

Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão (GLT)

#### RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

Carlos Alexandre M. Do Nascimento - Cemig GT  
Marcos César De Araújo - ELETRONORTE  
Ricardo Wesley Salles Garcia - CEPEL

#### 1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os diversos resumos e informes técnicos selecionados no grupo de estudo de linhas de transmissão - GLT apresentam extensa literatura técnica explicitada por meio de estudos, simulações, projetos, experiências em campo e recomendações técnicas de elevado valor, técnico e econômico, para o setor de linhas aéreas do Brasil. Em geral as principais áreas de interesse do GLT foram amplamente exploradas com destaque para: (i) os desafios da operação, manutenção e da expansão dos empreendimentos de linhas aéreas na região amazônica; (ii) recuperação provisória de linhas aéreas; (iii) contexto dos últimos estudos e projetos com uso de linhas subterrâneas no Brasil; (iv) novas tecnologias para aumentar a segurança e disponibilidade das linhas de transmissão; (v) **acidentes com destruição de trechos de linhas aéreas de transmissão devido ocorrência de fortes tempestades**; (vi) **uso de Drones para diversas aplicações em projeto, construção e manutenção de linhas aéreas** e (vi) **estudos sobre envelhecimento de ativos de linhas aéreas**.

Os temas abordados contemplam os vários estágios dos empreendimentos de LTs, desde o estudo até a sua operação e manutenção, passando pelas etapas de pesquisa, estudo, projeto, construção e **manutenção**.

Observa-se intenso desenvolvimento técnico para atender necessidades associadas à utilização de novas soluções de LTs, até então não convencionais, evidenciando a continuação das demandas tecnológicas e de restrições ambientais para a implantação de LTs, para transporte de grandes blocos de energia, na região amazônica.

Como consequência dos apelos pela otimização, aumento da confiabilidade e economia de recursos, observa-se desenvolvimento de novas tecnologias e de novos materiais. Associado a isso, também se nota a preocupação em acompanhar o desempenho de tecnologias e materiais já utilizados e instalados.

Constata-se significativos investimentos no desenvolvimento de técnicas de monitoramento dos fenômenos envolvidos, assim como de sua modelagem matemática, utilizando-se cada vez mais os aprimoramentos proporcionados pelos recursos computacionais, bem como pela aferição experimental.

Algumas contribuições reportam a interação existente entre o setor industrial, as concessionárias e as universidades e/ou centros de pesquisa, com apresentação de resultados promissores dos projetos de P&D por meio de produtos tecnológicos de elevada vanguarda tecnológica mundial, que ratificam a sua importância no contexto da inovação requerida para o setor de linhas aéreas.

Infelizmente, muitos erros de concordância e ortográficos foram observados na maioria dos ITs, caracterizando um despreparo dos autores na confecção de trabalhos escritos, prejudicando a qualidade técnica dos informes.

#### 2.0 CLASSIFICAÇÃO DOS INFORMES TÉCNICOS

Os 35 (trinta e cinco) Informes Técnicos apresentados estão classificados segundo 7 (sete) temas preferenciais propostos pelo Grupo de Linhas de Transmissão, conforme indicado a seguir:

- I. Novas concepções e tecnologias para LTs CA e CC, incluindo componentes: 12 ITs
- II. Uso e ocupação das faixas de passagem de LTs: 2 ITs
- III. LTs CA e CC e os campos elétricos e magnéticos: 1 IT
- IV. Aumento da segurança, da confiabilidade e da disponibilidade das LTs: 10 ITs
- V. Estudos e projetos especiais: 3 ITs
- VI. Estudos de desempenho em LTs aéreas e subterrâneas: 3 ITs

## VII. Manutenção, recapacitação e repotenciação de LTs: 4 ITs

### 2.1 188 Novas concepções e tecnologias para Linhas de Transmissão CA e CC incluindo seus componentes

- 56 - UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO NA ELETROSUL
- 174 - METODOLOGIA PARA LANÇAMENTO DE CABO PILOTO COM USO DE VEICULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS - A EXPERIÊNCIA DA COPEL.
- 33 - ENVELHECIMENTO DE CABOS CONDUTORES PARA A TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
- 376 - DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE EMENDAS E TERMINAIS PARA COMPOSIÇÃO DE ESTOQUE DE ACESSÓRIOS PARA LINHAS SUBTERRÂNEAS DE ALTA TENSÃO DA AES ELETROPAULO
- 316 - PROJETO E CONSTRUÇÃO DE LTS DE AT COM A UTILIZAÇÃO INTENSIVA DE GUINDASTES AÉREOS DE GRANDE PORTE (SKYCRANES). EXPERIÊNCIA AMERICANA E CANADENSE. VANTAGENS, DESVANTAGENS E PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO À REALIDADE BRASILEIRA.
- 499 - FEIXES COMPACTOS E OTIMIZADOS PARA REDUÇÃO DOS CAMPOS ELÉTRICOS SUPERFICIAIS, DO RUÍDO AUDÍVEL E DA RÁDIO INTERFERÊNCIA EM LINHAS AÉREAS
- 203 - INSPEÇÃO IN-SITU DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS DE 500 KV EM LINHA DE TRANSMISSÃO ENERGIZADA POR RADIOGRAFIA DIGITAL COMPUTADARIZADA
- 525 - IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL NO PROJETO DE TORRES TRELÇADAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO
- 438 - TRAVESSIA DO CANAL DE SANTOS: A EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA EM LT - DE 1910 A 2015
- 450 - FUNDAÇÕES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: ANÁLISE INTEGRADA DE DESEMPENHO X RISCO X CUSTO

### 2.2 189 Uso e ocupação das Faixas de Passagem de Linhas de Transmissão

- 523 - COLETA DE DADOS EM LTS IMPLANTADAS COMO SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL E PARA FUTUROS PROJETOS - CASO PORTUGUÊS: ESTUDOS DE AUMENTO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE LTS " TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS
- 436 - USO INTENSIVO DE FAIXAS DE TRANSMISSÃO: INSERÇÃO DE DOIS CIRCUITOS ADICIONAIS EM FAIXA COM 10 CIRCUITOS INSTALADOS

### 2.3 190 Linhas de Transmissão CA e CC e os Campos Elétricos e Magnéticos

- 329 - MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA É DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA O ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL

### 2.4 191 Aumento da segurança, da confiabilidade e da disponibilidade das Linhas de Transmissão

- 48 - POLUIÇÃO NOS ISOLADORES DE LINHA DE 500KV ? NOVA METODOLOGIA DE COLETA E LAVAGEM COM AS INSTALAÇÕES ENERGIZADAS
- 327 - ESTIMAÇÃO EM TEMPO REAL DE TEMPERATURA AO LONGO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO SENSORES ÓPTICOS DE TEMPERATURA DISTRIBUÍDA (DTS)
- 346 - METODOLOGIA E DADOS METEOROLÓGICOS PARA CALCULAR AS CAPACIDADES SAZONAIS DE LTS A SEREM LICITADAS OU AUTORIZADAS PELA ANEEL
- 109 - RELAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS ENTRE O DESLIGAMENTO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO E A DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM CASOS DE RUPTURA DO CABO OPGW
- 105 - CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DE VENTOS DESTRUTIVOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA ANÁLISE DE DANOS CAUSADOS
- 423 - INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA DOS FIOS DE ALUMÍNIO NA VIDA EM FADIGA DE CABOS CONDUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA
- 270 - MONITORAMENTO DE EVENTOS METEOROLÓGICOS INTENSOS COM CAPACIDADE DE DESTRUIÇÃO DE TORRES DE LINHA DE TRANSMISSÃO
- 502 - QUEDA DE ESTRUTURAS DE GRANDE PORTE NA TRAVESSIA DO RIO JACUÍ EM FUNÇÃO DE EVENTO CLIMÁTICO DO TIPO TORMENTA ELÉTRICA: ANÁLISE E EXPERIÊNCIA DA CEEE-GT NA RECOMPOSIÇÃO DE LTS DENTRO DO PARQUE ESTADUAL DELTA DO JACUÍ
- 162 - AVALIAÇÃO TÉCNICA REALIZADA EM ISOLADORES DE VIDRO TEMPERADO COM ALTA RESISTIVIDADE RETIRADOS DE OPERAÇÃO DA PRIMEIRA LT HVDC NO BRASIL
- 221 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA MELHORAMENTO DE SOLOS PARTIR DE INJEÇÕES
- 85 - AVALIAÇÃO DE ISOLADORES NATURALMENTE POLUÍDOS RETIRADOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO
- 192 - AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE EMENDAS A COMPRESSÃO POR INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA EM LINHA VIVA

### 2.5 192 Estudos e projetos especiais.

- 340 - MODERNIZAÇÃO DA ETD PAULA SOUZA
- 517 - CONSTRUÇÃO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA PARA DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO VIBRACIONAL DE CABOS CONDUTORES
- 427 - PROJETO DE FUNDAÇÃO INDIVIDUALIZADO POR TORRE EM UMA NOVA LINHA DE TRANSMISSÃO

### 2.6 302 Estudos de desempenho em LTs aéreas e subterrâneas

- 72 - IMPLEMENTAÇÃO EM REGIÃO URBANA: CONVERTER UMA LINHA DE TRANSMISSÃO AÉREA UMA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA
- 131 - IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE INTERLIGAÇÃO AÉREAS EM 138KV ENTRE SUBESTAÇÕES JACAREPAGUÁ E CURICICA - UM DESAFIO OLÍMPICO, UMA COMPROMISSO LIGHT COM O MEIO AMBIENTE.

### 2.7 304 Manutenção, recapacitação e repotenciação de LTs.

- 280 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMENDAS PREFORMADAS INSTALADAS Há MAIS DE 40 ANOS EM UMA LINHA DE TRANSMISSÃO
- 171 - A EXPERIÊNCIA DA COSERN COM INSPEÇÕES AÉREAS EM LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO EM 69KV UTILIZANDO VEICULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS
- 184 - NOVO SISTEMA DE INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO BASEADO EM RECONSTRUÇÃO TRIDIMENSIONAL DE FOTOGRAFIAS AEREAS
- 534 - RECAPACITAÇÃO DE LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO COM CABOS DE BAIXA FLECHA E ALTA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO
- 366 - IMPLANTAÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA 230KV CIRCUITO DUPLO DA COPEL

## 3.0 RELATÓRIO SOBRE OS INFORMES TÉCNICOS

### 3.1 - UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO NA ELETROSUL

MÁXIMO, V.S.(1); - Eletrosul(1);

Com a utilização do DRONE, como apoio a inspeção terrestre, procura-se diminuir as necessidades de escaladas em torres que o inspetor deverá fazer, facilitando e

agilizando a inspeção em Linhas de Transmissão e reduzindo problemas de ergonomia.

Perguntas e respostas:

A) A) Em relação aos custos de manutenção, o autor poderia apresentar os valores comparativos entre a técnica tradicional de inspeção com escalada das torres e a inspeção com a utilização de Drone?

Não temos os valores levantados, mas podemos afirmar que a inspeção com DRONES tem um custo menos, tendo em vista o tempo da inspeção ser reduzido. Enquanto uma inspeção com escalada o inspetor leva em média 30 minutos, com o drone, esta inspeção poderá ficar em torno de 10 minutos. Haverá apenas o investimento inicial da compra do DRONE. Os demais gastos numa inspeção, permanecerão os mesmos (veículos, homem/hora inspeção, etc). Também é importante ressaltar que o desgaste do inspetor será menor e com isso, diminuição de problemas de saúde oriundos da ação repetitiva de escalada de torres

B) B) Com base nas limitações impostas pelos órgãos regulatórios, a aplicação dos drones em redes urbanas fica limitada? Sendo uma ferramenta que tende a ajudar significativamente as equipes de manutenção em suas tarefas de inspeção, como tirar o maior proveito de sua aplicação?

Poderá ficar limitada quanto a distância entre o piloto e o DRONE, que deverá ser visual, respeitando a faixa de servidão. No que diz respeito a altura máxima de voo, não haverá problema, pois nossas torres tem menos que 120 metros, que é a altura máxima permitida para voo com o DRONE adquirido. Para um melhor aproveitamento, o inspetor/piloto deverá estar o mais próximo das torres, fazendo a inspeção torre por torre, descendo o DRONE em cada estrutura inspecionada. Cabe lembrar que a ELETROSUL não possui redes urbanas, mas LTs que hoje, passam por áreas denominadas urbanas.

C) C) O IT apresenta dois registros de manchas visuais em cabos de Linhas Aéreas. Em uma análise foi identificado o defeito e na outra análise não identificado defeito. Qual metodologia de análise das imagens é requerida para obter com precisão as causas dos defeitos por meio das manchas identificadas nas inspeções por DRONE?

Num dos casos, houve desligamentos da LT identificados no mesmo ponto, devido a aproximação com uma LT de outra concessionária, sem contar também com relatos de moradores próximo a ocorrência, enquanto no outro caso, o defeito foi visto pelo inspetor com auxílio do binóculo, sendo um local de campo aberto, sem nenhuma interferência externa.

**Comentário:** Trabalho prático e bem interessante na dimensão dos resultados obtidos em campo de aplicação.

### 3.2 - METODOLOGIA PARA LANÇAMENTO DE CABO PILOTO COM USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS - A EXPERIÊNCIA DA COPEL.

FILHO, L.F.V.D.B.N.(1);MOREIRA, I.D.S.(1);MIRANDA, S.A.N.(2);PIZZI, M.(3); - COPEL(1);IG TRANSMISSÃO(2);CONSULTOR(3);

Este trabalho apresenta uma metodologia utilizada pela Copel e empresas parceiras para lançamento de cabos pilotos, procedimento preliminar para instalação dos cabos condutores e pararraios nas linhas de transmissão aéreas (LTs). Nessa metodologia foi adotado um veículo aéreo não tripulado, chamado neste trabalho de VANT, o qual transporta um cabo guia entre o vão das torres de transmissão, o qual servirá de base para a passagem de cabos pilotos na LT. Tal metodologia é necessária devido as dificuldades de passar o cabo piloto pelo método convencional, como vegetação densa, áreas urbanas, grande vales, etc. Com este procedimento, conseguiu-se grande redução de custos, tempo de execução, danos ambientais e riscos de acidentes com a força de trabalho.

Perguntas e respostas:

A) A) A metodologia de lançamento descrita no IT pode ser empregada para vãos maiores que aquele correspondente à travessia sobre o Rio Paranapanema (344 metros)? Qual seria o limite de comprimento de vão para essa metodologia?

Estando as duas torres de travessia montadas, já foi realizado o lançamento de vão de 1700 metros (Com desnível de 200 metros), sendo que para vão no mesmo nível é possível fazer vão de até 1000 metros.

B) B) Como o serviço é terceirizado, quais as principais definições que precisam ser passadas aos contratados para a realização do serviço? tendo em vista o crescimento da aplicação deste tipo de aeronave nas atividades de construção e de manutenção de LTs, qual a limitação para que a Copel não tenha seu próprio equipamento?

As definições passadas aos contratados fazem parte do Contrato firmado com as empresas construtoras. Há o documento "Especificações Técnicas para Construção de Linhas de Transmissão" o qual dá as diretrizes para os serviços de lançamento de cabos aéreos. A metodologia a ser utilizada nos serviços é definida pela empresa contratada, salvo se houver restrições ou condicionantes ambientais específicas. São algumas das diretrizes principais: - O início do lançamento só será autorizado pela Fiscalização, após teste de funcionamento eficiente dos equipamentos de comunicação; - As travessias sobre LTs ou RD's devem ser executadas com as mesmas desligadas e aterradas; - Antes de iniciar a instalação dos cabos, as estruturas deverão estar reapertadas e revisadas; - Deverá ser preparado um "Plano de Lançamento", prevendo otimizar a aplicação das bobinas; - As roldanas serão inspecionadas antes de sua instalação nas estruturas, verificando-se a sua livre movimentação e o estado da superfície dos gornes. Atualmente a Copel GeT não constrói linhas de transmissão com mão-de-obra própria. Sendo assim, não há no momento prioridade na compra de tais equipamentos pela Copel GeT. Além do mais, com a constante inovação tecnológica, é interessante que as próprias executoras dos serviços renovem seus equipamentos, compatibilizando a tecnologia existente com as necessidades a serem atendidas.

C) C) O IT apresenta resultados do lançamento de cabo piloto com uso de veículo aéreo não tripulado em linhas de transmissão aéreas em 45 vãos totalizando, aproximadamente 20 km de LT. Foi necessário ou requerido fazer o processo de regulamentação pela DECEA-DRONES e ANAC do procedimento de Emissão do Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos não tripulados? Caso afirmativo, o autor poderia apresentar como foi a execução desse procedimento, nas dimensões custo e prazo?

Tendo em vista que a região não é próxima a aeroclubes / aeroportos e o Drone voa em uma altura relativamente baixa (Aproximadamente 100 metros) não foi necessária a solicitação de autorização específica.

**Comentário:** Trabalho técnico bem interessante mas que já é de uso rotineiro por algumas empresas do Brasil.

### 3.3 - ENVELHECIMENTO DE CABOS CONDUTORES PARA A TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

SENS, M.A.(1);UETI, E.(1); - CEPEL(1);

Quanto tempo se espera que dure os condutores de uma linha de transmissão de energia elétrica? Será que os condutores de alumínio ACSR utilizados nas primeiras linhas de transmissão que alimentaram as obras iniciais da construção de Brasília-DF ainda estão em condições operacionais? O fenômeno do envelhecimento atinge também aos cabos elétricos e acessórios das linhas que levam energia elétrica aos mais distantes pontos do território nacional? Para responder a estas questões foram estudados alguns cabos de distintas regiões do Brasil, bastante antigos, retirados de operação por falha ou por cautela e confrontados em suas características condutivas com cabos novos.

Perguntas e respostas:

A) O IT por meio dos resultados expostos concluiu que os condutores elétricos utilizados em cabos de alumínio, tanto do tipo reforçado com alma de aço - ACSR, ou sem reforço, de fato não envelhecem em sua condutividade elétrica. Mas na dimensão dos testes mecânicos para as amostras testadas, os autores acham válido realiza-los? Caso afirmativo, quais estimativas os autores têm desses testes mecânicos?

Sim, ensaios de resistência a tração de cabos de alumínio novos e usados podem identificar diferenças, sobretudo se os cabos foram submetidos a curto-circuitos.

B) Na visão dos autores, quais procedimentos devem ser adotados pelas concessionárias para manter as características dos cabos condutores das LTs, tendo em vista os efeitos operacionais e ambientais?

O principal cuidado recai nas conexões elétricas, que devem ser dada preferências para as luvas de compressão, estáticas ou por explosão. Conexões aparafusadas envelhecem, soltam-se e constituem pontos críticos para falhas prematuras.

C) O IT por meio dos resultados expostos concluiu que os condutores elétricos utilizados em cabos de alumínio, tanto do tipo reforçado com alma de aço - ACSR, ou sem reforço, de fato não envelhecem em sua condutividade elétrica. Mas na dimensão dos testes mecânicos para as amostras testadas, os autores acham válido realiza-los? Caso afirmativo, quais estimativas os autores têm desses testes mecânicos?

De fato, a condutividade elétrica dos fios de alumínio que constituem o cabo condutor não se altera com o tempo de uso. O que se altera é a resistência elétrica superficial, que irá atrapalhar bastante as novas conexões, quando necessárias. Além disto, com a superfície oxidada, a resistência elétrica do cabo completo se eleva e, assim, se levam as perdas de energia.

**Comentário:** IT com uma pesquisa de testes de laboratórios bem rica na dimensão elétrica. Para melhorar os resultados testes mecânicos devem ser associados em algum momento para poder melhorar mais ainda sobre esse importante tema de envelhecimento das linhas de alumínio utilizadas em linhas de transmissão.

### 3.4 - DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE EMENDAS E TERMINAIS PARA COMPOSIÇÃO DE ESTOQUE DE ACESSÓRIOS PARA LINHAS SUBTERRÂNEAS DE ALTA TENSÃO DA AES ELETROPAULO

SOUZA, P.D.D.(1);RIVOLTA, A.(1); - AES ELETROPAULO(1);

Este trabalho trata em linhas gerais sobre o novo conceito de emendas e terminais para cabos subterrâneos de Alta Tensão com isolamento em EPR ou XLPE padronizados na AES Eletropaulo em meados de 2015. Este novo conceito prevê que um mesmo acessório, seja ele emenda ou terminal possa ser utilizado em cabos extrudados com diferentes seções, respeitando sempre os limites máximos e mínimos de expansão dos corpos isolantes e os ranges de aplicação dos conectores elétricos. Para se definir os ranges de aplicação de cada acessório é necessário fazer uma análise criteriosa dos data-sheets dos cabos face ao data-sheet dos acessórios fornecidos pelos fabricantes, garantindo que todas as medidas sejam compatíveis e permitam que o acessório seja aplicado respeitando todos os seus limites e consequentemente garantindo seu perfeito funcionamento em campo. Os acessórios especiais tem um custo de cerca de 15% maior que os convencionais, porém em função da diminuição do número de itens em estoque esse valor é facilmente compensado garantindo uma economia significativa no custo da reserva estratégica do segmento de Linhas Subterrâneas de Alta Tensão.

Perguntas e respostas:

A) A) Desde que tal filosofia foi implantada poderiam relatar quanto ao número de ocorrências/falhas e a nova filosofia quanto ao estoque de acessórios?

Desde a implantação desta nova filosofia, tivemos apenas uma ocorrência numa LTS com cabos EPR. Neste caso a ocorrência se deu numa LTS com cabos 300mm<sup>2</sup> e como possuíamos duas emendas desta seção em estoque preferimos utilizá-las, pois elas já estavam à alguns anos no nosso estoque. Sendo assim ainda não utilizamos os acessórios da nova filosofia.

B) B) No caso de ocorrências desde a implantação da nova filosofia, as mesmas se deram em LTS's com diferentes tipos de seções de cabo condutor?

Não. Até o momento tivemos apenas uma ocorrência após a implantação da nova filosofia e esta se deu numa LTS com cabos 300mm<sup>2</sup> EPR.

C) C) Ainda no caso de ocorrências, houve ganho nos tempos de ação, enfim a nova filosofia também tem efeito direto nas ações de manutenção corretiva emergencial?

Ainda não utilizamos os acessórios da nova filosofia, pois tivemos uma única ocorrência após a implantação da mesma e neste caso como tínhamos duas emendas tradicionais no estoque à alguns anos preferimos utilizá-las primeiro. Porém teoricamente falando, não acreditamos que os novos acessórios venham a influenciar no tempo de atendimento das ocorrências, pois o processo de montagem das mesmas é similar.

