

CLASSE	Nº
2	BP/G/6980/200026

ASSUNTO/MOTIVO Relatório referente ao Programa de Monitoramento Sismológico Regional da CNAAA – Referência Ano de 2019	PÁGINA 1 / 11
	LOCAL/DATA (Ver data no rodapé)
	REDATOR Flavia
	U.O./TEL. DAN.T / 7669
REFERÊNCIA APE Vilas - ESAR	CÓDIGO ARQUIVO ESA06697967

SUMÁRIO	Nº DE PÁGINAS	ANEXOS	(NOS RELATÓRIOS DE REUNIÃO INDICAR, INICIALMENTE, NO SUMÁRIO: LOCAL, DATA, COORDENADOR, PARTICIPANTES E DURAÇÃO)
	11	-	

Para a realização do Programa de Monitoramento Sismológico Regional da CNAAA, a Eletrobras Eletronuclear construiu a Estação Sismológica de Angra dos Reis – ESAR, localizada em Piraquara de Fora. Esse programa tem por objetivo monitorar as atividades sismotectônicas na região das Usinas Nucleares através dos registros de movimentos de baixa intensidade, sejam de origem tectônica ou não.

Os registros aumentam o conhecimento sobre as falhas geológicas da região, leis de atenuação das ondas pelo solo, e um maior conhecimento da frequência de sismos regionais que formam a base da Análise de Risco Sísmico do sítio das Usinas da CNAAA.

O programa é realizado pelo Departamento de Análise de Tensões - DAN.T, com obtenção de dados desde 2002, através de um convênio inicialmente firmado entre a ETN e o Instituto de Astronomia e Geofísica da USP - IAG/USP e hoje com a Berrocal Inovações Geofísicas, sempre sob a responsabilidade do Prof. Dr. Jesus Berrocal.

Neste relatório, é feita uma atualização dos dados obtidos durante o ano de 2019.

ASSINATURAS	REV.	DATA	PÁG.	VERIFICADO/APROVADO
	0			
<p>Flavia AUTOR</p>		<p>Rodolfo / Rodolfo VERIFICADO/APROVADO</p>		
DISTRIBUIÇÃO (QUANDO FOR ENCAMINHADO SOMENTE O SUMÁRIO PARA CONHECIMENTO COLOCAR "PC")				
ALI.T	Ver detalhes na pág. 2			
SO.T (PC)				
SE.T (PC)				
<p>O destinatário do presente documento está obrigado a tratá-lo de forma estritamente confidencial. A reprodução e/ou transmissão do mesmo a terceiros, assim como a utilização ou revelação de seu conteúdo, parcial ou integralmente, são proibidas, a não ser que seja dada uma autorização expressa por escrito para tal. Todos os direitos estão reservados.</p>				



DESCRIÇÃO DAS REVISÕES

Revisão	Data	Pág (s)	Descrição
0	-	-	Emissão Inicial

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	ESAR	4
2.1	HISTÓRICO	4
2.2	ABRIGO E EQUIPAMENTOS	5
2.3	OPERAÇÃO.....	6
2.4	ANÁLISE DOS DADOS	6
3	CONCLUSÕES	9
4	REFERÊNCIAS	10

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar os dados obtidos pela Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR durante o ano de 2019.

O funcionamento da ESAR, fornecendo informações sobre a atividade sísmica ocorrida na região do seu entorno, a um raio de até 320km, iniciou-se em janeiro de 2002 e prossegue até o presente com a Berrocal Investigações Geofísicas, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Jesus Berrocal. Na Eletrobras Eletronuclear, o acompanhamento dos serviços é realizado pelo Departamento de Análise de Tensões - DAN.T.

O Programa de Monitoramento Sismológico Regional implementado na CNAAA tem por objetivo monitorar as atividades sismotectônicas na região das Usinas Nucleares através dos registros de movimentos de baixa intensidade, sejam de origem tectônica ou de desmoronamentos da plataforma continental: dados de sismos locais, regionais e de telessismos, determinação de epicentros de pequena magnitude e conhecimento da estrutura crustal sob a região de Angra.

