFC. Neste dia o sismômetro Guralp tinha duas de suas componentes travadas.



**Figura 11B.-** Provável sismo ocorrido a 34 km a leste da Barragem Foz do Chapecó e a 7 km ao norte do leito do rio Uruguai (Nº 08, **Tabela 1**) registrada na estação P3-RSFC.

Os dois eventos sísmicos da **Tabela 1** que não foram associados com explosões de pedreiras (eventos Nº 4 e 8), serão considerados por ora, como prováveis sismos naturais, sendo que o evento Nº 8, com o seu epicentro localizado a 34 km a leste da Barragem Foz do Chapecó, será considerado como um provável sismo induzido pelo Reservatório Foz do Chapecó, por ter seu epicentro localizado a 7 km da borda desse reservatório.

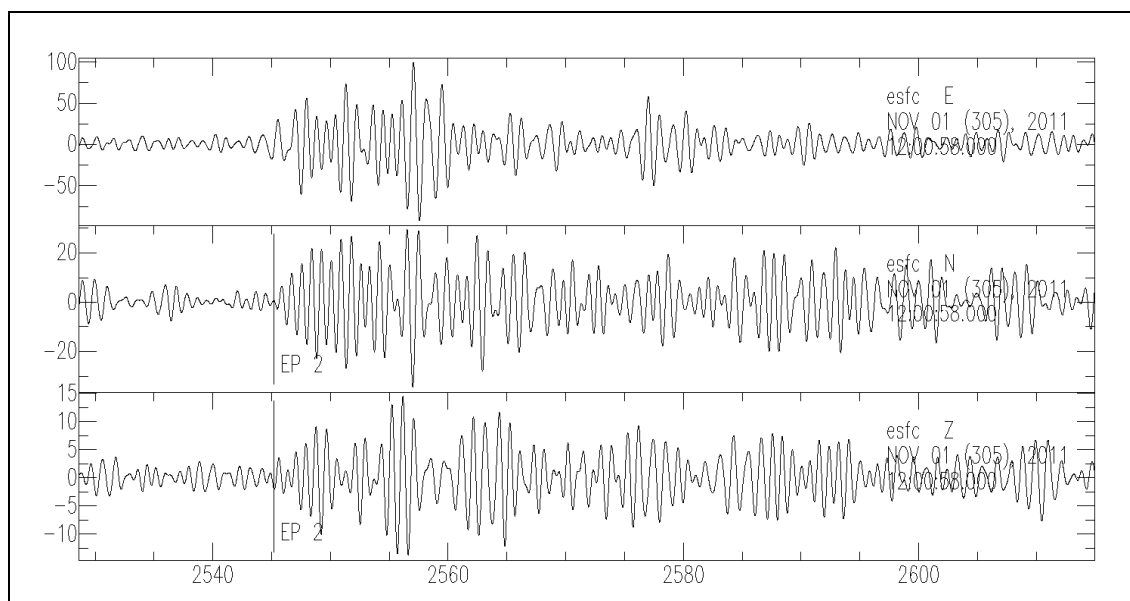
Na **Tabela 2** estão relacionados os parâmetros hipocentrais de alguns telessismos que foram registrados na estação ESFC. Nesta tabela estão listadas a data e hora de origem dos telessismos e os seguintes parâmetros como: data, latitude e longitude, profundidade focal e magnitude. (dados do U. S. Geological Survey)

No trimestre Outubro-Dezembro 2012 foram registrados pela ESFC vários telessismos, os epicentros de alguns deles são listados na **Tabela 2**. Estes eventos podem ser úteis no caso em que venha a ser necessária a determinação da espessura da crosta terrestre sob a região do Reservatório Foz do Chapecó. Ver os respectivos sismogramas nas **Figuras 12 a 16**.

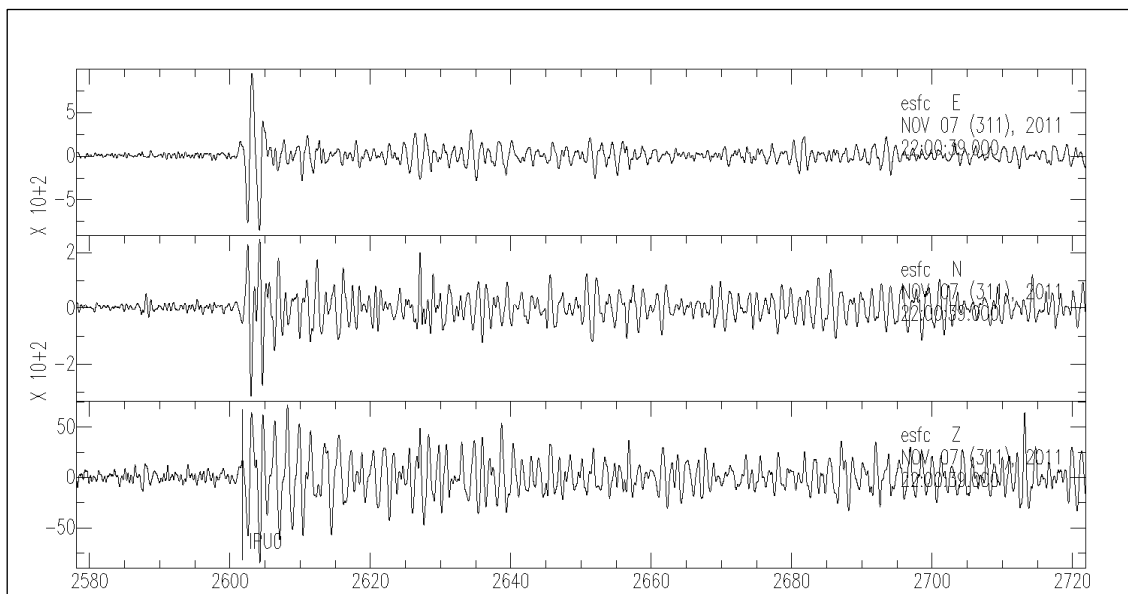
**Tabela 2-** Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados, registrados na ESFC no trimestre Outubro-Dezembro 2011.

