

18º Boletim do Monitoramento Sismográfico dos Reservatórios Hidrelétricos da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) - Estação Sismográfica da UHE Luiz Gonzaga - Itaparica (LGZ 01 e LGZ 02), registros obtidos no período de 16.07.15 a 12.08.15 (LGZ 01) e de 19.08.15 a 26.09.15 (LGZ 02)



Atende aos Termos do Contrato de Prestação de Serviço nº. CTNI - 92.2009.6220.00 entre a empresa G2 MEIO AMBIENTE e a CHESF

EUGÊNIO FRAZÃO
Diretor Executivo - G2 MEIO AMBIENTE

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE LUIZ GONZAGA (LGZ 02).....	03
3. RESULTADOS DA ATIVIDADE SÍSMICA.....	07
3.1. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE SÍSMICA NA UHE LUIZ GONZAGA (LGZ 01 E LGZ 02).....	07
3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE LUIZ GONZAGA (LGZ 01 E LGZ 02).....	14
3.3. CONCLUSÕES.....	14
4. EQUIPE TÉCNICA.....	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
ANEXO.....	18

1. INTRODUÇÃO

Os estudos sismológicos na área do reservatório da UHE de Luiz Gonzaga (Itaparica) estão sendo executados pela empresa G2 Meio Ambiente - Soluções em Geologia, Geofísica e Meio Ambiente Ltda., no âmbito do contrato nº. CTNI-92.2009.6220.00. Neste contrato encontra-se também inserido o monitoramento sismográfico dos reservatórios das UHE's Xingó, Sobradinho e Castelo Branco (Boa Esperança).

No boletim nº. 18 informamos sobre as atividades sísmicas que estão sendo monitoradas na área do reservatório da UHE Luiz Gonzaga - Itaparica durante o período de 16.07.15 a 26.09.15, sendo registrado pela estação LGZ 01 os sismos ocorridos entre 16.07.15 a 12.08.15 e pela estação LGZ 02 os sismos ocorridos entre 19.08.15 a 26.09.15. A justificativa para a mudança do local da estação da UHE Luiz Gonzaga LGZ 01 para LGZ 02 se deu devido a problemas com a proprietária do terreno onde se encontrava instalada a estação LGZ 01, conforme reportado em nota técnica e no relatório de instalação da estação LGZ 02 encaminhado para a CHESF.

Este boletim bimestral era para conter somente os eventos sismográficos registrados até o dia 15.09.15, porém como neste último bimestre tivemos a ocorrência de vários eventos regionais naturais no nordeste brasileiro nos estados de Pernambuco, Ceará e do Rio Grande do Norte, os mesmos poderiam ter sido intensificados e/ou provocados pelos 02 (dois) grandes eventos de telessismos ocorridos no Chile na borda oeste da placa sul-americana, nos dias 16 e 26 de setembro de 2015, com magnitudes de 8,3 m_b e 6,8 m_b , respectivamente. Neste boletim se apresentam os principais resultados da auscultação sismográfica que está sendo executada na área do reservatório da UHE Luiz Gonzaga (Itaparica), com dados do sismógrafo digital.

A região Nordeste do Brasil é a principal área de atividade sísmica do país, principalmente a borda da Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte e leste do Ceará). Por ser do tipo intraplaca, o nível da atividade sísmica no Nordeste do Brasil não pode ser comparado ao de regiões de borda de placa como a Califórnia ou os Andes, por exemplo. Isso não quer dizer que sismos intraplaca não sejam perigosos, mas são menos frequentes. Ao contrário do geralmente pensado, devido às características da crosta, sismos intraplaca são mais destrutivos que sismos de borda de placa, com a mesma magnitude e profundidade (Seeber & Armbruster, 1988).

Embora, até o momento, não tenha ocorrido nenhum sismo catastrófico na região nordeste do Brasil, duas das características da sismicidade do Nordeste tornam os efeitos dos sismos mais salientes: de um lado, os sismos são rasos com, no máximo, 12 km de profundidade; e do outro, a atividade sísmica costuma ocorrer na forma de enxame, cuja duração pode se estender por anos (Ferreira *et al.*, 1998). A primeira característica faz com que, por exemplo, sismos de magnitude da ordem de 3,8 m_b (magnitude calculada com ondas P e S) causem rachaduras em edificações. A segunda característica faz com que o efeito

psicológico de uma sequencia de sismos, mesmo de baixa magnitude, praticamente só ouvidos pelos habitantes, cause pânico na população.

A região Nordeste tem experimentado sismos de magnitude próxima ou superior a 5,0, como os que ocorreram em Cascavel (1980, 5,2 m_b) e João Câmara (1986, 5,1 m_b ; 1989, 5,0 m_b), todos com intensidade VII MM (Fig. 01). Esses eventos têm causado sérios danos nas edificações como colapso parcial de casas e extensas rachaduras nas paredes. Os tremores citados acima foram sentidos numa área de raio da ordem de 600 km, a partir do epicentro (Ferreira & Assumpção, 1983; Takeya *et al.*, 1989). Esta intensa atividade sísmica não é nova, tem sido constatada na região desde 1808 e, certamente, deve continuar (Fig. 01).