Os registros obtidos permitem aumentar o conhecimento sobre as falhas geológicas da região, leis de atenuação das ondas pelo solo e um maior conhecimento da frequência de sismos regionais que formam a base da Análise de Risco Sísmico do sítio das Usinas da CNAAA.

Todo o trabalho realizado desde 2001 quando se iniciaram os estudos para a construção da ESAR, até dezembro de 2018, correspondem aos relatórios técnicos, boletins sísmicos, relatórios de manutenção e relatórios especiais que se encontram nas Refs. [1] a [17].

2 ESAR

2.1 Histórico

Para viabilizar todo este processo, a Eletrobras Eletronuclear assinou em outubro/2001 um convênio com a USP, através da Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. O Instituto de Astronomia e Geofísica da USP - IAG/USP é uma instituição que tem vários especialistas na área de sismologia, como o Prof. Dr. Jesus Berrocal que lá trabalhou até sua aposentadoria tendo, posteriormente, fundado a empresa Berrocal Inovações Geofísicas, onde trabalha

atualmente. Este profissional, sismólogo renomado, tem conhecimento da região de Angra dos Reis e participou como consultor da Eletrobras Eletronuclear em diversos assuntos, a saber:

- na atualização dos aspectos de geologia e sismologia de Angra 2;
- na Análise de Risco Sísmico de Angra 3;
- na definição do local, especificação do tipo de abrigo e dos equipamentos para a Estação Sismográfica de Angra dos Reis - ESAR.

O Dr. Berrocal juntou-se a outros especialistas da área de sismologia da empresa Berrocal Vasconcelos, Soluções Geofísicas e Tectônicas Ltda. Essa empresa foi contratada pela Eletrobras Eletronuclear em novembro de 2008 para dar continuidade a esse processo. Em 2011 a empresa foi contratada novamente para o prosseguimento dos trabalhos por um novo período. Desde novembro de 2014 até o momento, a mesma empresa, com a razão social alterada para Berrocal Inovações Geofísicas, continua com contrato para prestação dos mesmos serviços.

2.2 Abrigo e equipamentos

A construção do abrigo para os equipamentos da ESAR, constituídos essencialmente de um sensor triaxial de banda larga e um registrador digital, localizada no Saco Piraquara de Fora, foi concluída em 2002.

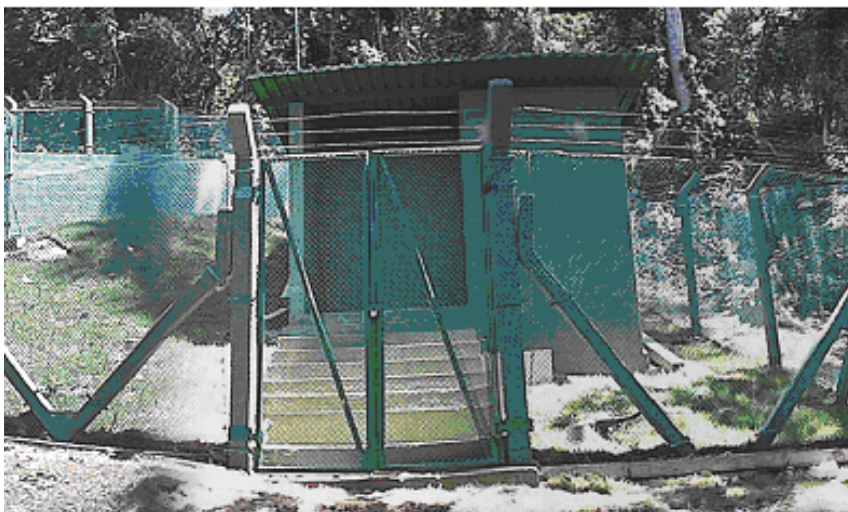


Foto 2.1 – Abrigo da ESAR no Saco de Piraquara de Fora

Em abril de 2013, o digitalizador DAS-130, que operava na ESAR desde 2002, sofreu danos por descarga elétrica, tendo sido, então, recomendada a aquisição de um novo equipamento.

Em dezembro de 2015, a Berrocal Inovações Geofísicas instalou na ESAR o novo registrador adquirido pela ETN, modelo DAS-130S, da marca REF TEK, ou seja, um modelo mais atualizado do digitalizador anterior.