No	DATA	Ho (UT)	Lat	Long	Prof	Mw	ETA	Fig
01	01/11/2011	12:32:00.43	19,83	-109,20	10	6,3	12:43:23.59	12
02	07/11/2011	22:35:25.63	11,56	-85,86	177	6,0	22:43:59.55	13
03	22/11/2011	18:48:16.30	-15,36	-65,09	549	6,6	18:51:36.93	14
04	11/12/2011	01:47:25.90	17,84	-99,96	54	6,5	01:57:48.91	15
05	11/12/2011	09:54:55.20	-56,01	-28,18	116	6,2	10:01:25.45	16

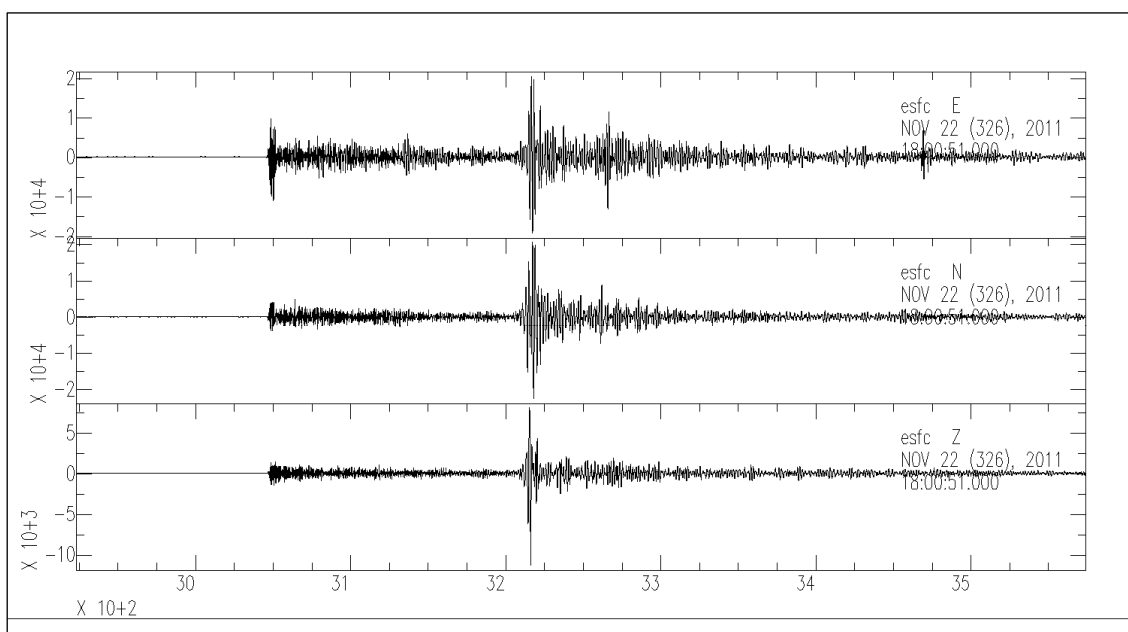
**OBS. Ho (UT)** é a hora de origem em Tempo Universal; **Lat e Long**, são a atitude do a longitude do epicentro, **Prof** é a profundidade do foco em km; **Mw** é a magnitude de momento sísmico, **ETA** é a hora teórica de chegada do sismo na estação e **Fig**, é o número da Figura onde se mostra cada evento..



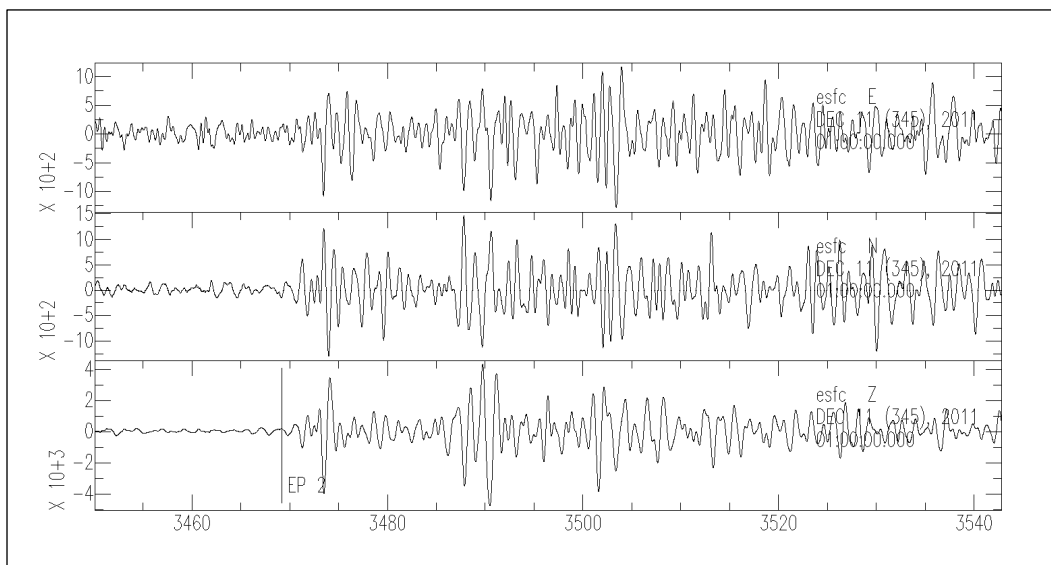
**Figura 12.-** Telessismo de magnitude Mw 6,3 registrado na ESFC, ocorrido em 01.11.2011 no extremo oeste da Placa de Cocos, evento N°. 01 da **Tabela 2**.



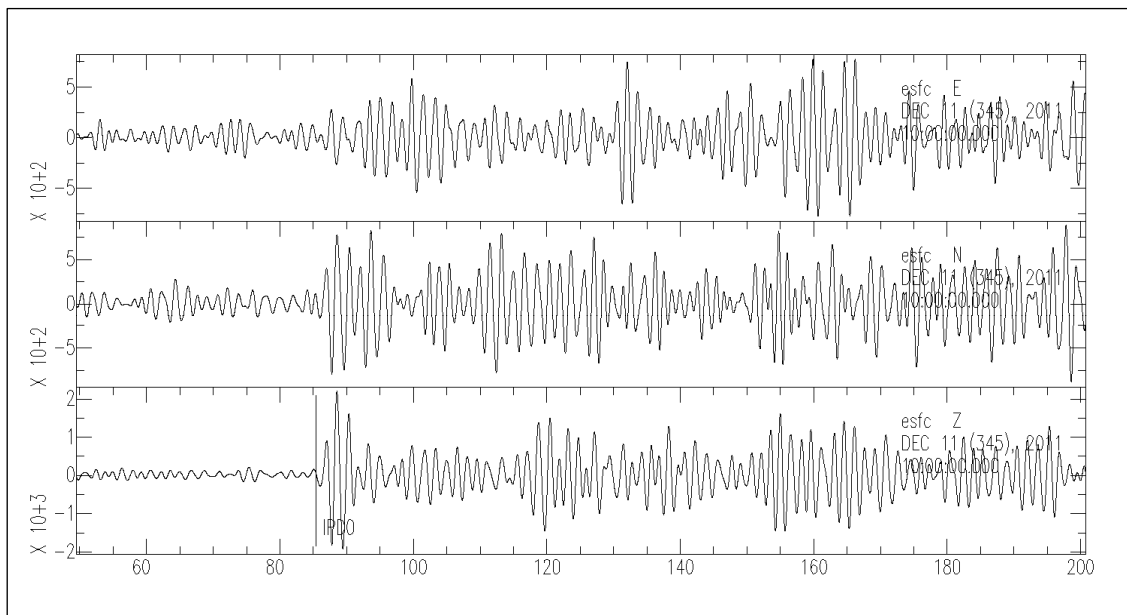
**Figura 13.-** Telessismo de magnitude Mw 6,0 registrado na ESFC, ocorrido na porção SW da República de Guatemala, evento N° 2 da Tabela 2.



