



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

CB/GSE/31

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

**ESTUDO COMPARATIVO DAS TECNOLOGIAS CONVENCIONAL E ISOLADA A GÁS PARA O
REISOLAMENTO DA SUBESTAÇÃO COLOMBO 69 kV PARA 138 kV**

Robson Casagrande Kunz de Oliveira
COPEL Distribuição S.A.

Jean Michell de Bona Mattos
COPEL Distribuição S.A.

RESUMO

O presente trabalho apresentará o desenvolvimento da solução técnica adotada para possibilitar a conexão da subestação Colombo 69 kV à subestação Curitiba Norte 230/138 kV, proveniente do lote 6F do leilão de transmissão Aneel de novembro/2013.

O foco principal do trabalho é demonstrar as vantagens levantadas na utilização da tecnologia GIS (Subestação Isolada a Gás) no reisolamento da Subestação Colombo de 69 kV para 138 kV, em comparação com a tecnologia AIS (Subestação Isolada a Ar) ou “convencional”.

PALAVRAS-CHAVE

Reisolamento, Subestação, GIS, AIS, MUST.

1.0 - INTRODUÇÃO

Em novembro de 2013 a Copel Geração e Transmissão S.A. arrematou o lote 6F do leilão de transmissão da Aneel. Este lote é composto pela construção da nova subestação Curitiba Norte 230 kV, a qual será interligada em 230 kV com as subestações Bateias 500 kV e Pilarzinho 230 kV, ambas de propriedade da Copel Geração e Transmissão S.A., e em 138 kV com as subestações Colombo 69 kV e Rio Branco do Sul 69 kV, ambas de propriedade da Copel Distribuição S.A, além da construção da nova linha de transmissão Bateias-Curitiba Norte 230 kV. Tais obras são de vital importância para a região metropolitana de Curitiba (RMC), uma vez que com a entrada em operação da subestação Curitiba Norte 230 kV o sistema de 138 kV dessa região será provido de maior robustez, além de aliviar o carregamento do sistema de 69 kV existente.

Visando possibilitar a conexão da subestação Curitiba Norte com o sistema de 138 kV da RMC, uma série de obras foram previstas nas subestações e linhas que possuem interface com esta subestação, sendo uma das principais obras realizadas na subestação Colombo 69 kV.

Localizada no estado do Paraná, na cidade de Colombo, a subestação Colombo 69 kV é do tipo AIS, com arranjo barra principal e transferência, possuindo dois transformadores de potência conforme características abaixo:

- 1) Transformador 1: 69/13,8 kV – 25/25 MVA;
- 2) Transformador 2: 69/34,5/13,8 kV – 20,83/16,67/12,50 MVA.

O terreno desta subestação apresenta uma área de aproximadamente 8750 m², os quais foram divididos entre seus setores de 69, 34,5 e 13,8 kV, além da casa de comando existente. Na figura 1 é apresentada a situação original da subestação Colombo 69 kV.

