



**XXIII SNPTee
SEMINÁRIO
NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GTL/26
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS
ELÉTRICOS – GTL**

**MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DOS DADOS DA REDE SISMOLÓGICA DA ELETRONORTE, UMA
FORMA VIÁVEL DE MONITORAR OS ABALOS SÍSMICOS DA REGIÃO PRÓXIMA ÀS USINAS
HIDRELÉTRICAS.**

RESUMO

Este trabalho relata os estudos de viabilidade, confiabilidade e disponibilidade das informações oriundas dos equipamentos de sismologia instalados nas regiões das Usinas Hidroelétricas do Norte do Brasil e disponibilizado, quando possível na Rede Convergente da Eletronorte.

Segundo estudiosos, a distribuição mundial dos terremotos mostra que o Brasil é uma região relativamente estável e nossa história confirma a inexistência de qualquer terremoto catastrófico. Somos um dos países com o menor índice proporcional de sismicidade em toda a América Latina.

Dentre as várias categorias de terremotos antropogênicos, causada pelas atividades humanas, a induzida ou desencadeada pela ação do homem através de obras de engenharia de grande porte, salienta os tremores induzidos por reservatórios artificiais.

A Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A – Eletronorte, hoje possui cinco Usinas Hidrelétricas: a Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes, localizada no rio Araguari, no Estado do Amapá, a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, localizada no Rio Tocantins no Estado do Pará, a Usina Hidrelétrica Curua-Una, localizada no rio Curua-Una, no Estado do Pará e a Usina Hidrelétrica Samuel, localizada no rio Jamarí, no Estado de Rondônia e participa da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, localizada no Rio Xingú no Estado do Pará.

A Eletronorte nesse período investiu R\$ 1.000.000,00 em equipamentos de sismologia para reduzir efeitos de acidentes e em 2013 a Eletronorte criou a primeira rede sismológica da empresa com uma estação sismológica de Tucuruí interligada à rede corporativa local e os dados disponibilizados na página da internet e por canal satelital com o acesso exclusivo do observatório da UNB, obtendo:

- ☐ ☐ ☐ Facilidade de acesso aos equipamentos;
- ☐ ☐ ☐ Obtenção de respostas adequadas para a sociedade em tempo real;
- ☐ ☐ ☐ Resoluções de possíveis problemas de setup ou software apenas com um acesso remoto, sem a necessidade de enviar um técnico ao campo;
- ☐ ☐ ☐ Monitoramento do funcionamento da estação em tempo real;
- ☐ ☐ ☐ Suprimir a operação rotineira, o homem/hora empregado é muito menor comparativamente à operação que envolve a coleta de dados in loco;

☐☐☐ Evitar possíveis falhas humanas e/ou indisponibilidade de pessoal para a realização dessas coletas locais;

☐☐☐ Possibilidade de integrar banco de dados sísmicos visando a determinação de parâmetros sísmicos (magnitude, profundidade, epicentro) de forma automatizada;

☐☐☐ Interação facilitada do analista/sismólogo com os parâmetros de funcionamento da estação, de forma a poder modificá-los quando necessário.

É com esta visão estratégica que a Eletronorte, por meio da Gerência de Projetos e Implantação de Telecomunicações, estará ampliando a rede sismológica em tempo real, ainda em 2014, com a implantação de enlaces de mais duas estações sismográficas e um acelerômetro na Usina Hidrelétrica de Tucuruí, uma estação sismográfica na Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes e uma estação sismográfica na Usina Hidrelétrica de Curua-Una.

PALAVRAS-CHAVE

UHE, Usina Hidrelétrica;
Eletronorte, Centrais Elétrica do Norte do Brasil S.A;
UNB, Universidade de Brasília;
SIR, Sismicidade Induzida por Reservatório

1.0 - INTRODUÇÃO

Segundo estudiosos, a distribuição mundial dos terremotos mostra que o Brasil é uma região relativamente estável e nossa história confirma a inexistência de qualquer terremoto catastrófico. Somos um dos países com o menor índice proporcional de sismicidade em toda a América Latina.