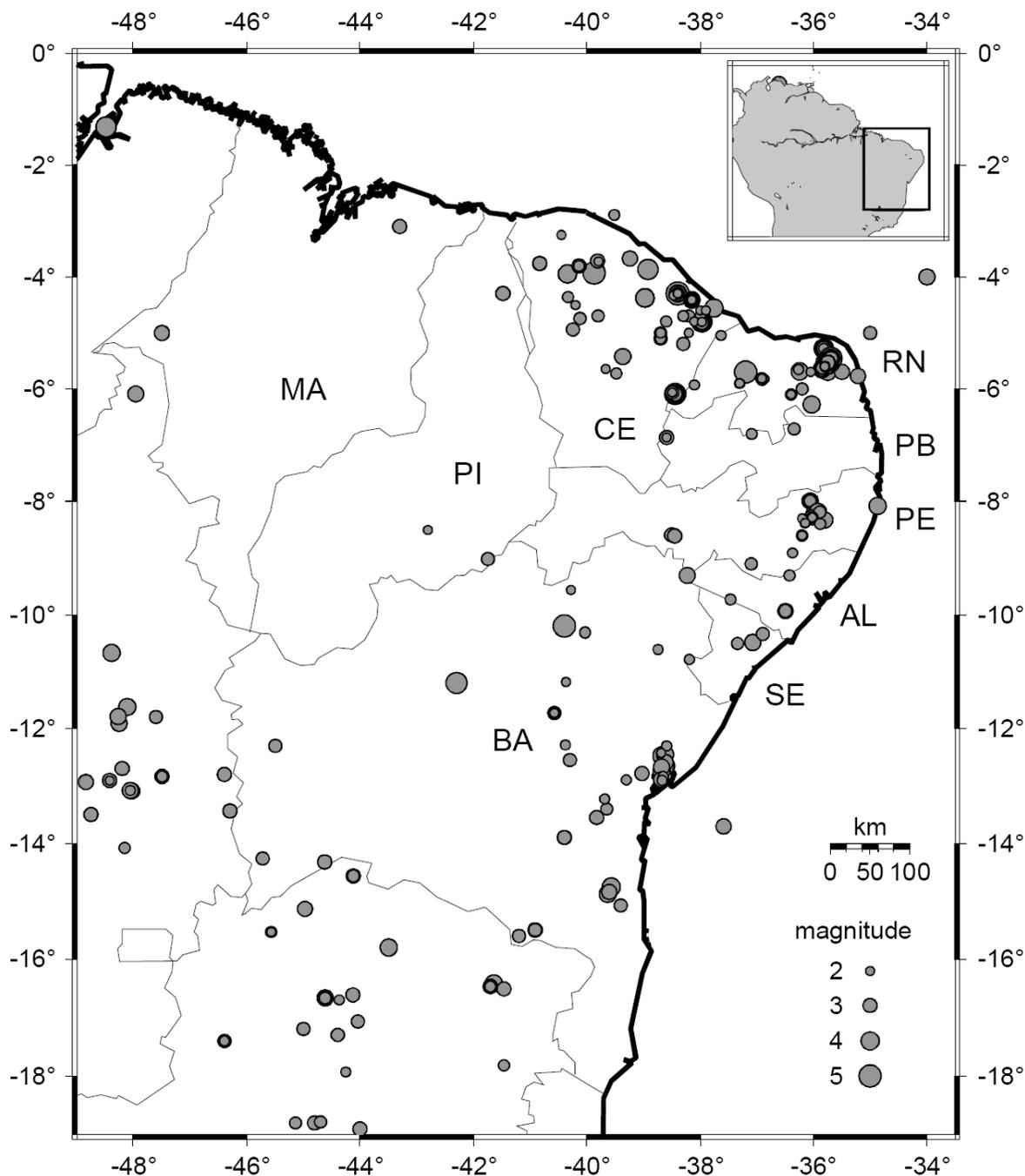


Figura 01: Mapa da sismicidade do Nordeste do Brasil (sismos desde 1808).



Figura 03: Localização da nova estação LGZ 02 em relação à UHE Luiz Gonzaga (Fonte: Google).

O equipamento instalado foi da R-Sensors semelhante ao instalado da estação LGZ 01 (Fig. 04), operando na mesma faixa de frequência em um abrigo projetado com um novo conjunto energia independente (placa fotovoltaica, bateria e controlador de energia).



Figura 04: Conjunto de equipamento incluindo o sismógrafo e registrador da R-Sensors, bateria estacionária e placa fotovoltaica 60W, instalados na estação LGZ 02.

As figuras 05 e 06 mostram os mapas de localização em relação a UHE de Luiz Gonzaga e o acesso de como chegar na nova estação LGZ 02.

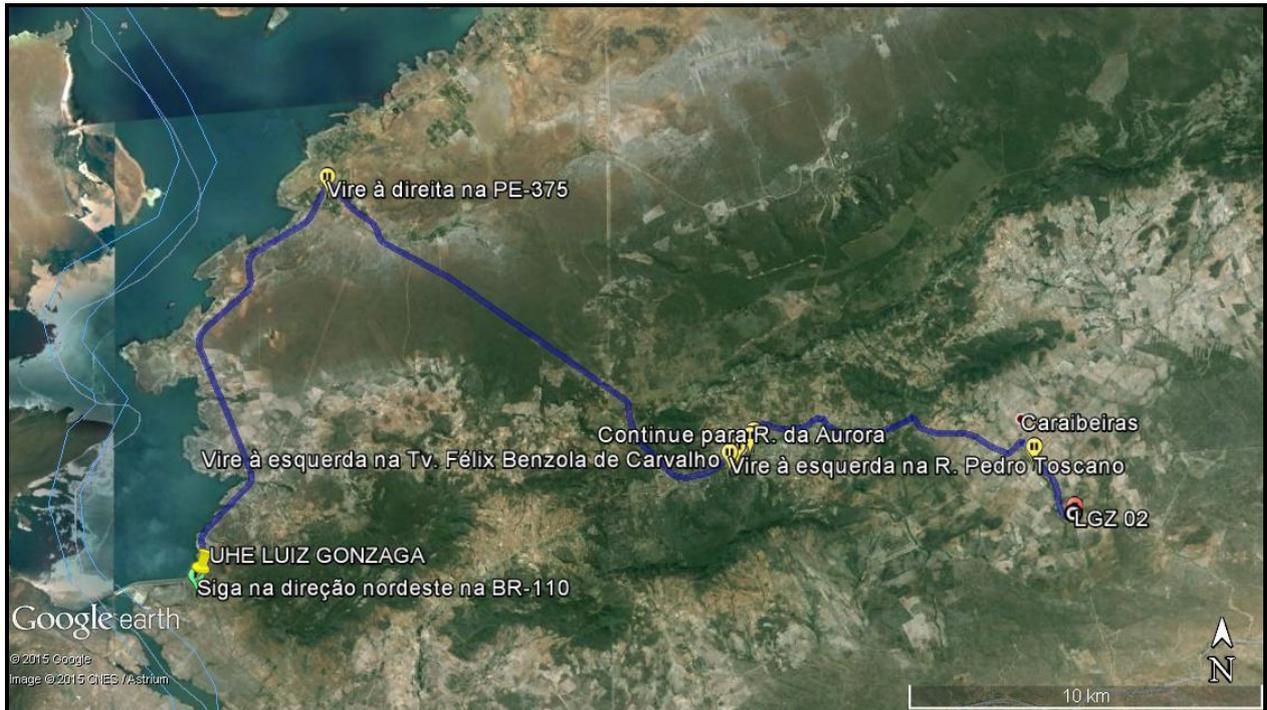


Figura 05: Mapa de localização em planta e o acesso para a estação LGZ 02 (Fonte: Google).

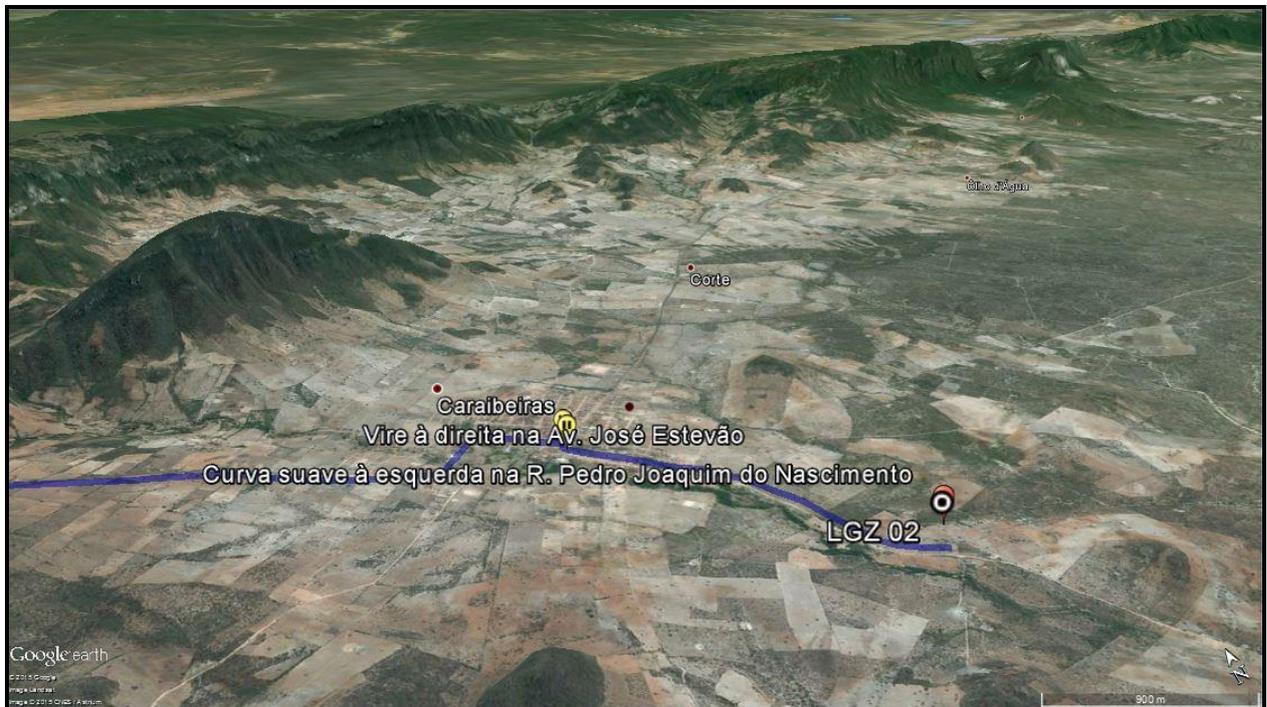


Figura 06: Mapa de localização em 3D detalhado e o acesso para a estação LGZ 02 (Fonte: Google).

