



**XXII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GMI/17
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DA MANUTENÇÃO - GMI

ELABORAÇÃO DE PEX E APR UTILIZANDO NUVEM DE PONTOS DE LIDAR

**Gomes, A.M.D.M.B
CHESF**

**Denis, D.A.D.S
CHESF**

RESUMO

A Chesf possui um parque de transmissão de quase 19 mil quilômetros de linhas de transmissão e 100 subestações. Todo esse sistema é diariamente acessado no sentido de se realizar manutenções de preferência preditiva. Essas intervenções nas subestações são precedidas de um Planejamento Executivo (PEX) e Análise Preliminar de Risco (APR). Deslocamentos de 100, 200 e até 500 km são realizados para atender as demandas solicitadas. Este trabalho apresenta uma metodologia de utilizar nuvens de pontos, extraída de LIDAR (3D), de uma instalação elétrica para que seja confeccionado o PEX e APR, sem ir fisicamente a instalação.

PALAVRAS-CHAVE

Planejamento Executivo (PEX), Análise Preliminar de Risco (APR), Manutenção Preditiva, LIDAR.

1.0 - INTRODUÇÃO

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf) possui um parque de transmissão eletro geograficamente distribuído (ver Figura 1). São quase 19 mil quilômetros de linhas de transmissão e 100 subestações. Todo esse sistema é diariamente acessado no sentido de se realizar manutenções de preferência preditiva. Essas intervenções nas subestações são precedidas de um Planejamento Executivo (PEX) e Análise Preliminar de Risco (APR). Essas ferramentas são elaboradas, através de visitas a referida instalação, no sentido que visualizando o local a ser intervenido, estimasse distâncias, posicionamento dos equipamentos/ferramentas, deslocamento seguro do profissional, enfim todas as condições de contorno necessárias. Todas as intervenções em qualquer instalação do Sistema Elétrico de Potência (SEP) possui um risco controlado relevante e todas as precauções para um trabalho seguro e eficiente deve ser tomada, entre elas as principais são o PEX e APR. Acontece que algumas intervenções que oferecem menor risco, como por exemplo, liberação de chaves, trabalho esse realizado com a instalação energizada, de certa forma entrou na rotina desses tipos de trabalhos, tendo inclusive um normativo próprio. Para esses tipos de trabalho o deslocamento, por vezes longos (300 a 500 km), até o local a ser intervenido no sentido de confeccionar o PEX e APR onera muito homem x hora, já bastante atarefado. Esse trabalho expõe uma alternativa para que seja confeccionado o PEX e APR utilizando nuvem de pontos da instalação desejada, coletada de equipamento de escaneamento a laser. No conforto do próprio escritório o profissional pode simulando uma situação real confeccionar seu PEX e APR diminuindo os custos financeiros e de disponibilidade do profissional responsável por essa função.