2.3 Operação

Boletins sísmicos com periodicidade trimestral começaram a ser emitidos em agosto de 2002, com dados coletados desde o início de 2002.

Atualmente a transmissão dos dados armazenados registrados é feita diretamente para a Berrocal Inovações Geofísicas, em São Paulo, por satélite, tornando possível o controle do registrador por comandos a distância, dando mais agilidade e possibilidades de atuação.

2.4 Análise dos dados

Os dados são registrados continuamente e analisados pelos sismólogos, sendo emitido trimestralmente um boletim sísmico para a Eletronuclear. O DAN.T, Departamento de Análise de Tensões da Eletronuclear, acompanha esses serviços e analisa os resultados apresentados.

Os dados permitem uma determinação de epicentros, inclusive os de pequena magnitude, aumentando os conhecimentos da estrutura da crosta terrestre sob a região de Angra dos Reis e avaliar a atenuação da energia sísmica na região próxima.

Alguns dos eventos de pequena magnitude registrados são devidos a explosões em pedreiras nas proximidades. Terremotos de grande magnitude, com epicentros localizados a grandes distâncias, são também registrados, mas não são aqui apresentados.

Desde 2012 o catálogo sísmico vem recebendo revisões elaboradas com base nas atualizações e revisões do Boletim Sísmico Brasileiro (BSB), levando-se em consideração os registros de outras estações sismográficas no sudeste brasileiro, como a de Mangaratiba (MAN) e de Paraibuna (PARB), permitindo, assim, a revisão de epicentros e magnitudes.

A Tabela 2.1 apresenta a distribuição de eventos de magnitude maior ou igual a 2,0 (escala Richter), considerando os sismos numa distância máxima de 320km do sítio das usinas de Angra dos Reis, entre janeiro de 2002 e dezembro de 2019. São indicados entre parêntesis os números de registros incluindo os não tectônicos como as prováveis explosões, sismos induzidos e/ou réplicas.

Tabela 2.1 - Distribuição de eventos de magnitude maior ou igual a 2,0 na escala Richter (jan/2002 a dez/2019)

Magnitude m_b (Richter)	Distância (km)			
	$d < 12$	$12 < d \leq 60$	$60 < d \leq 180$	$180 < d \leq 320$
$2,0 \leq m_b \leq 2,5$		22 (48km*)	51 (64km*)	85 (190km*)
$2,5 < m_b \leq 3,0$		1	6	18
$3,0 < m_b \leq 3,5$			3	6
$3,5 < m_b \leq 4,0$		1	1	2
$4,0 < m_b \leq 5,2$				1
$m_b > 5,2$				

* Corresponde à menor distância à ESAR obtida até o presente, dentro dos respectivos intervalos de km e m.

Os registros da ESAR evidenciam uma baixa sismicidade na região, na qual a maioria dos eventos em um raio de 320 km do sítio, apresentam magnitude $m_b < 3$.

Em 22/04/2008, um raro terremoto, de magnitude $m_b = 5.2$, escala Richter, foi registrado na ESAR, tendo seu epicentro no Oceano Atlântico, a cerca de 315 km do sítio das usinas de Angra dos Reis. Devido à grande distância, seu efeito foi muito atenuado e a máxima aceleração horizontal na rocha, registrada no sítio das Usinas, não ultrapassou 0.002 g, bem abaixo do valor adotado no projeto que é de 0.1 g, ou seja, foi de 2% desse valor.

No segundo semestre de 2017, foi registrado um único sismo de provável origem tectônica de magnitude $m_b = 1.5$ e sete explosões na pedreira Lídice (RJ), no raio de 50 km com centro na ESAR. Três dessas explosões tiveram sua magnitude variando entre 1.9 e 2.0, o que teria provocado no prédio da usina Angra 1 acelerações no solo ligeiramente acima de 0.001 g, como pode-se observar na Tabela 2.2 (Ref. [6]).