**Comentário:** A solução da estratégia para redução do estoque é muito boa, mas parece que a aplicabilidade em outras concessionárias que possuam sistemas de linhas de transmissão subterrâneas em alta tensão, dependerá das características das diversas linhas de transmissão subterrâneas em seus sistemas, ou seja quanto as faixas/seções dos condutores dos cabos de potência nas mesmas. Inegável o ganho em termos de custo e até mesmo de espaço para armazenagem do estoque de acessórios, tendo em vista que a AES Eletropaulo em termos de Brasil é a concessionária que apresenta até onde estatisticamente é sabido, o maior volume de circuitos de linhas de transmissão subterrânea nas tensões de 88/138 kV, todas em regiões urbanas e sujeitas a falhas principalmente por intervenções de terceiros.

### 3.5 - PROJETO E CONSTRUÇÃO DE LTS DE AT COM A UTILIZAÇÃO INTENSIVA DE GUINDASTES AÉREOS DE GRANDE PORTE (SKYCRANES). EXPERIÊNCIA AMERICANA E CANADENSE. VANTAGENS, DESVANTAGENS E PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO À REALIDADE BRASILEIRA.

BALEIRO, M.G.(1);LUMRY, M.W.(1);BUENO, I.V.(1); - ALTVIA HELIMONT(1);

O uso intensivo de guindastes aéreos na construção de Linhas de Transmissão é uma prática corrente nos EUA e Canadá, desde 1972. Trata-se de uma tecnologia revolucionária que estabeleceu um novo paradigma para a indústria de construção especializada nessa atividade, com base no binômio da precisão x velocidade. O objetivo é criar e operar um sistema capaz de extrair o máximo da versatilidade e da capacidade desse extraordinário equipamento com o mínimo tempo de uso, ou de voo. É intrigante o fato de que no Brasil, maior mercado mundial desse ramo de construção da atualidade, essa tecnologia não seja utilizada.

Perguntas e respostas:

A) A) Poderiam os autores comentar a provável relação da não utilização dos guindastes aéreos no Brasil com o modelo vigente de contratações das empreiteiras segundo um orçamento restritivo oriundo do lance vencedor no leilão da ANEEL? Como acomodar o necessário planejamento antecipado da construção com a utilização de guindaste aéreo no modelo atual de contratações?

(i) Os autores acreditam que em um sistema aberto e competitivo, de economia de mercado, as forças do mercado competem livremente em busca de um equilíbrio, conforme a variação da oferta e da procura. Todavia, o modelo de leilões está sujeito a exageros e distorções no equilíbrio de forças, sobretudo nos casos dos deságios mais elevados, resultando em uma pressão cada vez maior sobre a indústria fornecedora especializada nesse segmento, que para continuar existindo torna-se refém dos orçamentos cada vez mais restritivos. (ii) A principal consequência da continuidade desse modelo é que não se permite uma visão de longo prazo, tudo se baseia no imediatismo da sobrevivência e na alta rotatividade dos atores, com o empobrecimento de toda a cadeia produtiva desse segmento, em razão da baixa rentabilidade, com a perda da capacidade de reinvestimento em capacitação técnica, modernização tecnológica e inovação. (iii) Seja no Brasil, seja nos EUA, nenhum construtor se arriscará a utilizar uma metodologia nova e revolucionária, sem dominá-la por completo, com a certeza dos ganhos de eficiência e redução de custos. Para inovar não basta apenas senso de oportunidade e ousadia, é preciso capacidade para investir. Nos EUA isto já está provado com a utilização dos guindastes aéreos, e na maioria dos casos são mais vantajosos, em tempo e custo. (iv) O preço médio praticado hoje no Brasil pelos construtores (utilizando o método tradicional) para a montagem de torres das LTS é da ordem de R\$ 4,00 a R\$ 5,00 por quilo montado; em nossas análises comparativas, admitindo um câmbio de R\$ 3,00 / US\$ 1,00, com um volume anual de montagem de torres de 30.000 ton (cerca de 40% do total de toneladas dos Lotes de LTs anualmente leiloados pela ANEEL), a montagem com os guindastes aéreos já teria condições de competir em preço com o método tradicional. Se pudermos precificar o enorme ganho de tempo, por exemplo, a partir de ganhos do investidor na receita (RAP) antecipada, quando permitida pela ANEEL, então teremos uma enorme vantagem para o uso dos guindastes aéreos. (v) Portanto, a tecnologia do uso intensivo dos guindastes aéreos no projeto e construção de LTS não há que ficar restrita apenas à questão da competição direta no preço de montagem de torres em R\$ por quilo. O propósito deste IT foi demonstrar que existe a oportunidade de mudança de paradigma na expansão da rede básica nacional com o advento dessa tecnologia, que poderá estabelecer um círculo virtuoso de economias e benefícios para toda a Sociedade. (vi) Os autores esperam, após a divulgação no XXIV SNPTEE, despertar o interesse de investidores, EPCistas e construtores de Linhas de Transmissão, transmissoras, bem como à ANEEL e EPE, para a oportunidade de aproveitar tais economias e benefícios. É perfeitamente possível, na fase dos pré-contratos que antecedem aos Leilões, planejar a utilização dessa tecnologia, a partir de parâmetros técnicos, ambientais e econômicos comprovados nos EUA, e que podem ser reproduzidos em condições competitivas e adequadas à realidade brasileira.

B) B) Não se tem dúvida de que essa tecnologia tem inúmeras vantagens sobre o método tradicional usado no Brasil. Em virtude do alto custo de mobilização e das incertezas do valor do dólar, quais seriam as alternativas mais viáveis para uma solução "caseira"?

(i) Para se alcançar uma equação competitiva e de risco controlado, necessitamos uma escala mínima de volume anual de montagem (cerca de 2.000 a 3.000 toneladas/mês) por pelo menos 8 meses para diluir o custo fixo do equipamento principal (Aircrane S-64) e a contratação de hedge cambial. (ii) Eventual alternativa de solução "caseira" seria baseada no improviso, em escala pequena, pontual ou emergencial e não intensiva, pois os equipamentos disponíveis (helicópteros) no Brasil e, que operam carga externa são de pequeno porte e não possibilitam a eficiência necessária, capaz de competir com os métodos tradicionais.

C) C) O IT apresenta na Figura 1 diferentes Fly Yards, ilustrando o caso de pré-montagem de torres estaiadas completas, bem como, da pré-montagem de seções de torres autoportantes. Todas as torres são pré-montadas em solo, utilizando-se equipamentos leves de içamento e aparafusadeiras elétricas ou pneumáticas com calibrador de torque, com o objetivo de se obter velocidade, qualidade, menor custo e menor risco para os montadores. Nesse contexto, é necessário fazer o licenciamento prévio dessas áreas junto ao processo de licença ambiental para construção?

(i) Preferencialmente os Fly Yards deverão estar dentro da Faixa de Servidão, coincidindo com as praças de bobinas dos cabos/lançamento, possibilitando as menores distâncias de deslocamento aéreo e menor tempo e custo de montagem. Neste caso, teoricamente, não necessitariam licenciamento específico. (ii) Entretanto, temos visto no licenciamento recente de grandes projetos de LTs a cargo do IBAMA, a exigência de se informar a localização georeferenciada para autorização prévia dos canteiros de obras e depósitos principais e secundários, e até mesmo das praças de pré-montagem / montagem de torres e de lançamento de cabos, caso estas estejam no interior de matas ou fragmentos florestais. Isto já se aplica hoje aos métodos tradicionais. Logo, dentro ou fora da Faixa, sugere-se que os Fly Yards sejam informados ao licenciador, como estruturas de apoio necessárias, de uso temporário. (iii) A tecnologia de uso intensivo dos guindastes aéreos para construção de LTS, sob todos os aspectos, deve ser vista pelo órgão ambiental como um grande facilitador e um mitigador de riscos ambientais.

### 3.6 - FEIXES COMPACTOS E OTIMIZADOS PARA REDUÇÃO DOS CAMPOS ELÉTRICOS SUPERFICIAIS, DO RUÍDO AUDÍVEL E DA RÁDIO INTERFERÊNCIA EM LINHAS AÉREAS

JUNIOR, O.R.(1);DOMINGUES, L.A.M.C.(2); - CHESF(1);CEPEL(2);

Este IT analisa possibilidades de utilizar técnicas de otimização de forma a dimensionar feixes não convencionais com a característica principal de gerar baixo ruído - ruído audível e interferências eletromagnéticas. Soluções para linhas de transmissão com baixo ruído tendem a ser cada vez mais demandadas, por conta de demandas das comunidades e restrições ambientais mais severas. Neste contexto o desenvolvimento de alternativas de configurações de baixo ruído é importante de forma a preparar as equipes de projeto com recursos para atender aquelas exigências

Perguntas e respostas:

A) A) Considerando que a metodologia proposta tem como objetivo as linhas de menor extensão ou trechos de LTS localizados nas proximidades de áreas urbanizadas, poderiam os autores apresentar maiores considerações quanto à proposição de realizar a otimização conjunta de todo o arranjo, vis-a-vis a introdução de feixes diferenciados nas LTS que se enquadram na situação pretendida?

A metodologia proposta pode ser aplicada a linhas com diversas características, inclusive longas e em áreas menos povoadas, pois a redução de impactos sempre é um benefício importante. O foco em linhas urbanas foi colocado num primeiro momento pois se avaliou que esta aplicação seria de interesse mais imediato. Quanto à otimização de todo o arranjo, não apenas dos feixes, este é o objetivo maior, porém que envolve o desenvolvimento de diversos componentes, inclusive de novos

padrões estruturais. Neste primeiro passo, visando demonstrar o potencial de redução de ruído com baixo custo de projeto e construção, e importante escopo de utilização - as LTs urbanas, reduziu-se o escopo da otimização aos feixes de condutores, com custo apenas de ferragens novas. Numa etapa futura pretende-se efetivamente ampliar o processo de otimização.

B) B) O estudo foi realizado em configurações típicas de LTs de 500 kV. Contudo, muitas das situações vinculadas a RI e RA em regiões urbanas ocorrem em linhas de menor tensão. Como essa técnica pode ser aplicada?

O princípio da redução de ruído via otimização dos feixes é aplicável em outras classes de tensão, porém os ganhos são diferentes em cada caso. Por motivo de clareza optou-se por trabalhar apenas na classe de 500 kV pois esta tem duas características interessantes com vistas a este trabalho: é uma classe muito representativa no SEB e tem problemas importantes de ruído pois nesta classe de tensão os gradientes superficiais nos cabos são elevados pois o condutor é dimensionado na quase totalidade dos casos por critérios de campo elétrico superficial. A técnica pode ser igualmente aplicada em 230kV, a ser avaliada em cada caso, porém em 138kV normalmente não, pois estas linhas geralmente têm apenas um cabo por fase. Nesta classe podem ser estudadas outras técnicas de redução de ruído.

C) C) Os autores concluíram que embora o ponto ótimo da configuração do feixe depende da configuração, em todos os casos os feixes analisados nesse IT apresentam valores mais otimizados do campo elétrico que o padrão convencional, de 18 polegadas. Nesse contexto, baseado na capacidade dinâmica versus SIL das linhas da rede básica os autores sugerem uma possibilidade de otimização do feixe mesmo reduzindo o SIL das linhas da rede básica?

A otimização de soluções tem potencial de ganhos importantes tanto técnicos quanto econômicos, porém foge um pouco da padronização de soluções, devendo ser estudada caso a caso. De uma forma muito geral, para balizar a discussão, podemos propor as seguintes considerações: ? em linhas curtas, como foi foco inicial deste trabalho, o SIL não é um critério decisivo de análise, podendo-se trabalhar a otimização proposta sem maiores preocupações. ? no caso de linhas médias e longas, onde a redução do SIL pode ser um problema, há uma alternativa eficaz, possibilitada pela simplicidade e praticidade da metodologia proposta: otimizar o feixe apenas em trechos críticos. Assim, em locais onde o ruído seja um problema para a vizinhança, pode-se otimizar localmente, apenas com a troca das ferragens de suspensão e dos espaçadores, com custo reduzido, e geralmente sem necessidade de reavaliar o isolamento, pois as soluções otimizadas tendem a resultar em feixes de dimensões menores que os convencionais de 18". Estas alterações pontuais não representam modificação significativa no SIL da LT. ? no caso de linhas longas onde se pretenda adotar o feixe otimizado numa extensão significativa, é necessário cotejar as soluções completas - custo da LT, faixa de passagem e compensações necessárias em cada caso. Acreditamos que, ainda neste caso, a otimização dos feixes possa se revelar competitiva.

### 3.7 - INSPEÇÃO IN-SITU DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS DE 500 KV EM LINHA DE TRANSMISSÃO ENERGIZADA POR RADIOGRAFIA DIGITAL COMPUTADARIZADA

NETO, H.B.D.T.L.(1);BRITTO, P.R.R.(2);FONTAN, M.A.B.(2);SHINOHARA, A.H.(3);JÚNIOR, E.J.S.(3);XAVIER, J.G.(3);FUJIWARA, H.(3); - STN (1);STN(2);UFPE(3);

Os isoladores poliméricos de linhas de transmissão de extra-alta-tensão podem falhar mecanicamente através do rompimento do compósito de GFRP pelo mecanismo de fratura frágil por SCC e a queda dos cabos condutores. Com estabelecimento da parcela variável por indisponibilidade (PVI), evitar o rompimento do compósito de GFRP é de fundamental importância para transmissoras. Visando detectar e avaliar defeitos ocultos e críticos em isoladores poliméricos em linhas de transmissão de 500 kV energizadas, um sistema de inspeção não destrutivo utilizando radiografia digital computadorizada de alta resolução espacial foi desenvolvido e testado em campo. Os resultados obtidos são relatados.

Perguntas e respostas:

A) A) É admissível supor que o sistema de radiografia digital possa ser inserido em escala industrial de modo a prover os laboratórios de condições para realizar as inspeções rotineiras em isoladores novos?

Sim, pelo presente resultado de pesquisa, é admissível que o sistema de radiografia digital desenvolvido é o método de inspeção da integridade dos isoladores poliméricos novos de 500 kV mais eficaz e pode ser implementado de imediato. Melhoramento do sistema radiográfico pode ser realizado para aumentar a produtividade de inspeção dos isoladores novos em laboratórios ou mesmo no almoxarifado da empresa, desde que plano de proteção radiológica seja elaborado.

B) B) Embora reduzida em sua incidência, com a aplicação de bastões do tipo ECR, uma das falhas mais difíceis de identificação é a fratura frágil. Muitas das vezes ela ocorre no bastão na parte da ferragem. A técnica radiográfica apresentada é capaz de identificar problemas nesta região dos isoladores poliméricos?

Com respeito à fratura frágil no interior, principalmente, da ferragem junto à fase devido efeito combinado de elevado campo elétrico e carga mecânica devido ao peso dos cabos condutores, as causas podem variadas desde o problema de projeto adequado de fabricação do isolador polimérico, uso de carga de climpagem excessiva causando danos no bastão de compósito. Caso os danos sejam devidos à fratura do compósito, ou a falta de penetração do material que reveste o compósito junto à ferragem seria possível identificar tais falhas com radiografia usando radiação ionizante de energia adequada, pois, neste caso, a radiação deve ultrapassar uma espessura de aço da ferragem.

C) C) Falhas externas, como fissuras no revestimento do núcleo podem ser identificadas por inspeção visual. Quais são os critérios utilizados para caracterizar a presença de uma falha interna no isolador, que deve ser o principal objetivo do sistema de radiografia digital?

Especialmente no Nordeste, os isoladores poliméricos ficam cobertos por uma camada de poluentes que dificultam de sobremaneira a identificação e visualização de trincas na superfície por inspeção visual. Os critérios visam identificar as trincas sob camada de poluentes, mensurar a espessura do revestimento de compósito inferior a 3 mm devido a falta de controle de fabricação e que não é possível de visualizar com inspeção visual, detectar trincas internas junto ao compósito no material que reveste o compósito, detecção da presença de vazios (voids) devido problema de injeção e quando em operação na linha de transmissão, devido ao campo elétrico intenso, ocorrerá descarga parcial e consequentemente fissuramento no material de revestimento interligando o meio externo com o bastão de compósito que é suscetível à corrosão devido a geração contínua de ácido nítrico e ácido sulfúrico.

### 3.8 - IMPLEMENTAÇÃO DA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL NO PROJETO DE TORRES TRELIÇADAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO

OLIVEIRA, J.M.C.(1);LIBERATO, P.H.D.O.(1);SILVA, P.R.R.L.D.(1);MELLO, R.C.D.(1);FERREIRA, S.J.(1);SOARES, F.G.(1);MELLO, T.C.(1);PERUCCI, R.D.O.E.B.(1); - ENGETOWER(1);

Este Informe Técnico descreve os desafios da Engetower Engenharia e Consultoria no desenvolvimento de um software para modelagem tridimensional (3D) do detalhamento para fabricação e montagem de torres treliçadas para linhas de transmissão. Apresenta-se brevemente as etapas do projeto de uma torre enfatizando o processo usual de detalhamento bidimensional (2D) com suas dificuldades, simplificações e vantagens. A partir destas informações é apresentada a modelagem 3D, que compõe uma das etapas da tecnologia BIM, mostrando os objetivos perseguidos, algumas das dificuldades de implementação, as plataformas adotadas, as principais vantagens e os resultados alcançados.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo em conta as vantagens descritas no IT, sobretudo a minimização de erros humanos no processo de detalhamento do projeto e a validação dos detalhes criados pelo projetista, há expectativa de que a modelagem tridimensional venha a eliminar a necessidade da pré-montagem horizontal das estruturas, otimizando também o processo de fabricação?

Da perspectiva do projeto e da estrutura modelada poderia ser eliminada a etapa de pré-montagem horizontal das estruturas, contudo a pré montagem válida também o processo de fabricação. Se os fabricantes garantirem através de outros processos de validação que todas as peças fabricadas de uma estrutura estão conforme o modelo a pré montagem poderia sim ser eliminada.

B) B) A ferramenta desenvolvida permite agilizar o processo de elaboração do projeto bem como garantir maior confiabilidade na sua execução. Como a empresa pretende difundir o seu emprego?

Inicialmente pretendemos realizar parcerias com os fabricantes para melhorar os processos de comunicação facilitando a troca de informações através dos arquivos de modelagem com as informações modeladas pelo processo do BIM. Para as empresas construtoras pretendemos fornecer o modelo 3D com informações necessárias para montagem.

C) C) O IT descreve os desafios da Engetower Engenharia e Consultoria no desenvolvimento de um software para modelagem tridimensional (3D) do detalhamento para fabricação e montagem de torres treliçadas para linhas de transmissão. A partir destas informações é apresentada a modelagem 3D, que compõe uma das etapas da tecnologia BIM, mostrando os objetivos perseguidos, algumas das dificuldades de implementação, as plataformas adotadas, as principais vantagens e os resultados alcançados. Nesse sentido, os autores já conseguiram implementar a aplicação dessa tecnologia BIM em um caso real?

Sim, já conseguimos implementar a tecnologia BIM em alguns projetos como por exemplo um pórtico de subestação, um Trusspole, uma torre Cross-ropo e algumas torres auto-portantes. Todos estes projetos foram feitos concomitantemente com o processo tradicional de detalhamento para validação do novo processo de modelagem que está sendo implementado.

### 3.9 - TRAVESSIA DO CANAL DE SANTOS: A EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA EM LT - DE 1910 A 2015

MORENO, R.F.(1);ZANOTTI, L.Y.(2);JUNIOR, G.F.(1);FERNANDES, P.R.(1); - EPTE(1);3M(2);

Apresentar a linha de transmissão LT ITATINGA - SANTOS 44 kV, instalada em 1910, e os estudos para remanejamento desta instalação visando possibilitar a implantação da ligação subaquática entre os Municípios de Guarujá e Santos. São apresentadas as principais características da linha de transmissão, tais como traçado, inserido em região de Mata Atlântica, obstáculos naturais e desafios sobrepujados, em uma época na qual ainda poucos os recursos tecnológicos disponíveis. O informe técnico detalha, também, os estudos desenvolvidos na fase de projeto da nova instalação, com ênfase para a travessia do Canal de Santos, na qual houve necessidade de aplicação de condutores especiais visando manter a atual condição de navegabilidade na área do Porto de Santos.

Perguntas e respostas:

A) Poderiam os autores apresentar maiores detalhes sobre o estudo do cabo condutor para o trecho da travessia, considerando o comparativo com o condutor atualmente existente? A opção por um condutor especial de baixa flecha, o cabo ACCR, é também devida a existência de um condutor especial na atual travessia?

As análises foram realizadas com base na (limitada) documentação da linha de transmissão disponível na CODESP. Segundo levantamento realizado com colaboradores mais antigos da CODESP, alguns deles já desligados da empresa, os cabos condutores teriam sido substituídos em 1995, tendo sido utilizado condutor tipo CopperWeld, e os serviços de substituição teriam sido realizados pela Schaim, não tendo sido possível, entretanto, confirmar estas informações com a executante. De acordo com algumas informações esparsas, e conforme observação visual dos cabos, estes teriam diâmetro de 16,32 mm (19 tentos), com massa de 1,314 kg/m. Levantamento topográfico das catenárias de cabos resultou tração nos condutores da ordem de 2800 kgf, no vão da travessia, e 1100 kgf para os vãos a ré e vante da travessia, daí resultando momento de tombamento de aproximadamente 890 tf.m. Considerado a significativa abertura da torre, da ordem de 30,00 metros, os esforços resultantes nas fundações situam-se entre 15,00 tf e 20,00 tf, valores considerados de pequena magnitude, sendo salientado que estes valores decorrem da considerável abertura da torre, implantada em uma época na qual a ocupação das margens do estuário era praticamente inexistente, mormente no lado de Guarujá, a qual hoje comporta ocupação desordenada, incluindo área de mangue. Dois fatores foram determinantes na definição do cabo condutor. A primeira refere-se à indisponibilidade de áreas para instalação das torres, tanto no lado Santos quanto no lado Guarujá, daí decorrendo restrição quanto à abertura da base da torre, a qual não poderia vir a ter dimensão superior a 10,00 metros de largura na base, sendo mandatório que os esforços nas fundações fosse tão limitados quanto possíveis. O segundo aspecto está associado ao porte da estrutura uma vez que, considerando a altura requerida de 100,00 m, a aplicação de cabos convencionais, CAA e liga, entre outros, implicaria em flechas consideráveis no caso de trações convencionais, incompatíveis com as condições de navegabilidade no Canal de Santos, ou, em contrapartida, trações de elevada magnitude, daí decorrendo elevadas solicitações nas torres, com ênfase para o desequilíbrio de esforços longitudinais decorrentes da diferença de comprimento dos vãos adjacentes às torres de travessia. Neste sentido, tendo por objetivos limitar os esforços solicitantes sobre as torres e reduzir, tanto quanto possível, as ações sobre as fundações, os estudos sinalizaram, a partir de análises integradas (tração x flechas x esforços torres x esforços fundações x custo) para aplicação do cabo condutor ACCR 131-T58, o qual apresenta massa unitária de 0,318 kg/m. Ressalta-se que, conforme o exposto acima, a opção pela aplicação do cabo ACCR 131 T-58 decorreu das especificidades da travessia, e vãos adjacentes, bem como das restrições decorrentes da indisponibilidade de áreas, manutenção das flechas atuais e critério impositivo no sentido de limitar o porte das torres a serem instaladas no vão da travessia.