O acesso a área para estação LGZ 02 se faz da seguinte forma a partir da UHE Luiz Gonzaga:

1. Siga na direção NE na BR-110 por 14 km;

2. Vire à direita na PE-375 percorra 14,9 km até chegar em Tacaratu/PE;
3. Em seguida percorra mais 10 km até chegar em Caraibeiras, distrito de Tacaratu/PE;
4. Após a localidade de Caraibeiras percorra 2,5km até chegar na zona rural onde está instalada a estação LGZ 02;
5. O percurso total por via terrestre da UHE Luiz Gonzaga até a estação LGZ 02, totaliza 41,4 km.

A figura 07 mostra o local onde foi instalada a estação LGZ 02, localizada na zona rural de Caraibeiras/PE, na propriedade do Sr. Ivonilson Carlos, o mesmo é proprietário em Caraibeiras de um comercio de móveis e eletrodomésticos. Lembrando, que foi autorizado pelo proprietário à instalação da estação e na ocasião explicado a finalidade do estudo na região para a segurança no entorno da UHE de Luiz Gonzaga. Onde foi mostrado o mapa da figura 08 e informado a importância do local da estação LGZ 02 para o estudo sismográfico na região, já que a estação LGZ 02 está instalada no mesmo lineamento rochoso que vai desde Caruaru/PE até a UHE Luiz Gonzaga, mostrando a importância do estudo para a pesquisa e para toda a comunidade. Importante ressaltar que Caruaru/PE está apenas 270km da UHE de Luiz Gonzaga.



Figura 07: Instalação do sismógrafo na estação LGZ 02.

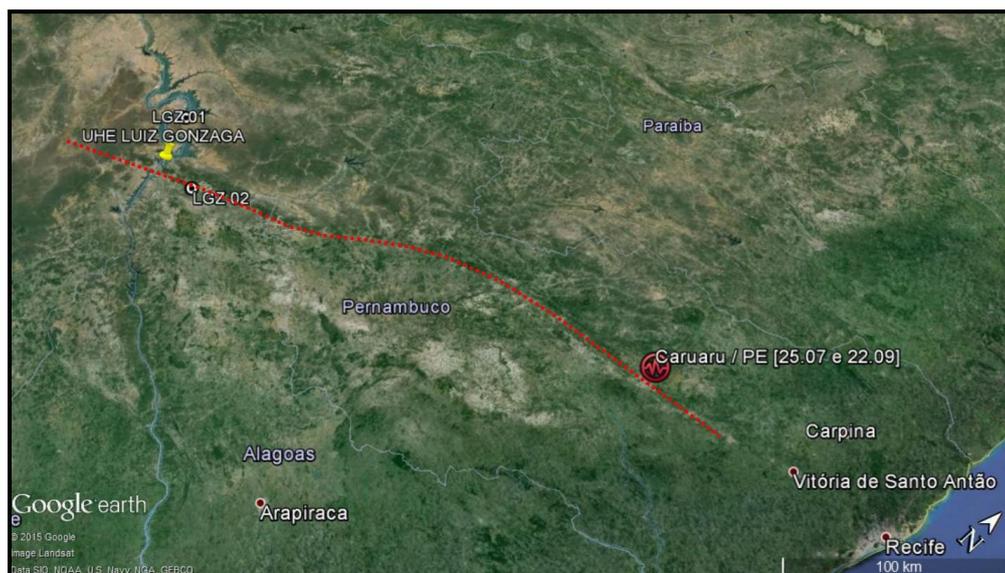


Figura 08: Mostrando a localização da estação LGZ 02 em um contexto regional, no mesmo lineamento onde ocorrem os sismos em Caruaru/PE.

A principal justificativa por utilizarmos esta mesma localidade ocupada pela UFRN anteriormente, foi por ser tratar de um local já conhecido pela equipe de campo, com baixo ruído, seguro e por ser próximo a UHE de Luiz Gonzaga. Outro ponto importante foi porque a estação LGZ 02 encontra-se instalada no mesmo lineamento de Caruaru/PE onde já foram registrados vários eventos naturais regionais desde o início das medições para a CHESF.

3. RESULTADOS DA ATIVIDADE SÍSMICA

Para a análise dos dados produzidos pelas estações e determinação de seus resultados foram utilizados os seguintes programas para as seguintes atividades específicas:

- ZZX_4 (R-SENSORS): para a visualização e conversão de dados;
- SeisGram2K (*Seismogram Viewer v.6.0*): para a visualização, análise preliminar e edição das imagens dos sismogramas digitais;
- COMPASS - Strong Motion (*Interactive Weak and Strong Motion Data Processing Software*): para a visualização, processamento final e edição das imagens dos sismogramas digitais.

Os dados produzidos pela estação sismográfica da UHE Luiz Gonzaga (LGZ 01 e LGZ 02), foram para efeito de análise, divididos em eventos locais, eventos regionais e eventos distantes (telessismos), em relação à estação registradora. Na categoria de eventos locais encontram-se sismos cujas distâncias epicentrais estão abaixo de 100 quilômetros da estação sismográfica.

3.1. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE SÍSMICA NA UHE LUIZ GONZAGA (LGZ 01 E LGZ 02)

No período de 16 de julho a 26 de setembro de 2015, na rede Sismográfica da UHE Luiz Gonzaga a estação LGZ 01 registrou 02 eventos regionais naturais e a estação LGZ 02 registrou 02 eventos de telessismos e 05 eventos regionais naturais (Tab. 02).

Além da distância epicentral, outro fator importante na escolha dos telessismos para o cálculo da função do receptor é a sua magnitude, pois quanto maior a razão sinal-ruído, menor será o erro na determinação da Ps. Para este trabalho, um dos critérios adotados para a escolha do telessismo foi ter magnitude igual ou maior que 5 m_b .

Tabela 02: Eventos sismográficos registrados pela estação de Luiz Gonzaga (LGZ 01 e LGZ 02).

ANO	MÊS	DIA	HORA (UTC)	MIN	SEG(P)	S-P	DIST (km)	AZM	MAG	OBS
2015	07	20	22	00	03			-3 6.56 S -40 47.75 W	3.2	Granja / CE
2015	07	25	21	42	20			-8 15,25 S -35 56.57 W	2.5	Caruaru / PE
2015	09	10	23	28	31			-3 49.15 S -39 54.58 W	2.3	Irauçuba / CE
2015	09	15	21	38	25			-3 49.15 S -39 54.58 W	2.5	Irauçuba / CE
2015	09	16	23	01	30			27.86 N 86.08 E	8.3	Chile Fonte: EMSC
2015	09	20	11	49	02			-5 27.42 -35 43.18 W	3.8	João Câmara / RN
2015	09	22	23	08	25			-8 15,25 S -35 56.57 W	2.6	Caruaru / PE
2015	09	23	12	49	12			-5 15,25 S -35 56.57 W	2.5	João Câmara / RN
2015	09	26	02	51	16			27.86 N 86.08 E	6.8	Chile Fonte: EMSC

As figuras 09 a 11 são referentes ao telessismos registrados pela estação sismográfica de Luiz Gonzaga (LGZ 02) ocorridos no Chile nos dias 16 e 26 de setembro de 2015 com magnitudes de 8,3 m_b e 6,8 m_b , respectivamente.