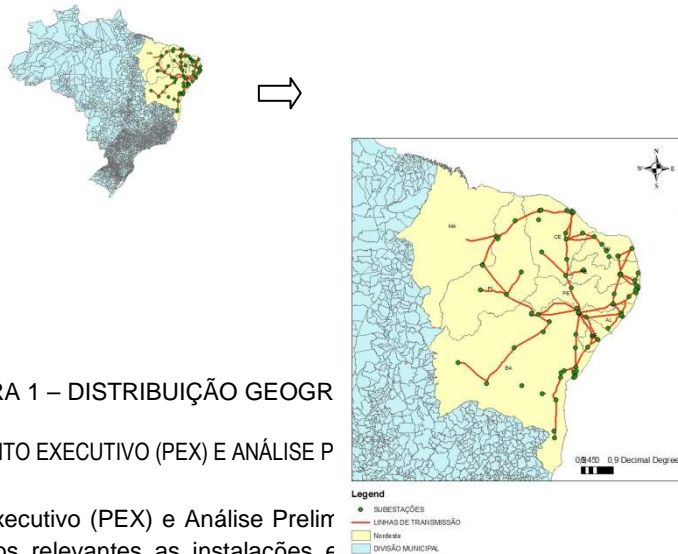


FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO GEOGR

ÇÕES DA CHESF

2.0 - PLANEJAMENTO EXECUTIVO (PEX) E ANÁLISE P

O Planejamento Executivo (PEX) e Análise Prelim que possuam riscos relevantes as instalações e quando comparada a outras técnicas é sua capacidade de quantificação dos riscos. Na Chesf, especificamente nos trabalhos energizados, existe normatização para nortear o uso do PEX e APR: IM-MN-LT-M.018 – Elaboração de PEX e APR. A Figura 2 e 3 ilustram modelos em branco de PEX e APR respectivamente, bem como seus referidos campos:

as ferramentas para trabalhos
ores. Sua grande vantagem

PROGRAMA EXECUTIVO		ÓRGÃO No.	
ANEXO 1 DA IM-MN-LT-M.018 - 6ª Edição			
1) DESCRIÇÃO DO TRABALHO			
1.1. TIPO DA MANUTENÇÃO:			
1.2. OBJETIVO:			
1.3. LOCAL / DATA:			
2) RECURSOS HUMANOS		2.1 Condições físicas e psicológicas (assinale se forem boas)	2.2 VISTO (de acordo)
Nome	Matrícula		
3) RECURSOS MATERIAIS			
4) TRANSPORTE / COMUNICAÇÃO			
5) PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES			RESP.
6) DESCRIÇÃO DA TÉCNICA			RESP.
7) OBSERVAÇÕES			
8) NORMATIVOS DE REFERÊNCIA			
9) ANEXO(S)			
LOCAL:	DATA:	ELABORADO POR:	MAT:

Descrever detalhadamente ao trabalho, para facilitar o entendimento em sua

Relaciona todos os materiais, equipamentos, ferramentas e instrumento que serão utilizados no referido trabalho, deixando claro suas quantidades e referências, inclusive, para facilitar suas aquisições, de acordo com as seguintes ações:
a) Prever reserva

Local reservado para descrever as ações que antecedem a trabalho propriamente dito. Separação de material/equipamento, a referência elaboração do

Nesse campo podemos reforçar/destacar algum

Mencionar os anexos, entre eles: croquis do

Determinar os recursos humanos que serão necessários para realizar o trabalho, discriminando nomes, funções, matrícula e órgãos de origem. A assinatura de

Relaciona todos os transporte e meios de comunicação necessários ao trabalho:
a) Os veículos que serão utilizados para transportar as pessoas e os materiais para o

Esgotada a parte de análise e definição da técnica a ser empregada, deve-se partir para seu detalhamento:
a) Descrever cada etapa do trabalho fazendo referência, quando for o caso, dos anexos e instruções de manutenção inerentes e indicando os responsáveis por cada evento;
b) Definir nominalmente a

Descreve normatização afim ao referido trabalho

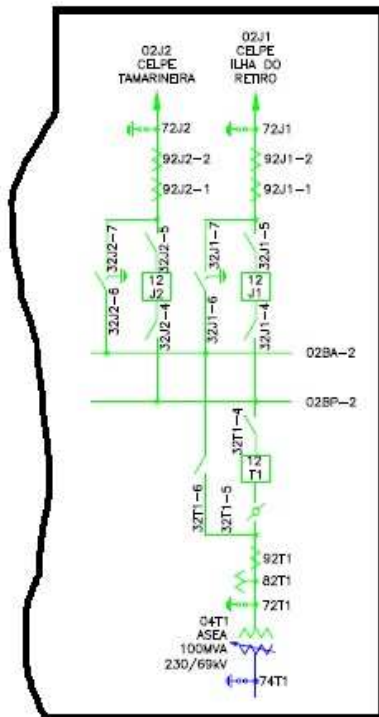
FIGURA 2 – MODELO EM BRANCO DE PEX COM SEUS REFERIDOS CAMPOS

Atividade:				Responsável:		
Instalação:		Órgãos Envolvidos:		Data:		
Ação (na atividade de...)	Risco (pode ocorrer...)	Consequência (trazendo como efeito...)	Medidas Preventivas (como bloquear ou minimizar o risco)	Gradação dos Riscos (Após adoção das medidas preventivas)		
				S	P	R