B) Quando se verifica que um projeto especial tem uma vida muito temporária, pensa-se que a relação custo-benefício é significativamente alta. Como esse processo deve ser tratado tendo em vista que a linha a ser substituída é centenária?

Conforme discutido na resposta à Pergunta 03, os critérios que nortearam a definição da solução técnica para a ligação Santos - Guarujá, bem como os impactos decorrentes, sociais, ambientais, patrimônio histórico e econômicos, devem, em tese, ter sido analisados à luz dos requisitos, normativas e legislação aplicáveis, tendo sido adotada como solução preferencial a alternativa que mitigasse o conjunto de impactos decorrentes e associados. Os autores não tiveram participação na fase de concepção do empreendimento, tendo atuado exclusivamente na confecção do projeto eletromecânico básico, elaborado a partir de condições de contorno previamente estabelecidas. Em caráter exclusivamente pessoal, os autores entendem que, considerando a existência de instalações de subtransmissão do lado de Santos, e considerando ainda que a totalidade das cargas do porto estão situadas neste lado do estuário, há possibilidade de se avaliar a alimentação do terminal portuário através de conexão ao sistema existente, relativamente próximo à subestação do porto. Esta condição é potencializada na medida em que o remanejamento pretendido teria caráter temporário, sendo prevista a conversão da linha para instalação isolada, a qual seria confinada no túnel após a conclusão da ligação subaquática. Esta e outras alternativas, em caráter geral, podem promover alterações significativas na relação custo-benefício resultante.

C) O IT apresenta as principais características da linha de transmissão, tais como traçado, inserido em região de Mata Atlântica, obstáculos naturais e desafios sobrepujados, em uma época na qual ainda poucos os recursos tecnológicos disponíveis. Marco importante desta linha de transmissão refere-se às torres de travessia do Canal de Santos, conhecidas como ?torres altas?, situadas uma em cada margem do canal, com alturas da ordem de 90,00 metros, e abertura de base de 30,00 metros, sustentam as seis fases da instalação. Apresentam configuração estrutural não convencional, podendo ser entendidas como estruturas semi-aporticadas, conforme apresentado na Figura 4. Nesse contexto, para a desmontagem das duas estruturas históricas para a região foram requeridas licenças junto aos órgãos municipais, estaduais e federais? Caso afirmativo, esse processo teve consulta popular?

As atuais torres de travessia do Canal de Santos se caracterizam como marcos centenários do Brasil no início do século XX, época em que o país experimentava as mudanças decorrentes da república, proclamada há apenas 21 anos. Ao longo destes 107 anos as torres se mantêm como símbolos deste período, antecedendo as principais instalações, públicas e privadas, implantadas na orla de Santos e Guarujá. Em função destas características o caráter histórico deste patrimônio, pelo menos em tese, é negável, embora a realidade local destoe sobremaneira desta visão, assim como, infelizmente, ocorre com outros paradigmas do patrimônio nacional como, por exemplo, a cidade histórica de Paranapiacaba, esquecida no tempo. Para se ter um breve relance da realidade local, nossa equipe de inspeção foi impedida de realizar fotos na área de Vicente de Carvalho, uma vez que toda a margem do estuário é ocupada por comunidades de baixo poder aquisitivo, reféns do tráfico de drogas, com ?hojeiros? do tráfico posicionados em pontos estratégicos do acesso, ?devidamente? armados e com rádios de comunicação. Fatos comuns de um país com destino para ser grande mas que, infelizmente, agoniza no rol dos países condenados ao ?em desenvolvimento?, desenvolvimento que atende apenas a uma parcela relativamente pequena da população, que se perpetua no poder e pereniza as assimetrias sociais. Que as torres representem um importante patrimônio é negável, assim como são negáveis, e saltam aos olhos, a ocupação da área de mangue, o esgoto correndo a céu aberto, as crianças fugindo do trem que avança entre barracos, com não mais de 30 cm entre a composição e as paredes de madeira das habitações. Há entendimento que a intervenção e o impacto da remoção das torres altas, com ênfase para aquela situada em Vicente de Carvalho, a ser removida para instalação de doca seca para confecção dos módulos do submerso, tenham sido analisados e avaliados conjuntamente com os responsáveis pelo patrimônio histórico nacional, não sendo de conhecimento dos autores as tratativas desenvolvidas previamente à definição da solução técnica para a ligação subaquática Santos - Guarujá.

### 3.10 - FUNDAÇÕES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: ANÁLISE INTEGRADA DE DESEMPENHO X RISCO X CUSTO

JUNIOR, G.F.(1);FERNANDES, P.R.M.(1);PICCOLO, R.D.B.A.(2); - EPTE(1);AES ELETROPAULO(2);

O informe técnico apresenta discussão sobre a importância de sondagens, bem executadas, para elaboração de projetos de fundações de linhas de transmissão, sendo ressaltado que, face ao custo relativamente limitado das sondagens, estas devem ser previstas, de forma sistemática, nos projetos de instalações de transmissão de energia. Discute-se a relevância das sondagens, tanto no que se refere à confiabilidade das linhas de transmissão quanto para serem evitados vieses de projeto, os quais, além de representarem custos adicionais, interferem de forma decisiva nos cronogramas dos empreendimentos.

Perguntas e respostas:

A) Os autores poderiam descrever quais os critérios propostos para o estabelecimento das quantidades e tipos de ensaios de carga a serem realizados na fase de execução das fundações de linhas de transmissão?

Em tese, as normas técnicas brasileiras estabelecem os critérios mínimos para definição do número e tipos de ensaios, tendo como diretriz predominante assegurar níveis adequados de segurança, confiabilidade e desempenho. Estes ensaios de solo, na grande maioria, limitam-se à execução de sondagens geotécnicas tipo SPT, executadas na etapa que antecede o desenvolvimento dos projetos das fundações das linhas de transmissão. Em termos de ensaios de recepção, as provas de carga em estacas raiz e estacas helicoidais devem ser executadas, a princípio em todos os pontos de instalação de torres. No tocante ao número de sondagens executadas em linhas de transmissão há que se comentar provável diferença de critério entre as linhas urbanas e os ?linhões?, neste último caso com extensões consideráveis, atravessando sítios com características geotécnicas e morfológicas diversas, podendo haver diferenças expressivas entre as diversas formações geológicas. Tanto no primeiro caso, linhas urbanas, nos quais eventual desempenho inadequado de fundações pode vir a provocar danos materiais e pessoais de elevada magnitude, quanto nos ?linhões?, nos quais eventual anomalia de fundações, além de implicar em custos vultosos na recomposição podem ainda comprometer a operação do sistema, a carência de sondagens geotécnicas não pode ser aceita tendo como justificativa os custos para sua execução, mormente em função dos investimentos nesta atividade serem de pequena monta quando comparados com os custos dos demais insumos e mão de obra envolvidos na construção das linhas de transmissão. Adicionalmente, tendo como sustentação a diferença de custos resultantes entre ?fazer? ou ?não fazer? sondagens, há entendimento que, no caso de carência de informações geotécnicas suficientes, o projeto das fundações provavelmente será desenvolvido com aplicação de fatores de segurança mais robustos, forma de se garantir que não virá a ocorrer desempenho inadequado destas fundações ao longo da vida útil da instalação. E, como é conceito sedimentado, fatores de segurança mais elevados que os necessários (quando se possui resultados de sondagens) representam maiores investimentos em fundações. Em uma comparação direta, é como se o médico, por falta de exames necessários, tivesse que prescrever medicamentos ao paciente. Na dúvida, a dose e o tipo das drogas prescritas serão, talvez, superiores à necessidade do paciente, medida adotada pelos médicos visando ?evitar? eventual agravamento da patologia, decorrência do desconhecimento do quadro real. Neste caso, além dos custos adicionais (dos medicamentos), infelizmente pode haver comprometimento da homeostasia do paciente (doenças iatrogênicas). Enfim, as decisões devem ser tomadas, tanto em um caso como no outro, a partir de análise integrada número de sondagens (exames) x modelagem dos projetos (prescrições) x custos x riscos.

B) Quais as razões que podem explicar diferenças tão expressivas entre sondagens realizadas no mesmo local? Gastos com sondagens devem ser tratados como custos ou investimentos? Qual o ganho mensurável em campanhas de sondagens que investiguem, tanto quanto possível, a maioria, se não a totalidade das torres de uma LT?

No corpo do informe técnico são descritas algumas potenciais causas que podem contribuir para ocorrência de resultados diversos entre as efetivas características dos solos e aquelas relatadas nos relatórios de sondagens. Como principais razões para as diferenças nos resultados das sondagens, podem ser citadas: deficiência na definição do posicionamento das sondagens (referenciamento), diferenças de procedimento de execução (treinamento das equipes), carência de fiscalização, conduta das equipes de sondagem (infelizmente ainda existem tais casos, decorrentes de posturas enviesadas). Quanto ao eventual ganho resultante de campanhas de sondagens que investiguem, tanto quanto possível, a maioria dos pontos de instalação de torres, o informe técnico apresenta algumas análises preliminares, estando em desenvolvimento, pelos autores, análise integrada de fatores interferentes no projeto das fundações, com ênfase para os resultados de sondagens. Identicamente, conforme citado no informe técnico, segundo entendimento dos autores, sondagens geotécnicas se caracterizam como investimentos, com potencial retorno decorrente da disponibilidade de informações para projeto das fundações.

C) Os autores do IT afirmam que, embora represente parcela importante dos investimentos para implantação de linhas de transmissão, as fundações das estruturas pouco têm estado presente no conjunto de informes técnicos apresentados nos seminários e congressos do setor elétrico. Assim, quais são os principais fatores na visão dos autores que geraram esse contexto para a área de fundações de linhas de transmissão? Quais ações seriam necessárias para termos mais publicações nessa importante área de linhas de transmissão?

Como é passível de constatação através de observação dos anais dos seminários anteriores, o número de informes técnicos relativos a fundações de linhas de transmissão mantém quantidade equilibrada com aqueles relacionados aos demais assuntos. Diversas e importantes foram as contribuições registradas nos trabalhos progressos, muitos deles resultantes de campanhas de ensaios lastreados em extensas campanhas de prospecção geotécnica, ensaios de amostras de solos e provas de carga diversas. Paladino, Danziger, Pereira Pinto, Moreno, Ruffier, Ashcar, Barata, Orlando, Magalhães, Ribeiro, e tantos outros, deixaram contribuições determinantes na área de fundações de linhas de transmissão. Tais contribuições foram desenvolvidas por equipes de trabalhos compendidas a aprofundar o conhecimento sobre o comportamento dos diversos tipos de fundações e, como resultado das pesquisas realizadas em épocas progressas, hoje se tem um expressivo nível de conhecimento sobre o comportamento das fundações. Evidentemente, estudos desta envergadura requerem investimentos, equipes de trabalho constituídas por diversos profissionais, e tempo disponível para engajamento em empreitadas desta envergadura. É sabido que pouco o país investe em pesquisas, fato que vem se agravando ao longo dos últimos anos, sendo talvez esta a principal razão para vermos reduzida, senão interrompida, a continuidade das pesquisas na área de fundações de linhas de transmissão. As ações necessárias para que se amplie o número de publicações relativas às fundações de linhas de transmissão, limita-se a apenas uma: Investimento. Os demais insumos o país dispõe: quadros técnicos, competência, determinação e interesse em gerar conhecimento. Quando se limita o acesso a verbas para pesquisa, reuniões periódicas, intercâmbio entre concessionárias, entre outros, fica limitada a possibilidade de geração de conhecimento.

### 3.11 - COLETA DE DADOS EM LTS IMPLANTADAS COMO SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL E PARA FUTUROS PROJETOS - CASO PORTUGUÊS: ESTUDOS DE AUMENTO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE LTS I<sup>o</sup> TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

RODRIGUES, P.J.F.(1);Clemente, D.(2);Clemente, M.K.(3);Alvarado, D.H.S.(4); - SENOGRAFIA(1);SENOGRAFIA(2);SENOGRAFIA(3);SENOGRAFIA(4);

Nos anos 90, em Portugal, o pico de consumos de algumas subestacoes da rede primaria passou a ocorrer nos meses de Verao e não no Inverno como anteriormente. A resposta a nova realidade conduziu a necessidade de desenvolver de forma acelerada a rede de transporte mantendo os níveis segurança e de qualidade adequados e dentro dos objetivos de sustentabilidade global economica, ambiental e social, antecipando a execucao de novas obras e, sobretudo estudando de forma expedita e imediata a possibilidade de aumentar a capacidade de transporte das linhas mais antigas através do aumento da temperatura de exploração dos cabos.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo em vista o ganho médio de 65% na capacidade da LTs com custos de menos de 20% de uma linha nova, demonstrados para o caso português, que avaliação os autores podem fazer sobre os números relacionados à realidade brasileira?

Pelo conhecimento que os autores têm da realidade brasileira, acreditamos que o ganho efetivo pode ser na mesma ordem de grandeza, uma vez que os fatores que contribuem para essa relação são critérios técnicos do próprio equipamento e não subjetivos relacionados com a propriedade por exemplo, que aí sim poderá diferir muito de uma região do globo para outra.

B) B) Visando um aumento da economia gerada, este levantamento pode ser realizado com o uso de veículo aéreo não tripulado? Qual tem sido a experiência dos autores com essa tecnologia?

A tecnologia VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) que hoje se apresenta uma alternativa válida para determinados serviços / projetos, inclusive com utilização comprovada e com excelentes resultados na nossa empresa, ainda não se enquadra ainda na solução apresentada relativamente à coleta de informação para análise das condições eletromecânicas das Linhas de transmissão. O fato de serem veículos não tripulados e de operação mais simples que uma aeronave tripulada, em nada obsta à sua utilização, a situação atual não se prende com o veículo e com a tecnologia dele, mas sim com a capacidade de transporte desses veículos relacionados com a redução de peso dos equipamentos necessários para garantir os resultados. A necessidade de integração de quatro sensores (GPS / Inercial / LIDAR / Câmera) com o consequente consumo de energia, a somar ao consumo do próprio VANT, realça as limitações de bateria. Igualmente o peso associado, em particular do LIDAR que cumpria com os objetivos de retornos necessários para uma clara e precisa identificação de todos os objetos, e em particular das componentes da Linha sob estudo, ainda são elevados para tornar a equação, capacidade de carga / autonomia / detalhe nos resultados / operacionalidade rentável.

C) C) O IT apresentou a geração de informações em níveis mais elevados que os níveis dos anemômetros instalados nas torres, foi desenvolvida uma plataforma aérea com capacidade de realizar voos autônomos, além do alcance visual do operador, por meio da integração de um piloto automático e sensores de temperatura, umidade relativa, pressão e vento, em um aeromodelo de pequeno porte com motorização elétrica. Nesse mesmo contexto, o uso de VANT para esse finalidade é a melhor forma para obter tais informações? Existem outras tecnologias similares ou concorrentes aos VANTS? Os autores poderiam comentar isso?

No caso concreto do projeto apresentado, foram instaladas estações meteorológicas em pontos considerados relevantes ao longo do traçado, para que fossem registradas as condições atmosféricas no período de execução do sobrevoo de cada linha. No nosso entendimento essa recolha deverá ser simultânea, mesmo que menos exaustiva no caso dos voos autônomos, nos trabalhos realizados no âmbito do IT apresentado, foi estabelecido esse critério, no TR. Uma das peças entregues foi um relatório em forma de planilha identificado a localização geográfica das estações meteorológicas portáteis instaladas, contendo os dados recolhidos durante o período de execução dos voos. De salientar que os dados coletados no sobrevoo registam com exatidão o instante da coleta de cada posição da trajetória seguida. Foram também recolhidas todas as informações disponíveis nas proximidades do traçado estudado, nomeadamente estações permanentes instaladas e ainda recolhidos dados de temperatura ambiente e velocidade de vento nas estações GPS instaladas durante o voo, usando anemômetros/ termômetros digitais portáteis.

### 3.12 - USO INTENSIVO DE FAIXAS DE TRANSMISSÃO: INSERÇÃO DE DOIS CIRCUITOS ADICIONAIS EM FAIXA COM 10 CIRCUITOS INSTALADOS

MORENO, R.F.(1);NUCENCIO, E.L.(2);CAMARGO, J.D.M.(1); - EPT(1);AES ELETROPAULO(2);

O informe técnico apresenta estudos técnicos relativos à inserção da linha de transmissão LT ANH ? CVE 88/138 kV, situada na região Oeste do Município de São Paulo, em faixa de transmissão com existência de dez circuitos instalados, sendo abordados aspectos de compactação de fases e circuitos, proximidade com instalações paralelas energizadas, atendimento a níveis reduzidos de campo magnético na lateral da faixa de transmissão, em conformidade com legislação municipal aplicada (Portaria SVMMA N.º 80), e demais particularidades típicas em instalações de transmissão inseridas em áreas densamente urbanizadas. São apresentados detalhes da faixa de transmissão, em seus diversos segmentos, detalhes de variante provisória instalada em trecho de reconstrução de linha, visando manutenção da continuidade operativa, e aspectos e condicionantes operativas desta e das demais instalações na faixa, as quais forma introduzidas pela área operativa da concessionária visando dotar o sistema associado com recursos para transferência de blocos de energia a partir se chaveamento pré-determinados.

Perguntas e respostas:

A) A) Em função das características cada vez mais restritivas de instalação de LTs em áreas urbanas, poderiam os autores tecer considerações a respeito do provável esgotamento das opções de novos traçados de LTs a adentrar as regiões urbanizadas? A opção subterrânea deve ser sempre considerada nestes casos?

A intensa urbanização representa fator de entrave à instalação e linhas aéreas de transmissão, estando praticamente esgotadas áreas sem ocupação consolidada. Os últimos remanescentes referem-se às faixas de domínio de rodovias, canteiros centrais de avenidas e margens de corpos d'água, estes últimos disponíveis em áreas periféricas apenas, uma vez que nas regiões centrais os córregos já se encontram canalizados. Salienta-se, entretanto, que nem sempre o traçado das rodovias e avenidas com canteiro coincide com rotas que interliguem as subestações ou ramais de consumidor, ficando cada vez mais limitadas as instalações aéreas, não se podendo, entretanto, descartar alternativas mistas (aérea ? subterrânea) como opção que conduz a investimentos mais vantajosos. Evidentemente a solução subterrânea deve, sempre, ser avaliada como alternativa para os centros urbanos e, segundo entendimento consolidado, decorrente da ampliação do uso desta tecnologia, espera-se tendência de redução dos custos finais desta solução técnica.

B) B) Há critérios especiais para trabalho em linha energizada com essa nova configuração?

Como critério geral, apesar das distâncias terem sido reduzidas, foram mantidos os procedimentos de manutenção em linha energizada, salientando-se que, face à redundância existente no sistema da concessionária, limitadas tem sido as ocasiões em que são realizadas atividades de manutenção em linha viva.

C) C) No IT são apresentados detalhes da faixa de transmissão, em seus diversos segmentos, detalhes de variante provisória instalada em trecho de reconstrução de linha, visando manutenção da continuidade operativa, e aspectos e condicionantes operativas desta e das demais instalações na faixa, as quais foram introduzidas pela área operativa da concessionária visando dotar o sistema associado com recursos para transferência de blocos de energia a partir se chaveamento pré-determinados. Nesse contexto, houve algum novo procedimento construtivo requerido para a variante provisória uma vez que a indução elétrica na região é elevada? Ou foram usados procedimentos tradicionais de construção?

Foram utilizados procedimentos convencionais de construção. A única ação necessária, conforme transcrito no informe técnico, decorreu da necessidade de rebaixar a potencia da radio situada próxima à linha de transmissão visando atenuar fenômenos de indução que, na condição normal de operação da rádio, inviabilizavam o lançamento dos cabos da linha de transmissão.

### 3.13 - MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA É DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA O ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL

NETO, A.M.(1);BARBOSA, C.R.N.(1);DOMINGUES, L.A.D.M.C.(1);OLIVEIRA, P.R.G.D.(1);SILVA, R.M.D.C.E.(2);AGUIAR, J.C.A.D.(3); - CEP(1);ELETROBRAS(2);ELETROBRAS(3);

A construção de grandes linhas de transmissão associadas ao projetos do Madeira e Belo Monte expôs a carência de ferramentas de cálculo e dados de medições em instalações em operação para linhas de transmissão em corrente contínua. Se, no caso de linhas em corrente alternada, os métodos de cálculo funcionam a contento e há um grande acervo de medições em instalações em operação, em de corrente contínua o quadro é sensivelmente diferente. Por outro lado, a evolução da Legislação e da Regulamentação referentes à exposição a campos elétrico e magnético levou, na Resolução Normativa ANEEL 616, de 1 de julho de 2014, ao estabelecimento de limites para instalações em corrente contínua, demandando das empresas a realização de medições de campos nas instalações em operação. Este trabalho descreve o planejamento e a realização de medições em linhas de transmissão e estações conversoras, com a finalidade de atender aos requisitos da RN 616 e também iniciar a montagem de um banco de dados de medições visando orientar e validar o desenvolvimento de métodos de cálculo específicos para instalações em corrente contínua. Neste IT são inicialmente apresentados os instrumentos utilizados para medição de campo elétrico em corrente contínua, descritos o processo de funcionamento das sondas, o arranjo desenvolvido para os testes de laboratório, o método de ensaio para calibração das sondas e a metodologia para realização da medição no campo.

Em seguida são descritas as campanhas de medição realizadas, tanto em linhas de transmissão quanto em estações conversoras, e apresentados os resultados das medições. Finalmente é feita a análise desses dados enfatizando a variabilidade elevada dos resultados e sua dependência das condições meteorológicas - temperatura, umidade, velocidade e direção do vento e indicada uma metodologia adequada para o cálculo de campo elétrico em corrente contínua.