**Figura 14.-** Telessismo de magnitude Mw 6,6 registrado na ESFC, ocorrido na porção Central da Bolívia, evento N° 3 da Tabela 2.



**Figura 15.-** Telessismo de magnitude Mw 6,5 registrado na ESFC, ocorrido em Guerrero, México, evento N° 4 da **Tabela 2**.



**Figura 16.-** Telessismo de magnitude Mw 6,2 registrado na ESFC, ocorrido no Arco de Scotia, evento N° 5 da **Tabela 2**.

São Paulo, 23 de fevereiro de 2012

-----  
**Jesus Berrocal**  
 Sismólogo

## **A N E X O 2**

### **DETONAÇÕES EM ROCHA, OCORRIDAS PARA A SE FOZ DO CHAPECÓ.**

**DEZEMBRO DE 2011 - JANEIRO 2012**

Momentos de detonações em rochas, ocorridas para a SE Foz do Chapecó.

FOGO N°	DATA	FUROS	TOTAL (ml)	EXPLOS, (Kg)	CORDEL (ml)	RETARDO (pç)	ESPOLE-TOPIM (pç)	HORA
1	01/12/11	20	25,00	13,235	60	5	1	11:45
2	01/12/11	20	36,00	13,500	55	7	1	16:00
3	02/12/11	20	40,00	14,000	80	7	1	09:50
4	02/12/11	20	40,00	14,000	80	7	1	14:25
5	06/12/11	17	25,00	11,000	50	3	1	14:00
6	06/12/11	19	37,00	14,000	70	4	1	16:50
7	07/12/11	18	24,00	12,000	50	4	1	09:20
8	07/12/11	20	24,00	12,000	70	4	1	11:25
9	07/12/11	18	27,00	13,000	60	6	1	15:15
10	07/12/11	6	10,00	4,500	18	1	1	17:00
11	07/12/11	20	35,00	14,000	70	7	1	17:38
12	08/12/11	19	33,00	11,000	70	6	1	11:30
13	08/12/11	18	31,00	14,000	60	6	1	14:30
14	08/12/11	10	13,00	5,000	23	2	1	17:00
15	09/12/11	15	22,00	8,000	50	4	1	09:00
16	09/12/11	13	18,00	6,000	30	4	1	11:16
17	09/12/11	20	36,00	14,000	70	6	1	15:00
18	09/12/11	15	24,00	8,000	50	4	1	17:30
19	10/12/11	11	22,00	7,000	50	5	1	11:20
20	13/12/11	12	12,00	6,000	30	1	1	09:10
21	13/12/11	9	9,00	3,500	20	0	1	10:05
22	13/12/11	20	28,00	9,000	60	2	1	12:00
23	13/12/11	15	15,00	6,000	40	2	1	15:20
24	13/12/11	14	28,00	13,000	70	6	1	17:00
27	15/12/11	15	30,00	13,000	70	4	1	17:15
28	15/12/11	16	43,00	25,000	100	6	1	09:00
29	15/12/11	20	24,00	8,000	60	6	1	11:50
30	15/12/11	20	39,80	26,000	110	6	1	17:10
26	15/12/11	16	32,00	14,000	70	4	1	14:30
25	15/12/11	16	24,00	8,000	50	4	1	11:15
28	16/12/11	16	43,20	25,000	100	6	1	10:30
31	19/12/11	18	36,40	13,000	80	4	1	11:30
32	19/12/11	20	30,30	13,000	80	4	1	15:30
33	19/12/11	13	42,90	14,000	100	4	1	17:00
34	20/12/11	20	38,60	13,500	90	6	1	10:30
35	20/12/11	20	48,00	24,000	110	10	1	16:30
36	21/12/11	18	36,00	12,000	80	6	1	11:30
37	22/12/11	15	27,00	9,000	60	7	1	10:30



38	22/12/11	20	54,50	26,000	110	14	1	15:30
39	26/12/11	20	36,00	20,000	80	6	1	17:40
40	26/12/11	20	31,50	18,000	80	4	1	15:30
41	29/12/11	20	30,00	18,000	90	6	1	14:10
42	02/01/12	20	30,00	19,000	80	5	1	16:15
43	03/01/12	20	34,60	20,000	80	6	1	17:00
44	04/01/12	20	52,50	26,000	120	8	1	14:30
45	04/01/12	18	45,00	24,000	100	7	1	16:00
46	05/01/12	11	13,30	5,000	50	2	1	16:00
47	09/01/12	20	26,00	17,000	60	0	1	15:00
48	10/01/12	20	26,00	17,000	70	6	1	15:20
49	10/01/12	20	29,90	18,000	80	6	1	15:30
50	10/01/12	20	48,50	25,000	110	8	1	16:20
51	11/01/12	18	25,20	16,000	60	3	1	15:10
52	11/01/12	20	46,00	23,000	100	4	1	15:00
53	12/01/12	20	40,00	20,000	100	4	1	14:00
54	12/01/12	20	37,50	18,000	80	5	1	14:25
55	12/01/12	20	40,00	22,000	100	5	1	16:00
56	12/01/12	20	32,50	18,000	80	4	1	16:10



**LEVANTAMENTOS DA ATIVIDADE SÍSMICA NA  
REGIÃO DO RESERVATÓRIO DA  
UHE FOZ DO CHAPECÓ**

**BOLETIM SÍSMICO Nº 12**

**JANEIRO – MARÇO DE 2012**

**Maior, de 2012**

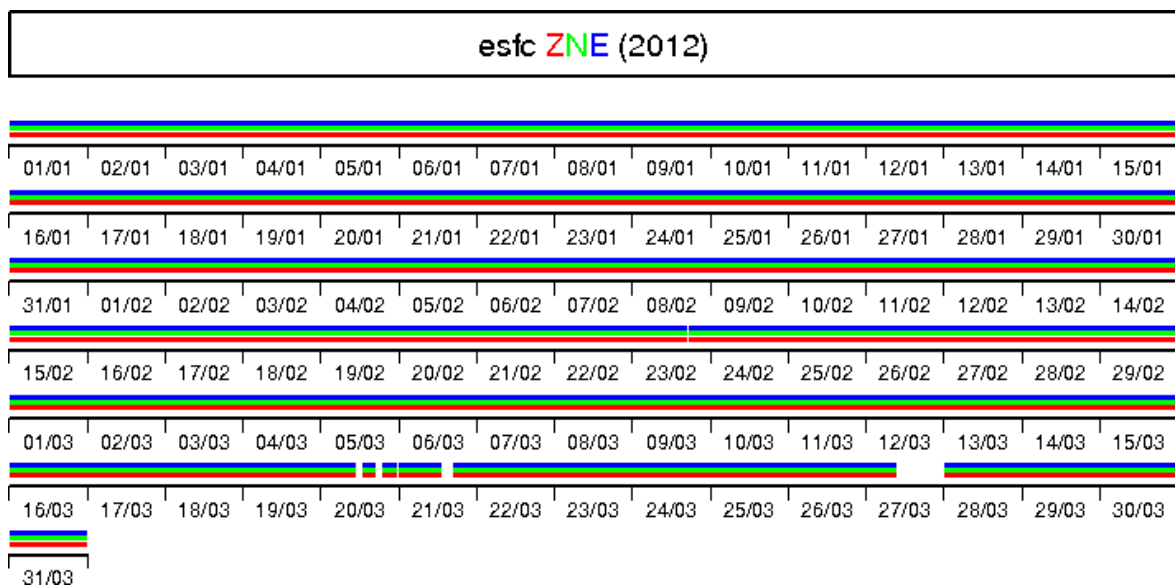
## ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE FOZ DE CHAPECÓ