FIGURA 3 – MODELO EM BRANCO DE PEX COM SEUS REFERIDOS CAMPOS

3.0 - INTERVENÇÃO EM BARRAMENTO DE SUBESTAÇÃO

Em subestações de energia elétrica existem uma série de dispositivos e equipamentos, entre eles está o barramento. Podemos enxergar um barramento como o local onde entra e sai toda o fluxo de energia de uma subestação. Ligado a ele estão, por exemplo, as entradas e saída de linhas e os transformadores. Toda essas ligações são efetuadas por disjuntores e chaves que permitem a conexão e desconexão ao barramento sempre que se faça necessário. A Figura 4 ilustra um trecho de uma subestação de 69 kV.



Observe a saída de linhas 02J1, entre seus diversos equipamentos associados estão as chaves 32J1-5 e 32J1-4 e o disjuntor 12J1. A abertura e fechamento desses equipamentos desconectam ou conectam a saída de linha ao barramento 02BP-2.

O mesmo ocorrendo com o transformador 04T1 que é controlado pelas chaves 34T1-4 e 34T1-5 e o disjuntor 14T1.

FIGURA 4 – TRECHO DE UMA SUBESTAÇÃO DE 69 kV

Quando se deseja realizar alguma manutenção no disjuntor 12J1, efetua-se uma determinada seqüência de manobra de modo a transferir a saída da linha a ele associada (no caso 02J1) para o barramento auxiliar 04BA-2 e só depois abrir o disjuntor 12J1 e então as chaves 32J1-4 e 32J1-5. Nesse momento o disjuntor encontra-se desconectado do nível de tensão ao qual está submetido (69 kV). Para efetuar sua manutenção é só realizar a seqüência de aterramento temporário, condição necessária e exigida para todo trabalho desenergizado, e trabalhar no referido equipamento. O problema consiste quando existe a necessidade de se efetuar manutenção na chave 32J1-4, pois mesmo após aberta um de seus pólos ainda encontra-se conectado ao barramento que por sua vez está energizado com 69 kV. Nesse momento se faz necessário uma intervenção energizada para liberação do pulo (cabo e conector) que conecta o pólo da chave ao barramento. É esse tipo de intervenção o foco dessa monografia. Para esse tipo de intervenção, apesar da normatização existente é fundamental a figura do PEX e APR, tido que cada subestação possui sua peculiar configuração física e todo posicionamento de escadas, andaimes isolantes, bem como os profissionais envolvidos, principalmente o eletricista que irá entrar ao potencial.

4.0 - SENSORIAMENTO REMOTO

Uma definição bem simplória de sensoriamento remoto seria: "Obtenção de informação sobre um dado alvo sem haver contato físico com ele". A história mostra que a humanidade a tempos se interessa pelo assunto, desde das

primeiras fotografias que se tem notícia por volta do século 19 até os tempos atuais com os poderosos sensores orbitais que vasculham as mais inóspitas regiões do planeta, o princípio basicamente se mantém o mesmo: medir uma determinada radiação emitida ou refletida pelo alvo e tirar conclusões sobre tal. O sensoriamento remoto é realizado usando um instrumento chamado sensor. A maioria dos sensores registra a Radiação Eletromagnética (REM) emitida pelo Sol (exemplo: luz azul, verde, vermelho e infravermelho próximo) ou emitida pela superfície da Terra (exemplo: infravermelho termal) que é refletida pelo alvo, chamamos de sensoriamento remoto passivo. Há também, os sistemas ativos de sensoriamento remoto que não dependem da energia emitida pelo Sol ou Terra. Essa classe de sensores emite sua própria radiação, sensoriamento remoto ativo. Entre eles os mais comuns são Sonar (Sound Navigation And Ranging - Navegação e Distância pelo Som), Radar (Radio Detection And Ranging - Detecção de Rádio a Distância) e Lidar (Light Detection and Ranging – Detecção de Luz e Distância). A teoria sobre sensoriamento remoto é bastante vasta e para esse trabalho abordaremos apenas o Sensoriamento Remoto por Lidar, tido o real interesse: Escaneamento de Instalações Elétricas em três dimensões.