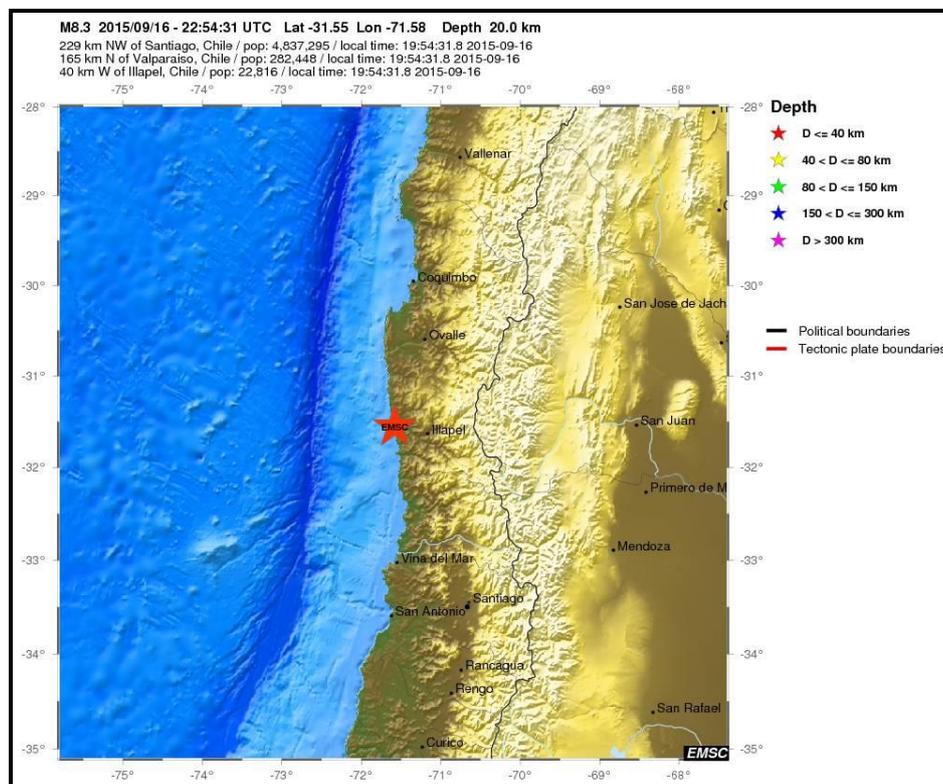


Figura 09: Sismo registrado no Chile com magnitude 8,3 m_b pela estação LGZ 02.

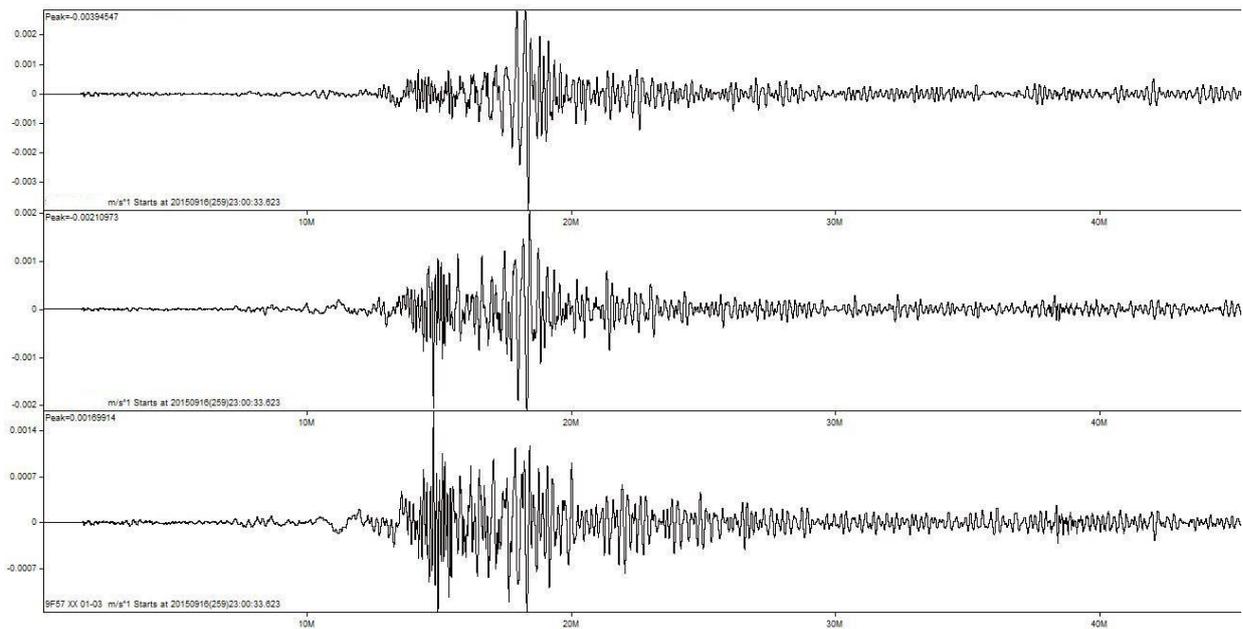


Figura 10: Registro do evento telessismo ocorrido no Chile com magnitude 8,3 m_b , no dia 16.09.15 às 23:01:30 (UTC).

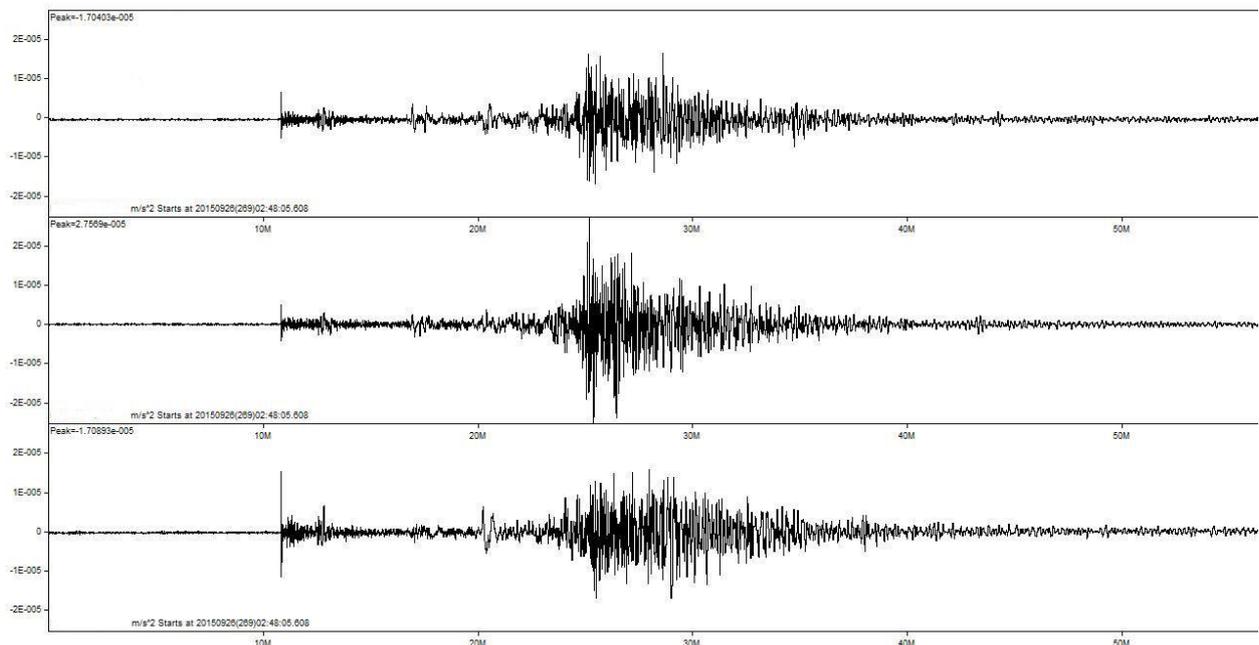


Figura 11: Registro do evento telessismo ocorrido no Chile com magnitude 6,8 m_b , no dia 26.09.15 às 02:51:16 (UTC).