Perguntas e respostas:

A) A) A partir das medições de campo realizadas no contexto informado no IT, é possível antever se os parâmetros mais restritivos da Resolução 616 da ANEEL imporão dificuldades para o atendimento dos limites pelas instalações existentes?

Da mesma forma que aplicação dos limites definidos pela ANEEL para as instalações de corrente alternada, as instalações de corrente contínua existentes foram projetadas a partir de limites estabelecidos em critérios de projeto utilizados na época de sua construção. Assim é possível que existam casos onde os limites atuais não sejam atendidos. Para o campo magnético baseado tanto nas medições realizadas no ano de 2016 quanto nas realizadas nos anos 90, os valores encontrados estão bem abaixo do nível de referência definido. Já o campo elétrico, como pode ser verificado no IT, nas instalações de corrente contínua é muito influenciado pelas condições ambientais, tais como: velocidade e direção do vento, umidade relativa, a presença e natureza dos aerossóis no ar etc. A partir das medições realizadas pode-se dizer que uma medição repetida no mesmo ponto com condições ambientais diferentes oferece resultado diferente. Portanto a forma de avaliação destes valores em relação aos limites definidos pela ANEEL não pode ser a mesma utilizada para corrente alternada. A partir dos valores medidos, da constatação da dispersão destes valores em relação às condições ambientais e das diferenças do fenômeno elétrico, entre instalações de corrente contínua e alternada, é preciso que sejam desenvolvidos estudos para definir, com a utilização de medições pontuais, qual valor, por exemplo, média dos valores, média dos valores máximos, etc., será considerado, em cada ponto, para comparação com os limites definidos pela ANEEL.

B) B) Como é feita a calibração das sondas no campo? Tendo em vista a realização de medições anteriores, é possível identificar algum tipo de variação nos resultados ao compará-los com os atuais?

O procedimento de calibração das sondas no campo, ou processo de "zerar" as sondas, consiste em colocá-las em artefato composto por duas placas paralelas, onde o campo no interior das placas é nulo. A sonda então é posicionada em uma das placas com o sensor voltado para o interior. Com isso ajustamos o valor lido no display do medidor através do ajuste de zero. Ao final deste processo a sonda está pronta para ser utilizada nas medições de campo elétrico. É recomendável que este processo seja feito cada vez que a sonda for deslocada para outro ponto de medição. Como pode ser observado em (1) neste IT, a dispersão verificada nos valores aquistados em medições anteriores permite dizer que os valores medidos nas novas medições estão dentro da faixa de valores medidos (5% - 95%).

C) C) O IT ressalta a necessidade, tanto na medição quanto no cálculo, de se levar em consideração o vento (velocidade e direção). Neste sentido e apoiado nas medições realizadas pelo CEPEL (1), nas medições apresentadas e nas futuras medições a serem realizadas nos novos projetos em corrente contínua, será iniciada a montagem de um banco de dados de medições visando orientar e validar o desenvolvimento de métodos de cálculo específicos para instalações em corrente contínua. Em paralelo serão desenvolvidos estudos no sentido de levar em consideração a influência das variáveis climáticas na metodologia para cálculo do campo elétrico em corrente contínua (7). Nesse contexto, os autores poderiam apresentar, caso existam, simulações realizadas com medições de campo, em outros países, para apresentar os resultados obtidos? Se existirem dados disponíveis na literatura esses dados podem ser utilizados para validação da metodologia de medição desenvolvida pelos autores?

No trabalho desenvolvido pelo Cigre (1) pode-se observar que apenas uma quantidade limitada de dados experimentais está disponível analisando o desempenho de linha de transmissão de corrente contínua. Este fato é devido às dificuldades técnicas envolvidas na realização destas medições, já que para obtenção de resultados confiáveis, estes tem de ser aquistados de forma simultânea (campo elétrico, carga espacial, vento, etc.) e a longo prazo. Além da própria rotina de trabalho com deslocamentos diários ao campo para a necessária verificação e calibração dos instrumentos. Apenas quatro campanhas de medição de longa duração foram desenvolvidas em linhas de transmissão existentes: BPA ( $\pm 500$  kV), Manitoba Hydro ( $\pm 450$  kV), Hydro Quebec ( $\pm 450$  kV) e pelo CEPEL no bipolo de  $\pm 600$  kV de FURNAS. Os dados experimentais obtidos nestas medições são hoje os dados disponíveis na literatura. A medição realizada no bipolo de FURNAS, mesmo sendo a que gerou a maior quantidade de dados, aquistados nas quatro estações do ano, ainda assim, não pode ser considerada suficientemente grande para permitir conclusões definitivas sobre os parâmetros observados. Justifica-se assim a montagem de um banco de dados no sentido de somar aos esforços desenvolvidos até o momento com novas campanhas de medição que serão realizadas aqui e em outros países visando orientar e validar o desenvolvimento de metodologias de cálculo. [1] Jardine, J. A. at all, "Electrical Field and Ion Current Environment of HVDC Overhead Transmission Lines", Cigre JWG B4/C3/ B2.50.

### 3.14 - POLUIÇÃO NOS ISOLADORES DE LINHA DE 500KV ? NOVA METODOLOGIA DE COLETA E LAVAGEM COM AS INSTALAÇÕES ENERGIZADAS

NGRI, A.I.(1);GARCIA, A.(2);VIOLA, C.(2);MAGALHAES, T.(2);SIMOES, A.(2); - AINGRI(1);ETESA(2);

O trabalho apresenta um passo a passo da metodologia desenvolvida para coleta dos poluentes sem a retirada das cadeias e a comparação dos resultados de laboratório com aqueles medidos no campo. Apresenta ainda o desenvolvimento de metodologia de lavagem de isoladores para torres "cross rope". Neste tipo de estrutura as distâncias na fase central são superiores a 15 metros, enquanto que o jato de água atinge no máximo 12 a 14 metros, dependendo das condições do vento. Com o desenvolvimento da metodologia de coleta proposta, foi possível verificar, ainda, a eficiência da lavagem e o nível de poluição remanescente.

Perguntas e respostas:

A) A) O IT demonstra a eficiência da lavagem dos isoladores de uma LT 500 kV cuja poluição depositada nesses isoladores foi classificada com nível moderado. Existem pesquisas similares para LTs localizadas em regiões com níveis de poluição mais severo? É possível estabelecer um limite para o parâmetro DDSE até o qual a lavagem dos isoladores é eficiente?

Não foram encontrados trabalhos sobre eficiência da lavagem para qualquer classe de tensão nem para diferentes níveis de poluição. Entretanto a experiência tem demonstrado uma mesma eficiência qualquer que seja o nível de poluição ou tensão. Desta forma não existiriam limites para realização da lavagem em função do nível de equivalente de sal. O que pode ser colocado é que sendo o nível de poluição da região muito alto e a cadeia de isoladores não tendo sido bem dimensionada, a periodicidade da lavagem teria de ser muito reduzida, levando, nestes casos, à utilização de outra medida de manutenção.

B) Sendo mandatória a quantidade de poluição acumulada na parte de baixo dos isoladores, como garantir a qualidade do procedimento de limpeza em isoladores com perfil mais nervurado? Quais as limitações desta técnica?

Exatamente por ser a parte inferior dos isoladores a mandatória em relação ao desempenho quanto à poluição, a metodologia recomendada, para lavagem de cadeias de isoladores com as instalações energizadas, é que o jato de água seja de baixo para cima e posicionado a aproximadamente 45° em relação à cadeia. Desta forma a parte inferior do isolador é justamente a parte que fica mais exposta ao jato de água e portanto com maior eficiência de lavagem. Com relação aos isoladores anti-poluição, que apresentam nervuras maiores, a eficiência é ainda maior pois em função da pressão do jato de água, em torno de 500 a 600 psi, a água tende a correr melhor dentro destas saias ao longo de toda a circunferência, tornando a lavagem melhor. As limitações na técnica de lavagem envolvem sempre questões de distâncias tanto em função do comprimento do jato, como no caso da torre tipo "cross-rope", quanto função da distância de segurança.

C) A norma IEC 60815 estabelece o efeito da quantidade do material inerte na severidade da poluição. Como este parâmetro foi avaliado?

No caso específico da avaliação da eficiência da lavagem não foi levado em conta o material não solúvel em função dos seguintes pontos: - no gráfico da figura 1 da norma IEC 60815, sobre nível de poluição, somente valores de NSDD acima de 0,04 mg/cm<sup>2</sup> apresentam alguma alteração na classificação dos valores de equivalente de sal. - a coleta dos poluentes, após a lavagem, mostrou, visualmente, que a quantidade de material insolúvel era praticamente nula, indicando que não teria qualquer mudança na classe de poluição. - a recomendação recente da IEC, de se considerar para avaliação também a parte não solúvel, não é traduzida em números (apenas em classes), o que impossibilita o cálculo da eficiência da lavagem considerando os dois parâmetros. - o que poderia ser feito é a determinação da eficiência também através da relação do depósito de poluentes não solúveis antes e após a lavagem, como feito para os poluentes solúveis.

**Comentário:** IT bem interessante pela aplicação realizada e pela complexidade do tema "poluição de isoladores" para a área de linhas aéreas. Faz aquisição de dados experimentais e analisa com dados da literatura gerando uma metodologia de trabalho com essas informações. Algumas conclusões são superficiais e requerem validações mais robustas do ponto de vista da validação científica dos métodos propostos.

### 3.15 - ESTIMAÇÃO EM TEMPO REAL DE TEMPERATURA AO LONGO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO SENSORES ÓPTICOS DE TEMPERATURA DISTRIBUÍDA (DTS)

TOLEDO, L.F.R.B.(1);KUSTER, K.K.(1);USSUNA, D.D.A.(1);MARTINS, R.(2);CARVALHO, R.V.(1);FILHO, V.S.(1); - LACTEC(1);COPEL(2);

O artigo apresenta uma técnica de estimação de ampacidade em tempo real de linhas de transmissão utilizando sensores ópticos de temperatura distribuídos. O trabalho descreve o sistema de monitoramento desenvolvido bem como os resultados obtidos até o momento. Adicionalmente o artigo descreve a tecnologia óptica de medição empregada, o conceito de reflectometria óptica no domínio do tempo, descreve o processo de calibração da fibra para uso com a metodologia e mostra também como se obtém a correlação da temperatura do cabo OPGW com o cabo fase.

Perguntas e respostas:

A) A) Os autores poderiam descrever como será identificado o vão crítico da LT para efeito do monitoramento da ampacidade, dado que as condições climáticas podem variar ao longo da LT?

A tecnologia DTS permite a medição da temperatura a cada metro ao longo do OPGW, assim, ao identificar o ponto mais quente ao longo do cabo, será identificado o local onde as condições climáticas resultam em uma situação mais severa, pois a temperatura do OPGW é resultado basicamente das condições climáticas. Para os cabos condutores, este local, identificado no OPGW, será o local onde os mesmos também estão sob condições climáticas mais severas, consequentemente será onde os cabos estão com temperatura mais elevada, caracterizando o vão crítico.

B) B) Parece promissora a técnica apresentada, tendo em vista a grande abrangência da rede OPGW. Em virtude do conservadorismo dos resultados após análise

matemática, qual seria a diferença aceitável para tornar o método aplicável? O que precisa ser feito para melhorar a estimação dos valores de temperatura do cabo condutor? Qual é percentual de influência de cada um dos parâmetros da equação de equilíbrio térmico?

O emprego da metodologia desenvolvida, possibilita determinar todas as temperaturas possíveis que os cabos fases possam estar, tanto a temperatura máxima (caso conservador), quanto a temperatura mais baixa (caso otimista). Adicionalmente a partir da análise estatística dos dados determinados é possível determinar a probabilidade de cada intervalo de temperatura. Para melhorar a estimativa dos valores de temperatura do cabo condutor, pode-se empregar a estatística prévia das variáveis climáticas da região de interesse ou incluir a medição de mais uma variável no processo de estimação, como por exemplo a temperatura ambiente. Qualitativamente a variável mais influente é o vento. Para uma corrente de 300A num cabo Grosbeak 26/7 a 900m de altitude, uma variação individual de 10% na radiação solar, temperatura, direção do vento ou velocidade do vento causam respectivamente, 3%, 5%, 9%, 12% na variação de temperatura do condutor em relação ao pior caso descrito na NBR5422 (1m/s, 0 deg, 25°C, 1000W/m2). Ainda, a variação da radiação solar e da temperatura ambiente tem comportamento linear enquanto a velocidade e direção do vento apresentam comportamento exponencial.

C) C) O IT mostrou o equipamento utilizado no projeto é um DTS Brillouin, instalado na Subestação. O equipamento faz a medição da temperatura do cabo OPGW ao longo da linha de transmissão. Sendo assim, esse DTS requer o uso exclusivo de fibra óptica do OPGW ou não? É possível compartilhar a mesma fibra óptica com telecomunicações em banda larga e o uso simultâneo do DTS?

O DTS Brillouin utilizado pelo projeto utiliza um laser de 1550nm. Adicionalmente, a tecnologia de retroespalhamento Brillouin empregada é sensível a qualquer elemento, mesmo passivo, que esteja presente ao longo da fibra, percebendo inclusive emendas e tipos de fibras. Recomenda-se que no momento da medição a fibra seja de uso exclusivo do DTS, ou que eventuais comunicações estejam distantes da faixa utilizada pelo laser. Entretanto, como a maioria dos cabos OPGW apresentam diversas fibras, é interessante que uma delas seja reservada para uso exclusivo pela metodologia de medição.

**Comentário:** Trabalho inovador e com grande possibilidade de aplicação em larga escala nas linhas aéreas com uso de OPGW e caso possa ser realmente extrapolado para toda a extensão das linhas.

### 3.16 - METODOLOGIA E DADOS METEOROLÓGICOS PARA CALCULAR AS CAPACIDADES SAZONAIS DE LTS A SEREM LICITADAS OU AUTORIZADAS PELA ANEEL

FILHO, J.I.D.S.(1);Correia, D.(2);Brasil, D.(2);Campinho, C.(2); - CEPEL(1);ONS(2);

A capacidade de transporte de uma linha de transmissão de energia elétrica (LT) é limitada pela temperatura dos cabos condutores, a qual é governada pelas condições meteorológicas da rota da LT. Pelo fato das condições meteorológicas variarem no tempo e no espaço, conclui-se que a instantânea LT tem uma capacidade. Como a LT é projetada para uma condição meteorológica crítica com baixa probabilidade de ocorrência, existe uma "gordura" na capacidade que pode ser aproveitada para uma operação otimizada em alguns períodos do ano. Por isso, a ReN 191/2005 da ANEEL [1] determinou que o ONS estabelecesse capacidades sazonais operativas de longa e de curta duração de LTS. As capacidades das LTS em operação no mês de dezembro de 2013 foram estabelecidas com base em procedimentos e metodologias determinísticas consolidadas na FT Ampacidade Sazonal, formada por empresas do setor elétrico. Esses procedimentos e metodologias foram ajustados no ONS para estabelecer as capacidades sazonais de LT a ser licitada ou autorizada pela ANEEL e, também, para analisar a conformidade do projeto básico da LT em relação aos requisitos técnicos [2]. O IT descreve a metodologia e disponibiliza, na forma de mapas, os dados meteorológicos, com características específicas para cada sazonalidade, utilizados para calcular as capacidades que constarão do Anexo Técnico do edital.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo em vista que o cálculo das capacidades sazonais das LTS é baseado em metodologia determinística, visando acompanhar os mesmos preceitos da NBR 5422, ainda vigente, como os autores avaliam a possibilidade de retomada das discussões sobre a metodologia probabilística que estava em curso no âmbito da revisão da mesma NBR 5422?

A Comissão de Estudos do COBEL que revisa a norma ABNT NBR 5422/1985 ? Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, encaminhava na década de 90 uma proposta de enfoque estatístico para calcular as capacidades da LT, que introduzia o conceito de risco térmico e capacidades sazonais para os períodos verão-dia (VD), verão-noite (VN), inverno-dia (ID) e inverno-noite (IN). Por sua vez, a ReN 191/2005 da ANEEL [02] determinou que o ONS estabelecesse capacidades sazonais operativas de longa e de curta duração das LTS, para o que a primeira ideia foi seguir a proposta em discussão, usar o conceito de risco térmico e, na ausência de uma base de dados meteorológicos medidos, desenvolver base de dados meteorológicos por simulação (downscaling). Entretanto, a par da constatação de que os dados de vento não se mostraram suficientemente robustos para proporcionar resultados seguros, o conceito de risco térmico ainda não tem respaldo normativo, já que a revisão da norma ABNT NBR 5422 não foi emitida. Por esse motivo, foi seguida a metodologia determinística recomendada na norma ABNT NBR 5422 em vigor, a partir de critérios estatísticos aplicados em uma base de dados de temperatura do ar desenvolvida por simulação e disponibilizada aos Agentes. A metodologia determinística descrita no IT tem como base estudos e discussões ocorridos no âmbito da Força-Tarefa Ampacidade Sazonal (FT) constituída por ABRATE, ABDIB, ONS e CEPEL, incumbida de estabelecer as capacidades sazonais de longa e curta duração de LTS em operação. A aplicação da metodologia estatística que estava sendo considerada na revisão da NBR5422 foi descartada pela FT devido à pouca quantidade de dados anemométricos confiáveis para suportar o cálculo das capacidades de todas as LTS do território brasileiro. No decorrer das atividades da FT foram desenvolvidas duas metodologias estatísticas ou semi-estatísticas com base no conceito estatístico de risco térmico que consideram em cada sazonalidade uma velocidade fixa do vento e os dados de temperatura do ar e radiação solar medidos hora a hora ao longo de 10 anos. As capacidades sazonais de longa duração foram então estabelecidas e ensejaram a publicação de 2 ITs no SNPTEE de 2013, nos Grupos III e IX. Entretanto, sob a alegação de falta de respaldo na NBR5422 vigente, decidiu-se desenvolver, com base nas capacidades calculadas por essas duas metodologias estatísticas, uma metodologia determinística que atendesse às recomendações normalizadas. A revisão da NBR5422 foi reativada, tendo ocorrido no mês de setembro de 2017 a segunda reunião da comissão técnica, onde foi proposta a formação de um grupo de trabalho com a incumbência de concluir os capítulos relacionados à temperatura do cabo condutor e distâncias mínimas de segurança. Cabe a esse grupo definir se deve ser mantida a metodologia estatística atualmente proposta na revisão ou considerar uma das metodologias (estatística ou determinística) oriundas dos estudos da FT ou ainda outra metodologia que considerasse adequada. Os autores vêm com bons olhos a utilização de metodologias estatísticas ou semi-estatísticas, que se justificam pelo fato de as variáveis climáticas que governam a temperatura do cabo condutor serem variáveis aleatórias no tempo e no espaço. Mas sua aplicação carece da disponibilidade de dados meteorológicos.

B) B) Com as constantes alterações climáticas, onde a cada ano é batido o recorde de temperatura global, com que frequência os dados de temperatura ambiente precisam ser atualizados para a análise apresentada no IT?

As temperaturas do ar utilizadas na metodologia apresentada no IT são as médias das temperaturas máximas diárias e das temperaturas do horário de 0h de cada sazonalidade, obtidas com base em séries horárias que chegam, em alguns casos, a mais de 10 anos, o que torna os valores bastante estáveis no tempo. Levando em conta que variações de 2 a 3 graus na média da temperatura do ar não impactam de forma drástica a capacidade da LT, a mudança climática deve levar alguns anos para modificarem as médias das temperaturas nos horários considerados. Entretanto, é evidente que o tempo vai depender da rapidez com que tais mudanças climáticas ocorrerão. No que diz respeito às mudanças climáticas, o enfoque mais preocupante diz respeito à velocidade do vento. Caso venham ocorrer maiores períodos do tempo com calmarias pode-se antever problemas com as capacidades da LT, mas isto independe da metodologia adotada no projeto.

C) C) O IT apresenta que é de responsabilidade do projetista estabelecer os dados meteorológicos sazonais ao longo do caminhar da LT. Lembra-se aqui que o arquivo em formato texto dos dados sazonais da temperatura do ar, para praticamente todo o território brasileiro, estão disponíveis no site do ONS. Os autores poderiam comentar como essas bases de dados meteorológicos serão atualizadas ao longo dos anos?

Por princípio, os editais de leilão dos empreendimentos licitados pela ANEEL deixam claro que a responsabilidade pelo atendimento aos requisitos estabelecidos no anexo técnico do edital é a Transmissora detentora da concessão, o que inclui a obtenção dos dados da região por que passa o empreendimento. No IT e site do ONS estão disponibilizados os mapas e arquivos digitais com os dados de temperaturas do ar utilizados pelo ONS para estabelecer as capacidades sazonais de longa e curta duração de LTS a serem licitadas ou autorizadas pela ANEEL. Esses dados foram obtidos através de uma análise criteriosa do pós-processamento de dados de downscaling, de modelos numéricos de previsão do tempo, considerando os dados medidos em estações meteorológicas e representam uma solução de compromisso possível para o território nacional, levando em conta que há regiões de maior ou menor esparsidade de informações. Entretanto, a Transmissora tem a prerrogativa de utilizar outra base de dados que considere mais adequada, desde que comprove o atendimento aos requisitos estabelecidos no anexo técnico. Quando estiverem disponíveis dados que retratem de forma mais confiável as atuais temperaturas do ar o ONS pode decidir pelo pós-processamento dos dados do downscaling considerando as novas temperaturas ou caso seja preciso refazer todo o processo de geração de novos dados por downscaling e pós-processamento.

**Comentário:** Trabalho bem redigido que apresentou uma visão geral do novo procedimento de cálculo de ampacidade sazonal estabelecido pelos agentes da Rede Básica. Em função da grande complexidade do procedimento proposto a aplicação pelos projetistas parece estar bem equacionada por meio de mapas e figuras disponibilizados pelo site do ONS, o que fato, aproxima muito da proposta da atual NBR 5422, que também contém mapas e valores determinísticos dos parâmetros meteorológicos para cálculo da ampacidade determinística.

