



Grupo de Estudo de Subestações e Equipamentos de Alta Tensão-GSE

Utilização de subestações isoladas a Gás nos projetos de Implantação e reisolamento para o nível de tensão de 138kV - Experiência da Copel Distribuição.

**ROBSON CASAGRANDE KUNZ DE OLIVEIRA(1); MARCIO DE ALMEIDA PINTO(1);
COPEL DIS(1);**

RESUMO

Este trabalho visa demonstrar a viabilidade na utilização de equipamentos isolados a Gás SF6 na construção de subestações de 69 a 138 kV nos grandes centros urbanos, possibilitando a redução do tamanho dos terrenos utilizados para a construção de subestações com equipamentos isolados a ar. Um segundo objetivo do trabalho é demonstrar as vantagens na utilização das subestações GIS nas obras de reisolamento de 69kV para 138kV nas subestações da Copel, localizadas em Curitiba e região metropolitana, realizando um paralelo com a utilização de equipamentos isolados a ar (AIS).

PALAVRAS-CHAVE

GIS, AIS, Reisolamento, Subestação, Terrenos

1.0 - INTRODUÇÃO

Com o grande crescimento da demanda, principalmente em grandes centros urbanos, existe a necessidade de ampliação das subestações existentes, construção de novas subestações e até mesmo o reisolamento de subestações existentes para níveis de tensão superiores (de 69kV para 138kV). Neste trabalho serão tratados os dois últimos casos, uma vez que na ampliação de subestações existentes, é seguido o padrão construtivo existente. No caso de construção de novas subestações em grandes centros urbanos, a utilização dos padrões construtivos convencionais com equipamentos isolados a ar (AIS – Air Insulated Substation) é praticamente inviável, em virtude dificuldade em encontrar terrenos com as dimensões necessárias para a construção de uma subestação com esta tecnologia, aliado ao altíssimo preço dos terrenos e a necessidade de integração com o meio-ambiente urbano. No caso de reisolamento de subestações existentes, na maioria dos casos, o terreno não possui espaço suficiente para a construção de novo setor com nível de tensão superior, uma vez que as subestações não podem ser desligadas durante a obra. Para reduzir os problemas supracitados, a Copel está utilizando, como padrão construtivo, subestações abrigadas com os equipamentos e barramentos de alta tensão encapsulados em SF6 (GIS – Gás Insulated Substation), o qual permite a integração com o meio-ambiente urbano, bem como a compactação desejada em ambos os casos.

2.0 - CONSTRUÇÃO DE NOVAS SUBESTAÇÕES 138/13,8KV

2.1 Utilização de Equipamentos Isolados a AR

Para a construção de subestações 138/13,8kV com a tecnologia AIS, a Copel tem adotado, como padrão, a construção do setor de 138kV na configuração de barra principal e transferência, com capacidade final para 4 linhas de distribuição de alta tensão (LDAT), 1 circuito de transferência e 2 transformadores com potência de 41,67MVA cada. Conforme pode ser visualizado na figura 1, a área necessária para a construção de uma subestação com equipamentos isolados a ar varia de 12.000m² a 15.000m².



Figura 01: Subestação Copel Arapoti 138kV

2.2 Utilização de Equipamentos Isolados a Gás SF6

Para a construção de subestações 138/13,8kV com a tecnologia GIS, a Copel tem adotado, como padrão, a construção do setor de 138kV na configuração de barra dupla a 3 chaves (BD3), com capacidade final para 4 linhas de distribuição de alta tensão (LDAT), 1 interligador de barras e 2 transformadores com potência de 41,67MVA cada. Conforme pode ser visualizado na figura 2, a área necessária para a construção de uma subestação com equipamentos isolados a gás é de aproximadamente 3.000m² sem verticalização. Considerando a possibilidade de verticalização da subestação, a Copel possui um projeto piloto com a construção de uma subestação, com as mesmas configurações descritas acima, em uma área de aproximadamente 1.800m², entretanto este projeto não será tratado neste trabalho.



Figura 02 – Subestação Copel Hauer 138kV

Para que seja possível obter o grau de compactação necessário para a construção da subestação em áreas que podem chegar a 10% da área total, se comparada com subestações AIS, é necessário utilizar cubículos blindados na construção do barramento de 13,8kV. Na figura 03, pode ser observado o arranjo eletromecânico da subestação Hauer.