As figuras 12 a 19 mostram a localização e os registros dos eventos naturais regionais ocorridos nos municípios de Granja/CE, Irauçaba/CE, João Câmara/RN e Caruaru/PE.

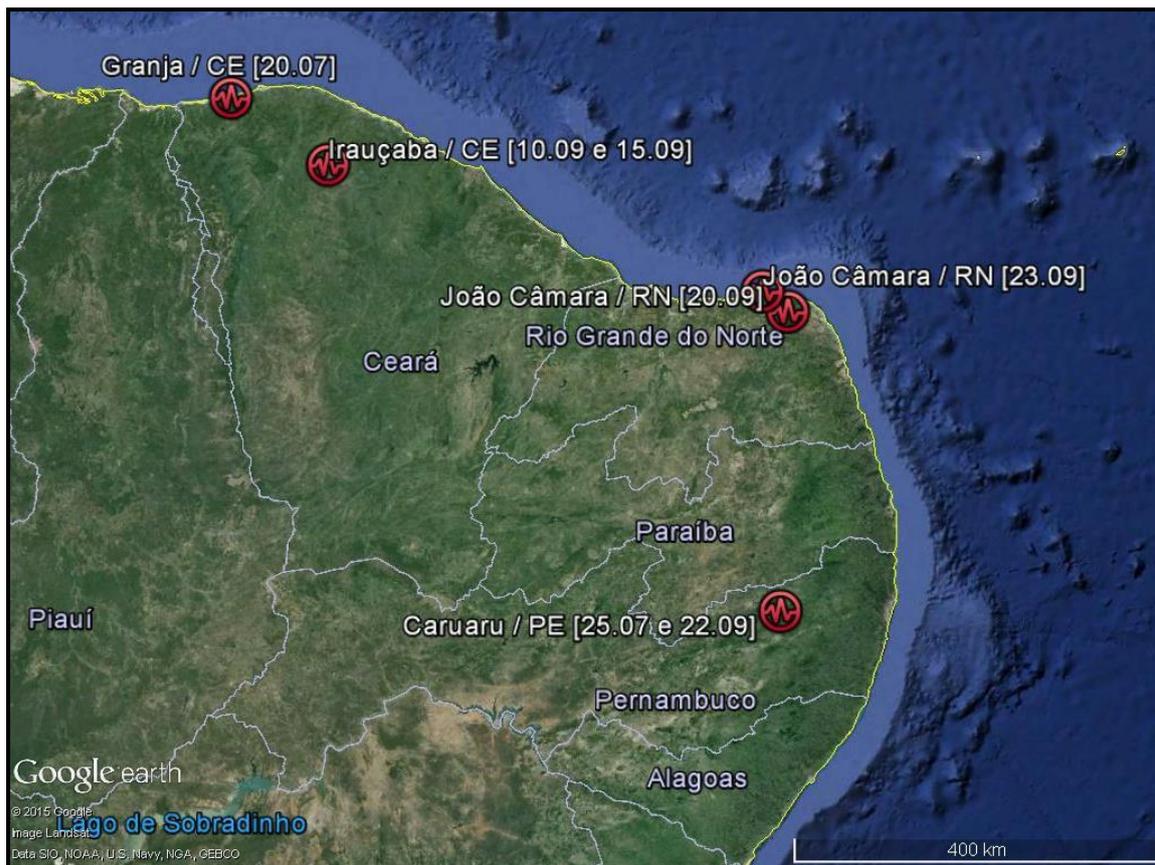


Figura 12: Mapa com a localização do epicentro dos eventos regionais naturais ocorridos nos municípios de Granja/CE, Irauçaba/CE, João Câmara/RN e Caruaru/PE, registrados pelas estações LGZ 01 e LGZ 02 (Rede Sismográfica da CHESF).

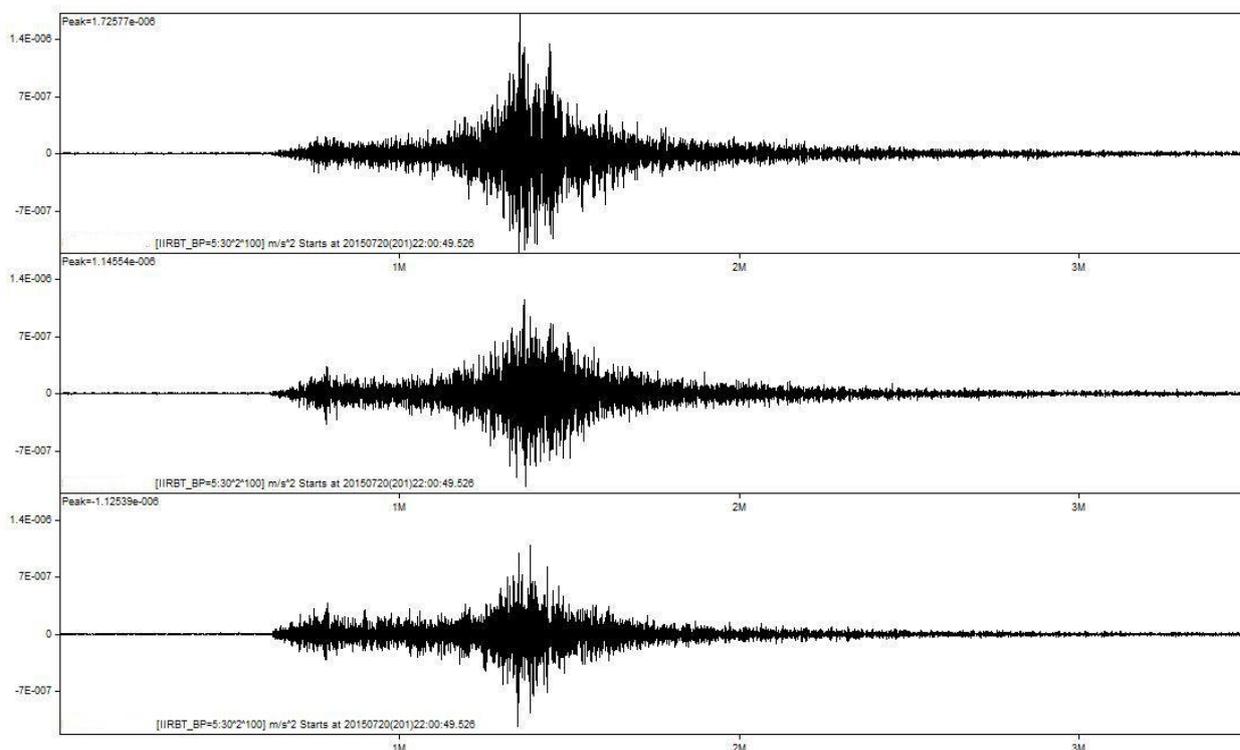


Figura 13: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 01 ocorrido em Granja/CE, com magnitude $3,2m_b$, no dia 20.07.15 às 22:00:03 (UTC).