Na análise dos dados registrados pela ESAR no semestre de julho a dezembro de 2017, foi dada atenção especial aos microssismos registrados. Esses eventos de

pequena magnitude ($m_b \leq 2.0$), além de serem úteis para identificar fontes sismogênicas próximas às usinas, quando têm seu foco muito superficial podem estar associados a ocorrências relacionadas a vários acidentes fisiográficos, ou até geotectônicos, que têm ocorrido em vários lugares do Brasil, tais como na Região Serrana do Rio de Janeiro, em janeiro 2011, e em Xerém, também no estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2013, e provavelmente no colapso da Barragem de Fundão, em Mariana (MG), em novembro de 2015.

No primeiro semestre de 2018, foram registrados 2 sismos de origem tectônica em um raio de até 50 km com centro na ESAR, de magnitude $m_b = 2.0$, que provocaram em Angra 1 acelerações no solo superiores a 0.001g, conforme Tabela 2.3 (Ref. [10]).

Tabela 2.2 - Relação dos eventos sísmicos com acelerações maiores que 0,001g em Angra 1, ocorridos em um raio de até 50km a partir da ESAR, no intervalo de julho a dezembro de 2017

DATA	m_b	Δ km	Aceleração
24/08/2017	1,9	22,20	0,0010279g
30/08/2017	2,0	24,17	0,0010383g
11/10/2017	2,0	23,58	0,0010718g

Tabela 2.3 - Relação dos eventos sísmicos com acelerações maiores que 0,001g em Angra 1, ocorridos em um raio de até 50km a partir da ESAR, no intervalo de janeiro a junho de 2018

DATA	m_b	Δ km	Aceleração
07/04/2018	2,0	22,47	0,0011401g
09/05/2018	2,0	23,78	0,0010603g

No segundo semestre de 2018 foram registrados, no total, 14 sismos de origem tectônica, estando 2 em um raio de até 50 km com centro na ESAR, com magnitudes 2.0 e 2.5; 8 entre 50 a 100 km de raio com centro na ESAR, com magnitudes 2.0 a 2.2; e 4 entre 100 a 320 km de raio com centro na ESAR e com magnitudes 2.0 e 2.4 (Ref. [13]).

Além dos sismos acima, foram registrados, em um raio de 50 km com centro na ESAR, no segundo semestre de 2018, um sismo de provável origem tectônica (23/12/2018) e três explosões (26/07/18, 15/10/18 e 19/12/18). Esses eventos têm magnitudes $m_b \leq 2.1$, o que teria provocado no prédio da usina Angra 1 acelerações no solo maiores que 0.001g, conforme Tabela 2.4 (Ref. [13]).

Tabela 2.4 - Relação dos eventos sísmicos com acelerações maiores que 0.001 g em Angra 1, ocorridos em um raio de até 50 km a partir da ESAR, no intervalo de julho a dezembro de 2018

DATA	m_b	Δ [km]	Aceleração
26/07/18	2,0	22,55	0,0014
15/10/18	2,0	22,78	0,0011
19/12/18	2,1	22,73	0,0013
23/12/18	1,5	9,38	0,0018

No primeiro semestre de 2019, ocorreram dois microssismos, ambos com magnitude $m_b = 1.8$ e com epicentros distantes 102.76 km e 93.94 km da ESAR, que não geraram acelerações nas usinas (Ref. [15]).

No segundo semestre de 2019, foi registrado um microssismo com magnitude $m_b = 1.5$ e com epicentro distante 18.18 km da ESAR. Esse evento provocou no prédio da usina Angra 1 uma aceleração maior que 0.0008g, conforme como se mostra a Tabela 2.5 (Ref. [17]).

Tabela 2.5 - Evento sísmico com aceleração de 0.0008 g em Angra 1, ocorridos a 18.18 km da ESAR, no intervalo de julho a dezembro de 2019

DATA	m_b	Δ km	Epicentro	Aceleração g
10/07/19	1,5	18,18	N de Angra dos Reis	0,0008

3 CONCLUSÕES

A Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR foi construída pela ETN para atender às exigências do IBAMA, referentes ao EIA/RIMA de Angra 2, com o objetivo de auscultar a atividade sísmica local e regional, para fins de apoio aos estudos de risco sísmico das usinas da CNAAA.