5.0 - LIDAR

O primeiro Laser Ótico foi desenvolvido em 1960 pela Hughes Aircraft, INC. Suas primeiras aplicações foram levantar topografia de terrenos. Novas aplicações para levantamento tridimensional usando Lidar foram sendo descobertas com a grande vantagem do ganho de produtividade. Trabalhos realizados através de levantamento in situ (exemplo: estação total ou instrumentos GPS) que demandam muito tempo e trabalho ou fotogrametria pode ser substituídos pelo Lidar. Geralmente as aplicações do Lidar são para sistemas aerotransportados, no entanto nesse trabalho será abordado a utilização de Lidar terrestre para aplicações industriais onde deseja-se realizar levantamento de plantas, especificamente instalações elétricas.

5.1 Princípio de funcionamento

O processo tem como princípio básico o tempo de emissão e o retorno de um pulso de laser se denomina Light Detection and Ranging (LIDAR) e permite capturar diversos pontos gerando assim coordenadas tridimensionais de uma superfície, objeto ou alvo escolhido.

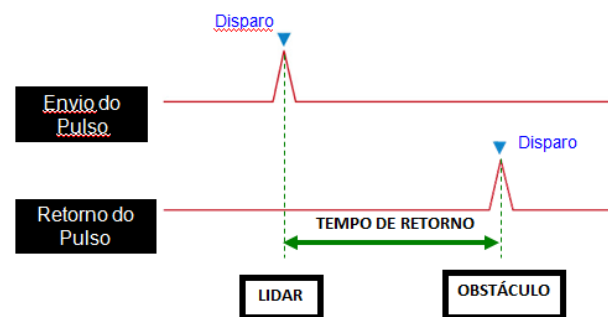


FIGURA 5 – ENVIO E RETRONO DE PULSO DE LASER

O instrumento Lidar consiste de um sistema de controle e um transmissor e receptor. Pulsos de Laser são lançados pelo transmissor em direção ao local desejado e seus retornos são capturados pelo receptor, medindo-se o tempo gasto, calculando-se assim a intensidade do sinal. Esse tempo pode ser calculado pela seguinte equação:

$$t = 2 R/C \text{ (equação 1)}$$

Onde t = tempo de retorno, R distância percorrida e C velocidade da luz.

Usando mecanismos de servo motores o sistema sai varrendo toda a extensão escolhida, podendo girar em 360 grau. A depender do alcance do instrumento utilizado, os pulsos de laser percorrem toda essa distância em busca de obstáculo, sendo sempre refletido assim que encontrá-los. Pode então em uma mesma emissão de pulso laser ter vários retornos medindo assim vários pontos (ver Figura 6).

Porem alguns obstáculo são sólidos o suficiente para não deixarem que o pulso laser alcance outros pontos por ele escondido, nesses casos faz-se necessário posicionamento do equipamento em mais de um local de modo a coletar todos os pontos.