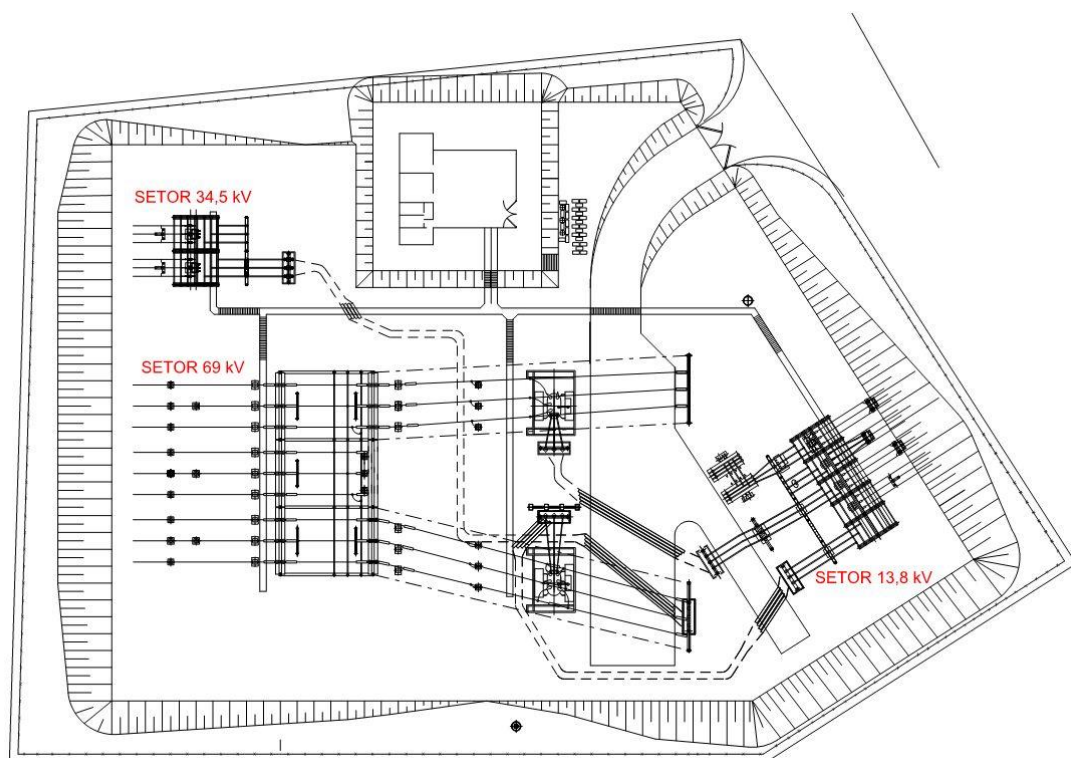


FIGURA 1 – Subestação Colombo 69 kV original

O setor de 69 kV é composto por três linhas de transmissão 69 kV (Rio Branco do Sul, Santa Mônica e Guaraituba) e dois bays de conexão com transformador de potência. O transformador 2 (único com enrolamento de 34,5 kV) alimenta o setor de 34,5 kV, composto por dois alimentadores (Almirante Tamandaré e Bocaiúva do Sul), enquanto ambos os transformadores 1 e 2 alimentam o setor de 13,8 kV, composto por 4 alimentadores (Campininha, Rosário, Bracatinga e Boichininga) e um banco de capacitores.

Para viabilizar a conexão da subestação Colombo 69 kV com o novo sistema de 138 kV que será implementado na RMC, é necessário efetuar todo o reisolamento do setor de 69 kV dessa subestação para 138 kV.

O reisolamento deverá ocorrer com o setor de 69 kV existente sendo mantido em funcionamento, uma vez que não existe a possibilidade de desligar a subestação Colombo 69 kV por completo durante o período da obra (a transferência de carga da subestação Colombo para outra subestação da região não é possível).

Como agravante, apenas um dos dois transformadores possui enrolamento de 34,5 kV (transformador 2), mas tal equipamento não apresenta capacidade para suportar todo o setor de 13,8 kV, haja visto que a potência máxima que consegue ser suprida por este transformador é de 12,50 MVA e a potência requerida pelo setor de 13,8 kV existente supera os 20 MVA.

Além disso, ressalta-se que todas as obras previstas na subestação Colombo devem ser finalizadas até a data de entrada em operação da subestação Curitiba Norte, prevista para julho/2016, uma vez que a Copel Distribuição S.A. ficará sujeita a multa referente à contratação do Montante de Utilização do Sistema de Transmissão (MUST). Segundo simulações realizadas pela COPEL Distribuição S.A, a multa do MUST poderá atingir patamares superiores à R\$ 20.000.000,00. Foram consideradas no computo do valor as ultrapassagens previstas nos pontos de Bateias, Campo Comprido, Santa Mônica e Pilarzinho e sobrecontratação no ponto de Curitiba Norte. A tabela 1 apresenta os valores obtidos nesta simulação.

Tabela 1 – Estimativa de multa de MUST no cenário de não energização da subestação Colombo

Mês	Ultrapassagens Máximas (mil*R\$))				Sobrecontratação (mil*R\$)	
	Bateias	Campo Comprido	Santa Mônica	Pilarzinho	Curitiba Norte 138 kV	Curitiba Norte 230 kV
Jul/16	R\$ 348	R\$ 311	R\$ 541	R\$ 950		
Ago/16	R\$ 348	R\$ 311	R\$ 541	R\$ 950		
Set/16	R\$ 348	R\$ 311	R\$ 541	R\$ 950		
Out/16	R\$ 348	R\$ 311	R\$ 541	R\$ 950		
Nov/16	R\$ 348	R\$ 311	R\$ 541	R\$ 950		
Dez/16	R\$ 348	R\$ 311	R\$ 541	R\$ 950		
Total	R\$ 2.090	R\$ 1.865	R\$ 3.247	R\$ 5.705	R\$ 4.707	R\$ 3.803
	R\$ 12.908				R\$ 8.510	
	R\$ 21.908					

Somando-se a esta multa, caso a subestação Colombo não seja energizada até 31/dezembro/2017, a COPEL Distribuição S.A. teria que arcar com mais uma multa que seria aplicada pela Aneel, a qual poderia ultrapassar os R\$ 3.000.000,00.

Diante da situação apresentada, foram estudados diversos cenários para viabilizar o reisolamento da subestação Colombo 69 kV em tempo hábil, reduzindo ao máximo possível as sanções administrativas que poderiam vir a serem aplicadas à COPEL Distribuição S.A.