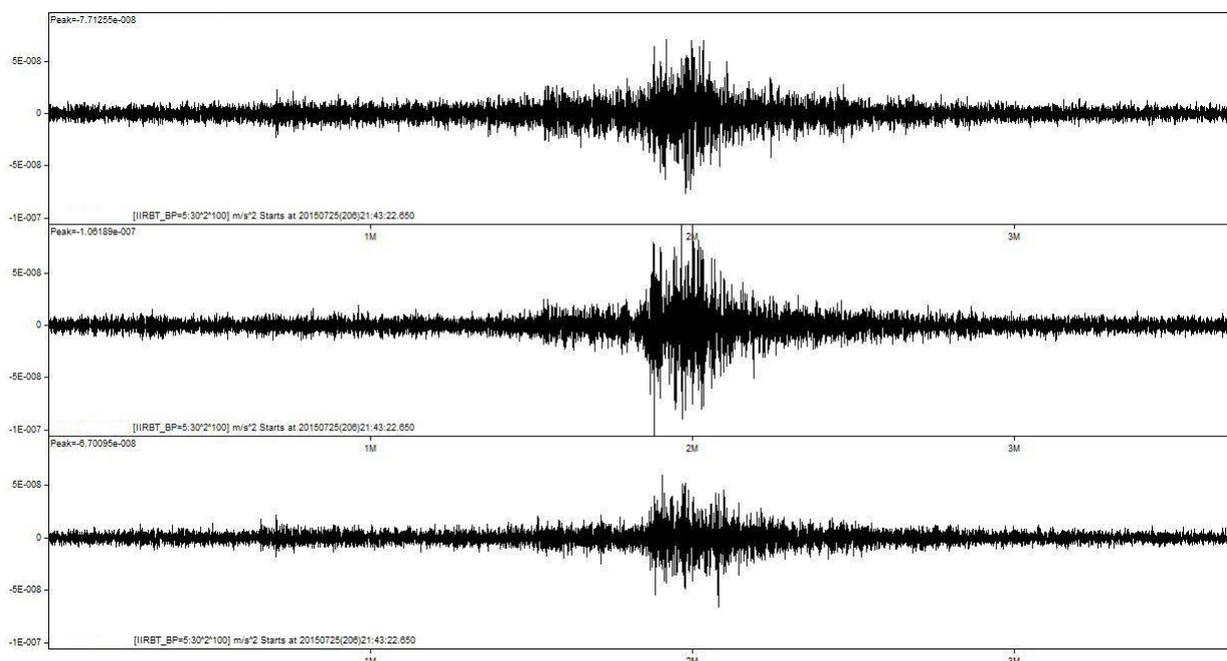


Figura 14: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 01 ocorrido em Caruaru/PE, com magnitude $2,5m_b$, no dia 25.07.15 às 21:42:20 (UTC).

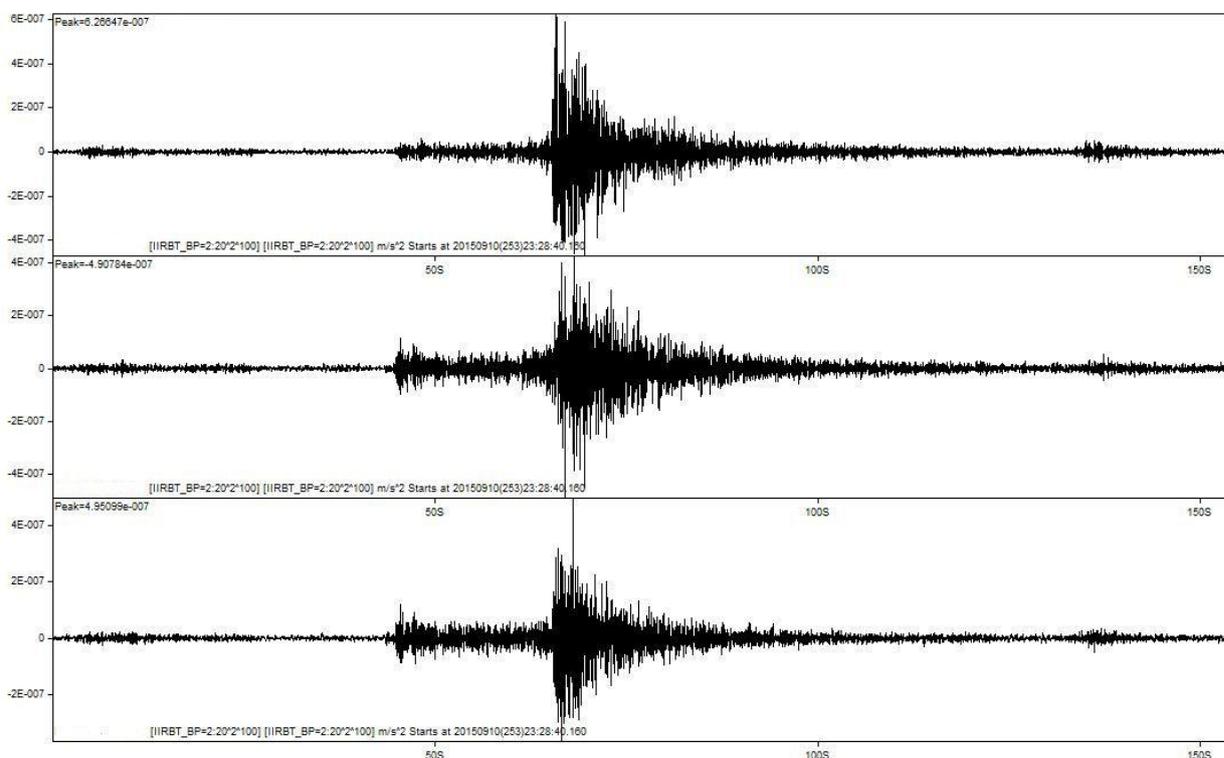


Figura 15: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 02 ocorrido em Irauçuba/CE, com magnitude $2,3m_b$, no dia 10.09.15 às 23:28:31 (UTC).

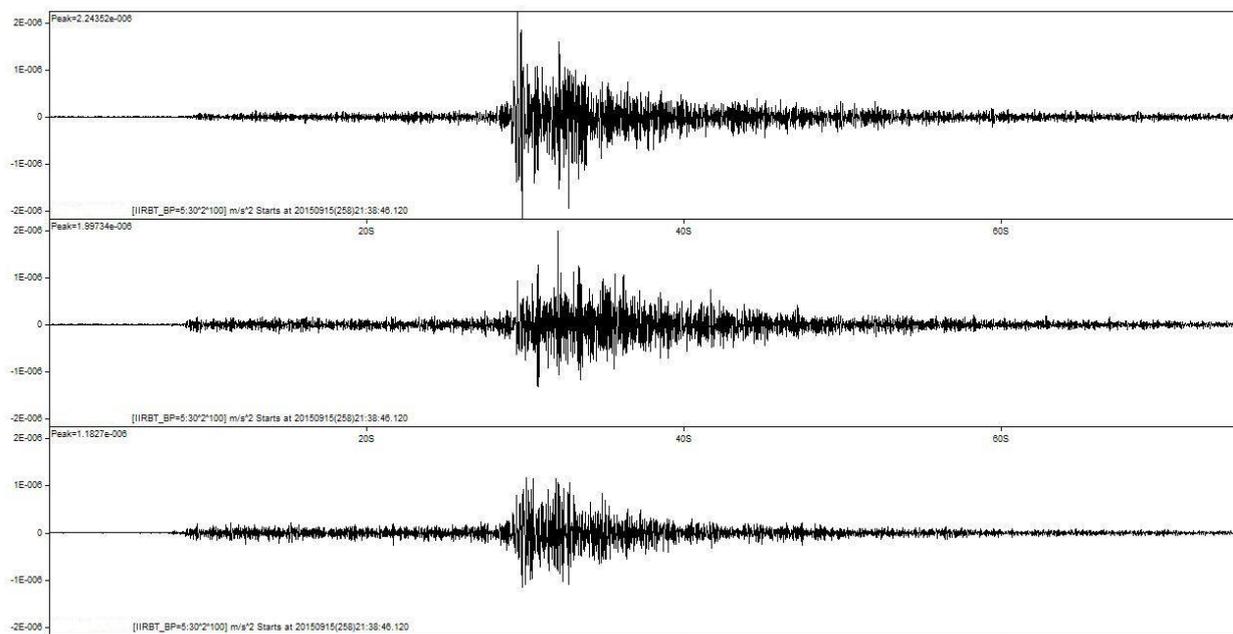


Figura 16: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 02 ocorrido em Irauçuba/CE, com magnitude $2,5m_b$, no dia 15.09.15 às 21:38:35 (UTC).