A melhor explicação para tal fato vem de uma teoria nascida nos anos 1960, conhecida como Tectônica de Placas. Segundo ela, toda a parte superficial da Terra, que sustenta os continentes e oceanos, está quebrada em partes menores (placas tectônicas) que se movimentam lentamente, em diferentes direções. Nos limites dessas placas existe maior grau de atrito e deformação das rochas e, portanto, zonas mais propensas a gerar sismos, em contraste com as áreas centrais, mais tranquilas e distantes dos locais potencialmente perigosos. O Brasil está situado praticamente no meio de uma enorme placa.

Dentre as várias categorias de terremotos antropogênicos, causada pelas atividades humana, a induzida ou desencadeada pela ação do homem através de obras de engenharia de grande porte, salienta os tremores induzidos por reservatórios artificiais.

Por esse motivo o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília – UNB, fundado em 1968, seguindo uma recomendação da Unesco para que a América do Sul tivesse aparelhos de alta sensibilidade, capazes principalmente de monitorar tremores surgidos na região andina, foi contratado, por meio de um convênio assinado em 1979, para monitorar as informações sismológicas das Usinas de Samuel, Balbina e Tucuruí da Eletronorte.

A Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A – Eletronorte, hoje possui cinco Usinas Hidrelétricas: a Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes, localizada no rio Araguari, no Estado do Amapá, a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, localizada no Rio Tocantins no Estado do Pará, a Usina Hidrelétrica Curua-Una, localizada no rio Curua-Una, no Estado do Pará e a Usina Hidrelétrica Samuel, localizada no rio Jamarí, no Estado de Rondônia e participa da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, localizada no Rio Xingú no Estado do Pará.

2.0 - ESTAÇÕES SISMOLÓGICAS.

O monitoramento do sismo entrou na agenda de especialistas em energia do mundo inteiro após a tragédia do Japão. O tsunami provocado pelo terremoto japonês levou a um vazamento de material radioativo na usina nuclear de Fukushima, ocorrido em 11 março de 2011.

No Brasil a preocupação das autoridades é que vários terremotos de menor proporção possam, ao longo do tempo, causar fissuras nas barragens de concreto, provocando até um rompimento. Daí a necessidade de acompanhar milimetricamente todos os movimentos geológicos e garantir que, ao primeiro sinal de danos, reparos sejam feitos imediatamente. [2]

A Eletronorte nesse período investiu R\$ 1.000.000,00 em equipamentos de sismologia para reduzir efeitos de acidentes.

O primeiro equipamento em usinas no país foi instalado em 1979, pela Eletronorte, em Tucuruí – PA, como objetivo de monitoramento sismográfico do reservatório, durante o pré-enchimento (entre 1978-1984), não causando qualquer atividade sísmica nas distâncias locais.

O primeiro abalo, classificado como induzido, foi registrado em 1984, três meses após o início do enchimento, mas uma atividade sísmica decididamente considerada como induzida emergiu em 1985, cerca de seis meses após o enchimento, sendo classificada com uma Sismicidade Induzida por Reservatório – SIR.

Em 1998 foi detectada atividade sísmica com magnitude de 3,2 (Fig.1 e 2), acompanhados de pré-abalos e pós-abalo de magnitudes 3,0 e 3,1. Uma segunda atividade sísmica induzida foi detectada em abril e maio de 1987, ambos eventos de magnitude 3,4. Após essas atividades iniciais as atividades sísmicas induzidas diminuíram bastante, porém, continuando a se manifestar.