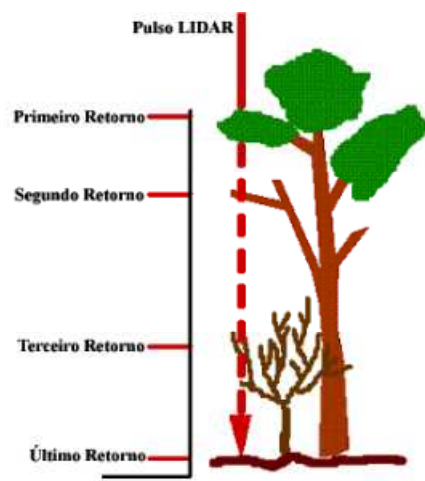


FIGURA 6 – RETORNOS DE PULSO LASER

5.2 Processamento dos dados

O escaneamento realizado pelo Lidar gera um conjunto de dados chamado de nuvens de pontos, tido que para cada retorno do sinal laser enviado é gerado uma informação com as coordenadas (X, Y e Z), intensidade do sinal e por vezes as cores R, G e B. Cada ponto gerado é referenciado ao ponto inicial na fase de ajuste do equipamento, podendo ser assim esse ponto de controle georeferenciado ou não. Em geral os equipamentos Lidar geram arquivos com extensão PTX para abrirem nos seus softwares dedicados. No entanto arquivos com outras extensões, tais quais LAS e TXT podem também serem gerados. De posse desse arquivo de dados deve-se ser realizada a modelagem dos dados executando uma “limpeza” na nuvem de pontos ajudando a torná-la visualmente agradável. As Figuras 7 e 8 ilustram respectivamente uma mesma cena com dados brutos (nuvens de pontos) e depois os dados modelados. Infelizmente no processo de modelagem alguns detalhes da realidade são perdidos, no entanto o uso dos dois modelos pode ajustar algumas perdas, bem como a tendência mostra que cada vez mais desenvolve-se equipamentos de lidar com maior resolução (quantidade de pontos por segundo) apontando para uma melhor modelagem ou até mesmo a exclusão da necessidade da mesma.

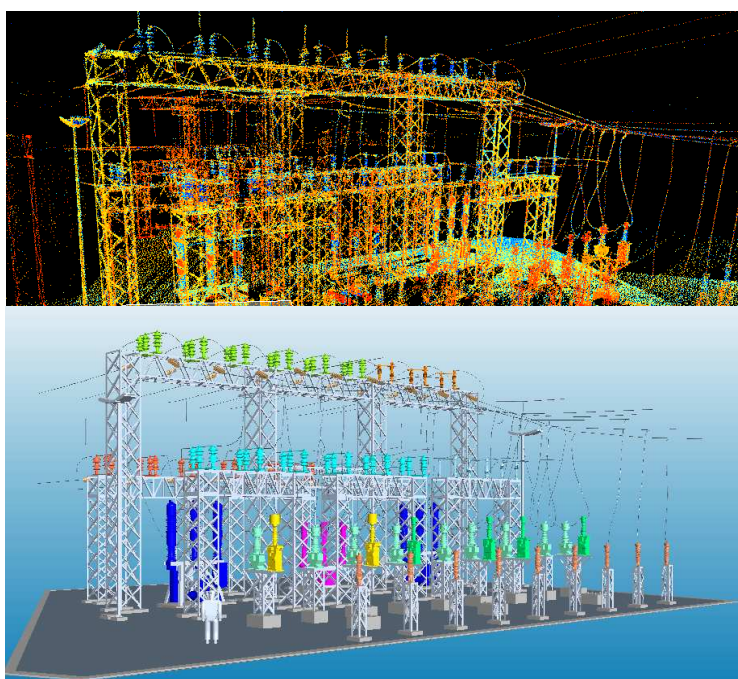


FIGURA 8 – NUVEM DE PONTOS MODELADA

6.0 - METODOLOGIA DO TRABALHO

6,1 Equipamento e Software Utilizados

Para a aquisição (escaneamento da nuvem de pontos) utilizou-se um Lidar terrestre da Topcon GLS – 1500 (ver figura 9). Já a modelagem dos dados foi realizada com o software Cadmatic.



- Equipamento compacto e todo integrado
- Alta tecnologia para escaneamentos precisos
- Baterias de lítio On-board (Hot swappable)
- Laser classe 1, invisível, e seguro aos olhos
- Camera digital de 2 mega pixels integrada
- Conexão Wi-Fi e USB
- Taxa de escaneamento de 30.000 pontos por segundo
- Alcance de 330 metros
- Acurácia de 4mm @ 150m
- Acurácia angular de 6" horizontal e vertical
- Aquisição de dados On-board utilizando cartões SD e display LCD

FIGURA 9 – LIDAR TERRESTRE TOPCON GLS – 1500

6,2 Etapas de Desenvolvimento do Trabalho

O Figura 10 ilustra as etapas do desenvolvimento do trabalho.