Dentre os cenários estudados, dois merecem destaque:

- 1) Construção de um novo setor de 138 kV, padrão AIS, arranjo barra principal e transferência, utilizando-se de equipamentos de manobra híbridos, adjacente ao setor de 69 kV existente. Este setor seria construído em diversas etapas, resultando em sua fase final na desativação/demolição completa do setor de 69 kV existente;
- 2) Construção de um novo setor de 138 kV, padrão GIS abrigada, arranjo barra dupla, adjacente ao setor de 69 kV existente. Este setor seria construído também em diversas etapas, mas aproveitaria as estruturas existentes do setor de 69 kV para o encabeçamento das linhas de transmissão de 138 kV.

2.0 - CENÁRIO 1 – REISOLAMENTO UTILIZANDO A TECNOLOGIA AIS

Neste primeiro cenário o reisolamento da subestação Colombo 69 kV será dividido em seis etapas distintas, sendo elas:

- 1) Início da construção do novo setor de 138 kV no padrão AIS, arranjo barra principal e transferência, construindo um módulo de entrada de linha 138 kV e um módulo de conexão com transformador de potência, além da ampliação do setor de 34,5 kV mediante a instalação de um novo circuito geral para conexão de transformador de potência e um circuito de transferência (ver figura 2);
- 2) Desativação temporária do setor de 34,5 kV, conectando-se a subestação Almirante Tamandaré em 34,5 kV com a subestação Bocaiúva do Sul, e retirada do transformador 2, de seu circuito geral de 69 kV e dos cabos de potência dos seus gerais de 34,5 e 13,8 kV (ver figura 2);
- 3) Instalação de um novo transformador 138/34,5/13,8 kV – 30/30/30 MVA no local do antigo transformador 2 e instalação dos cabos de potência dos seus gerais de 34,5 e 13,8 kV, reenergizando o setor de 34,5 kV desativado na etapa anterior. Para a instalação do novo transformador foi prevista uma estrutura de encabeçamento provisória adjacente ao mesmo, possibilitando assim a sua conexão;
- 4) Desativação/demolição completa do restante do setor de 69 kV existente, incluindo a retirada do transformador 1;
- 5) Construção de três bays de entrada de linha 138 kV e de dois circuitos de conexão com transformador de potência, além da instalação do segundo transformador de 138/34,5/13,8 kV – 30/30/30 MVA no local do antigo transformador 1, bem como da instalação dos cabos de potência do seu circuito geral de 34,5 kV (ver figura 3);
- 6) Desmontar a estrutura de encabeçamento provisória do transformador 2, bem como alteração de bay deste equipamento e criação de um bay de transferência no setor de 138 kV.

Concluindo-se estas seis etapas, o reisolamento do antigo setor de 69 kV da subestação Colombo para 138 kV será finalizado, tendo como principal benefício o seu custo mais baixo de implementação, uma vez que subestações do tipo convencional são mais baratas que subestações do tipo GIS.

Entre os pontos negativos podemos citar o elevado número de desligamentos programados que deverão ser executados durante o período de obra, além do fato de, obrigatoriamente, ser necessária a disponibilização de uma linha de 138 kV para efetuar a primeira energização da subestação Colombo via setor de 138 kV. Neste caso a linha a ser utilizada seria a linha Almirante Tamandaré, com energização prevista inicialmente para meados de 2015, mas devido a vários problemas fundiários/ambientais, será concluída somente em abril/2017.

Outro ponto a ser levado em consideração é o grande tempo para a execução da obra já que, para este caso, poucas tarefas podem ser executadas de maneira paralela, alongando demasiadamente o tempo de execução das mesmas, fazendo com que a Subestação Colombo permanecesse conectada de maneira radial durante todo este período.

Ainda podemos levar em consideração o grande número de demolições e desmontagens que haverá para a execução da obra, o que não é vantajoso para a COPEL, já que esse tipo de obra não é remunerada pela Aneel (os elementos retirados seriam sucateados e retirados da base de remuneração da empresa, como por exemplo os pórticos de encabeçamento das linhas de 69 kV).