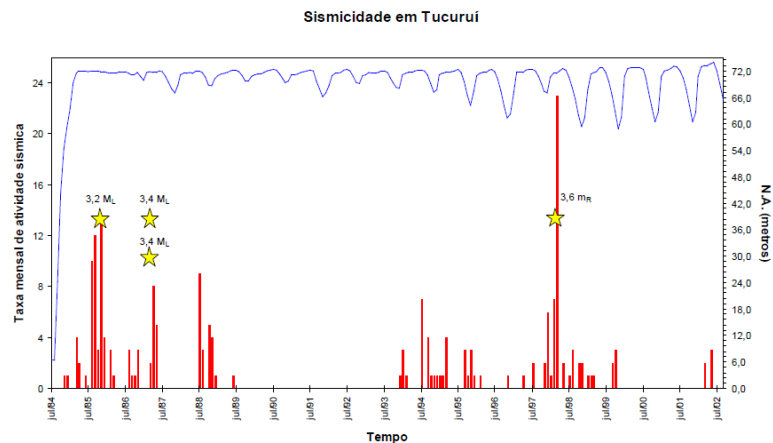


FIGURA 1 – Diagrama da taxa mensal de atividade sísmica e da variação do nível d'água (N.A) do Reservatório de Tucuruí (as estrelas indicam os eventos principais e suas magnitudes).

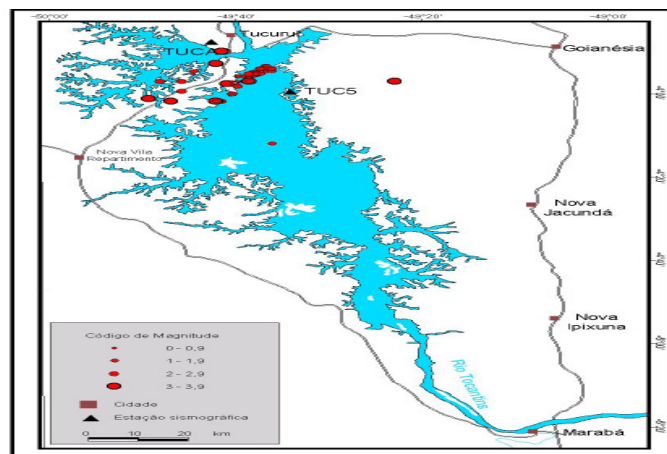


FIGURA 2 – Localização epicentral dos eventos induzidos pelo Reservatório de Tucuruí no período 1982-2002. Número de eventos = 196, sem limiar de magnitude.

Hoje na Usina Hidrelétrica de Tucuruí, a Eletronorte possui duas estações sismológicas localizadas ao longo da margem do lago, sendo que uma estação está aproximadamente a 48 km de distância, em linha reta, da usina, chamada estação Base 4. Este equipamento registra todas as vibrações em sua área de influência, desde 1979 até a presente data.

De 1979 a 2012 as informações foram coletadas manualmente, sem uma periodicidade, por técnicos da Eletronorte, após efetuar percurso de aproximadamente 2 horas pelo lago (Fig.03), utilizando embarcação da Empresa, com custos atualizados para hoje na ordem de R\$ 832,96 (Tabela 1).



FIGURA 3 – Barco da Eletronorte que faz a travessia do Lago de Tucuruí.

Objeto	Valor em R\$	Total em R\$	Observação
Barqueiro	137,38	Média 2x ao mês. 274,76	Custo diário para OGH de um barqueiro. Valor mensal: R\$ 4.121,31 (08/2014). Fonte: OGHM - DIVISÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS DE GERAÇÃO
Combustível barco	219,10	Média 2x ao mês. 438,20	Combustível de Ida e volta para Base 4 (lancha motor 60HP 4 tempos) - 60Litros gasolina. Valor do litro R\$ 3,13 em 11/08/2014. Fonte: OGHM - DIVISÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS DE GERAÇÃO
Alimentação Base 4	40,00(*)	Equipe: 01 barqueiro, 02 técnicos. 120,00	Refeição por pessoa(*). Fonte: OGHM - DIVISÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS DE GERAÇÃO
Total Geral		832,96	

TABELA 1 – Custos Mensuráveis.

Na estação sismológica o técnico tem que acessar as informações substituindo o disco rígido por um vazio e, posteriormente encaminhá-lo para o observatório da UnB para decodificação e tratamento dos dados. Nem sempre o disco estava com as informações necessárias, pois, por não haver um acompanhamento periódico, o disco rígido poderia estar travado (corrompendo as trilhas) ou sobrecarregado (capacidade total esgotada), deixando de registrar as informações por falta de espaço físico, ocasionando perdas irreparáveis e prejudicando anos de acompanhamento do SIR, deixando a Eletronorte sem informações imprescindíveis à operação segura da usina e para a própria sociedade na qual a Empresa encontra-se inserida.