### BOLETIM SÍSMICO N.º 12

JANEIRO - MARÇO DE 2012

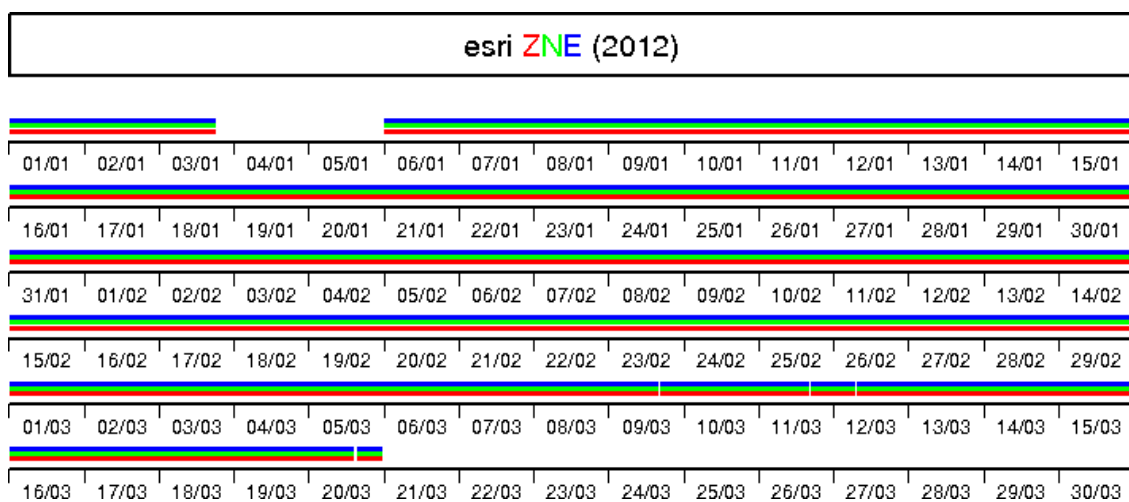
No presente Boletim Sísmico são apresentados os resultados da análise dos dados registrados na Estação Sismográfica de Foz do Chapecó (ESFC) e do PONTO 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó, no trimestre JANEIRO – MARÇO de 2012.

A ESFC começou a operar em 04 de maio de 2009. A eficiência da ESFC tem sido maior que 80% nos três trimestres anteriores ao presente trimestre, atingindo no trimestre Março - Junho 2011, uma eficiência de 80%, no trimestre Julho – Setembro 2011, essa eficiência foi de 86%, e no trimestre Outubro – Dezembro 2011, a eficiência da ESFC foi de 84%. No trimestre Janeiro – Março de 2012 o sismógrafo Reftek teve uma eficiência de operação de 99,5% como se mostra na **Figura 1**.



**Figura 1-** Calendário de operação da ESFC nos trimestre Janeiro - Março 2012, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde, componente norte-sul e azul, componente leste-oeste. A ESFC operou 99,5% do intervalo analisado, inicialmente com o sismógrafo Guralp até 21 de março e posteriormente com o sismógrafo Reftek, até o final deste trimestre.

A estação do Ponto 3 da Rede Sismográfica de Foz do Chapecó (P3-RSFC) operou com o sismógrafo *eentec* desde 09 de dezembro de 2011 até o dia 20 de março quando apresentou um problema técnico e teve que ser removido, posteriormente, para conserto. Na **Figura 2** se mostra o calendário de funcionamento desta estação, cuja eficiência foi somente de 85,3 %, devido ao problema técnico apresentado em 21 de março e uma parada de quase 2 dias no início de janeiro por problema no registrador.



**Figura 2-** Calendário de operação da estação P3-RSFC nos trimestre Janeiro - Março 2012, mostrando os intervalos sem operação. A cor das linhas mostra as componentes do sensor, vermelho, componente vertical, verde, componente norte-sul e azul, componente leste-oeste. Em 09 de dezembro foi efetuada uma troca dos sismógrafos das duas estações: o sismógrafo Guralp, que vinha operando na estação P3-RSFC foi substituído pelo sismógrafo da *eentec* que vinha operando na estação ESFC e vice-versa. Em 21 de março o sismógrafo da *eentec* apresentou problemas técnicos.