### 3.17 - RELAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS ENTRE O DESLIGAMENTO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO E A DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM CASOS DE RUPTURA DO CABO OPGW

JOURDAN, P.(1);LIMA, D.R.O.D.(1);OLIVEIRA, J.R.D.(1);ABDO, R.F.(1); - FURNAS(1);

Esse trabalho busca analisar, de forma preliminar, a performance dos dados de descargas atmosféricas da RINDAT (Rede Integrada Nacional de detecção de Descargas Atmosféricas) pela avaliação de desligamentos de linhas de transmissão de energia elétrica de Furnas Centrais Elétricas. São analisados dois eventos recentes, onde rompimentos do cabo OPGW por descarga atmosférica acarretaram desligamentos de linhas de transmissão de 345 kV e de 750 kV. Os resultados ajudam a demonstrar que os dados da RINDAT são úteis não apenas para identificar e justificar a causa do desligamento, mas também para ajudar a determinar o local onde a falha ocorreu.

Perguntas e respostas:

A) A) Qual a taxa de sucesso dos casos levados à análise da ANEEL e do ONS no que diz respeito à demonstração das causas de desligamentos por descargas atmosféricas, tendo como resultado a isenção da Parcela Variável?

Para desligamentos ocasionados diretamente por descargas atmosféricas não há isenção de Parcela Variável, porém, o agente de transmissão, conforme previsto no módulo 22 - Análise de Ocorrências e Perturbações dos Procedimentos de Rede do ONS tem a obrigação de investigar e identificar a origem, causa da propagação de perturbações, cabendo penalidades pelo seu não cumprimento.

B) B) Descargas atmosféricas são citadas como causas de desligamentos desconhecidos quando seu efeito não se torna concreto como rompimento de cabos para-raios. Como a rede da qual Furnas faz parte tem ajudado na identificação destes desligamentos?

Uma vez que a RINDAT e os Registradores de Perturbação (RDP) operam através do Sistema de Posicionamento Global, suas informações são utilizadas em conjunto para verificar a simultaneidade temporal e a proximidade espacial das ocorrências em análise. Além disso, são analisadas as condições meteorológicas na região e no momento do desligamento com intuito de determinar a existência de condições atmosféricas favoráveis ou não à ocorrência de descargas atmosféricas. Desta forma, uma vez satisfeita as condições de proximidade temporal e espacial entre uma descarga atmosférica e um desligamento e comprovada a existência de condições meteorológicas propícias para ocorrência destas, torna-se possível diagnosticar a incidência de descargas atmosféricas como provável causa, contribuindo para redução da quantidade de desligamentos com causas desconhecidas/indeterminadas.

C) C) O IT comenta que são analisadas condições meteorológicas adversas, com ênfase na avaliação dos dados de descargas atmosféricas, as quais causaram dois eventos de desligamento de linhas de transmissão de energia elétrica de Furnas, com rompimento do cabo OPGW. Assim, os autores poderiam apresentar baseado em quais fatos de campo pode-se afirmar que os dois cabos OPGW foram danificados por descargas atmosféricas? Existem registros fotográficos da região de fusão dos cabos OPGW?

Na ocasião do desligamento, as equipes de manutenção constataram em campo o rompimento total dos cabos OPGW e foram feitos registros fotográficos dos cabos rompidos com a região de fusão dos cabos.

**Comentário:** Trabalho de aplicação complementar as análises de falhas tradicionais em cabos OPGW que pode ser aplicado para melhorar o conhecimento sobre as condições atmosféricas no horário do registro do desligamento.

### 3.18 - CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DE VENTOS DESTRUTIVOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA ANÁLISE DE DANOS CAUSADOS

LIMA, D.R.O.D.(1);JOURDAN, P.(1);BELASSIANO, M.(1); - FURNAS(1);

Este trabalho visa apresentar os serviços da equipe de Meteorologia de FURNAS Centrais Elétricas S/A, criada pioneiramente em 1991, inicialmente para suprir as áreas de geração hidrelétrica. Atualmente supre também as atividades nas áreas de engenharia, de meio ambiente, financeira, entre outras. São descritas as atividades voltadas à Diretoria de Operação e Manutenção, com destaque à atuação no Plano de Atendimento a Emergências de Linhas de Transmissão (PAE LTs), em eventos de desligamentos, devido a queda de estruturas de transmissão por ventos fortes oriundos de tempestades severas. As análises meteorológicas são consideradas essenciais para obtenção de isenção da parcela variável, conforme previsto no Art. 16 da Resolução Normativa da ANEEL, no 729 de 2016, em substituição à Resolução nº 270 de 2007.

Perguntas e respostas:

A) A) Quais as providências imediatas tomadas pela equipe de meteorologia logo após ser acionada para avaliar um caso de queda de estruturas? Em quanto tempo a equipe deve chegar ao local do evento climático ocorrido para que os aspectos relevantes a serem observados sejam coletados com precisão?

O primeiro nível de acionamento da equipe de meteorologia se dá quando se identifica um desligamento de LT com insucesso nas tentativas de religamento da linha. Neste primeiro momento, um meteorologista faz a avaliação das condições meteorológicas, analisando a potencialidade do desligamento estar associado à queda de estruturas ocasionada por ventos fortes. Caso as condições meteorológicas sejam favoráveis à ocorrência de ventos que possam provocar danos nas LTs, um segundo meteorologista é acionado e as atividades são então divididas: - Um meteorologista fica responsável pela análise de campo e imediatamente se incorpora a equipe da Gerência de Linhas de Transmissão, possibilitando otimização de recursos para chegada no local no menor tempo possível. Em paralelo, as primeiras equipes de manutenção de linhas a chegarem no local da queda iniciam a coleta de informações e mapeamento por fotos, sendo instruídos para tal pelo meteorologista responsável pela análise de campo. - O outro meteorologista fica responsável pela coordenação da equipe no Escritório Central da empresa e pela análise do evento meteorológico feita com a utilização de imagens de satélite, de dados meteorológicos, de imagens de radar meteorológico, etc. Uma pré-identificação do fenômeno meteorológico é repassada ao meteorologista de campo e ainda com auxílio de imagens do Google Earth estas informações servirão de base para reconhecimento do local e da área de abrangência do levantamento de campo. Inicia-se a elaboração do parecer técnico, já reportando a Gerência Superior da empresa os resultados das análises prévias. Adicionalmente, é elaborado boletim com previsão das condições meteorológicas diariamente para utilização pelas equipes de coordenação do trabalho de recomposição das estruturas.

B) B) A atividade de meteorologista no Brasil parece bem resolvida no que diz respeito às previsões relacionadas aos ciclos de chuva. Contudo, no que se refere aos ventos, parece muito mais difícil. Sendo isso verdade, quais as principais causas?

Quando falamos em previsão meteorológica para um horizonte temporal de alguns dias há frente, os modelos numéricos de previsão atmosférica operacionais são importante ferramenta utilizada pelos centros de meteorologia de todo o mundo. Estes modelos são representações aproximadas da realidade baseada em premissas, empíricas e científicas, sendo desenvolvidos baseando-se em um conjunto de equações matemáticas, as quais representam as ?Leis? da Física (Mecânica/Termodinâmica) (aplicadas ao ?fluido geofísico? atmosfera) e resolvidas através de métodos numéricos em sistemas de computadores com alto poder de processamento. Existem muitos tipos de modelos atmosféricos, que serão adotados dependendo da escala temporal/espacial dos fenômenos meteorológicos de interesse. Na previsão meteorológica para um horizonte temporal de alguns dias há frente, os modelos globais, regionais e os de mesoescala ou de área limitada aparecem como os mais propícios, sendo estes últimos capazes de representar fenômenos de 2 a 200 km, que apresentam duração de 1 hora a alguns dias, como , sistemas convectivos de mesoescala, brisas, sistemas frontais e etc. Voltando ao problema específico da queda de estruturas, em todos os eventos já analisados, os ventos fortes tem sua origem dentro da nuvem. Durante a fase de maturidade e de dissipação da tempestade ocorrem correntes descendentes no interior da nuvem cumulonimbus, que se dispersam horizontalmente na superfície, dando origem às chamadas frentes de rajada, ocorrendo em uma área com extensão de centenas de metros a poucos quilômetros e com duração de alguns minutos. Os modelos atmosféricos utilizados operacionalmente nos processos de previsão meteorológica não são capazes de representar este fenômeno intra-nuvem. Assim as previsões de ocorrência destes ventos intensos são feitas de forma indireta, identificando-se condições atmosféricas favoráveis à formação de tempestades severas com poder destrutivo, calculando-se os chamados índices de instabilidade atmosférica, estimados com a utilização de outras variáveis meteorológicas e considerando as escalas temporais e espaciais representadas pelos modelos atmosféricos. Respondendo enfim a pergunta, SIM existe uma dificuldade na previsão de ventos fortes, especificamente aqueles originados em tempestades severas locais, inerente à natureza do fenômeno meteorológico. Padrões de ventos característicos de sistemas meteorológicos de grande escala e escala sinótica são mais previsíveis, por exemplo ventos eventualmente intensos ocasionados pela aproximação e deslocamento de sistemas frontais.

C) C) O IT informa que a principal causa de queda de estruturas de linhas transmissão de energia elétrica de FURNAS são ventos extremos, conforme Figura 1(a), sendo esta a realidade de outras empresas do setor. Para essas situações, em que se configurar caso fortuito ou de força maior, é previsto na Resolução Normativa nº 729/2016 que o agente de transmissão reivindique junto ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) que os cálculos para aplicação de descontos de receita, devido à parcela variável por indisponibilidade (PVI), considerem prazos extras, que resultam em menores descontos. Na Figura 1(b) apresenta-se ainda a distribuição entre 1970 e 2016 do número destes eventos no sistema de FURNAS. Assim, na visão dos autores desse IT quais são os motivos meteorológicos que elevaram expressivamente o número de eventos de queda de estruturas ocasionadas por vento extremo após 2013? Existem explicações técnicas para esse comportamento?

Analisando-se a figura 1 não se pode afirmar que há uma tendência de elevação do número de eventos de queda de torres no sistema de FURNAS, tão pouco de mudança de padrão dos fenômenos meteorológicos associados. Pode-se afirmar apenas que 2014 e 2016 foram, dentro do histórico, respectivamente, os com maior número de eventos de queda de estruturas do sistema FURNAS. Algumas considerações: - Por exemplo, até a presente data, em 2017 não tivemos nenhuma ocorrência de queda de estruturas no sistema FURNAS. - A Figura 1(b) mostra número de eventos de queda de estruturas e não número de eventos meteorológicos. Assim, por exemplo, em 2016, três eventos de queda de estruturas em três linhas distintas, no Estado de São Paulo na noite do dia 04 de junho e na madrugada seguinte, foram ocasionados por tempestades embebidas em uma mesma frente fria, isto é, tiveram associadas a um único fenômeno meteorológico.

**Comentário:** Trabalho muito importante na caracterização da METEOROLÓGICA DE VENTOS DESTRUTIVOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA ANÁLISE DE DANOS CAUSADOS. A metodologia apresentada foi adaptada de referência internacional e que Furnas está utilizando de uma forma bem comercial.

### 3.19 - INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA DOS FIOS DE ALUMÍNIO NA VIDA EM FADIGA DE CABOS CONDUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA

REINKE, G.(1);SILVA, C.R.M.D.(2);FERREIRA, J.L.D.A.(3);ARAÚJO, J.A.(4);ARAÚJO, M.C.D.(5);BADIBANGA, R.K.(6); - UNB(1);UNB(2);UNB(3);UNB(4);ELETRONORTE(5);UnB(6);

O objetivo do trabalho foi avaliar possíveis causas das diferenças das vidas em fadiga em dois cabos condutores comerciais (?A? e ?B?), juntamente com limites de resistência a tração e escoamento e dureza, confeccionados da mesma liga de alumínio 6201 e sujeitos a carregamentos cíclicos semelhantes. Utilizando-se microscopia eletrônica de varredura, elétrons retroespalhados e programa de análise de imagens, foi possível identificar precipitados de impurezas da liga presentes nas amostras de maneira qualitativa e quantitativa. Quantidades elevadas de fases secundárias podem resultar na redução de propriedades mecânicas estáticas e dinâmicas de ligas de alumínio da série 6xxx.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo em vista a possibilidade de essas "impurezas" serem a causa da pior performance do cabo "A", quais medidas podem ser tomadas para minimizar sua

presença nos fios de alumínio?

Podem ser adotadas medidas como uma melhor inspeção quanto a qualidade do material envolvido e seus processos de fabricação. Realização de ensaios de tração, dureza e verificação da microestrutura podendo assim comparar com valores conhecidos de suas propriedades mecânicas, e também com diferentes lotes de fabricação, para o material envolvido e verificar se existe alguma anormalidade.

B) B) Os autores destacam no IT que o objetivo do trabalho foi avaliar possíveis causas das diferenças das vidas em fadiga em dois cabos condutores comerciais (?A? e ?B?), juntamente com limites de resistência a tração e escoamento e dureza, confeccionados da mesma liga de alumínio 6201 e sujeitos a carregamentos cíclicos semelhantes. Utilizando-se microscopia eletrônica de varredura, elétrons retroespalhados e programa de análise de imagens, foi possível identificar precipitados de impurezas da liga presentes nas amostras de maneira qualitativa e quantitativa. Nesse sentido, quais foram os motivos dos autores para a pesquisa ser conduzida na Liga de alumínio 6201? É possível aplicar esse mesmo procedimento no IT da liga 6201 para outras ligas de alumínio utilizadas largamente nas linhas aéreas do Brasil?

O alumínio liga está sendo largamente utilizado em cabo condutores, das linhas aéreas, ao longo de todo o território nacional, desta maneira se fez necessário a realização de testes para melhor entendimento de seu comportamento quanto as vibrações produzidas pelos ventos e suas cargas de esticamento. Os mesmos procedimentos utilizados nos fios do cabo da liga 6201 podem ser utilizados em outras ligas de alumínio desde que um estudo sobre suas propriedades mecânicas e microestruturais seja conhecido.

C) C) Os autores concluíram que a partir das propriedades mecânicas estáticas inferiores dos fios cabo ?A? em relação aos do cabo ?B?, infere-se que as mesmas influenciam nas propriedades mecânicas dinâmicas dos cabos. Acarretando em vidas em fadiga menores e dispersão dos resultados. Nesse contexto, os autores sugerem que as normas de ensaios em um futuro próximo deveriam requerer esse tipo de análise de propriedades mecânicas estáticas das ligas dos condutores em laboratório?

Sim, tais ensaios são capazes de prover bons indícios de que o material pode conter problemas em sua microestrutura, podendo levar a comportamentos inesperados durante ensaios dinâmicos, ou mesmo durante operação em campo. É possível encontrar na literatura uma correlação direta entre as propriedades mecânicas estáticas e dinâmicas, desta forma uma análise dessas propriedades mecânicas estáticas pode evitar a realização de ensaios dinâmicos, que são onerosos as empresas, em tais cabos.

### 3.20 - MONITORAMENTO DE EVENTOS METEOROLÓGICOS INTENSOS COM CAPACIDADE DE DESTRUIÇÃO DE TORRES DE LINHA DE TRANSMISSÃO

GONÇALVES, J.E.(1);LEITE, A.F.(1);INOUE, R.T.(1);MASKE, B.B.(1);NEUNDORF, R.L.A.(1);CALVETTI, L.(2);BNETI, C.(1); - SIMEPAR(1);UFPEL(2);

Fenômenos meteorológicos capazes de gerar rajadas com intensidade superiores a 20m/s, frequentemente observado na região oeste do Paraná, possuem escala temporal e espacial relativamente reduzidas, o que dificulta efetuar registros de suas direções e intensidades por anemômetros instalados a 10m de altura, em estações meteorológicas de superfície. Na tentativa de registrar a intensidade das rajadas geradas por eventos meteorológicos extremos, que impactam diretamente as estruturas de linhas de transmissão de energia elétrica (LTS), um conjunto composto por treze anemômetros sônicos foi instalado em torres de LTS na região de Cascavel - PR, em diferentes níveis verticais. Em associação com imagens do radar meteorológico, instalado no município de Cascavel, as tempestades que atingiram a área das torres instrumentadas, puderam ser caracterizadas em função do local de surgimento, escala temporal, espacial e severidade do sistema. A tempestade mais intensa com a rajada da ordem de 32,6m/s, foi observada no inverno de 2016, a qual provocou o tombamento da Torre 38 da LT 138 kV Cascavel ? Toledo, localizada a 300m da Torre 37, instrumentada com quatro anemômetros sônicos. Dados da velocidade radial, obtidos pelo radar de Cascavel, mostraram a presença de um mesociclone com tempo de vida da ordem de 5 horas. Esse tipo de sistema ocorre frequentemente no interior de supercelulas, as quais possuem energia suficiente para gerar fluxos descendentes intenso (>45m/s), caracterizados como micro explosões.

Perguntas e respostas:

A) A) Considerando a dificuldade de captação dos ventos de alta intensidade pelas estações meteorológicas de superfície, é pertinente a proposição de que os editais de licitação da ANEEL prescrevessem a exigência de instalação de estações anemográficas com anemômetros sônicos em determinadas estruturas de uma LT? Os custos de instalação e manutenção dessas estações seriam relevantes?

A implementação de anemômetros nas estruturas das torres de LTS seria de grande importância uma vez que possibilitaria gerar informações em níveis mais elevados que o nível definido pela norma (10m). Essas informações são úteis no sentido de que nem sempre a aproximação logarítmica, frequentemente utilizada para extrapolação da intensidade do vento em alturas superiores a 10m, é válida. Uma vez que as únicas variáveis a serem medidas nas torres são a direção e intensidade do vento, o custo envolvido na instalação e manutenção é muito inferior ao custo de instalação e manutenção de uma estação meteorológica completa. A estação de medição do campo de vento nas torres é composta simplesmente por um data logger, dois ou três anemômetros e um sistema de transmissão de dados. Acredito que as informações do campo de vento geradas pelo aumento de pontos de medição por estações instaladas em torres de LTS, traria uma maior compreensão dos sistemas meteorológicos com capacidade de provocarem o tombamento de estruturas das LTS.

B) B) O sistema móvel apresentado carece de aperfeiçoamentos, conforme disseram os autores. Supondo ser possível essas modificações, quais as principais vantagens do sua aplicação? De que forma os resultados obtidos com os sensores sônicos podem influenciar nas especificações da norma para projetos de LTS?

O sistema móvel de monitoramento foi idealizado para possibilitar o levantamento de perfis verticais de variáveis físicas da atmosfera em níveis elevados, superiores a 500 m de altitude. Esses perfis são úteis na determinação da estabilidade atmosférica, melhorando consideravelmente a realização de previsões de curto prazo e a determinação mais precisa da severidade desses eventos. Além disso um sistema móvel permite o monitoramento de do campo de vento em áreas adjacentes às estruturas das LTS, possibilitando caracterizar a ocorrência de possíveis efeitos topográficos que possam perturbar esse campo, gerando intensificações dos fluxos. Para que as informações desse sistema possam ser usadas de uma forma mais eficiente, os levantamentos deveriam ser efetuados em instantes que antecedem e durante a ocorrência de eventos meteorológicos extremos. Para que isso seja possível, é necessário o desenvolvimento de uma plataforma aérea que suporte os esforços aerodinâmicos provocados pelas rajadas de vento desses sistemas intensos. Nesse sentido, tanto o uso de dados gerados pelo sistema móvel quanto as informações geradas pelos anemômetros sônicos, são importantes na caracterização de eventos meteorológicos intensos, possibilitando por exemplo, definir de forma mais adequada a dependência da intensidade do vento com a altura. O principal o fato nesse ponto é que o perfil logarítmico, normalmente utilizado para efetuar a extrapolação da intensidade do vento em níveis superiores ao nível da medição, não se aplicam a todos os tipos tempestade, com isso, o uso desse sistema móvel, que permite efetuar o levantamento de perfis mais extensos, pode ser de grande valia na definição de novas metodologias de terminação da intensidade do vento em função da altura e do tipo dos sistemas meteorológicos.

C) C) O IT apresentou a geração de informações em níveis mais elevados que os níveis dos anemômetros instalados nas torres, foi desenvolvida uma plataforma aérea com capacidade de realizar voos autônomos, além do alcance visual do operador, por meio da integração de um piloto automático e sensores de temperatura, umidade relativa, pressão e vento, em um aeromodelo de pequeno porte com motorização elétrica. Nesse mesmo contexto, o uso de VANT para esse finalidade é a melhor forma para obter tais informações, ou existem outras tecnologias concorrentes? Os autores poderiam comentar isso?

O uso de VANTS para fins de monitoramento atmosférico está se apresentando como uma alternativa promissora e tem sido plicada por vários grupos de pesquisa ao redor do mundo. A principal vantagem do uso dessas plataforma equipadas com sensores atmosférico se deve à possibilidade de efetuar mapeamentos em áreas e não somente em um único ponto. Em comparação com sistemas convencionais, como radio sondas, a principal diferença é a possibilidade de se poder recuperar os sensores, tonando os levantamentos mais econômicos. Com sistemas de monitoramento baseados em plataformas áreas não tripuladas (VANTS), é possível efetuar campanhas de monitoramentos intensos no sentido de caracterizar as variabilidades atmosféricas que ocorrem em determinadas regiões. Os dados gerados por esses monitoramentos podem ser utilizados na realização de simulações numéricas com o uso de modelos atmosféricos, no sentido de gerar informações das principais variáveis meteorológicas em áreas onde não se dispõem de nenhum tipo de informação, subsidiando assim futuros projetos de LTS.

### 3.21 - QUEDA DE ESTRUTURAS DE GRANDE PORTE NA TRAVESSIA DO RIO JACUÍ EM FUNÇÃO DE EVENTO CLIMÁTICO DO TIPO TORMENTA ELÉTRICA: ANÁLISE E EXPERIÊNCIA DA CEEE-GT NA RECOMPOSIÇÃO DE LTS DENTRO DO PARQUE ESTADUAL DELTA DO JACUÍ

GAZEN, Y.N.(1);CAMPOS, L.A.D.(1);DIAS, A.C.(1); - CEEE-GT(1);

O dia 14 de outubro de 2015 ficou marcado como a data em que o Rio Grande do Sul sofreu uma de suas tempestades mais severas. Um de seus efeitos foi deixar mais de 700 mil pessoas sem energia elétrica em todo o Estado, visto que causou um cenário de destruição em redes de distribuição e que também ocasionou estragos em Linhas de Transmissão. O acidente mais grave ocorreu na queda de estruturas de duas Linhas de Transmissão 230 kV da CEEE-GT na travessia do Rio Jacuí, próximo à região metropolitana de Posto Alegre. Ambas as LTS foram projetadas na década de 70 à luz da antiga norma NB-182, a qual apresenta critérios de projeto já ultrapassados. Dada a importância destas LTS para a conexão da região metropolitana com a zona sul do Estado, a CEEE-GT buscou reconstruí-las de forma emergencial e com um projeto eletromecânico utilizando normas atualizadas associadas a critérios de confiabilidade rigorosos, sendo até mais rigorosos do que indicam os Procedimentos de Rede. Neste artigo serão apresentados os critérios de projeto utilizados para o novo projeto eletromecânico da travessia, as dificuldades enfrentadas durante a reconstrução e aprofundar a discussão sobre a precupação com estruturas que foram projetadas segundo normas de projeto ultrapassadas.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo em vista que as hipóteses de carregamento que vêm sendo empregadas nos projetos para representar a ação dos ventos oriundos de tormentas do tipo TS são usualmente estabelecidas a partir da aplicação de um fator sobre a velocidade de vento extremo (vento de 3 segundos), e a incidência da pressão de vento sobre uma parte dos vãos adjacentes, esse critério pode ser considerado satisfatório para fazer frente a ocorrências como a abordada no IT, sobretudo em vãos de travessias?