Durante seus 18 anos de atividade, a ESAR vem cumprindo muito bem sua função e a atuação do IAG/USP e, posteriormente, da Berrocal Inovação Geofísicas tem

sido de grande importância na interpretação dos dados obtidos, razão pela qual foi firmado mais um contrato por mais três anos, visando a continuidade dos serviços de excelência executados.

4 REFERÊNCIAS

- [1] Relatório Técnico ETN – BP/G/6980/160027 - “Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR Descrição, Construção e Equipamentos”.
(No. SINCRONIA – ESA06150875)
- [2] Relatório Técnico ETN – BP/G/6980/160029 – “Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR Boletins Sísmicos e Relatórios Emitidos Mediante Contrato Firmado entre ETN e o IAG/USP”.
(No. SINCRONIA – ESA06150876)
- [3] Relatório Técnico ETN – BP/G/6980/160030 – “Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR Boletins Sísmicos e Relatórios Emitidos Mediante Contrato Firmado entre ETN e Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas”.
(No. SINCRONIA – ESA06150877)
- [4] Relatório Técnico ETN – “BP/G/6980/160031 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Boletins Sísmicos e Relatórios Técnicos Emitidos Mediante Contrato GCS.A/CT – 4500144326 – 01/12/2011 a 30/11/2014, Firmado entre ETN e Berrocal Inovações Geofísicas”.
(No. SINCRONIA – ESA06150878)
- [5] Relatório Técnico ETN – “BP/G/6980/160040_Rev.01 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Boletins Sísmicos e Relatórios Técnicos Emitidos Mediante Contrato GCS.A/CT – 4500175499 – 09/12/2014 a 08/12/2017, Firmado entre ETN e Berrocal”.
(No. SINCRONIA – ESA06150879)
- [6] “Relatório Técnico Nº. 19 - Estudos Sismológicos Relacionados com o Sítio das Usinas Nucleares de Angra dos Reis e Auscultação da Sismicidade Regional Através da Estação Sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) - Julho a Dezembro 2017”, Fevereiro de 2018.
- [7] BP/G/6980/170017 – “Relatório referente ao Programa de Monitoramento Sismológico Regional da CNAAA – Referência Ano de 2016, Maio de 2017.
- [8] BP/G/6980/180024 – “Relatório referente ao Programa de Monitoramento Sismológico Regional da CNAAA – Referência Ano de 2017” - REV. 01, Outubro de 2018.
(No. SINCRONIA – ESA06152081)
- [9] “Boletim Sísmico Nº 65 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Janeiro a Março de 2018”, Maio de 2018.
- [10] “Relatório Técnico Nº. 20 - Estudos Sismológicos Relacionados com o Sítio das Usinas Nucleares de Angra dos Reis e Auscultação da Sismicidade Regional

Através da Estação Sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) - Janeiro a Junho 2018”, Agosto de 2018.

- [11] BP/G/6980/180033 - Relatório Referente ao Programa de Monitoramento Sismológico Regional da CNAAA para Fins de Licenciamento da UAS”, Agosto de 2018.
- [12] “Boletim Sísmico Nº 67 – “Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Julho a Setembro de 2018”, Novembro de 2018.
- [13] “Relatório Técnico Nº. 21 – “Estudos Sismológicos Relacionados com o Sítio das Usinas Nucleares de Angra dos Reis e Auscultação da Sismicidade Regional Através da Estação Sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) - Julho a Dezembro de 2018”, Março de 2019.
- [14] “Boletim Sísmico Nº 69 – “Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR – Janeiro a Março de 2019”, Maio de 2019.
- [15] “Relatório Técnico Nº. 22 – “Estudos Sismológicos Relacionados com o Sítio das Usinas Nucleares de Angra dos Reis e Auscultação da Sismicidade Regional Através da Estação Sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) – Janeiro a Junho de 2019”, Agosto de 2019.
- [16] “Boletim Sísmico Nº 71 – “Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR – Julho a Setembro de 2019”, Outubro de 2019.
- [17] “Relatório Técnico Nº. 23 – “Estudos Sismológicos Relacionados com o Sítio das Usinas Nucleares de Angra dos Reis e Auscultação da Sismicidade Regional Através da Estação Sismográfica de Angra dos Reis (ESAR) – Julho a Dezembro de 2019”, Fevereiro 2020.