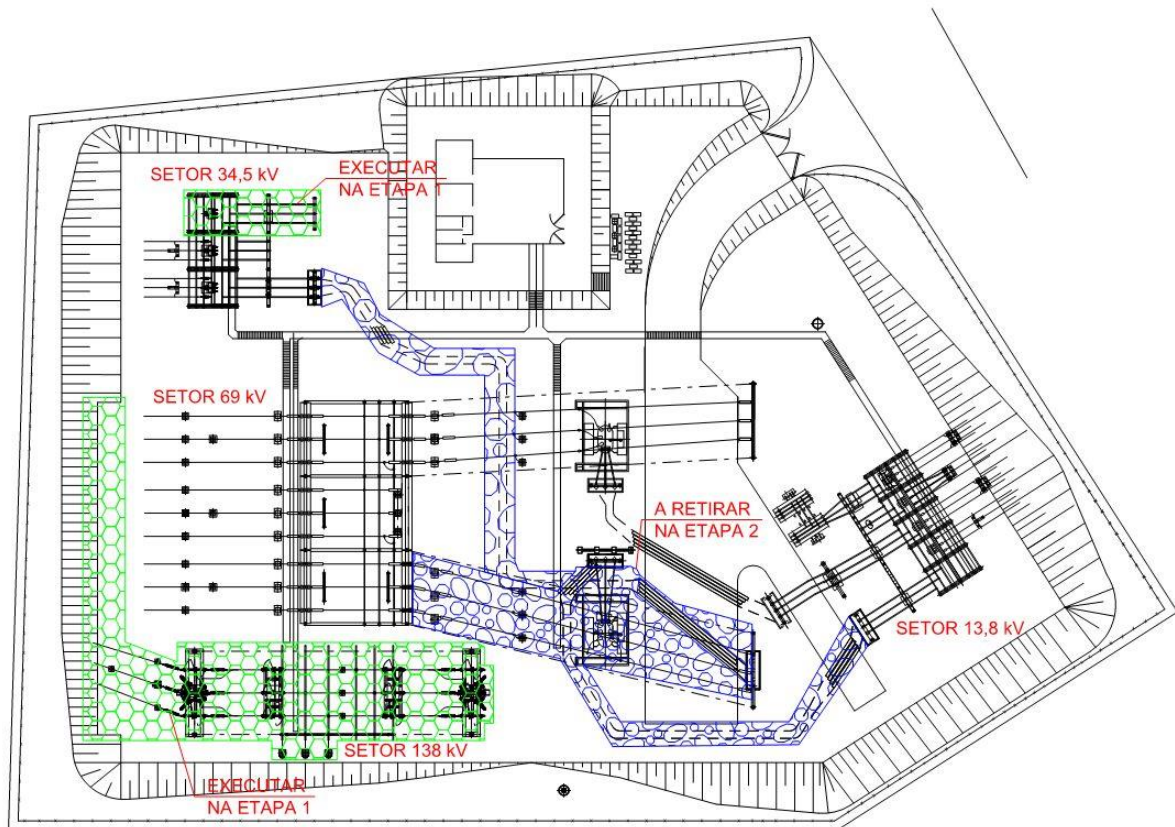


FIGURA 2 – Subestação Colombo 69 kV – Etapas 1 e 2 de reisolamento – Solução AIS

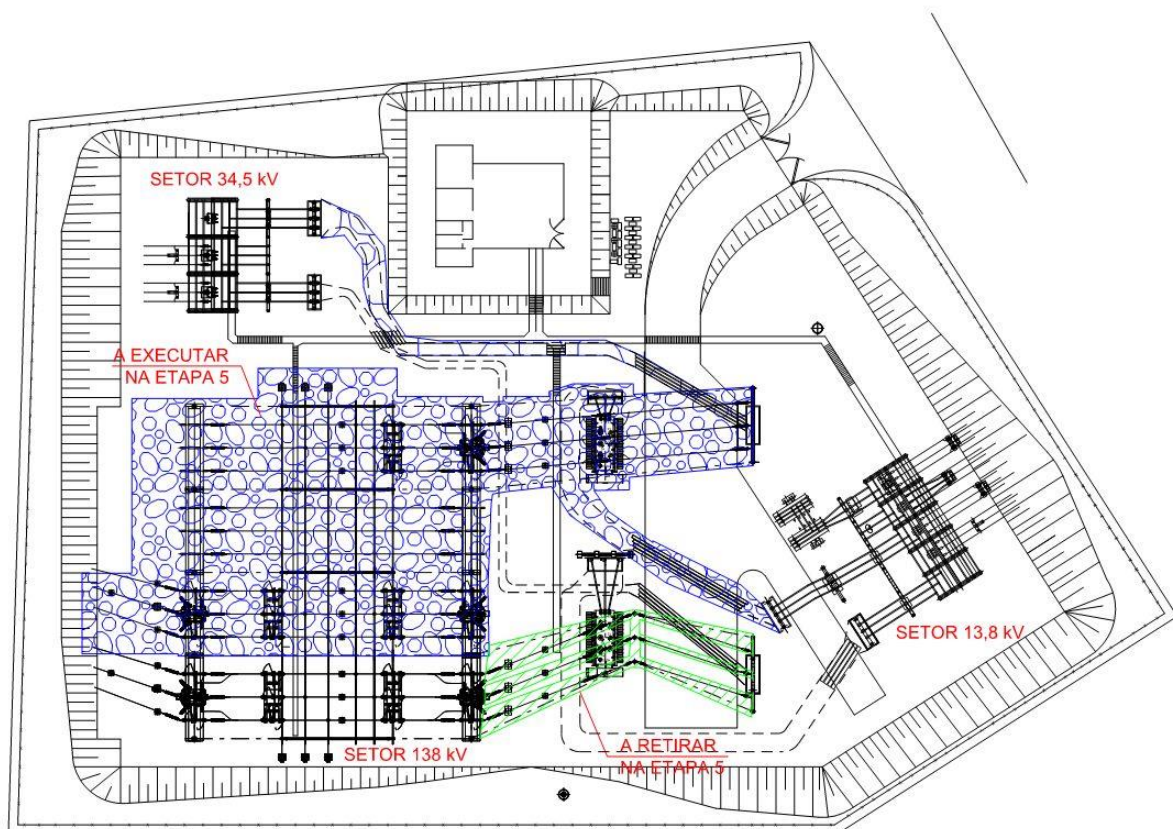


FIGURA 3 – Subestação Colombo 69 kV – Etapa 5 de reisolamento – Solução AIS

3.0 - CENÁRIO 2 – REISOLAMENTO UTILIZANDO A TECNOLOGIA GIS

No segundo cenário o reisolamento da subestação Colombo 69 kV será dividido em quatro etapas distintas, sendo elas:

- 1) Desativação temporária do setor de 34,5 kV, conectando-se a subestação Almirante Tamandaré em 34,5 kV com a subestação Bocaiúva do Sul, possibilitando a retirada do transformador 2 e de seus circuitos gerais de 34,5 kV e 13,8 kV, além do deslocamento dos transformadores de potencial de linha 69 kV para abrir espaço para a etapa 2;
- 2) Construção do novo setor de 138 kV no padrão GIS abrigada, em sua configuração final, arranjo barra dupla, com dois módulos de entrada de linha, dois módulos de conexão de transformador de potência e um módulo de interligador de barras, instalação de um novo transformador 138/34,5/13,8 kV – 30/30/30 MVA no local do antigo transformador 2 e reconstrução dos seus circuitos gerais de 34,5 e 13,8 kV além de reformar o setor de 13,8 kV existente;