3.0 - REDE DE ESTAÇÕES SISMOLÓGICAS

Para solucionar este problema, a Eletronorte, por meio da Gerência de Projetos e Implantação de Telecomunicações – ETLI realizou diversos estudos que permitissem a transmissão automática dos dados em tempo real, interligando as estações sismológicas (Fig.04) da Empresa ao observatório sismológico da UnB em tempo real.



FIGURA 4 – Conjunto da Estação: sismógrafo, acelerômetro e sismômetro.

Em 2013 a Eletronorte criou a primeira rede sismológica da empresa com uma estação sismológica de Tucuruí interligada à rede corporativa local e os dados disponibilizados na página da internet e por canal satelital com o acesso exclusivo do observatório da UNB, obtendo:

- ✓ Facilidade de acesso aos equipamentos;
- ✓ Obtenção de respostas adequadas para a sociedade em tempo real;
- ✓ Resoluções de possíveis problemas de setup ou software apenas com um acesso remoto, sem a necessidade de enviar um técnico ao campo;
- ✓ Monitoramento do funcionamento da estação em tempo real;
- ✓ Suprimir a operação rotineira, o homem/hora empregado é muito menor comparativamente à operação que envolve a coleta de dados in loco;
- ✓ Evitar possíveis falhas humanas e/ou indisponibilidade de pessoal para a realização dessas coletas locais;
- ✓ Possibilidade de integrar banco de dados sísmicos visando a determinação de parâmetros sísmicos (magnitude, profundidade, epicentro) de forma automatizada;
- ✓ Interação facilitada do analista/sismólogo com os parâmetros de funcionamento da estação, de forma a poder modificá-los quando necessário.

Desde 2013 até a presente data a rede sismológica possui:

Usina Samuel:

- Uma estação interligada a um canal satélite disponibilizando as informações em tempo real na nuvem internet;

Usina Tucuruí:

- Duas estações (Fig.05) interligadas a um canal satélite disponibilizando as informações em tempo real na nuvem internet;



FIGURA 5 – Casa Base para Estação Sismológica.

- Três acelerômetros interligados na rede corporativa disponibilizando as informações em tempo real pela página da internet com o acesso exclusivo do observatório da UNB (Fig. 06).

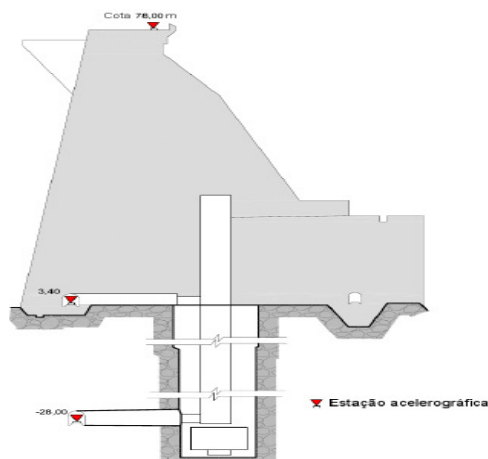


FIGURA 6 – Posição da estação acelerômetro instalada no exio da barragem, bloco BG1. Estação acelerográfica 3 (ACL3), no topo da barragem, na cota 78m, estação acelerográfica 2 (ACL2) na base da barragem, quota 3,4m, estação acelerográfica 1 (ACL1) no túnel de drenagem na quota 28m.

Usina Belo Monte:

- Uma estação interligada a um canal satélite disponibilizando as informações em tempo real na nuvem internet. Estação cedida pela Eletronorte sem os custos da transmissão dos dados.

Todos os custos mensuráveis nesse projeto Homem/Hora em elaboração do projeto básico e executivo, mais a contratação dos canais satélites atinge a ordem de R\$ 1.021.382,96, conforme Tabela 02 abaixo.