Entendemos que são considerações válidas. Contudo, é dependente e exige que seja feito um estudo adequado para obtenção das velocidades elevadas de vento a serem esperadas para a região de implantação da LT. Desta forma, é possível a regionalização paramétrica das séries de 3 segundos obtendo uma relação média entre os valores médios de 3 segundos e os de 10 minutos (FR - fator de rajada de 3 segundos). Para esta travessia foi utilizado um valor de FR de 160%. Como referência para a utilização deste valor de FR consideramos o estudo de vento realizado pela Transmissora Sul Litorânea de Energia S.A (TSLE - SPE vencedora do Lote A do Leilão ANEEL 05/2012, da qual a CEEE-GT é sócia) e que foi responsável pela implantação de várias LT's de 500 kV na mesma região.

B) B) Dentro da perspectiva indicada com relação às LTs antigas, quais tem sido as ações realizadas pela CEEE-GT em linhas com essa característica?

A CEEE-GT é uma concessionária de serviços de geração e transmissão de energia e atua a partir de resoluções autorizativas emitidas pelo poder concedente (ANEEL). Desta forma, nossa principal ação com relação a intervenções em LT's existentes, antigas, vem no sentido de subsidiar a ANEEL com informações que embasem essa necessidade de melhoria de confiabilidade (upgrade). Inclusive o ONS, através do Procedimento de Redes - Submódulo 2.4 - Requisitos mínimos para linhas de transmissão aéreas, traz os seguintes requisitos: 1.3- Os requisitos estabelecidos neste submódulo aplicam-se: e) a qualquer inserção ou alteração de um componente de uma LT pertencente à rede básica com relação ao seu projeto original, tais como derivações, seccionamentos, troca de equipamentos, reisolamento, recapacitação e/ou reformas. 7.8.1.2- O nível de confiabilidade do projeto eletromecânico, expresso pelo período de retorno do vento extremo, deve ser compatível com um nível intermediário entre os níveis 2 e 3 preconizados na IEC 60826. Deve ser adotado período de retorno do vento igual ou superior a 150 (cento e cinquenta) anos para LT de tensão nominal igual ou inferior a 230 kV e igual ou superior a 250 (duzentos e cinquenta) anos para LT de tensão superior a 230 kV. Com base nessa exigência a CEEE-GT tem trabalhado no sentido de obter resoluções autorizativas que contemplem o valor necessário para a melhoria de confiabilidade, mediante estudos que comprovam a necessidade de reforços em suas séries de torres. Como exemplo, estamos finalizando a instalação de cabo OPGW em aproximadamente 300 km de LT, obra autorizada pela ANEEL, onde foram executados reforços estruturais, tanto de torre quanto de fundação, especialmente para a melhoria da confiabilidade mecânica das LT's.

C) C) O IT conclui que foi verificado um risco das LTs projetadas sob a luz da NB-182 implicam ao setor elétrico e a segurança em geral. No caso deste IT, torres projetadas para o período de retorno de 50 anos nos critérios da NB-182 teriam um período de retorno entre 30 e 40 anos nos critérios atuais. Logo, os autores afirmam que uma LT da década de 70 está sob risco de acordo com normas mais modernas. Assim, os autores sugerem que os projetos sejam verificados e as estruturas reforçadas ou substituídas conforme o caso. Nesse contexto, quais ações efetivas estão em curso para consolidar esse cenário na CEEE?

Conforme já respondido na pergunta 02 a CEEE-GT vem realizando ações no sentido de autorizar investimentos junto a ANEEL que contemplem especialmente a melhoria da confiabilidade mecânica das LT's. Nesse sentido, a área de expansão da CEEE-GT tem buscado se aperfeiçoar e aprimorar o processo que envolve a contratação de intervenções em linhas de transmissão existentes e em operação. Esse aperfeiçoamento passa especialmente pela área de projetos, indo desde a elaboração de modelagens numéricas de toda a LT, especialmente das estruturas, até o desenvolvimento de soluções para execução de reforços estruturais, tanto de estruturas quanto de fundações, mais aderentes aos valores e aos prazos das resoluções autorizativas emitidas pela ANEEL. Estas modelagens numéricas são feitas através do uso integrado dos softwares Tower e PLS-CADD?, sendo que, devido a diversidade de estruturas existentes, este trabalho demanda bastante tempo e está sendo feito progressivamente. Assim, é possível conhecer os limites de utilização das estruturas atuais segundo os novos critérios de projeto.

### 3.22 - AVALIAÇÃO TÉCNICA REALIZADA EM ISOLADORES DE VIDRO TEMPERADO COM ALTA RESISTIVIDADE RETIRADOS DE OPERAÇÃO DA PRIMEIRA LT HVDC NO BRASIL

FERREIRA, L.F.P.(1); JUNIOR, R.P.D.S.P.(2); VARRICCHIO, M.T.(1); CARVALHO, S.G.D.(2); - ELECTRO VIDRO(1); FURNAS(2);

O artigo apresenta a avaliação técnica realizada dos primeiros isoladores instalados em linhas de transmissão em corrente contínua no Brasil. Os isoladores se encontravam em funcionamento há cerca de 30 anos. Esta avaliação compreendeu verificações físicas e realização de ensaios elétricos, mecânicos, com objetivo de determinar o comportamento dos isoladores após tantos anos em operação. Os resultados destes ensaios podem ser utilizados como base de exigências de desempenho dos isoladores para as novas linhas de transmissão em corrente contínua que estão sendo construídas no Brasil.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo constado na conclusão do IT que os resultados obtidos servem como referência e base técnica para atualização de normas e especificações técnicas, é possível admitir que as prescrições normativas possam ser ainda mais rigorosas do que as atuais? Se sim, sob quais parâmetros tais prescrições poderiam ser atualizadas?

Sim, podem e devem ser mais rigorosas Exemplo 1: O item 36.1 da norma IEC61325/95 informa que o colar de Zn deve ter uma massa mínima de 5g. Atualmente, os isoladores para HVDC possuem cargas mecânicas elevadas e, como consequência, requerem campânulas de grandes dimensões. Fixar a massa do colar de Zn igual a 5g significa que o colar dos isoladores de grande carga mecânica terá espessura de Zn próxima à espessura de Zn da galvanização da campânula. Sugestão: Substituir o valor da massa do colar de Zn da campânula pela área transversal, obtendo-se volume de Zn suficiente para que o anel de Zn realize sua função de anodo de sacrifício, independente do diâmetro da campânula. Sugiro que a superfície da área transversal do colar de Zn seja maior ou igual a 40mm² Exemplo 2: Ensaios de recebimento previstos na norma IEC61325/95 Os ensaios realizados nos isoladores retirados da LT foram similares aos indicados no documento B2\_PS2\_Q2.6\_GARCIA (contribuição do Brasil ao artigo do CIGRE B2\_209\_2014 ?Impact of quality of glass cap-and-pin insulators on life cycle costs and proposals for screening tests?). Sugestão: Revisar a norma/especificações de isoladores para HVDC utilizando a mesma base do documento B2\_PS2\_Q2.6\_GARCIA descrito acima, visto que isoladores retirados de linha após 30 anos de operação apresentaram resultados satisfatórios dos ensaios recomendados por este documento.

B) B) Fica evidente a maior presença de material inerte nos isoladores em que foi avaliado o acúmulo de poluição, em relação ao material solúvel. Como essa diferença foi tratada na definição dos valores que caracterizam o nível de poluição da região, já que o efeito da polarização em CC é mais expressivo sobre esses materiais?

Na época do projeto da LT não se levava em consideração a poluição não solúvel, pois este parâmetro não era previsto em norma. As cadeias foram projetadas para nível de poluição leve. Durante os ensaios realizados, a medição do nível de poluição foi realizada em conformidade com a norma IEC/TS 60815-1/2008, que leva em consideração, além do ESDD (material solúvel), o NSDD (material não solúvel). Segundo os ensaios realizados, a poluição da região de onde foram retirados os isoladores para ensaio foi caracterizada como pesada. Analisando-se os resultados dos ensaios e considerando somente a medida de ESDD, ou seja, como estabelecido pela norma IEC 815/1986, se constata nível de poluição leve: critério adotado na época da construção da LT. Comentário: A LT de Itaipu está operando há 30 anos satisfatoriamente, sem desligamentos por poluição, com distância de escoamento recomendada para regiões de poluição leve. Sugiro realizar novos ensaios para ratificar os resultados obtidos. Casos os valores sejam confirmados, é importante refletir sobre a necessidade de trazer à discussão o critério recomendado pela norma IEC/TS 60815-1/2008 para definição do nível de poluição.

C) C) Foi feita alguma avaliação comparativa com os resultados dos ensaios dos isoladores quando novos? Qual característica poderia ser a mais prejudicada com os 30 anos de operação? Há de se supor alguma diferença entre isoladores instalados em polaridades diferentes?

3ª) foi feita alguma avaliação comparativa com os resultados dos ensaios dos isoladores quando novos? Resposta: Não, porque infelizmente os resultados dos ensaios realizados quando do fornecimento dos isoladores no início da década de 80 não foram encontrados nos arquivos de Furnas e da Electrovidro. 3b) qual característica poderia ser a mais prejudicada com os 30 anos de operação? Degradação da campânula na interface do dielétrico pois na época não foi especificado colar de Zn na campânula. 3c) Há de se supor alguma diferença entre isoladores instalados em polaridades diferentes? Se observou na polaridade negativa uma degradação na interface da campânula com a peça de vidro, o que não foi evidenciado na polaridade positiva. As demais características se mantiveram similares.

### 3.23 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE PROTÓTIPO PARA MELHORAMENTO DE SOLOS PARTIR DE INJEÇÕES

PIMENTA, J.V.(1); SILVA, A.S.D.(1); SILVEIRA, R.M.D.(2); - COPEL(1); LACTEC(2);

Uma das dificuldades encontrada na execução de linhas de transmissão de energia elétrica é a ocorrência de diferentes tipos de perfis geotécnicos ao longo de sua extensão. Constantemente temos que utilizar fundações indiretas devido à capacidade de suporte do solo ser baixa, o que geralmente representa custos substancialmente maiores, tanto pelo maior consumo de materiais quanto pelo acréscimo de serviços na execução. A proposta deste projeto é apresentar um protótipo capaz de efetuar injeções de nata de cimento a profundidades e direções variadas como processo de melhoramento de solos no seu estado natural, evitando a remoção e substituição por material.

Perguntas e respostas:

A) A) No caso da aplicação de injeções de nata de cimento visando ao reforço das fundações de uma dada estrutura de LT existente, como seria a comprovação de atingimento dos parâmetros de resistência do solo que se deseja? Como seriam realizados os testes para essa comprovação?

Em campo, seriam utilizados métodos de prova de carga estática, assim como realizados no projeto. Em laboratório, a comprovação de aumento de resistência após a injeção de nata de cimento pode ser realizada com a coleta de amostras indeformadas, neste caso mini blocos, e a realização de ensaios de resistência, neste caso, cisalhamento direto ou triaxiais.

B) B) Neste trabalho, foram definidos três níveis de profundidade para os ensaios de campo, contudo só foi possível realizar a injeção de nata de cimento na primeira. Que tipo de análise preliminar seria importante para definir o máximo de profundidade que o processo de injeção pode ser realizado? Como após a confecção das sapatas o terreno recolocado já passa por um processo de compactação, qual seria a vantagem deste procedimento para a carga de tração?

Para a análise preliminar é importante a realização de sondagens SPT, o uso do melhoramento de solo com injeção de calda de cimento é realizado em camadas de baixa resistência (Nspt menor ou igual a 5) que definem a profundidade de injeção. Lembra-se que o equipamento desenvolvido tem capacidade para realizar injeções em profundidade de até 4 metros. O material recompactado nem sempre garante a resistência de tração admissível oriundas de torres de LTs sendo necessária a injeção de materiais que apresentem resistência superior ao do solo compactado. Além disso, a injeção propicia o aumento dos parâmetros de resistência ao cisalhamento do material recompactado, o que tende a modificar os parâmetros citados.

C) C) O IT apresentou um protótipo que alcançou sua proposta inicial que era ser passível de operação por duas pessoas (mobilidade), de tamanho relativamente reduzido comparado ao que se tem disponível no mercado (jet grout) e capaz de injetar material aglomerante a uma profundidade de até quatro metros. Nesse sentido, os autores e investidores do projeto têm alguma intenção do desenvolvimento industrial do produto? Caso afirmativo, quais os próximos passos e qual a estimativa de investimento para tornar o protótipo em um novo produto para a construção de fundações no Brasil?

O equipamento desenvolvido possui peculiaridades de projeto para o propósito injeção de calda de cimento ou cal diferentemente do que se encontra no mercado. O que se encontra no mercado (jet grout) objetiva o aumento da capacidade de suporte do solo a partir da execução de colunas de material aglomerante. O trado desenvolvido visa a injeção de nata de cimento que propicia a mistura de solos silto arenosos e arenosos visando o aumento dos parâmetros de resistência ao

cisalhamento, não apenas a capacidade de suporte. Um outro diferencial é que a injeção com o trado visa preencher os vazios de solos e não a substituição dele. No momento não há intenção do desenvolvimento industrial do produto. Provavelmente seria necessário o desenvolvimento de um número maior de ensaios em solos de baixa capacidade de suporte, de diferentes tipos para se chegar em um equipamento passível de comercialização.

### 3.24 - AVALIAÇÃO DE ISOLADORES NATURALMENTE POLUÍDOS RETIRADOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

MELLO, D.R.D.(1);GARCIA, R.W.(2); - Autônoma(1);CEPEL(2);

Este artigo pretende apresentar as sugestões e conclusões do estudo realizado por um grupo de trabalho do Cigré com o objetivo de fornecer as diretrizes para ensaiar isoladores naturalmente poluídos, considerando métodos e experiências passadas na avaliação do desempenho de isoladores em condições ambientais naturais e novas tecnologias ainda em desenvolvimento, implantação e comercialização. Entre essas diretrizes estão a aplicação de métodos de ensaio desenvolvidos na década de 1980 e que voltam a ter interesse, inclusive para serem normalizados pela IEC (International Electrotechnical Commission), e a industrialização de determinados instrumentos, que mostraram bom desempenho, mas se encontram ainda em fase de protótipo. Essas diretrizes têm como finalidade primordial permitir que as concessionárias de energia elétrica possam trocar experiências, obtidas com uma mesma metodologia, e melhorar assim a confiabilidade das linhas de transmissão.

Perguntas e respostas:

A) A) A partir dos resultados dos ensaios propostos no IT, que recomendações podem ser dadas no sentido de que as concessionárias tomem providências para eliminar possíveis fragilidades de sua instalação de transmissão?

O primeiro passo é realizar o levantamento dos níveis de poluição do local onde o isolador está instalado de modo a verificar com o uso das normas da série ABNT NBR IEC/TS 60815 se o perfil adotado é o mais adequado para o nível de poluição medido. Esta compatibilidade é que norteará a periodicidade de inspeção/retirada dos isoladores.

B) B) Os resultados dos ensaios permitem estabelecer alguma relação com a periodicidade com que as concessionárias devam tomar alguma providência, como a lavagem dos isoladores ou até sua substituição?

Isto somente seria possível caso tivesse sido realizada a avaliação dos isoladores em um ensaio de tipo antes da sua instalação em campo, como é feito na Europa e em diversos outros países. Os ensaios que serão realizados permitirão uma avaliação do estado dos isoladores e auxiliarão a tomada de decisão sobre qual medida deve ser tomada.

C) C) O IT mostra o critério para a remoção dos isoladores com cuidado para tentar proteger, tanto quanto possível, a camada de poluição. Durante a remoção, os isoladores devem ser manuseados com cuidado, usando apenas suas ferragens integrantes metálicas (evitar tocar o dielétrico). Eles devem ser transportados dentro de tubos plásticos de diâmetro adequado para não danificar as saias ou envoltos em plástico e em seguida embalados em caixas especiais, como pode ser visto na Figura 5. As extremidades dos tubos plásticos ou sacos de plástico devem ser fechadas corretamente. Nesse contexto complexo da logística de retirada, armazenamento e transporte continuam sendo o estado da arte para os testes de poluição de isoladores em laboratório? Ou existem outras formas de se realizar amostragem diretamente no campo?

No caso de ensaios em laboratório para a avaliação de isoladores retirados de campo, as medidas citadas para preservar o poluente depositado na superfície dos isoladores são fundamentais e as mais adequadas para se ter uma melhor avaliação de desempenho. Existem, na literatura, outros meios de avaliação mais simples como a coleta do poluente na superfície dos isoladores somado com uma inspeção realizada ao raiar do dia. Essas informações, junto com a análise do perfil e da distância de escoamento permitirão ter uma ideia do desempenho atual dos isoladores, mas não permitirão nenhuma estimativa a médio e longo prazo

**Comentário:** Trabalho de elevado valor para a área de isoladores no Brasil.

### 3.25 - AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE EMENDAS A COMPRESSÃO POR INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA EM LINHA VIVA

NOGUEIRA, M.M.(1);SOUZA, M.A.D.C.(2);JUNIOR, E.A.L.(3); - State Grid(1);SGBH(2);BB&E(3);

Em 2014 a LT 500 kV Serra da Mesa 2 ? Luziânia sofreu dois desligamentos por queda de condutores causada pelo rompimento de emendas à compressão. A prevenção desse tipo de falha é inviável através dos métodos usuais de manutenção, sendo a inspeção radiográfica das emendas a melhor alternativa não-destrutiva. Este artigo descreve os desligamentos, sua recomposição e as inspeções pós-falha. Diferentes técnicas de inspeção não-destrutiva são discutidas. São apresentados os trabalhos de inspeção radiográfica em linha viva realizados e seus resultados.

Perguntas e respostas:

A) A) Considerando uma das conclusões do IT, qual seja a de que, na etapa de construção, a inspeção por radiografia computadorizada em tempo real pode praticamente eliminar a ocorrência de problemas acarretados pela má aplicação das emendas a compressão, poderiam os autores comentar sobre a comparação com a aplicação de emendas preformadas?

A mesma recomendação de ensaio radiográfico para emendas à compressão no momento da instalação se aplica às emendas pré-formadas. Embora construtivamente diferentes, ambas as emendas apresentam a mesma impossibilidade de confirmação de sua correta aplicação apenas através de uma inspeção visual externa. Os autores possuem registros fotográficos de emendas pré-formadas retiradas de operação por falha e submetidas a radiografia digital. Esses registros poderão ser mostrados ao fim da apresentação do Informe Técnico, durante o período reservado às perguntas.

B) B) A presença de defeitos internos em componentes de LTs, como isoladores poliméricos e emendas, é o maior risco à segurança de eletrificadas quando da realização de trabalho em linha viva ao potencial, devido à possibilidade de rompimento mecânico. Quais são os cuidados tomados neste caso? Qual a possibilidade de tornar automatizada a avaliação radiográfica apresentada neste trabalho? Quais os desafios relacionados ao aperfeiçoamento sugerido para comando remoto do dispositivo de raios gama?

De fato, defeitos internos em componentes de LTs não são incomuns. Citamos como exemplos, além de isoladores e emendas, trincas em grampos de suspensão e ancoragem. As LTs da State Grid possuem, normalmente, feixes de cabos com 3 ou 4 condutores, que suportam 12.000 kg cada. Para trabalhos em linha viva, providencia-se a ancoragem em 2 cabos por talabarte Y ou linha de vida. O peso do eletricitista mais o equipamento não ultrapassa os 150 kg. A automação dos sistemas de radiografia, tanto raios gama quanto raios-X, enfrenta o mesmo desafio: blindar os efeitos do campo eletromagnético. Essa blindagem é mais complexa para no caso dos raios-X. Aparelhos de raios gama têm sistema mecânico com acionamento manual e os detectores são imunes ao campo eletromagnético. Bastaria acoplar ao sistema mecânico um motor que permita acionar o sistema de exposição e recolhimento da fonte. Encontra-se em desenvolvimento um sistema eletrônico capaz de operar em até 230 kV e 1200 A, passível de acionamento remoto, com alcance de 5 km. Integrado a um veículo autônomo, permitiria rebocar? ao longo do cabo equipamentos radiográficos e outras ferramentas de inspeção. Drones são contraindicados devido à grande aproximação com os cabos requerida pela radiografia.

C) C) O IT mostrou instrumentos de radiografia digital que permitem a avaliação efetiva da integridade da emenda, produzindo imagens facilmente analisáveis. Porém, por se tratarem de equipamentos emissores de radiação ionizante, seu uso demanda treinamento e certificação prévios, que no Brasil são regulados pela CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Os autores poderiam explicitar com mais detalhes o treinamento e a certificação prévios?

A State Grid optou pela contratação de empresa com pessoal certificado. Houve treinamento in loco com os eletricitistas para a instalação do equipamento na linha energizada. Todas as tratativas de licenciamento, implantação da infraestrutura de radioproteção, calibração de instrumentos de medição, treinamento e certificação de pessoal são de responsabilidade de profissional devidamente certificado junto a CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, na condição de Supervisor de Radioproteção na modalidade Radiografia Industrial. Este profissional tem autonomia para gerir toda a atividade envolvendo fontes e equipamentos emissores de radiação ionizantes e é o interlocutor entre a CNEN e a empresa.