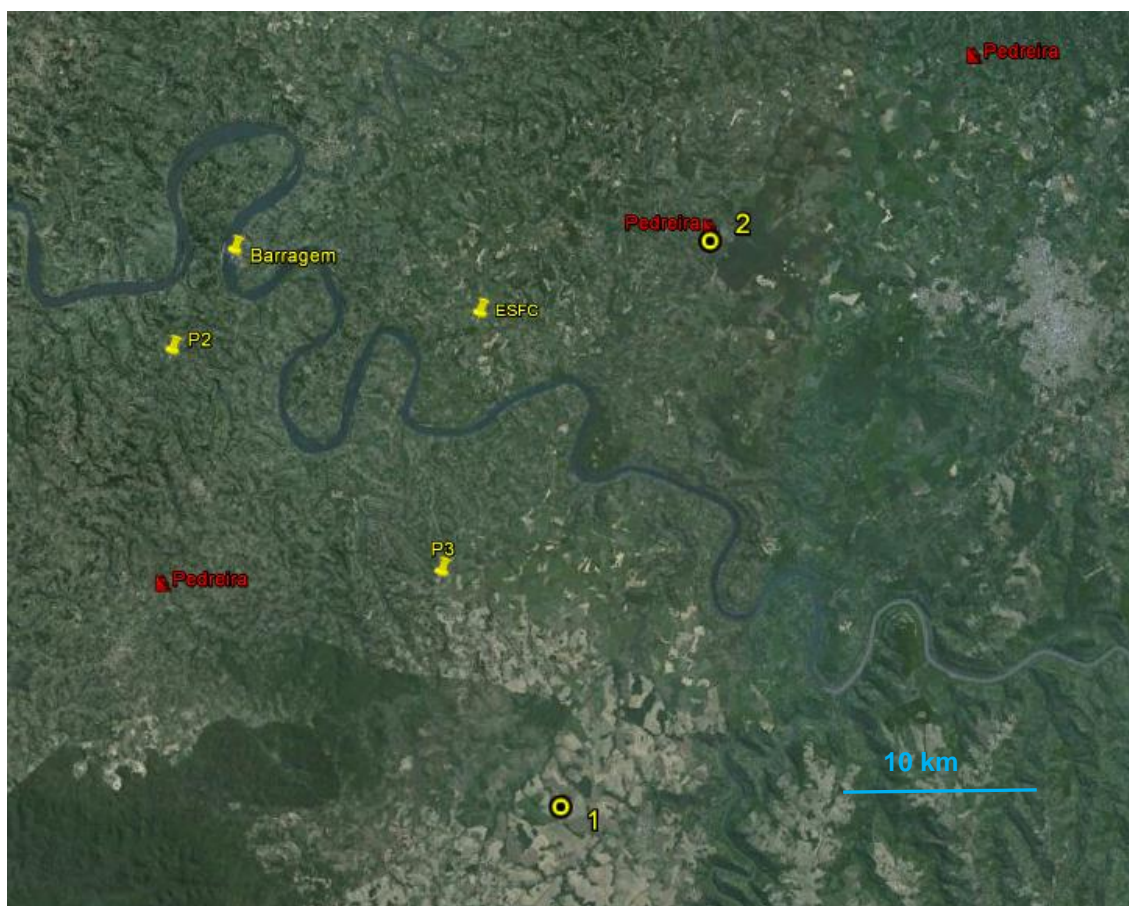
Para análise dos dados foi utilizado o programa WAP (Wave Analysis Program) desenvolvido na **BERROCAL & ASSOCIADOS**. Da análise dos dados das estações ESFC e P3-RSFC foram identificados dois eventos sísmicos de caráter local, dos quais, um deles (Evento 1 da **Tabela 1**) foi considerado como provável explosão por ter seu epicentro perto da uma pedreira que existe nessa região, como se mostra na **Figura 3**. O outro evento (número 2 na **Tabela 1**) será considerado como provável sismo natural ocorrido a uns 13 km ao sul do Ponto P3 da RSFC, embora pelo horário de ocorrência e pelo formato das

ondas, pode tratar-se de uma explosão efetuada nesse local. Ver os respectivos sismogramas mostrados nas **Figuras 4 a 7**.

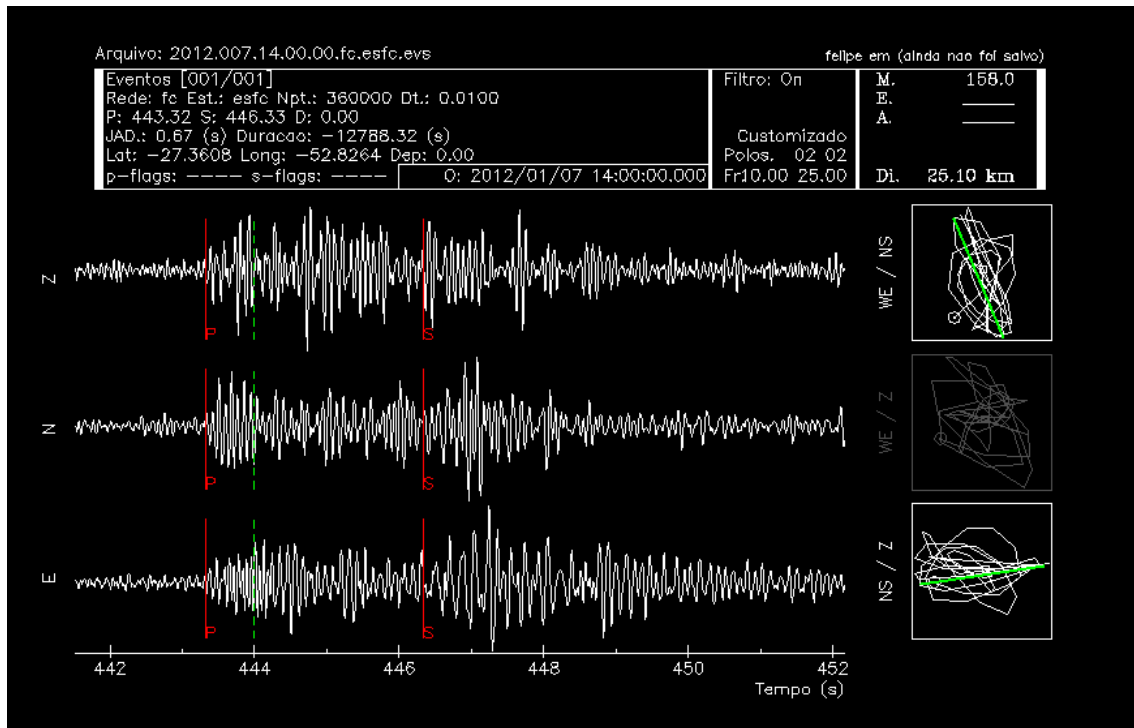
**Tabela 1-** Lista de eventos sísmicos registrados na ESFC e no Ponto P3 da Rede Sismográfica de Chapecó, ocorridos no trimestre Janeiro - Março 2012.

Nº	Data	Estação	Onda (P)	Onda (S)	Distância(Km) $\Delta$	Lat.	Long.
1	07/01/2012	ESFC	14:07:23:32	07:26.32	25,12	-23,36	-52,81
		P 3	14:07:22.00	07:23.72	13,57		
2	27/01/2012	ESFC	15:39:27.60	39:29.23	13,9	-27,09	-52,80
		P 3	15:39:29.75	39:33.33	23,82		

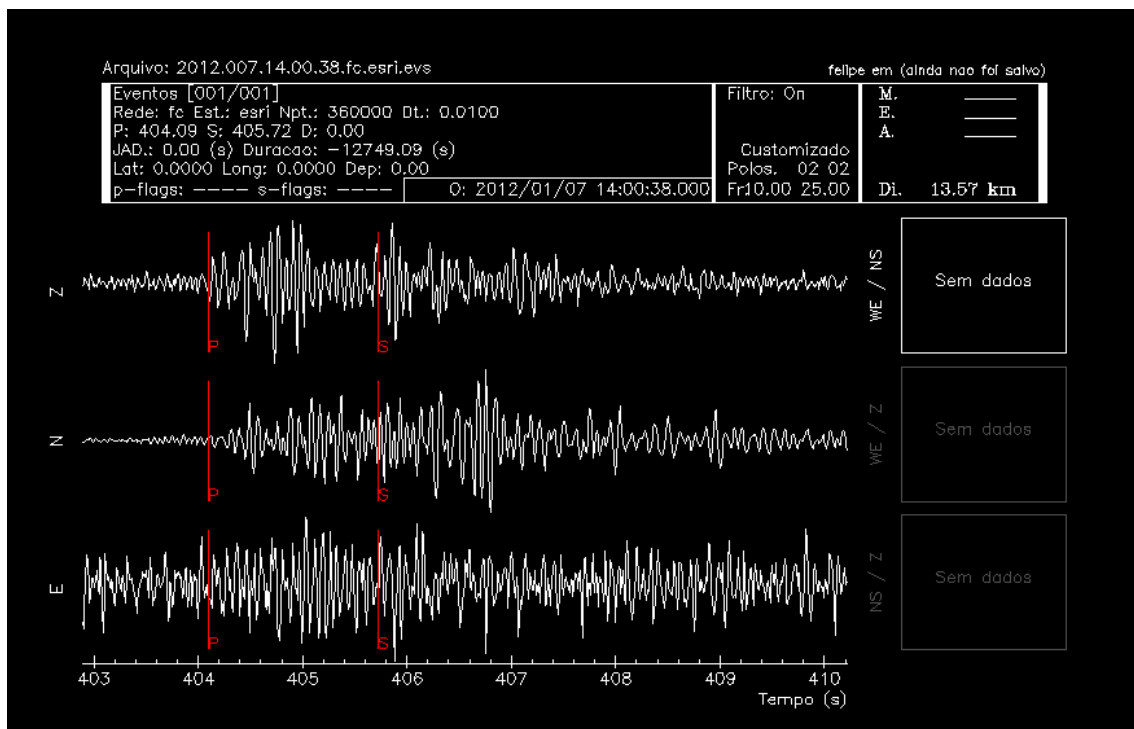
**OBS.** Lat. e Long. são as coordenadas do epicentro