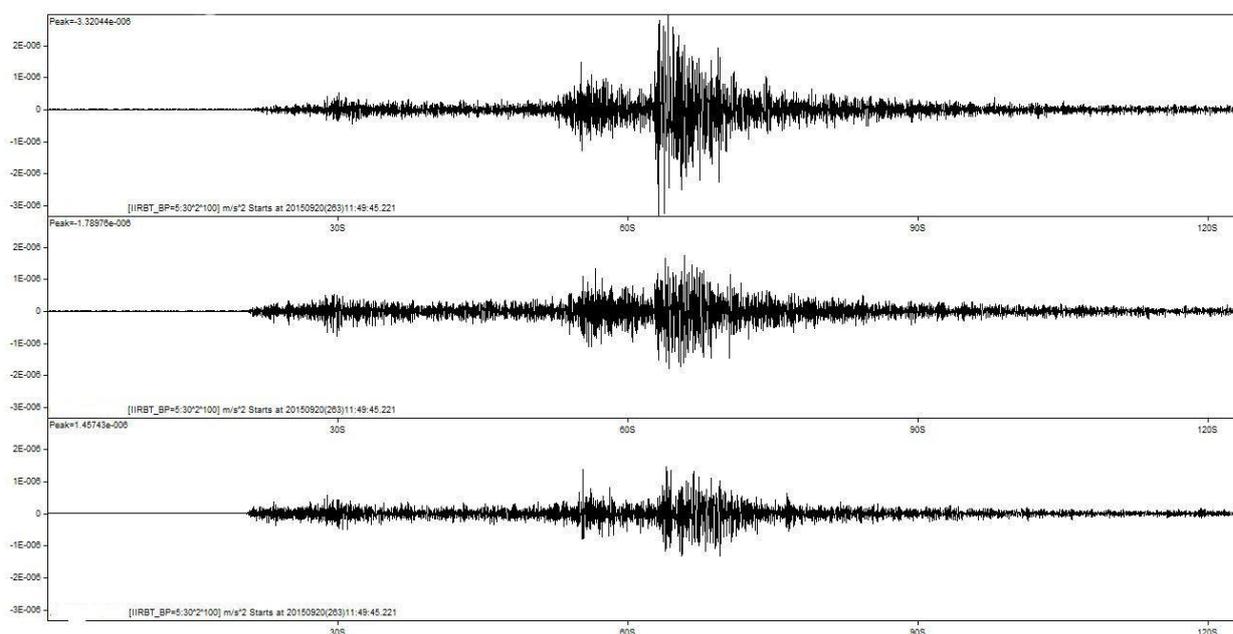


Figura 17: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 02 ocorrido em João Câmara/RN, com magnitude $3,8m_b$, no dia 20.09.15 às 11:49:02 (UTC).

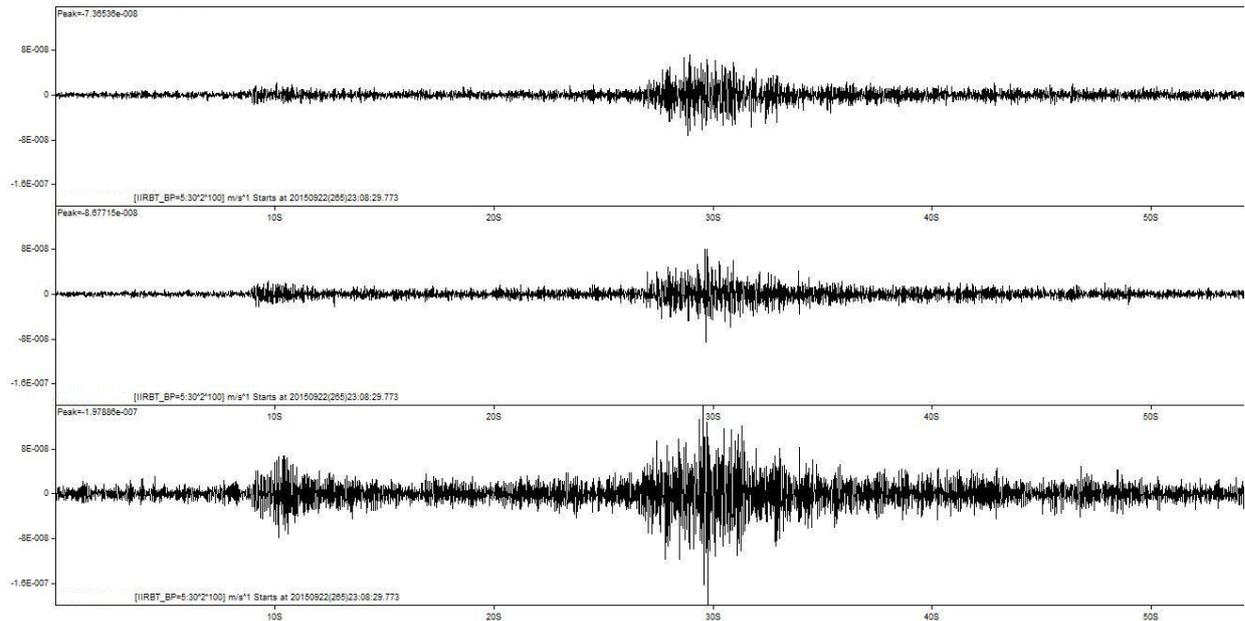


Figura 18: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 02 ocorrido em Caruaru/PE, com magnitude $2,6m_b$, no dia 22.09.15 às 23:08:25 (UTC).

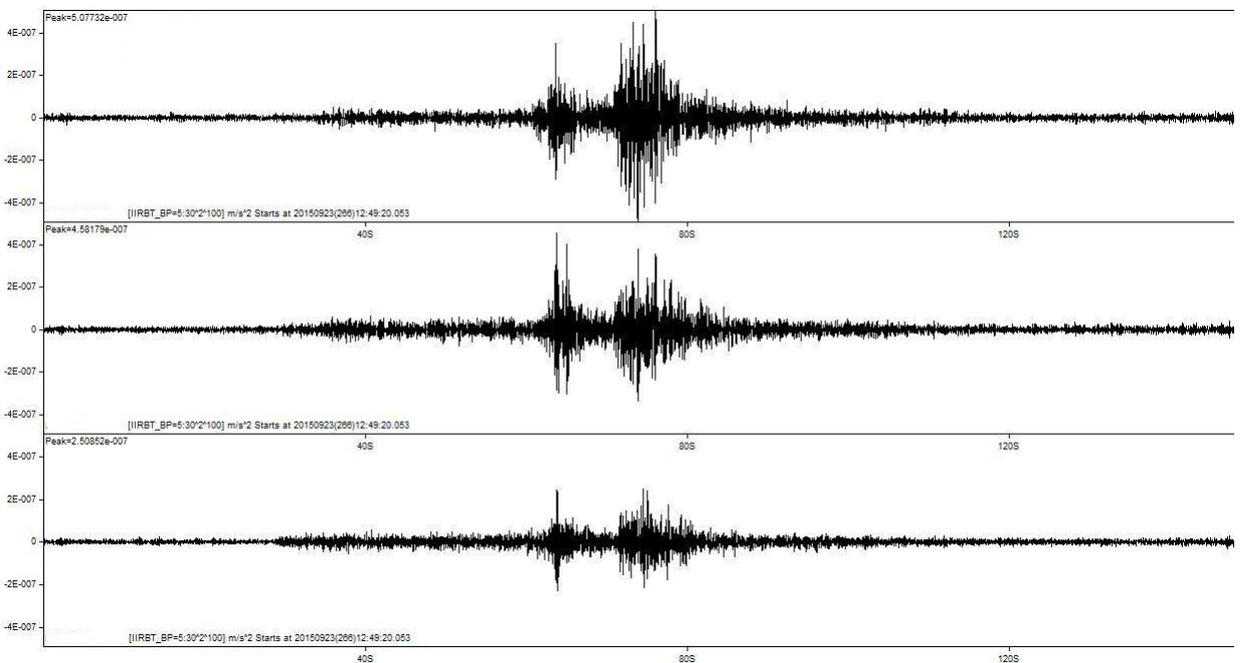


Figura 19: Registro de um evento natural regional na estação LGZ 02 ocorrido em João Câmara/RN, com magnitude $2,5m_b$, no dia 23.09.15 às 12:49:12 (UTC).