- 3) Efetuar o encabeçamento das linhas de transmissão 138 kV, energizando a GIS, o novo transformador e os setores de 34,5 e 13,8 kV, possibilitando a desmontagem do restante do setor de 69 kV, do transformador 1 e de seus circuitos gerais;
- 4) Instalação do segundo transformador de 138/34,5/13,8 kV – 30/30/30 MVA no local do antigo transformador 1, bem como da reconstrução de seu circuito geral de 13,8kV e a construção de seu circuito geral de 34,5 kV, ampliando este setor instalando um novo circuito de transferência.

Ao final destas quatro etapas o reisolamento da subestação Colombo terá sido concluído, ressaltando-se aqui que ao término da segunda etapa todo o setor de 138 kV estará construído, restando apenas o encabeçamento das linhas de transmissão 138 kV para posterior energização da GIS e do novo transformador.

Como principal desvantagem para este cenário citamos o alto investimento envolvido, uma vez que a solução GIS é financeiramente menos atrativa que a solução AIS, pelo menos no curto prazo.

Sob o ponto de vista de vantagens, destacamos a facilidade para a execução da obra, reduzindo significativamente o número de intervenções no sistema, bem como a possibilidade de aproveitar o maior número possível de estruturas existentes para o encabeçamento das novas linhas de transmissão 138 kV.