### 3.26 - MODERNIZAÇÃO DA ETD PAULA SOUZA

LEE, W.J.(1);CONCEIÇÃO, A.F.(1);ROQUE, C.M.(2);INUCENCIO, E.L.(2);ACRE, E.S.(2);OLIVEIRA, F.G.(1);TOLEDO, M.M.(1);DEUS, P.(2);VIEIRA, R.S.(2);COSTA, S.(1); - PRYSMIAN(1);AES ELETROPAULO(2);

A Estação Transformadora de Distribuição (ETD) Paula Souza está localizada na região central da cidade de São Paulo sendo responsável pelo suprimento de energia do maior centro financeiro da América Latina, onde estão inseridos clientes como Bolsa de Valores de São Paulo - BVSP, Bolsa Mercantil & Futuro - BMF, sede da Prefeitura Municipal de São Paulo PMSP - grandes hospitais, grandes edifícios comerciais e sede dos grandes bancos, além de alimentar diversas estações de trens e Metrô. É considerada a mais importante da AES Eletropaulo sendo responsável pelo agrupamento e interligação de quatro grandes subestações (própria Paula Souza, Brás, Centro e Cambuci). Todas estas subestações são supridas através de 8 linhas de transmissão subterrâneas que derivam da GIS Blindada SF6 - ETD Paula Souza, que somam mais de 17 Km de extensão, totalizando mais de 51 Km de cabos subterrâneos. Esta ETD, a mais antiga da AES Eletropaulo, recebeu investimento de mais de R\$ 40 milhões nos últimos anos em modernização e renovação de seus equipamentos de potência e automação para melhoria e continuidade do fornecimento de energia elétrica. Esta nova edificação, abriga a mais moderna e compacta blindada GIS (Equipamento compacto, isolado a gás SF-6) já implementada pela AES Eletropaulo, nos últimos 40 anos. O primeiro equipamento deste tipo foi instalado em 1977, na própria ETD Paula Souza, ocupando uma edificação, cuja área mede em torno de 600 m². A edificação construída para abrigar o novo equipamento ocupa uma área de 200m², ou seja, 1/3 da área da antiga edificação. Esta modernização consistiu na construção dessa nova edificação compacta para abrigar novos e mais modernos equipamentos e, conseqüentemente, no remanejamento de todos os ramais subterrâneos (Paula Souza, Brás, Centro e Cambuci) e dos circuitos de interligação com os transformadores, totalizando quinze circuitos de cabos sem que houvesse comprometimento na continuidade do fornecimento de energia aos seus mais de 300 mil consumidores. Os cabos isolados existentes, com exceção da linha Paula Souza Brás, são do tipo OF (isolação em papel impregnado com óleo) e foram instalados na década de 70, portanto, possuem mais de 40 anos de vida. Todos tinham capa metálica de chumbo, portanto, a operação de manuseio desses cabos foi uma das atividades crítica. Existia a necessidade de respeitar o tempo e a seqüência de desligamento dos circuitos de cabos definida pelo setor de planejamento da AES Eletropaulo. Esse plano foi cuidadosamente elaborado com base no período do ano de cada etapa para minimizar os impactos com os consumidores. O antigo porão de cabos abrigava cabos de alta, média e baixa tensão. Eram muitas

as dificuldades para elaborar uma nova rota para cada circuito de cabo por conta dessa grande quantidade de interferências. Portanto, impactavam no desenvolvimento do projeto executivo de instalação, planejamento e execução das atividades de montagens dentro de um espaço limitado e confinado com grande quantidade de interferências. Foram poucas as emendas de transição OF/XLPE instaladas no país. O último projeto com esse tipo de acessório foi feito há mais de dez anos, sendo que este modelo de emenda foi substituído por outro mais moderno. Por isso, houve a necessidade dentro de inúmeras atividades críticas de planejar a reciclagem dos técnicos montadores para diminuir riscos de erros de montagem, pois trata-se de uma instalação que requer mão-de-obra de alta especialização. Neste trabalho estaremos apresentando as principais soluções adotadas para superação dessas dificuldades no projeto executivo de instalação, planejamento de atividades de instalação, execução das montagens e comissionamento.

Perguntas e respostas:

A) A) Dentro de todos os desafios encontrados nesse empreendimento, o que pode ser considerado uma quebra de paradigma e por que?

Por motivo de demanda pontual de alguns circuitos, houveram algumas trocas de sequência de desligamento dos circuitos de cabos durante o empreendimento. Algumas dessas eram informadas com pouco tempo de antecedência. Foi constatada, então, a necessidade de dinâmica de decisões onde o planejamento do empreendimento era ajustado de forma imediata para atender as necessidades da AES Eletropaulo. Portanto, podemos considerar que a adaptação a essas alterações no planejamento durante o projeto é uma quebra de paradigma.

B) B) Os autores do IT poderiam informar quanto as seções remanescentes/existentes de cabos OF ( mm<sup>2</sup> ) e material do Condutor?

Seguem abaixo os cabos OFs das linhas da subestação Paula Souza: - Paula Souza - Cambuci: cabo OF 123 kV 400 mm<sup>2</sup> Cu (2 circuitos) - Paula Souza - Centro: cabo OF 123 kV 600 mm<sup>2</sup> Cu (3 circuitos) - Paula Souza - Paula Souza: cabo OF 123 kV 500 mm<sup>2</sup> Cu (2 circuitos)

C) C) Existiu porventura alguma consideração/alteração quanto a questão do óleo ( tanques ) de alimentação dos cabos OFPO?

Não houve alteração nos projetos hidráulico das linhas, pois, as emendas de transição para cabos OFs com extrudados foram instaladas próximas das antigas terminações. Com relação aos tanques, houve um pequeno remanejamento por necessidade de adequação do projeto de instalação dos cabos.

**Comentário:** No capítulo 8 do Green Book CIGRE ?Paris Session 2014 - ?Accessories for HV Extruded Cables? Mr. Marcos Marelli ( atual Chairman do SC B1 , escreveu : ? ... O uso de cabos extrudados é cada vez maior em circuitos de transmissão e distribuição preferencialmente ao uso de cabos isolados em papel impregnado .O número de fabricantes de cabos isolados em papel está diminuindo ,sendo que a disponibilidade de tais cabos para serviços de reparo ou realocação de rotas estará bem limitado em futuro próximo. Consequentemente será cada vez mais comum que comprimentos de cabos extrudados sejam introduzidos em circuitos com cabos isolados em papel necessitando de emendas de transição para a interconexão dos dois tipos de cabos ...? . O artigo portanto descreve a importância das emendas de transição em linhas subterrâneas de transmissão muito antigas (instaladas em cabos OFPO) e que tem um papel crucial nos sistemas de transmissão de algumas concessionárias de energia elétrica no Brasil.

### 3.27 - CONSTRUÇÃO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA PARA DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO VIBRACIONAL DE CABOS CONDUTORES

MANNALA, M.J.(1);MANZOLLI, A.(1);NETO, R.D.A.P.(1);TONETTI, M.(1); - LACTEC(1);

Este artigo apresenta os resultados do projeto P&D ANEEL/COPEL ?Aumento da capacidade de transmissão de linhas aéreas: novas técnicas de projeto com trações elevadas? que tem como objetivo principal reavaliar a metodologia atual, no que tange à tração dos cabos, e estabelecer novos critérios para o projeto de novas linhas ou recapacitação de linhas existentes com carregamentos mecânicos elevados e consequente aumento na potência de transmissão, com ênfase na segurança e na confiabilidade. Para alcançar este objetivo, foi construída uma Linha de Transmissão Experimental (LTE), com o objetivo de levantar o comportamento mecânico vibracional dos efeitos de trações elevadas em três cabos condutores compostos por diferentes materiais, torres e acessórios, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de novas técnicas e critérios para projetos ou recapacitação, que permitam o aumento da capacidade de linhas de transmissão com segurança.

Perguntas e respostas:

A) A) Ao considerar a aplicação de trações axiais acima dos valores prescritos pela norma NBR 5422, a LT experimental descrito no IT tem também como objetivo realizar experimentos relacionados com a utilização do parâmetro H/w em substituição ao EDS? Seriam viáveis estudos similares aos apresentados na Brochura Técnica 273 do Cigré?

A comparação dos critérios EDS e H/w este é um dos principais motivos para a construção e automação da linha de transmissão experimental. Com as diversas funcionalidades implementadas na LTE é possível realizar ensaios em um cabo por fase, nos moldes da Brochura Técnica 273, variando a tração, tipo de cabo e amortecedores e observando o comportamento com relação a vibração eólica e excitação mecânica. Como as três fases possuem vibradores, vibrógrafo e sensores distribuídos nos condutores, a linha pode ser equipada com três diferentes cabos e seus respectivos acessórios, e serem ensaiados ao mesmo simultaneamente, com ganho de escala.

B) B) A construção da LTE, quando efetivada, trará ganhos substanciais aos estudos de vibração. Como os resultados poderão ser aplicados de forma mais abrangente, considerando outros tipos de estruturas reais?

É importante conhecer o comportamento vibracional das estruturas que compõe a LTE através de ensaios modais em diferentes situações de temperatura e carregamento. De posse dessas informações, torna-se possível analisar o comportamento vibracional das partes (cabos e acessórios) através do tratamento dos dados do todo, afim de determinar o tipo de influência que as estruturas da linha experimental possui em outras partes de interesse.

C) C) Para atingir o objetivo desse IT, foram instrumentados os quatro montantes que compõe os pés da torre, na parte ligeiramente acima da fundação de concreto, utilizando extensômetros e condicionadores de sinais em cada um dos quatro pés (vide Figura 1). Os montantes dos 4 pés da estrutura são instrumentados para a medição das tensões mecânicas impostas, utilizando extensômetros dispostos nas duas faces dos montantes, próximo à fundação. Os cabos condutores e para-raios são monitorados por células de carga, com o objetivo de medir a tração. O processo consiste na aquisição dos sinais das 5 células de carga para controlar o carregamento dos cabos condutores. Nesse contexto, por se tratar de sensores elétricos é previsto algum tipo de ruído de interferência no campo de testes dos sensores? Caso afirmativo, quais são as medidas que os autores previram para minimizar esse efeito?

Para minimizar os ruídos nos transdutores citados o ideal seria a utilização de fibra óptica e rede de Bragg para os sensores. No caso da LTE em foco, para diminuição do ruído, foi adotado as seguintes diretrizes: ela não será energizada, utilização de cablagem blindada com fios trançados (campo elétrico e magnético), conversão dos sinais para digitais, utilização de filtros digitais e analógicos e alta aquisição de dados para médias mais precisa entre outros foram as medidas tomadas para a garantia de melhor acurácia e repetibilidade dos dados adquiridos dos sensores.

### 3.28 - PROJETO DE FUNDAÇÃO INDIVIDUALIZADO POR TORRE EM UMA NOVA LINHA DE TRANSMISSÃO

GONTUJO, H.D.D.O.(1);LOPES, D.C.(2);BORGES, F.T.(2); - CRG(1);CEMIG(2);

As fundações representam um dos principais custos a serem considerados em uma nova linha de transmissão. No entanto, é possível encontrar estruturas que possuem uma folga com relação aos parâmetros para os quais foram projetadas. As cargas reais obtidas são, em geral, menores que as cargas máximas de projeto. O presente trabalho apresenta a redução de custos obtida a partir da aplicação de uma metodologia de cálculo de cargas nas fundações e projeto de fundação individualizado para cada locação de torre de ancoragem em novas linhas de transmissão. A economia obtida na execução das fundações variou de 27% a 49%.

Perguntas e respostas:

A) A) Considerando que o desenvolvimento do projeto de fundação individualizado requer também que os parâmetros geotécnicos reais do solo sejam estabelecidos com rigor, os autores poderiam apresentar considerações sobre o controle desses parâmetros nas torres das linhas descritas no IT?

Para a definição dos parâmetros do solo, inicialmente é elaborado um programa de sondagem a percussão, onde são consideradas as informações disponíveis no Perfil e Planta e informações visuais, obtidas durante as inspeções realizadas nas etapas do levantamento topográfico, definindo assim os locais onde deverão ser realizadas as sondagens a percussão. De posse do boletim da sondagem a percussão realizada no local da estrutura é feita uma correlação da resistência do solo e sua descrição para que se possa classificá-lo e consequentemente obter seus parâmetros de acordo com a literatura técnica.

B) B) Embora as fundações estejam em muitas vezes subcarregadas, quais os riscos de se trabalhar muito próximo dos limites máximos ao longo da vida útil das LTs?

Ao longo da vida útil de uma LT, as fundações projetadas com a utilização do método dos estados limites podem não serem submetidas aos limites considerados máximos definidos com base nas hipóteses de carregamento adotadas. No caso de da recapacitação de uma LT com demanda de maior capacidade de condução de corrente pelos cabos condutores ou um eventual substituição de cabos para-raios, pode resultar na necessidade de reforço da fundação devido ao aumento de esforços atuantes na estrutura. Entretanto, atualmente há outras possibilidades para solucionar esta situação, como por exemplo a utilização de condutores especiais que podem manter os mesmos carregamentos nas fundações, ou seja, sem a necessidade de reforçar a fundação.

C) C) Na metodologia apresentada no IT o projeto específico de fundação por locação, é gerado um projeto específico para cada torre considerando a real condição em que está sendo aplicada. Por isso, é gerado um maior número de projetos de fundação para a linha de transmissão. Apesar da economia obtida, deve ser observado que existe uma demanda maior de acompanhamento da fiscalização da obra para garantir que a execução da fundação, em cada locação, foi realizada conforme o projetista dimensionou. Nesse novo contexto, os autores poderiam apresentar em percentuais uma comparação com o método tradicional do aumento de custo previsto para as fases de projeto e fiscalização utilizando o novo método?

Na análise de custo/benefício, a metodologia apresentada no trabalho resulta em economia significativa nos empreendimentos. Com relação à fiscalização, foi realizado

um trabalho de orientação e conscientização das equipes em função da nova metodologia adotada e não foi necessário aumento da quantidade de mão de obra, ou seja, não houve aumento do custo com fiscalização, pois independente da utilização de projeto padrão ou específico, o fiscal verifica as dimensões de cada fundação executada na obra. Em relação ao projeto, o aumento das horas de trabalho devido a utilização da nova metodologia estima-se que seja da ordem de 20 %, devido ao maior número de projetos a serem elaborados. No entanto, com a utilização de recursos de informática o aumento do tempo necessário para a elaboração dos projetos de fundação é pouco significativo.

**Comentário:** IT é bastante didático na revisão bibliográfica com destaque para os valores economizados pela aplicação do novo método de projeto e fiscalização de fundações de linhas aéreas.

### 3.29 - IMPLEMENTAÇÃO EM REGIÃO URBANA: CONVERTER UMA LINHA DE TRANSMISSÃO AÉREA PARA UMA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA

FILHO, E.K.(1);JUNIOR, R.D.T.(1);GOVINO, W.(1);LOUREDO, N.H.G.R.D.(1);INUENCIO, E.L.(2); - EDS(1);AES ELETROPAULO(2);

São Paulo é a maior cidade do Brasil.Registrou um crescimento populacional da ordem de 800.000 pessoas na última década-em 2000 tinha 10,4 milhões de habitantes- atualmente possui 12,3 milhões. No que diz respeito as alterações na ocupação urbana e distribuição da população,o crescimento está localizado com maior densidade em algumas áreas do que em outras. A dinâmica da ocupação urbana aponta para um problema materializado neste espaço,e não há definições claras de como lidar com tal fato.A ocupação desordenada tornou-se uma realidade com a qual as Concessionárias de Energia precisam lidar.. Em algumas regiões urbanas,conseguir que as faixas das linhas de transmissão aéreas estejam a salvo de invasões ,tornou-se uma tarefa,quase impossível de evitar.. A Concessionária de Energia Elétrica de São Paulo (AES Eletropaulo) diante dessa realidade com uma de suas instalações,decidiu enterrar uma linha de transmissão aérea ,instalada há mais de 40 anos.De fato,a Concessionária vinha mantendo a Linha Aérea desconectada /fora de operação nos últimos 10 anos devido a crítica situação da mesma. A implantação da futura linha de transmissão subterrânea corresponde a uma capacidade de transmissão de 200 MVA em 88 kV , com dois circuitos em operação. A linha de transmissão aérea existente possui dois circuitos em uma faixa com 5,00 metros de largura e 2.900 metros de extensão , com algo em torno de 40 estruturas metálicas.. A faixa da linha aérea possui muitas áreas que ao longo dos anos foram enclausuradas por edificações e diversas espécies de vegetação imprópriamente implantadas.

Perguntas e respostas:

A) Os autores esclarecem que as obras civis e de instalação ao tempo desta questão, ainda não foram iniciadas, porém que providências em geral indicariam para o bom andamento das obras civis?

Nos trechos em que a linha será instalada na faixa de 5,00 m de largura não há espaço suficiente para acomodação do volume de terra escavada e que será utilizado para o reatero da vala. Portanto, todo o material resultante da escavação deverá ser transportado para um bota fora e depois trazido de volta no volume necessário ao reatero. O material de recobrimento dos dutos deverá ser armazenado em outro local e depois transportado para obra na fase de lançamento e compactação. Desse modo, nessas operações a empresa responsável pelas obras civis deverá estabelecer uma logística muito criteriosa, principalmente no que se refere à quantidade de caminhões e ao volume a ser transportado.

B) Qual ou quais métodos construtivos os autores sugerem para as travessias citadas no IT ?

Para a travessia da Av. Ricardo Jafet e do Córrego do Ipiranga foi utilizado como método construtivo a perfuração direcionada, pois dessa forma reduz-se a interferência na via devido ao tráfego intenso na mesma. Para travessia das ruas optou-se por banco de dutos em vala aberta, que apesar dos transtornos que eventualmente serão causados ao trânsito local, foram aprovados pelos Órgãos de Trânsito e Prefeitura da Cidade de São Paulo. Caso optássemos pela perfuração direcionada a cabeça de perfuração, na saída do furo, poderia colocar em risco as residências lindeiras à faixa, pois esta é muito estreita (5,00m) na maior parte da sua extensão.

C) Quais as características que envolveram a configuração e formação dos cabos de potencia de forma a viabilizar o nível de campo magnético a um máximo de 3 microTesla?

O principal critério adotado para estabelecer a configuração ideal do banco de dutos foi o campo magnético, pois na Cidade de São Paulo o mesmo deve manter-se em níveis iguais ou inferiores a 3µT na lateral da faixa/edificações conforme a Portaria nº.80 vigente que regulamenta o campo magnético de novas instalações. Foram verificados, também, os critérios de ampacidade, no sentido de obtermos a melhor seção do cabo condutor. Para tanto foram feitas inúmeras simulações até chegarmos a uma geometria que atendesse as premissas citadas acima variando-se a formação (plana vertical, plana horizontal, trifólio), distancia entre fases e circuitos,bem como quanto a profundidade. Outro fator importante considerado é o fato de que a largura do banco de dutos por ocasião das escavações não colocassem em risco as edificações lindeiras a faixa.

**Comentário:** O artigo é muito interessante uma vez que no que compete ao Brasil , não se tem relatos de experiências com enterramento de Linhas de Transmissão Aéreas, principalmente em regiões urbanas densamente povoadas .Outrossim em se tratando de viabilizar o nível exigido de campo magnético pelos órgãos ambientais da cidade de São Paulo , o qual encontra-se limitado a 3 µT e dado a corrente nominal / capacidade de transmissão ( 200 MVA em 88 kV ) da Linha Subterrânea ,exige uma configuração dos cabos de potencia com razoável ocupação no limitado espaço da faixa da linha aérea.

### 3.30 - IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE INTERLIGAÇÃO AÉREAS EM 138KV ENTRE SUBESTAÇÕES JACAREPAGUÁ E CURICICA - UM DESAFIO OLÍMPICO, UMA COMPROMISSO LIGHT COM O MEIO AMBIENTE.

CORRÊA, J.P.C.(1);PEREIRA, F.M.(1);RODRIGUES, F.M.O.(1); - Light(1);

Todo evento olímpico necessita de uma grande demanda de energia para que os jogos aconteçam. Principalmente para atender o Parque Olímpico e a estrutura de mídia e comunicação dos jogos. Os jogos do RIO 2016 não foram diferentes, foi necessário o reforço do sistema elétrico de distribuição em 138 kV, para atender o próprio Parque Olímpico e o centro de mídia, ambos localizados na região Oeste do Rio de Janeiro. A principal meta imposta pelo Comitê Organizador à Light, foi cumprir os requisitos de qualidade e segurança do sistema necessários para atender o evento, sendo o prazo de execução dos reforços o grande desafio à concessionária. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar os desafios superados para implantação da linha 138 kV de circuito duplo entre as subestações de Jacarepaguá (345/138 kV) e Curicica (138/13,8 kV), com extensão de 5,5 km, instalada dentro do Parque Estadual da Pedra Branca, área de preservação ambiental permanente. Deste modo, foram utilizadas técnicas não convencionais para reduções dos impactos ambientais e prazo de construção.

Perguntas e respostas:

A) A) Em termos comparativos a uma LT construída segundo características e métodos convencionais, poderiam os autores apresentar dados disponíveis sobre os custos da LT para atendimento ao Parque Olímpico? Houve alguma contrapartida financeira do Comitê Organizador dos Jogos Olímpicos?

O empreendimento teve como foco principal o prazo para conclusão e energização da linha. Ainda assim, os valores previstos para implantação somente se divergiram dos métodos convencionais devido a utilização do helicóptero que correspondeu a cerca de 1/3 do valor do projeto. O Comitê não interfere/auxilia nos valores investidos para o evento Olímpico. Os mesmos informam as necessidades e toda a demanda de reforço ou aumento da infraestrutura é autorizado pelos órgãos reguladores de cada setor, após consulta prévia. No caso da Light a ANEEL com respaldo do MME.

B) B) Quais das inovações utilizadas neste empreendimento passam a ser aplicadas como novos paradigmas no ambiente Light?

Os quinchos de pequenos portes (até 1,5 toneladas) tornam o trabalho de içamento de peças muito mais ágil e seguro para locais onde há dificuldade de construção de acesso para maquinário. Sendo assim, esta tecnologia agrega tanto em segurança do trabalho quanto a eficiência na montagem de estruturas. Quanto ao helicóptero, esta tecnologia já é utilizada em diversas atividades de transmissão, porém no cenário brasileiro e da concessionária, sua utilização para a construção de linhas não é usual, pois seu custo é elevado. Deste modo, é importante avaliar quais são as prioridades do projeto para verificar a viabilidade do mesmo tornando o empreendimento rentável.

C) C) O IT relata que por se tratar de um relevo montanhoso e de difícil acesso, não era viável devido ao prazo, o transporte manual de concreto, insumos e equipamentos para as fundações e para lançamentos dos condutores acima da copa da floresta. Assim, utilizando a aeronave como principal equipamento de logística na obra, mostrou que o helicóptero teve crucial importância na redução do tempo da etapa civil, permitindo liberar as montagens de estrutura e lançamento de cabos sobre a floresta do PEPB no prazo desejável para atender o objetivo do empreendimento. Nesse contexto, o uso da aeronave requereu algum estudo específico junto aos órgãos reguladores de voo? Adaptações técnicas na aeronave foram requeridas?