Objeto	Valor em R\$	Total em R\$	Observação
Equipamentos 18 conj. sismográficos, sismômetro e 4 acelerômetros (Fig.04)	1.000,00	1.000.000,00	Fonte: Gerência De Segurança De Barragens - EEGS

Contrato 4500081544. Ass. 24/07/2013. Valor do contrato anual R\$ 81.600,00	Mensal 4.050,00 (três canais satélites) + 12.600,00 (três instalações)	16.650,00	Sendo: R\$ 4.200,00(i) por instalação e R\$ 1.350,00(ii) mensal [(3xi)+(12xii)]
Barqueiro	137,38	Média 2x ao mês. 274,76	Custo diário para OGH de um barqueiro. Valor mensal: R\$ 4.121,31 (08/14). Fonte: OGHM - DIVISÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS DE GERAÇÃO
Combustível barco	219,10	Média 2x ao mês. 438,20	Combustível de Ida e volta para Base 4 (lancha motor 60HP 4 tempos) - 60Litros gasolina. Valor do litro R\$ 3,13 em 11/08/2014. Fonte: OGHM - DIVISÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS DE GERAÇÃO
Alimentação Base 4	40,00(*)	Equipe: 01 barqueiro, 02 técnicos. 120,00	Refeição por pessoa(*). Fonte: OGHM - DIVISÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS DE GERAÇÃO
Técnico Eletronorte	3.900,00	3.900,00	Fonte: ETLI-AVS-86205/14
Total Geral		1.021.382,96	

Tabela 02 – Custos mensuráveis

4.0 - CONCLUSÃO

No primeiro processo de coletas de dados tínhamos um custo de R\$ 832,96 (custo atualizados até agosto/2014) ao mês, se fosse feito quinzenalmente, fato que não ocorria.

Já com a rede sismológica tivemos um investimento de R\$ 1.018.682,96, mais ganhos na operação, manutenção, gestão, com a confiabilidade, disponibilidade e segurança de uma rede gerenciável (Fig.07).

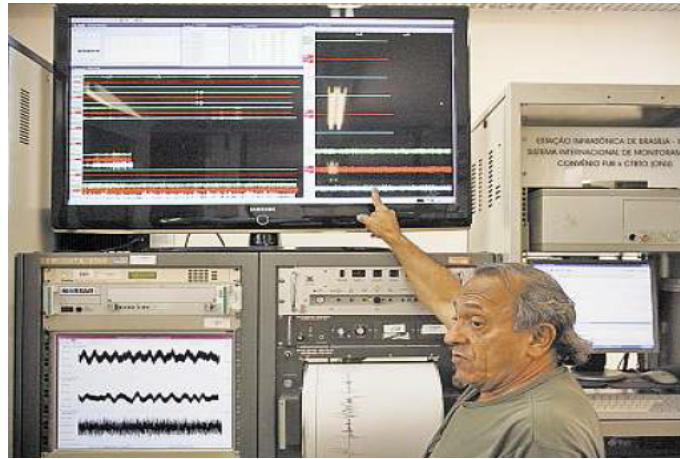


FIGURA 7 – Observatório da UNB (Prof.Dr. Lucas).

Por outro lado se a Eletronorte não possuísse esses dados do SIR de Tucuruí e Samuel de forma on-line, de modo atuar preventivamente, poderia causar grandes prejuízos à Empresa com destaque para a Usina de Tucuruí, como por exemplo:

- I. Parada da Usina ocasionada por rachaduras em sua estrutura e que provocasse a interrupção da operação total ou parcial, em um período de 24h. O valor estimado de perdas, considerando a parada de todas as máquinas, ou seja, parada total seria da ordem de R\$ 69.351.832,88; para o caso da parada de apenas uma máquina seria da ordem de R\$ 3.015.297,08; valores praticados no período de 09/08/2014 a 15/08/2014, conforme Figuras: 08, 09 e 10.