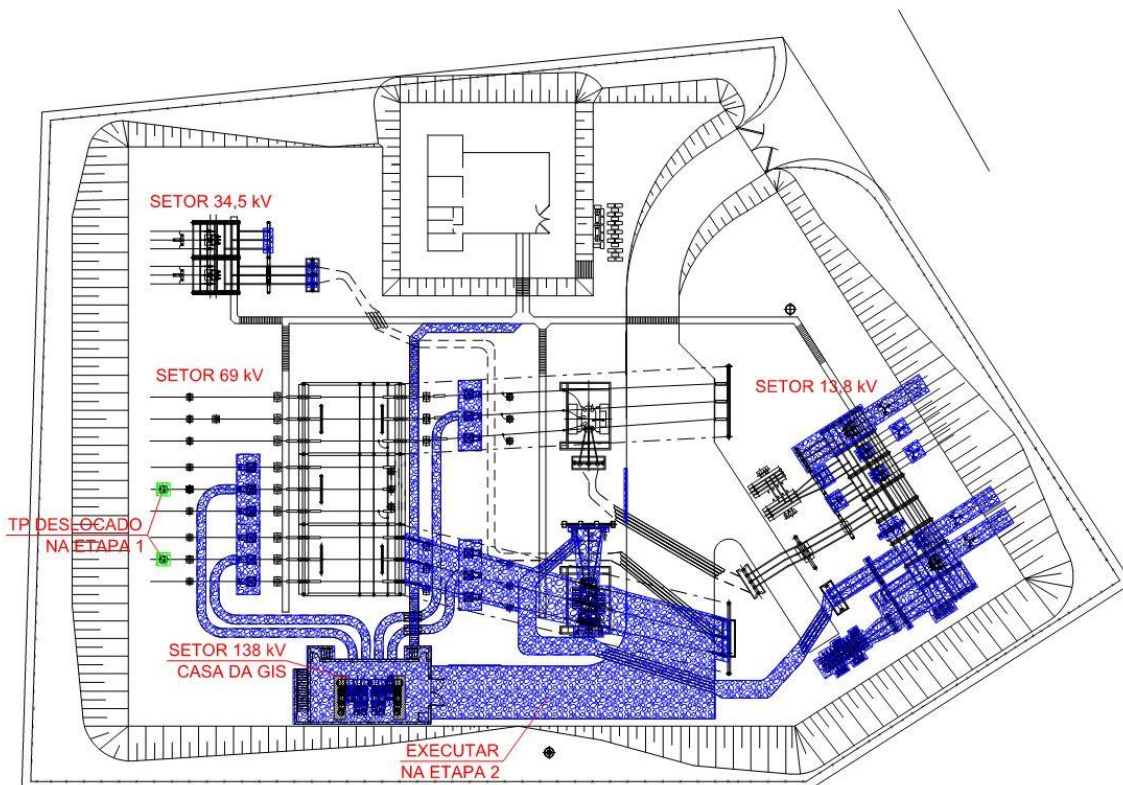


FIGURA 4 – Subestação Colombo 69 kV – Etapas 1 e 2 de reisolamento – Solução GIS

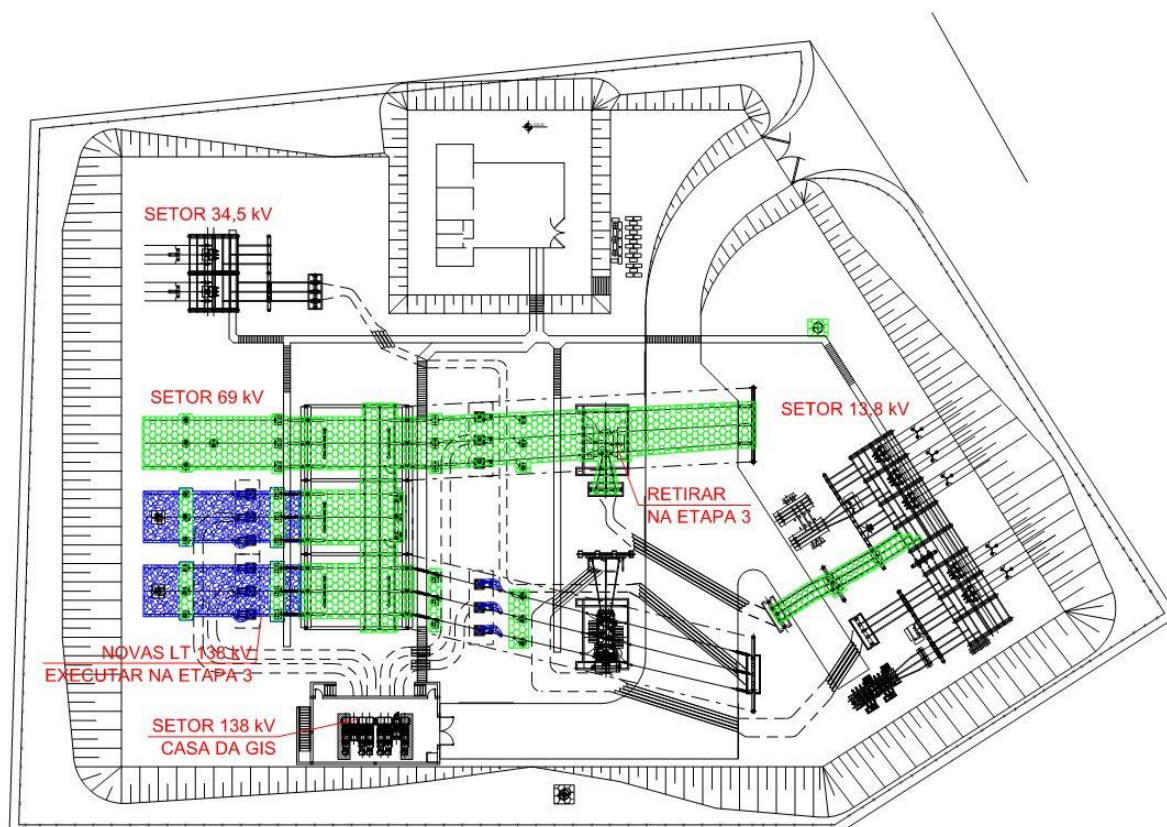


FIGURA 5 – Subestação Colombo 69 kV – Etapa 3 de reisolamento – Solução GIS

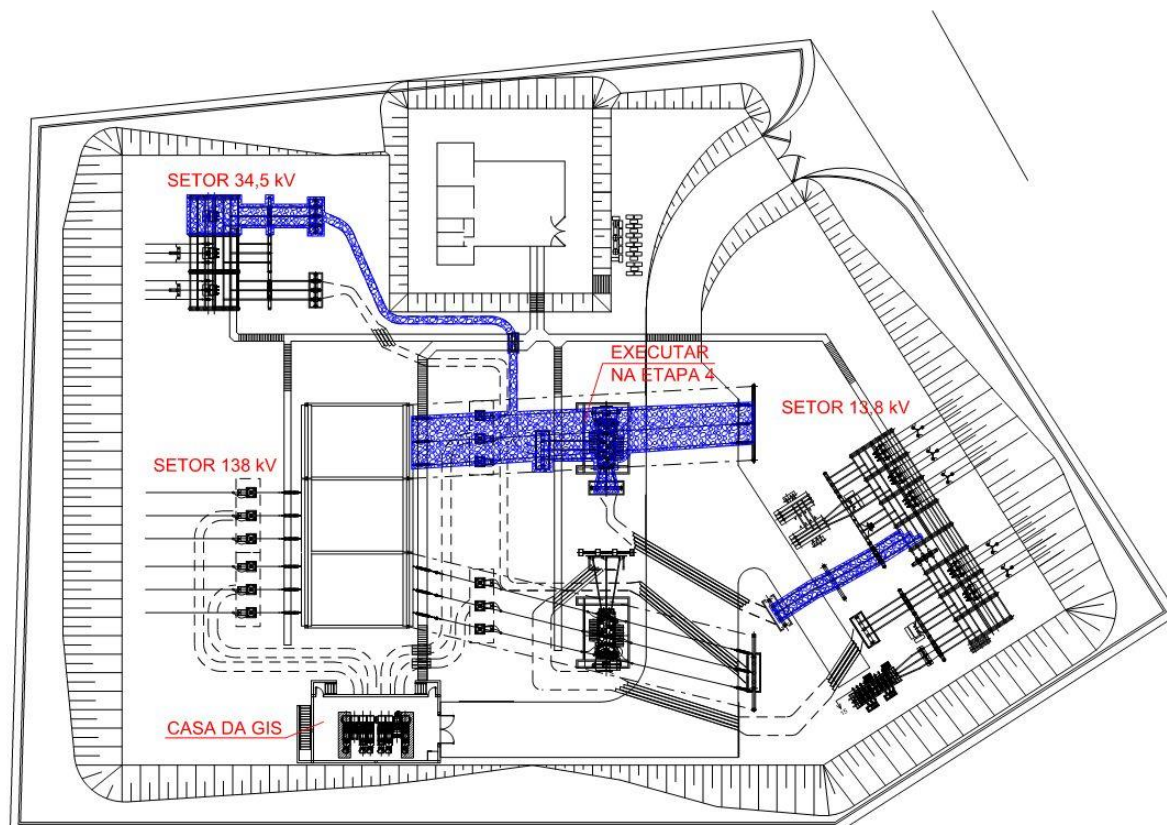


FIGURA 6 – Subestação Colombo 69 kV – Etapa 4 de reisolamento – Solução GIS

4.0 - BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA GIS EM DETRIMENTO DA TECNOLOGIA AIS

Caso a opção de reisolamento fosse a utilização da tecnologia AIS, a subestação Colombo ficaria operando durante um período de aproximadamente 12 meses (período estimado para execução da obra) alimentada apenas por Almirante Tamandaré (de forma radial) e com 1 transformador. Em caso de contingência na linha de transmissão ou no transformador não seria possível alimentar a carga pela subestação Colombo. Este fato, além de aumentar o DEC e o FEC da distribuição, ocasionaria grandes transtornos para o município de Colombo até que o problema fosse resolvido, o que pode demorar um tempo considerável dependendo da contingência.