Não houve adaptações das aeronaves, pois as mesmas já são preparadas para o transporte externo de carga. Ainda assim, para toda utilização de aeronaves em todo território nacional há necessidade de licenciamento/autorização junto a ANAC e órgãos competentes. Este procedimento visa a registrar e autorizar os helicópteros e toda operação da aeronave. Para isso, faz-se o estudo da região considerando aspectos socio-ambientais, rotas de voo, rotas de fuga em caso de emergência. Além disto, a Light solicitou todo o procedimento e uma integração completa com todos os colaboradores que trabalharam diretamente com a aeronave, afim de zelar pela qualidade do serviço e segurança da equipe.

**Comentário:** Trabalho de grande esforço de projeto e execução com sucesso obtido no prazo pelas equipes executoras.

### 3.31 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMENDAS PREFORMADAS INSTALADAS Há MAIS DE 40 ANOS EM UMA LINHA DE TRANSMISSÃO

ANTUNES, A.(1);MOREIRA, I.S.(2); - PLP(1);COPEL(2);

Este trabalho tem por objetivo demonstrar o desempenho de emendas totais preformadas retiradas de campo pela Copel, após operação por um período superior a quarenta anos. As emendas citadas são provenientes da interligação Uberaba ? Capanema em 69 kV, a qual foi construída no final da década de 50 para escoar a

energia gerada na Usina de Guaricana (usina de propriedade da Copel Geração e Transmissão S.A., no Paraná). As emendas foram retiradas de um trecho aéreo que foi alterado para subterrâneo em virtude da construção de uma ponte estaiada na Avenida Comendador Franco (Avenida das Torres), próximo à Vila Torres. Os ensaios de resistência a ruptura (tração), aquecimento e ciclo térmico foram realizados sobre as amostras (originais) aplicadas em condutor HAWK 477 MCM, de diâmetro 21,80mm, formação 26 x 7 fios. Serviram como parâmetros para estes ensaios as normas NBR-7095 e ANSI C 119.4 item 6.0.

Perguntas e respostas:

A) A) Tendo em vista a crescente utilização de condutores fabricados com diferentes ligas de alumínio, destacando-se os condutores termorresistentes, poderiam os autores descrever as tecnologias de emendas preformadas existentes para esses tipos de cabos?

Atualmente os fabricantes possuem emendas preformadas para os cabos Liga e termoresistentes, de acordo com o tipo de material e bitola do condutor. A mais utilizada é a emenda total preformada que é mais comprida do que a emenda para cabos CAA, em virtude da ausência de alma e necessidade de área maior de atrito.

B) B) Considerando que os cabos condutores com emendas estão tracionados em serviço, há diferenças observadas quando se mede a resistência elétrica em condições sem tracionamento? Como foram realizadas as medições de resistência no cabo e na emenda?

As medições de resistência foram realizadas com o cabo na sua condição de repouso, ou seja, sem tração. Entendemos que esta seria a condição mais crítica, uma vez que tracionado a pressão de contato entre os tentos da emenda e do condutor é maior. Essa situação, porém, não foi abordada em nossos ensaios.

C) C) O IT destaca que a má aplicação de emendas, com o aumento de resistência elétrica, bem como os fatores como ação dos ventos e correntes de curto podem elevar a temperatura das emendas, gerando o rompimento do condutor com consequente desligamento da linha e prejuízos tais como perda de receita e risco à vida. Assim, os autores poderiam listar os fatores predominantes que levam a geração de má aplicação de emendas nas linhas aéreas?

A má aplicação das emendas pré-formadas deve-se a: -Falta de conhecimento e/ou treinamento; -Uso indiscriminado do "Penetrox" (composto anti-óxido), além da faixa de aplicação recomendada pelo fabricante; -Superfície do cabo suja (terra, graxa, oxidação, impurezas); -Emenda incompatível com o cabo; -Reutilização de emendas com a consequente perda do abrasivo que gera o atrito entre as superfícies; -Danos às emendas durante o lançamento de cabos (interferências com bandolas, proteções, etc.); -Aplicação de emendas novas sobre cabos velhos.

**Comentário:** Trabalho interessante com resultados de teste de ativo em operação e que pode agregar boas informações para a exploração dos ativos em operação no Brasil. É um trabalho que não sugere nada de novo, mas apresenta resultados de campo de valor para a comunidade de linhas aéreas.

### 3.32 - A EXPERIÊNCIA DA COSERN COM INSPEÇÕES AÉREAS EM LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO EM 69KV UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

VERÍSSIMO, A.H.(1); - COSERN(1);

Na busca constante de projetos inovadores que contribuam para a melhoria no processo de inspeção em redes de distribuição de energia elétrica, a Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) investiu em um projeto de inspeção em linhas de subtransmissão utilizando veículo aéreo não tripulado ? VANT. O projeto teve por objetivo avaliar as condições estruturais e de segurança de algumas linhas de subtransmissão, com tensão nominal de 69KV, do sistema da COSERN por meio de inspeções aéreas em toda a extensão dessas instalações, situadas em regiões urbanizadas e rurais, utilizando VANTS, baseado em sistema de captura de imagens.

Perguntas e respostas:

A) A) Na hipótese de compra de uma aeronave dos fabricantes consagrados do mercado, citada no IT como tendo sido cogitada no planejamento das atividades, seria viável o treinamento de equipes próprias para a adequada operação do VANT e realização da inspeção aérea com resultados satisfatórios?

Consideramos que a compra de uma aeronave e treinamento de pessoal próprio seria sim viável. Porém optamos pela contratação de uma empresa parceira, por entendermos que as habilidades de pilotagem segura, é adquirida com o tempo e com a prática. E isso poderia atrasar a o objetivo do projeto, que seria avaliar se a qualidade das imagens trariam a possibilidade de identificação de defeitos nas instalações.

B) B) O IT apresenta que após apresentação das propostas comerciais deu-se início ao processo de avaliação das mesmas. As propostas selecionadas passaram pela avaliação técnica individual de cada empresa. Com os pareceres técnicos e comerciais definidos a empresa vencedora do certame foi a SOFTMAPPING ENGENHARIA, CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO LTDA. Assim, os autores desse IT poderiam detalhar melhor quais foram as dimensões técnicas e comerciais que foram definidas para a concorrência?

Um fator que sempre é considerado em qualquer organização é a questão dos custos de cada contrato, ou seja, a proposta comercial teve um peso relevante na escolha da empresa. Porém esse não foi o único critério adotado, foi analisado principalmente a experiência da empresa em atuação em SEP. A Softmapping comprovou que já havia prestado serviços para outras distribuidoras, esses serviços foram mais simples do que aquele que a COSERN propôs, mas já foi um diferencial.

C) C) O IT apresentou uma visão sobre os custos do Projeto. Mediante contrato foi estipulado que os custos individuais de cada estrutura fotografada seria R\$ 256,32, que gerou um subtotal de R\$ 60.235,20 e valor global de R\$ 74.662,74. Neste projeto foram percorridos aproximadamente 30 Km de linhas de subtransmissão de energia elétrica, captadas imagens de 235 estruturas em 9 dias de trabalho, foram tomadas em média de 10 fotos por estrutura. Assim, os autores poderiam apresentar a visão financeira desse mesmo processo se fosse realizado pela forma tradicional, isto é, sem uso de Drones?

Essa avaliação não pode ser feita apenas considerando a ciência exata da matemática, primeiro porque essa distância de 30Km e a quantidade de 235 estruturas não poderia ser alcançada em apenas 9 dias, pelos métodos tradicionais, escalando todas as estruturas, essa atividade com 3 colaboradores levaria no mínimo 26 dias, outro fator importante com a captura das imagens os registros ficaram permanentemente acessíveis para serem consultados a qualquer momento sem um novo custo de enviar novamente o inspetor ao local da instalação e podendo ser realizadas comparações com novas coletas para verificar possíveis evoluções dos defeitos. E o mais importante com utilização do método de captura de imagem diminuiu consideravelmente o risco da atividade já que os inspetores não precisariam mais escalar as estruturas. Mas ainda assim fizemos um levantamento dos custos para a mesma atividade pelos métodos tradicionais considerando basicamente valores financeiros de horas trabalhadas, despesas de alimentação e transporte, fazendo uma análise rusticata ela seria de aproximadamente R\$ 9.000,00. Essa análise nos levou a trabalhar a hipótese da aquisição de algumas aeronaves para execução das inspeções com equipe própria. Mas isso seria a evolução do processo, pois não foi o foco do projeto, que seria verificar se haveria ganho na produção o uso de VANTS na captura de imagens.

**Comentário:** Trabalho muito bem elaborado. Resultado financeiro muito expressivo.

### 3.33 - NOVO SISTEMA DE INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO BASEADO EM RECONSTRUÇÃO TRIDIMENSIONAL DE FOTOGRAFIAS AEREAS

CUNHA, L.V.(1);AMARAL, M.V.D.A.(1);PINTO, P.(2);PIMENTA, G.P.(2); - CEMIG(1);VISUALVIRTUAL(2);

Neste Informe Técnico, apresentamos uma nova tecnologia para inspeção de linhas de transmissão baseada em visão computacional. Utilizando um conjunto de câmeras em uma plataforma estabilizada de angulação autônoma, obtêm-se múltiplas imagens georreferenciadas e em alta resolução da infraestrutura da linha, incluindo elementos condutores. Processando estas imagens, obtém-se um modelo tridimensional de precisão topográfica. Esta tecnologia promete revolucionar a forma como é realizado o monitoramento aéreo de linhas de transmissão atualmente, pois permite a realização da inspeção de linha em escritório, em um ambiente virtual, além de oferecer ferramentas precisas de medida, auxiliando o a tomada de decisões em manutenção.

Perguntas e respostas:

A) A) Uma vez que a tecnologia desenvolvida teve resultados experimentais de alta precisão, é possível que, com sua utilização, se possa eliminar por completo a necessidade de inspeções visuais rotineiras com foco nos aspectos de manutenção?

A medida que a tecnologia desenvolvida amadureça de protótipo de P&D para produto de mercado o objetivo é exatamente gradualmente substituir inspeções de rotina visuais convencionais, notadamente em linhas de grande extensão.

B) B) A proposta indica a substituição da inspeção visual pela inspeção virtual, na visão dos autores. Foi realizada alguma avaliação comparativa entre as duas para caracterizar vantagens e desvantagens entre elas? Há alguma mudança na periodicidade da realização sob o ponto de vista técnico e econômico?

A inspeção visual convencional, como feita hoje, tem apresentado resultados satisfatórios, no entanto, apresenta um certo risco à segurança da equipe em função do voo em baixa altitude, da ordem de 50 a 70 metros, ao contrário do sistema proposto, que opera a 300 metros. No processo convencional, mesmo operando a velocidade baixa, a janela de oportunidade para a detecção de problemas é reduzida e altamente dependente do pessoal técnico, gerando apenas um relatório pontual por escrito. No processo desenvolvido a inspeção pode ser feita no tempo necessário, tendo-se ainda a possibilidade de visualização de cada elemento por fotos de múltiplos pontos de vista. Além disso, conta-se com a possibilidade de comparação com levantamentos em datas diferentes. O sistema desenvolvido também prevê a incorporação no ambiente de inspeção de imagens obtidas por outros sistemas, como Drones. Dessa forma, as imagens obtidas por Drones poderão ser comparadas com as imagens obtidas pelo próprio sistema Quanto à periodicidade de inspeção, por enquanto está previsto usar a mesma periodicidade atual, ou seja, levantamentos anuais. O custo do levantamento pelo novo processo atualmente é similar ao processo convencional, com produto nitidamente superior. Espera-se uma redução substancial ao longo do tempo com o amadurecimento da tecnologia.

C) C) O IT apresentou o levantamento de campo para inspeção do trecho Guilman Amorim - Ipinga que foi realizado entre os dias 20 a 24 de outubro de 2016. Foram levantados aproximadamente 50 km lineares de linha, em 4 voos em uma aeronave equipada com o sistema de aquisição de dados do Trixel Linha de Transmissão, totalizando 12 horas de voo. Assim, os autores poderiam apresentar a dimensão financeira dos custos envolvidos nessa etapa de campo e de pós-processamento das

informações?

Como todo projeto pioneiro, os custos dessa operação foram maiores do que o esperado no futuro, da ordem de dezenas de milhares de reais. Esses custos, no entanto, foram absorvidos pela empresa desenvolvedora, sendo considerados investimentos. Como já relatado, o objetivo é que os custos sejam no máximo equivalentes aos de hoje, com tendência a diminuir ao longo do tempo.

**Comentário:** Trabalho de evolução tecnológica que pode agregar valor para áreas de manutenção de linhas aéreas. Automação do processo de inspeção e análise das imagens deve romper paradigmas para o setor de manutenção de linhas aéreas no médio e longo prazo.

### 3.34 - RECAPACITAÇÃO DE LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO COM CABOS DE BAIXA FLECHA E ALTA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO

GUERRA, L.N.D.A.(1); - Marte(1);

Neste IT, o custo total de uma nova LTA convencional será confrontado ao de uma recapacitação de LTA existente utilizando cabos condutores com alma constituída por um composto híbrido de fibra de carbono e de vidro embutido em uma matriz de resina termooestável de alta temperatura (ACCC). Serão estudados três perfis de terreno: plano, pouco ondulado e muito ondulado; e dois níveis de tensão, 500 kV e 230 kV. Para cada combinação, o custo do recondutoramento será comparado ao custo de implantação de uma nova LTA, concluindo por indicar o recondutoramento com cabos ACCC como mais econômico.

Perguntas e respostas:

A) A) Poderiam os autores melhor explicitar os custos de materiais e serviços considerados na comparação das alternativas LT Nova versus Recondutoramento? O custo por km do cabo ACCC para LT 500 kV é de apenas 1 dos condutores do feixe? Não há diferença entre os custos por km de lançamento de cabos e de serviços civis para as LTs 500 kV e 230 kV? Como chegar aos custos citados no item 5?

O custo dos materiais foi obtido no banco de dados para implantação de LTs disponível na internet. O custo dos cabos ACCC foi cotado em fornecedores reais, brasileiros e sim, se referem a apenas um dos condutores do feixe. Os custos civis e de lançamento de cabos são distintos em linhas de 500 kV e 230 kV, mas esta diferença é pouco significativa frente aos demais custos envolvidos.

B) B) O IP concluiu que comparando o custo do recondutoramento com os valores da Figura 6, pode-se concluir que o recondutoramento com cabos tipo ACCC é economicamente vantajoso frente à construção de nova LTA, principalmente quando o custo de aquisição de novas faixas de passagem é elevado. Nesse contexto, os autores poderiam simular as perdas elétricas por efeito Joule considerando o uso dos cabos tipo ACCC frente a construção de nova LTA? Qual seria o comportamento do custo financeiro das perdas elétricas médias anuais por efeito Joule para as duas soluções, isto é, com uso ACCC ou construção de nova LTA com condutores convencionais?

Com custos de implantação das linhas de transmissão cada vez mais elevados, as perdas elétricas certamente devem ser avaliadas com maior atenção. Atualmente, os editais de transmissão pouco exigem nesse quesito que, a longo prazo, pode impactar no lucro das transmissoras. Essa questão, nada modesta, requer espaço foco e espaço suficiente para uma análise completa e, visto o crescente interesse por cabos não convencionais, certamente será alvo de trabalhos específicos.

C) C) O IP apresenta a escolha do cabo para o recondutoramento que deverá levar em consideração a corrente máxima da LTA, campos elétricos superficiais, níveis de rádio interferência e campos eletromagnéticos. Obviamente, as flechas para a temperatura de operação também devem ser, no máximo, iguais às da LTA original. As trações também devem ser tais que, para todas as hipóteses de carregamento das estruturas, os carregamentos resultantes também sejam menores ou iguais às da série original. Nesse sentido, os autores não pensaram em fazer alteração nos feixes para melhorar a otimização da solução global, como por exemplo, reduzir o número de condutores por feixe utilizando condutores ACCC de diâmetro maior?

Certamente, ao utilizar cabos não convencionais, neste caso o tipo ACCC, a quantidade de soluções viáveis para garantir os mesmos parâmetros elétricos e mecânicos aumenta substancialmente. Diminuir a quantidade de condutores nos feixes utilizando cabos ACCC com maior diâmetro é viável e certamente será o foco em futuros trabalhos. Vale salientar que essa alternativa traz outras implicações que devem ser analisadas, como a temperatura de operação da LT.

**Comentário:** Trabalho que demonstra uma aplicação bem clara da viabilidade atual dos condutores especiais quando aplicados em estudos de recondutoramento. Apesar do elevado custo dessa tecnologia o ganho na aplicação está se mostrando viável em função da reutilização das mesmas estruturas e com aumento significativo da potência das linhas

### 3.35 - IMPLANTAÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA 230KV CIRCUITO DUPLO DA COPEL

TONETTI, M.(1);HOFFMANN, J.N.(1);MOREIRA, I.D.S.(1); - COPEL GERA O E TRANSMISS O SA(1);

Este artigo apresenta o case do projeto de uma Linha de transmissão subterrânea (LTS) 230kV circuito duplo, com 8km de extensão onde foi comparada, técnica e economicamente com a mesma LT aérea equivalente. Através desta comparação evidencia-se o ganho propiciado pela tecnologia de cabos isolados seja pela vantagem dos aspectos ambientais e visuais, ou pela velocidade de execução e implantação ou ainda pela otimização da rota de implantação. As instalações do sistema elétrico de potência que estão prestes a não atender aos critérios de transmissão de energia estabelecidos pelo planejamento, devem ser adequadas à nova demanda através de alternativas técnicas e economicamente viáveis. Entre as alternativas possíveis estão a recapacitação de instalações existentes ou a proposição de instalação de novos circuitos, subestações e linhas de transmissão. Particularmente as linhas de transmissão, novos circuitos inferem a necessidade de diferentes rotas ao traçado possibilitando a melhor escolha, em função do balanço técnico-econômico, entre as possíveis formas construtivas: LT aérea com postes de concreto, LT aérea com estruturas metálicas e LT subterrânea com cabos isolados.

Perguntas e respostas:

A) A) O Comitê de Estudo de Linhas Aéreas do Cigré internacional apresentou recentemente estudo elaborado indicando novos projetos de estruturas de transmissão adotados ao redor do mundo que tinham como principal característica o projeto visual que permitia um convívio amigável com a sociedade. Diante da relação estabelecida com a população de Curitiba, por que esta alternativa não foi aplicada?

Estruturas de transmissão com silhuetas inovadoras e que permitam um convívio amigável com a sociedade torna-se uma alternativa excelente para minimizar os impactos visuais envolvidos. Contudo, esta alternativa não foi utilizada em função de que o empreendimento em questão já foi concebido como subterrâneo pela EPE desde o seu leilão, elaborado e executado pela ANEEL. Outra justificativa, embora secundária, é a de que na região o espaço para construção de um circuito duplo aéreo ou dois circuitos simples em 230kV urbano encontraria muitas dificuldades de implantação devido ao espaço reduzido, traçado mais longo e diversas interferências.

B) B) Sabe-se que o software RTTR ( Real time Temperature Rating) pode ser utilizado em condições de emergência em um período de 10 minutos até 2000 horas cobrindo portanto um período de algumas horas até dias, desta forma quais são as considerações dos autores sobre esta ferramenta com relação a LTS em questão?

O edital Aneel que define as características mínimas desta LT prescreve que a mesma deve possuir o sistema de monitoramento de temperatura. Assim, o mesmo está previsto para instalação, sendo composto também por hardware específico e dois pares de fibra óptica multimodo em cada condutor. Mesmo o sistema podendo cobrir alguns dias de operação em condições de emergência, há limitações operacionais para esta condição, além da existência do segundo circuito (a LT é em circuito duplo) que pode operar como backup do primeiro ou, em tais condições, dividir a carga do circuito reduzindo a sobrecarga.

C) C) No tocante a distância entre os circuitos o autor informa que a mesma foi decorrente de solicitações da área de manutenção. Qual seria então a distância entre os circuitos se apenas os parâmetros térmicos (temperatura do ambiente circundante, resistividade térmica do terreno) fossem considerados, uma vez que, é sabido ser considerável a influência destes no cálculo de ampacidade de cabos de potência?

Na verdade a distância calculada atende aos parâmetros térmicos e, em acordo com a equipe de manutenção atende também os requisitos de segurança solicitados.

**Comentário:** Os autores descrevem o empreendimento relativo a implantação de Linha de Transmissão Subterrânea na tensão de 230 kV, que será integrado a Rede Básica do Sistema de Transmissão Nacional. Demonstra de certa forma não estar ainda muito familiarizado com o vocabulário normalmente aplicado em sistemas de cabos isolados(exemplo : utilizou o termo "buraco" para emendas, ao se referir às caixas de emendas enterradas. Seria importante ter sido citado no artigo que a instalação de sistema de monitoramento de temperatura (DTS + RTTR software) é um dos requisitos básicos exigido pelo Operador Nacional do Sistema para todas as Linhas de Transmissão Subterrâneas que integrarão a Rede Básica da malha de transmissão Nacional, pois permite obter a capacidade de corrente em tempo real tendo em vista a temperatura observada no condutor.

## 4.0 TÓPICOS PARA DEBATE

Na eventual disponibilidade de tempo, durante as apresentações em plenária, sugere-se os seguintes tópicos para debate adicional:

\* aplicações de novas tecnologias e de novos critérios para operação e manutenção de linhas aéreas em regiões de floresta densa (exemplo da Floresta Amazônica);

\* experiências e desenvolvimento de novos materiais em isoladores e condutores de LTs;

- \* os maiores desafios da CC no Brasil. Visão de futuro e oportunidades de novos empreendimentos;
- \* os desafios para a formação profissional dos novos engenheiros e técnicos no setor de linhas de transmissão;
- \* implantação de novas LTs, nos seus diferentes setores (projeto, construção, manutenção, etc.) por meio de tecnologias e técnicas ainda não convencionais (por exemplo: com níveis mais elevados de tensão, com maiores feixes de condutores, estruturas compactas, com monitoramento dos ativos em tempo real, etc);
- \* a ampliação das redes subterrâneas nas grandes cidades
- \* uso de Drones em aplicações reais de manutenção de linhas aéreas;
- \* gestão de ativos de linhas aéreas de transmissão;
- \* acidentes com quedas de estrutura devido a fatores meteorológicos de grande intensidade.