UHE Tucuruí em 13/08/2014			
Operação		Vazão	
Geração:	4.441,00 MW	Afluente:	2.176,00 m³/s
Montante:	71,89 m	Turbinada:	7.636,00 m³/s
Jusante:	5,90 m	Vertida:	0,00 m³/s

FIGURA 8 – Geração do dia 13/08/2014 4.441,00 MW. Fonte: intranet (14/08/2014).

Preço de liquidação das diferenças

PLD

Preços válidos de: 09/08/2014 a 15/08/2014

	SE/CO	S	NE	N
Pesada	658,50	658,50	658,50	658,50
Media	652,35	652,35	652,35	652,35
Leve	643,96	643,96	643,96	643,96

Valores em R\$/MWh

FIGURA 9 – Fonte: www.ccee.org.br (dados em 14/08/2014).

Dia	Hora	Patamar	MW	Preço	Pagamento (R\$)	Reg. Norte
15/08/2014	1:00	LEVE	4441,00	643,96	R\$ 2.859.826,36	Leve
15/08/2014	2:00	LEVE	4441,00	643,96	R\$ 2.859.826,36	Leve
15/08/2014	3:00	LEVE	4441,00	643,96	R\$ 2.859.826,36	Leve
15/08/2014	4:00	LEVE	4441,00	643,96	R\$ 2.859.826,36	Leve
15/08/2014	5:00	LEVE	4441,00	643,96	R\$ 2.859.826,36	Leve
15/08/2014	6:00	LEVE	4441,00	643,96	R\$ 2.859.826,36	Leve
15/08/2014	7:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	8:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	9:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	10:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	11:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	12:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	13:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	14:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	15:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	16:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	17:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	18:00	PESADO	4441,00	658,50	R\$ 2.924.398,50	Pesado
15/08/2014	19:00	PESADO	4441,00	658,50	R\$ 2.924.398,50	Pesado
15/08/2014	20:00	PESADO	4441,00	658,50	R\$ 2.924.398,50	Pesado
15/08/2014	21:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	22:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	23:00	MEDIO	4441,00	652,35	R\$ 2.897.086,35	Medio
15/08/2014	0:00	LEVE	4442,00	643,96	R\$ 2.860.470,32	Leve
Total				R\$ 69.351.832,88	Parada da Usina	
				R\$ 3.015.297,08	Parada de 01 Máquina	

FIGURA 10 - Prejuízo em reais da Usina de Tucuruí com a média do valor da PLD no período de 09/08/2014 a 15/08/2014. O PLD é determinado semanalmente para cada patamar de carga, limitado por preço máximo e mínimo, vigentes para cada período de apuração e submercado.

- II. Colapso total da estrutura, ocasionado por possíveis rachaduras, tendo como consequência o rompimento da barragem (vertedouro e/ou casa de força), provocando danos irreparáveis e não mensuráveis no campo empresarial, ambiental, social e as perdas humanas em função do alagamento nas cidades ribeirinhas como Tucuruí, Cametá e outras ao longo do Rio Tocantins.

Em resumo foram investidos no projeto da ordem de um milhão de reais e o prejuízo evitado em função do projeto, em apenas um dia, seria da ordem de sessenta e nove milhões de reais, sem mencionarmos as Usina de Samuel, Curuá-Una e Coaracy Nunes no primeiro exemplo.

Nada é capaz de medir o custo se o segundo exemplo ocorresse, pela falta de uma ação preventiva, que somente a coleta de dados em tempo real, de forma segura, confiável e disponível é capaz de permitir, trazendo profundos impactos negativo de caráter empresarial, ambiental, social e, especialmente, humanos, impactos estes que ficariam marcados de forma indelével na história da Eletronorte.

É com esta visão estratégica que a Eletronorte, por meio da Gerência de Projetos e Implantação de Telecomunicações, estará ampliando a rede sismológica em tempo real, ainda em 2014, com a implantação de enlaces de mais duas estações sismográficas e um acelerômetro na Usina Hidrelétrica de Tucuruí, uma estação sismográfica na Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes e uma estação sismográfica na Usina Hidrelétrica de Curuá-Una.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Projeto Básico - GE-GER-DAD-0095-PB-R7
- (2) www.eletronorte.gov.br
- (3) www.unb.br