**Figura 3,-** Mapa de epicentros dos eventos sísmicos ocorridos na área do Reservatório Foz do Chapecó, no trimestre Janeiro - Março 2012 e que foram registrados nas estações ESFC e P3-RSFC. O número dos eventos corresponde à numeração da **Tabela 1**.

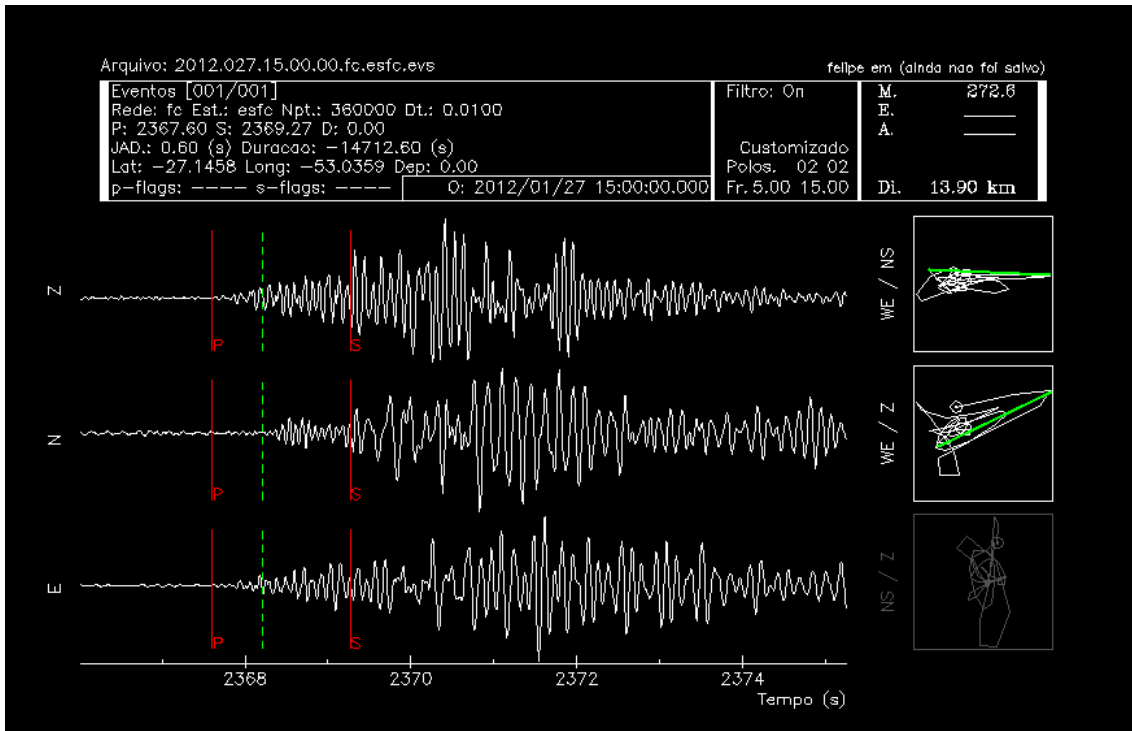


**Figura 4.-** Provável explosão (Evento N°. 01, Tabela 1) ocorrida na Pedreira 3 e registrada na ESFC.

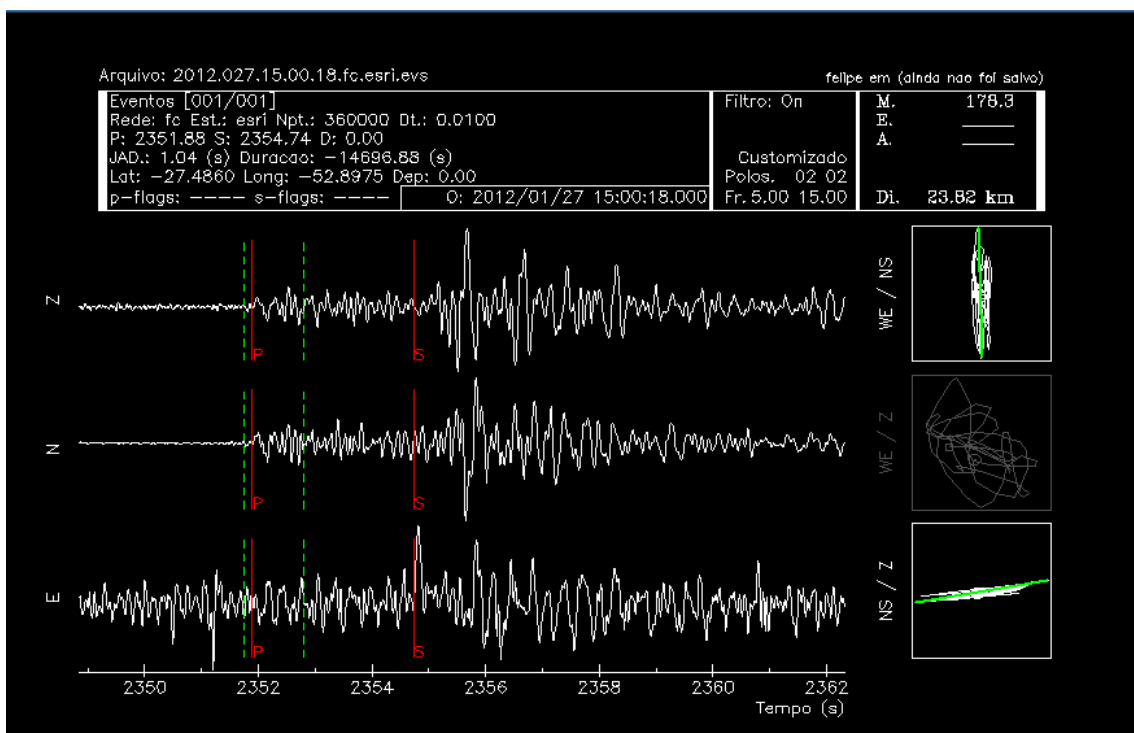


**Figura 5.-** Provável explosão (Evento N°. 01, Tabela 1) ocorrida na Pedreira 3 e registrada no Ponto 3 da RSFC





**Figura 6.-** Provável evento sísmico (Evento N°. 02, Tabela 1) registrado na ESFC, ocorrido a uns 13 km ao sul do Ponto P3 da RSFC.