Em virtude da perda de confiabilidade do sistema causado pela utilização da solução acima (AIS), da obrigatoriedade da energização da LT Colombo – Almirante Tamandaré e visando o atendimento contínuo e de qualidade para o consumidor da região de Colombo, foi optado pela utilização da tecnologia GIS (Gas Insulated Switchgear) para aplicação neste caso, apresentando as seguintes vantagens:

- Com a utilização da tecnologia GIS será possível realizar toda a obra de reisolamento da Subestação Colombo sem desligar ou remanejar nenhuma linha de transmissão. A subestação Colombo continuará sendo alimentada em 69kV pelas LT's Rio Branco do Sul, Santa Mônica e Guaraituba até o fim da obra garantindo a confiabilidade do sistema;
- Os desligamentos necessários para a migração das linhas de transmissão para a GIS serão de curta duração (será necessário executar apenas as conexões entre as linhas de transmissão e os terminais dos cabos isolados);
- Não é necessário que a linha de transmissão Colombo – Almirante Tamandaré esteja em funcionamento para a construção do novo setor de 138 kV;
- A tecnologia GIS possui maior confiabilidade e menor taxa de manutenção quando comparada com a tecnologia AIS. Segundo informações dos fabricantes desta tecnologia, é necessário realizar apenas inspeções visuais durante um período de 20 anos sem a realização de intervenções no sistema;
- Tempo previsto para execução da obra é de aproximadamente 13 meses a partir da assinatura do contrato. Estimando a assinatura do contrato até fevereiro de 2015, temos a Subestação finalizada até maio de 2016, atendendo o prazo de energização da subestação Curitiba Norte 230 kV previsto no edital do leilão aneel de novembro/2013.

5.0 - SOLUÇÃO ADOTADA SENDO APLICADA

Conforme levantamento comparativo acima, a solução adotada para o caso da subestação Colombo foi a aplicação da tecnologia GIS abrigada. Abaixo segue uma sequência de fotos da obra durante a sua execução.



FIGURA 7 – Subestação Colombo 69 kV – Execução da casa da GIS 138 kV – Etapa estrutural - Porão



FIGURA 8 – Subestação Colombo 69 kV – Execução da casa da GIS 138 kV – Etapa de execução de alvenaria



FIGURA 9 – Subestação Colombo 69 kV – Execução da casa da GIS 138 kV – Etapa de acabamento



FIGURA 10 – Subestação Colombo 69 kV – Execução da casa da GIS 138 kV – Parte interna



FIGURA 11 – Subestação Colombo 69 kV – Instalação dos Transformadores 138/34,5/13,8kV

6.0 - CONCLUSÃO

Analizando-se as duas opções técnicas apresentadas neste trabalho, pode-se concluir que a opção tecnicamente e financeiramente mais viável para a COPEL Distribuição S.A. é o reisolamento da subestação Colombo 69 kV através da tecnologia GIS, evitando-se deste modo uma série de sanções administrativas que poderiam vir a serem aplicadas pela Aneel.

Essa tecnologia possibilita a redução do prazo da obra como um todo, uma vez que o setor de 138 kV pode ser construído em uma pequena porção do terreno dessa subestação, já que as dimensões da casa para abrigar a GIS são extremamente reduzidas (aproximadamente 110 m²).

Não menos importante, o número de desligamentos no decorrer da obra utilizando-se a GIS reduz drasticamente, não sendo necessárias intervenções nas linhas de 69 kV até o momento de conexão das linhas de 138 kV nos pórticos da subestação.

Também podemos citar o ganho em manutenção que tal tecnologia traz para a COPEL, considerando que apenas inspeções visuais são necessárias por um longo período.

Outro ponto relevante é o aumento da confiabilidade do sistema de 138 kV da região de Colombo, uma vez que as subestações isoladas a gás possuem taxas de confiabilidade maiores se comparadas as subestações isoladas a ar.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIGRE 381 - GIS STATE OF THE ART – 2008
- (2) IEEE Std C37.122 - Guide for Gas-Insulated Substations
- (3) COPEL Distribuição S.A. – Memorial Descritivo Empreendimento Colombo, março/2015
- (4) ANEEL – Edital de Leilão nº 007/2013 – Anxo 6F – Lote F, novembro/2013E

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Jean Michel de Bona Mattos nasceu em Curitiba, estado do Paraná, Brasil, em 28 de janeiro de 1987. Graduiu-se no ano de 2010 em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrotécnica pela Universidade tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), tendo iniciado o curso de pós-graduação em Engenharia Industrial com ênfase em Projetos da Universidade Positivo (UP). Tem experiência em projetos elétricos industriais e atualmente trabalha na área de projetos eletromecânicos de subestações da COPEL Distribuição S.A., atuando como projetista eletromecânico de subestações até 138 kV, analista de materiais e equipamentos, bem como na gestão de contratos de obras de subestações.

Robson Casagrande Kunz de Oliveira, nascido em Foz do Iguaçu, estado do Paraná, Brasil, em 29 de novembro de 1984. Graduiu-se no ano de 2003 em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), com curso de Especialização do Sistema Elétrico (CESE) pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Tem experiência com estudos de sistema de proteção em tempo real (RTDS) e atualmente trabalha na área de projetos eletromecânicos de subestações da COPEL Distribuição S.A., atuando como projetista eletromecânico de subestações até 138 kV, analista de materiais e equipamentos, bem como na gestão de contratos de obras de subestações.