3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DA UHE LUIZ GONZAGA (LGZ 01 E LGZ 02)

A manutenção preventiva da estação sismográfica da UHE Luiz Gonzaga (LGZ 01 e LGZ 02) é realizada a cada 4 meses. Durante a vistoria é verificado se o painel solar de 80W esta gerando energia normalmente, além desse teste é feita a medição da resistência dos fios que interligam a bateria ao controlador de carga, para certificar que a bateria estar sendo carregada normalmente pelo painel solar.

O objetivo principal da manutenção preditiva é a verificação “*in situ*” do funcionamento do equipamento, antecipando eventuais problemas que possam causar a parada na gravação dos registros sismológicos.

3.3. CONCLUSÕES

No período de 16.07.15 a 26.09.15 foram registrados 02 (dois) eventos de telessismos pela estação LGZ 02 com magnitudes de 8,3_{m_b} e 6,8_{m_b} no Chile, respectivamente.

Portanto, este boletim bimestral era para conter somente os eventos sismográficos registrados até o dia 15.09.15, porém como neste último bimestre tivemos a ocorrência de vários eventos regionais naturais no nordeste brasileiro nos estados de Pernambuco, Ceará e do Rio Grande do Norte, os mesmos poderiam ter sido intensificados e/ou provocados pelos 02 (dois) grandes eventos de telessismos ocorridos no Chile na borda oeste da placa sul-americana, por esse motivo o boletim compreendeu os eventos ocorridos até o dia 26 de setembro de 2015.

Com relação aos eventos naturais regionais registrados nas estações LGZ 01 e LGZ 02 ocorridos nos municípios de Granja/CE, Irauçaba/CE, João Câmara/RN e Caruaru/PE, podemos observar que vem aumentando gradativamente, como todos esses sismos estão ocorrendo longe dos reservatórios da CHESF, não dá para prever se podem ocorrer grandes tremores próximos ao reservatório de Luiz Gonzaga.

Ainda assim, no Brasil, os tremores são considerados incomuns, porque o País está no centro da placa sul-americana. A maior parte do território está longe dessas bordas repletas de instabilidade. Entretanto, existem pequenas falhas geológicas que também se movimentam em busca de uma acomodação natural, motivo das atividades sísmicas nestas regiões seriam a ocorrência de falhas sismogênicas.

Tem sido comum o registro de eventos sísmicos no Nordeste e apesar de fraca magnitude os abalos têm se mostrado persistentes. Algumas falhas estão ativas, mas ainda não há dados suficientes para uma completa explicação do regime tectônico. Estas situações sismogênicas intraplaca também ocorrem em outras regiões brasileiras, como por exemplo, a divisa litorânea entre as Regiões Sul e Sudeste, porém carecem ainda de uma boa formulação

teórica. A princípio é possível dizer que são respostas à tensão a que todas as placas tectônicas estão submetidas a partir dos movimentos constantes das mesmas, porém há efeitos locais de distribuição dessa tensão que, em geral, são poucos conhecidos.

Lembrando, que os registros das atividades sísmicas naturais ocorridas nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco não causam riscos a UHE de Luiz Gonzaga.

Neste último bimestre tivemos uma grande atividade sísmica no nordeste brasileiro, porém não podemos afirmar que não tem correlação com os terremotos ocorridos no Chile nos dias 16 e 26 de setembro de 2015 com magnitudes de 8,3 m_b e 6,8 m_b , respectivamente, pois terremotos dessa magnitude pode desencadear indiretamente uma série de eventos na borda da placa sul americana.

Na região do complexo arcabouço de tectônico localizado no sertão pernambucano (Caruaru), em João Câmara/RN e no sertão do Ceará, vem ocorrendo frequentemente a atividade de sismos naturais, provavelmente causados pela acomodação das camadas geológicas sobrejacentes no sistema de falhas nesta região do nordeste brasileiro.

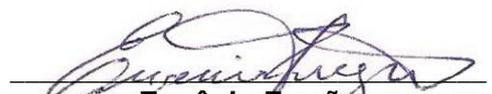
Em anexo é apresentado 01 (um) DVD com os registros obtidos pelo sismógrafo da estação sismográfica da UHE Luiz Gonzaga (LGZ 01 e 02) com os dados gravados em arquivos a cada 1h, no período de 16.07.15 a 26.09.15.

4. EQUIPE TÉCNICA

TÉCNICOS DE NÍVEL SUPERIOR		
NOME	FUNÇÃO	REGISTRO PROFISSIONAL
Eugênio Frazão	Diretor Executivo	RG 3.427.380 SSP/PA
Dr. Aderson F. do Nascimento	Coordenador	RG 2347597 SSP/RN
Eduardo A. S. de Menezes	Responsável Técnico	CREA/RN 211083550-8
Dr. Anderson Targino Ferreira	Responsável Técnico	CREA/RN 210008956-3

TÉCNICOS DE NÍVEL MÉDIO		
NOME	FUNÇÃO	REGISTRO PROFISSIONAL
Bruno Pires Frazão	Técnico de Campo	RG 3.461.130 SSP/PA
Flavio Souto da Costa	Técnico de Campo	RG 367221 ITEP/RN

Natal, 26 de Abril de 2016.



Eugênio Frazão
 Diretor Executivo - G2 MEIO AMBIENTE



Dr. Anderson Targino Ferreira
 Responsável Técnico - CREA/RN 210008956-3

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, J.M & ASSUMPÇÃO, M. (1983). Sismicidade do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geofísica, **1**: 67-88.
- FERREIRA, J.M., OLIVEIRA, R.T, ASSUMPÇÃO, M., MOREIRA, J.A.M., PEARCE, R.G. & TAKEYA, M.K. (1995). Correlation of seismicity and water level in the Açú reservoir - an exemple from Northeast Brazil. *Bull Seism. Soc Am.*, **85**: 1483-1489.
- FERREIRA, J.M., OLIVEIRA, R.T, TAKEYA, M.K. & ASSUMPÇÃO, M. (1998). Superposition of local and regional stresses in the northeast Brazil: evidence from focal mechanisms around the Potiguar marginal basin. *Geophys. J. Int.*, **134**: 341-355.
- SEEBER, L. & ARMBRUSTER, J. G. (1988). Seismicity along the Atlantic seabord of the U.S.: intraplate neotectonics and earthquake hazard. In: *The Atlantic Continental Margin: U.S., The Geology of North America*. R.E. Sheridan & J.A. Grow (eds.), *Geological Society of America, Boulder*, p. 565-582.
- TAKEYA, M.K., FERREIRA, J.M., PEARCE, R.G., ASSUMPÇÃO, M., COSTA, J.M. & SOPHIA, C.M. (1989). The 1986-1987 intraplate earthquake sequence near João Câmara, northeast Brazil - evolution of seismicity. *Tectonophysics*, **167**, 117-131.

ANEXO