**Figura 7.-** Provável evento sísmico (Evento N°. 02, Tabela 1) registrado no Ponto P3 da RSFC ocorrido a uns 13 km ao sul desta estação.

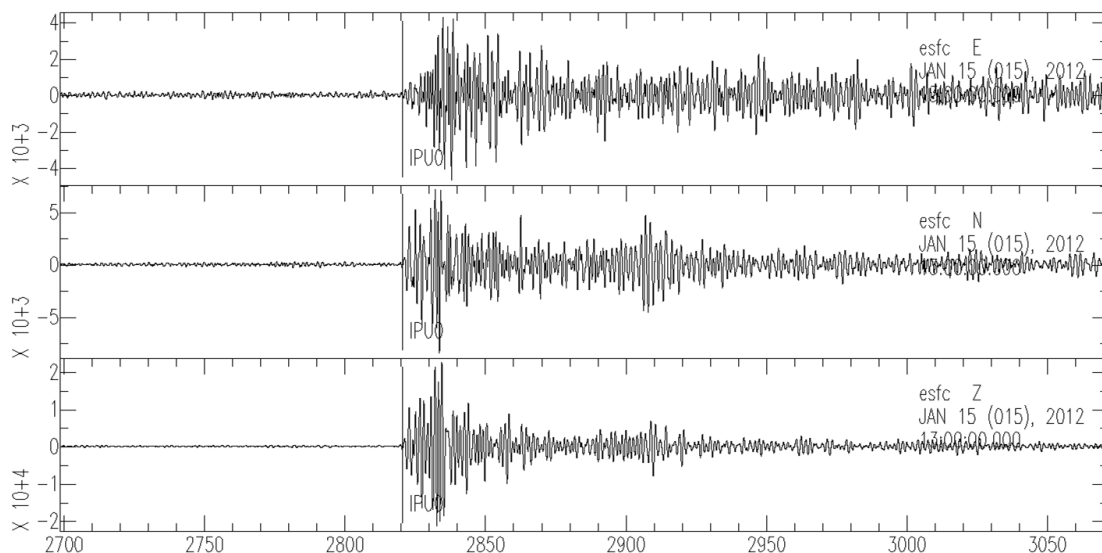


Na **Tabela 2** estão relacionados os parâmetros hipocentrais de alguns telessismos que foram registrados na estação ESFC no trimestre Janeiro – Março 2012. Nesta tabela estão listadas a data e hora de origem dos telessismos e os seguintes parâmetros como: data, latitude e longitude, profundidade focal e magnitude. (dados do U. S. Geological Survey). Ver os respectivos sismogramas nas **Figuras 08 a 12**.

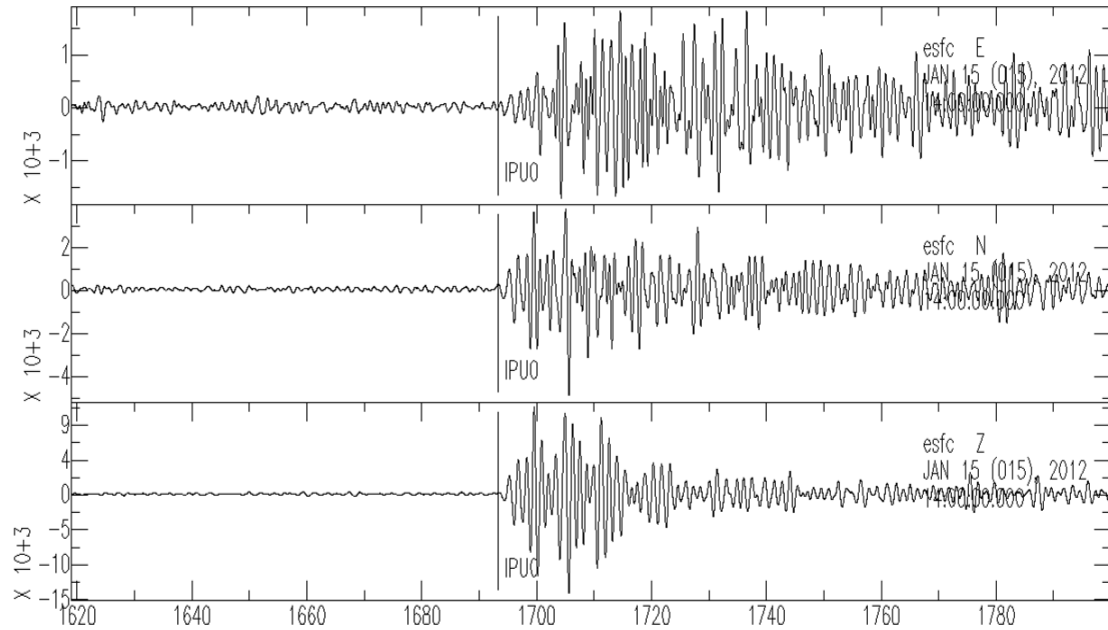
**Tabela 2** - Parâmetros hipocentrais de telessismos selecionados, registrados na ESFC no trimestre Janeiro - Março 2012.

No.	Data	Ho (UT)	Lat.	Long.	Prof (km)	Mw	ETA	Fig.
1	15/01/12	13:40:19,54	-60,95	-56,11	8	6,6	13:46:55,85	<b>Fig. 8</b>
2	15/01/12	14:21:31,37	-60,88	-55,97	10	6,0	14:28:06,93	<b>Fig. 9</b>
3	21/01/12	18:47:11,56	14,87	-93,00	45	6,2	18:56:52,30	<b>Fig. 10</b>
4	23/01/12	16:04:52,98	-36,41	-73,03	20	6,1	16:09:24,22	<b>Fig. 11</b>
5	25/03/12	22:37:06,71	-35,21	-71,88	35	7,1	22:44:15,48	<b>Fig. 12</b>