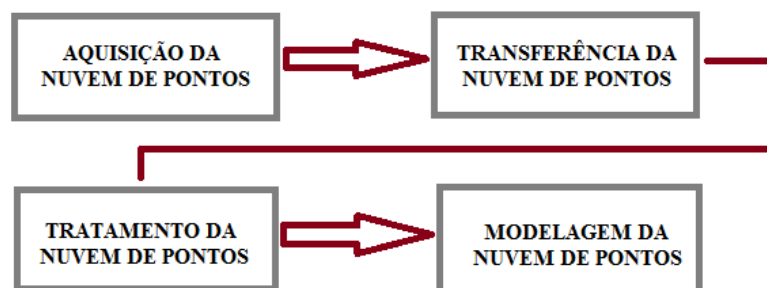


FIGURA 10 – ETPAS DO DESENVOLVIMENTO

7.0 - ELABORAÇÃO DE PEX E APR UTILIZANDO NUVENS DE PONTOS DE LIDAR

Para exemplificar e ilustrar o trabalho foi elaborado um PEX e APR para uma intervenção muito tradicional em trabalhos energizados em subestações: a liberação de chaves com técnica de trabalhos energizados pelo método a distância.

8.0 - CONCLUSÃO

Conclui-se que:

- A tecnologia atende as necessidades tanto do ponto de vista econômico como técnico;
- Demais área podem também utilizar dos benefícios do trabalho realizado, rateando os custos e aumentando fator de utilização do produto;
- A hipótese de se adquirir o equipamento para que com quadro próprio seja realizada a coleta de campo (escaneamento) e logo após sua modelagem, não demonstrou-se viável, tido que apesar de simples a aquisição

dos pontos a modelagem requer um grande gasto de homem x hora especializado fora da realidade e escopo da Chesf;

- Na área de Linhas de Transmissão a tecnologia já encontra-se mais avançado e utilizado apontando para uma tendência e diminuição dos custos e

- Em outros ramos como industriais, petroquímicas já encontra-se um bom uso da tecnologia.

9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) CHESF. Sistemas. Disponível em: <
http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/paginas/sistema_chesf>. Acesso em: 15 maio 2011.

(2) FERREIRA, I. R. PEREIRA, I. M., PEREIRA, M. R. F. Localização de ativos e Navegação em Faixas de Linhas de Transmissão usando Tecnologia GPS. XIV ERIAC – Encontro Ibero Americano do CIGRÉ – 2011.

(3) FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

(4) IBGE. Atlas Geográfico Escolar. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/atlasescolar/apresentacoes/oquee.swf>. Acesso em: 18 maio 2011.

(5) IM-MN-LT-M-018 – Planejamento Executivo e Análise Preliminar de Risco 6ª edição. Disponível na intranet da CHESF. Acesso em: 15 jun. 2011.

(6) Wutke, J. Métodos para Avaliação de um Laser Scanner Terrestre. Curitiba, 2006. Dissertação de Mestrado.

(7) Martinuzzi, T. B. Processamento e visualização de campos em Ambientes e Sistemas CAD 3D Aplicados a Projetos de Iluminação de Subestações. Curitiba, 2006. Dissertação de Mestrado.

(8) Carneiro, M. C. S. M. Monitoramento das Dunas Utilizando o Sistema de Mapeamento a Laser (Lidar) Aerotransportável: Um estudo de Campo de Dunas do Município de Rio de Fogo, RN, Brail. Recife, 2011. Dissertação de Doutorado.

(9) Florenzano, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto, Livro, 128 páginas.

(10) Gomes, Alexandre Manoel Elaboração de PEX e APR Utilizando Nuvens de Pontos de Lidar / Alexandre Manoel de Medeiros Borja Gomes - Recife, 2011. 42 páginas

10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Alexandre Manoel de Medeiros Borja Gomes

Natal - 1977

UFRN – 2002 / UEPB – 2011

Engenheiro Eletricista da Chesf desde 2002 atuando na área de manutenção de linhas de transmissão