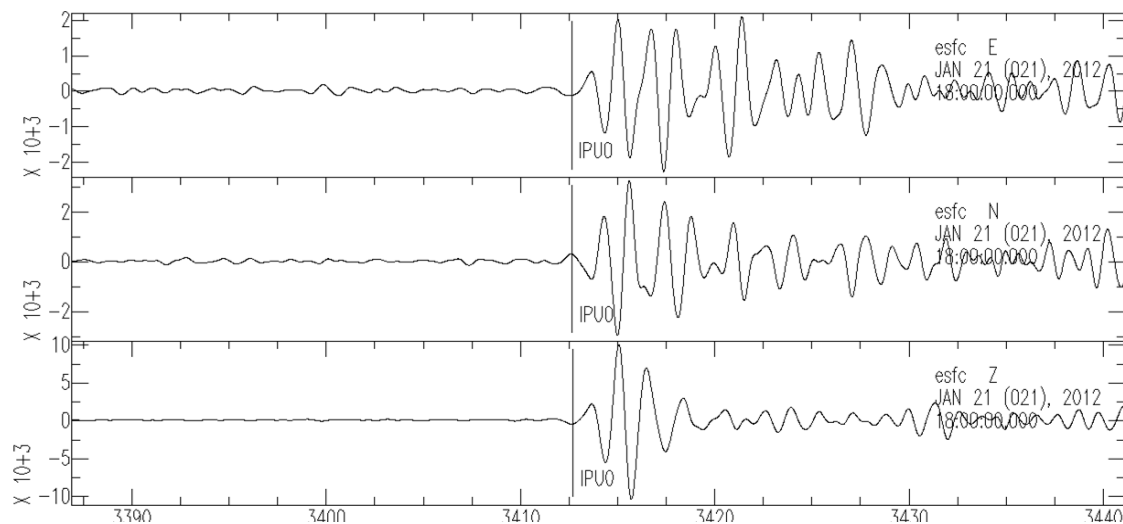
**OBS.** **Ho (UT)** hora de origem do sismo em Tempo Universal; **Lat.** Latitude e **Long** Longitude do epicentro; **Prof (km)** Profundidade focal em quilômetros; **Mw** Magnitude na escala de momento sísmico; **ETA** Tempo de chegada do sismo esperado na estação.



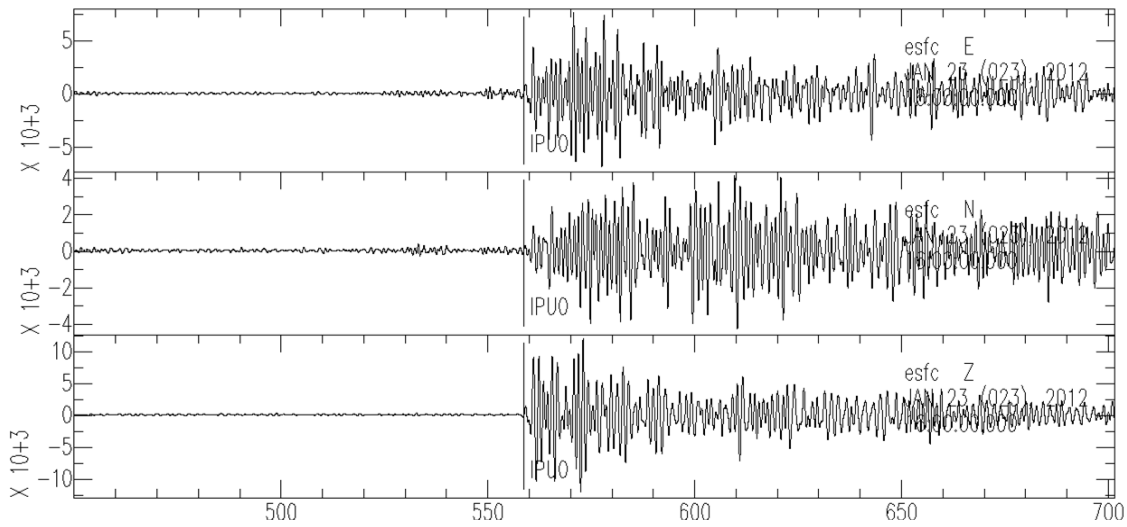
**Figura 8** – Sismo de magnitude Mw 6,6, ocorrido no Arco de Scotia em 15.01.2012 as 13:20 h (UT) e registrado na Rede Sismográfica de Foz do Chapecó.



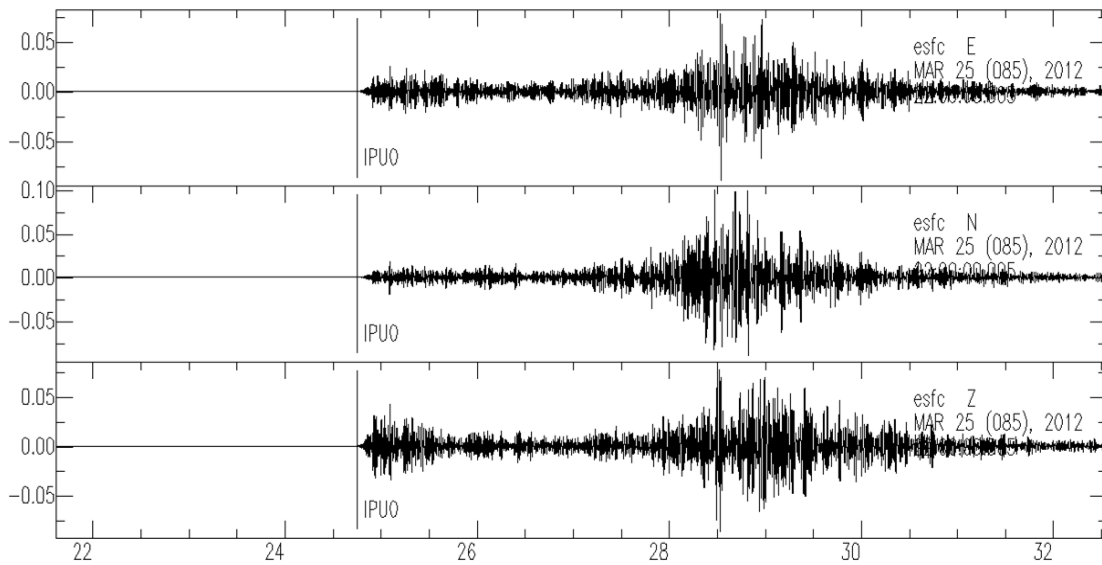
**Figura 9** – Sismo de magnitude Mw 6,0, ocorrido no Arco de Scotia em 15.01.2012 as 14:21 h (UT) e registrado na Rede Sismográfica de Foz do Chapecó.



**Figura 10** – Sismo de magnitude Mw 6,2, ocorrido no litoral da divisa entre México e Guatemala, em 21.01.2012 e registrado na Rede Sismográfica de Foz do Chapecó.



**Figura 11** – Sismo de magnitude Mw 6,1, ocorrido no litoral da porção central de Chile, ao sul de Santiago, em 23.01.2012 e registrado na Rede Sismográfica de Foz do Chapecó



**Figura 12** – Sismo de magnitude Mw 7,1, ocorrido no litoral da porção central de Chile, próximo de Santiago, em 25.03.2012 e registrado na Rede Sismográfica de Foz do Chapecó.

São Paulo, 27 de maio de 2012



Jesus Berrocal  
Sismólogo