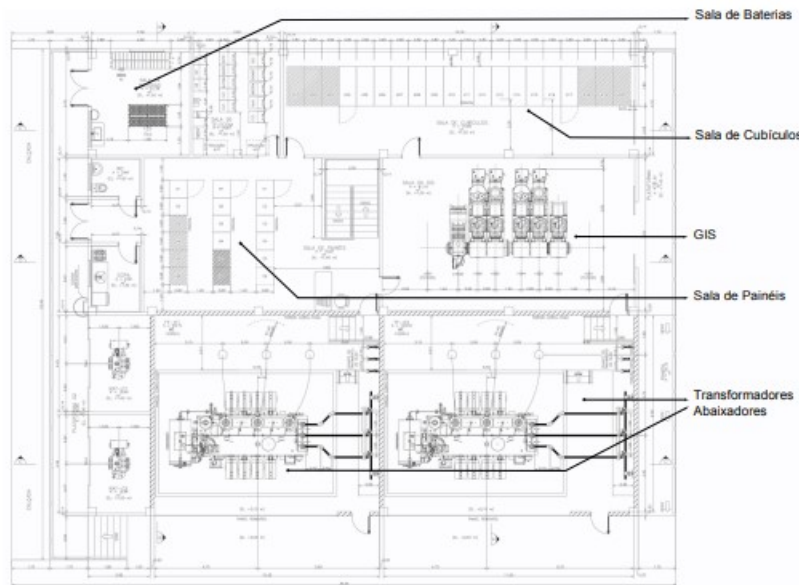


Figura 03 – Arranjo Eletromecânico da subestação Hauer 138kV

Conforme informado no início deste artigo, as subestações abrigadas possuem a característica de se integrarem ao meio-ambiente nas quais estão instaladas, reduzindo o impacto visual proveniente da sua construção. A Figura 04 mostra a fachada do prédio da subestação, a qual pode ser “confundida” com um simples prédio industrial.



Figura 04 - Fachada da subestação Copel Hauer 138kV

A utilização das subestações com equipamentos isolados a gás SF6 não está relacionado com uma tecnologia inovadora, uma vez que estes equipamentos vêm sendo desenvolvido desde a década de 60. No Brasil estes equipamentos são amplamente utilizados nas subestações internas às usinas hidrelétricas.

Devido ao fato de estarem isentas de contato com o meio externo, 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.

A principal desvantagem na utilização de subestações GIS está ligada ao preço da subestação, que pode ultrapassar os 150% do valor de uma subestação convencional. Neste caso, o que viabiliza a construção de uma subestação GIS nos grandes centros é o elevado custo do m² para aquisição do terreno, possibilitando a equiparação dos valores finais de implantação. A tabela 1 foi montada estimando alguns valores para o m² e calculando a diferença para subestações Convencionais e GIS.

Tabela 01: Comparativo de valores para terrenos de subestações.

Tipo	m ²	R\$/m ²			
		R\$ 500,00	R\$ 1.000,00	R\$ 2.000,00	R\$ 3.000,00
GIS	3.000	R\$ 1.500.000,00	R\$ 3.000.000,00	R\$ 6.000.000,00	R\$ 9.000.000,00
Conv. 1	12.000	R\$ 6.000.000,00	R\$ 12.000.000,00	R\$ 24.000.000,00	R\$ 36.000.000,00
Conv. 2	15.000	R\$ 7.500.000,00	R\$ 15.000.000,00	R\$ 30.000.000,00	R\$ 45.000.000,00
GIS-Conv. 1		-R\$ 4.500.000,00	-R\$ 9.000.000,00	-R\$ 18.000.000,00	-R\$ 27.000.000,00
GIS-Conv. 2		-R\$ 6.000.000,00	-R\$ 12.000.000,00	-R\$ 24.000.000,00	-R\$ 36.000.000,00

2.3 Reisolamento de Subestações de 69kV para 138kV

Em virtude do grande crescimento de demanda existente em Curitiba e região metropolitana, o atual sistema de 69kV está chegando no limite da capacidade de transmissão, e conseqüentemente existe a necessidade de reisolamento de parte do sistema de Curitiba e região metropolitana para o nível de tensão de 138kV. As subestações que necessitam ser reisoladas foram definidas pelo departamento de planejamento da Copel Distribuição, e para viabilizar o reisolamento destas subestações o departamento de construção de subestações realizou estudos específicos para cada subestação, de modo a obter a melhor solução técnica para cada caso, sendo um dos principais estudos o reisolamento da Subestação Colombo, o qual será apresentado neste artigo. 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 5 é apresentada a situação original da subestação Colombo 69 kV.

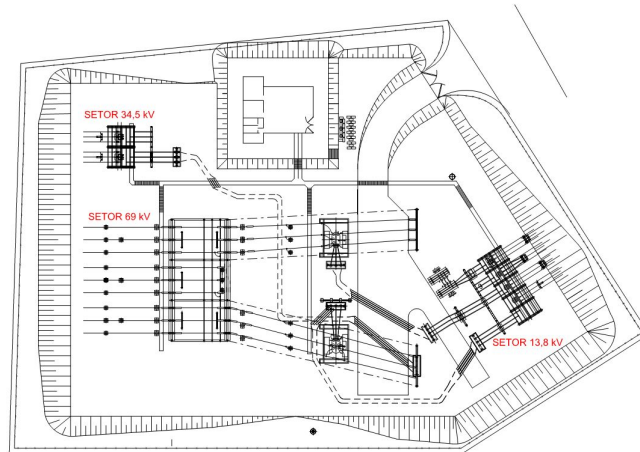


FIGURA 5 – Subestação Colombo 69 kV original

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, porém 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.

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 a 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.

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.

2.3.1. 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 6);

- 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 6);
- 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 7);
- 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).

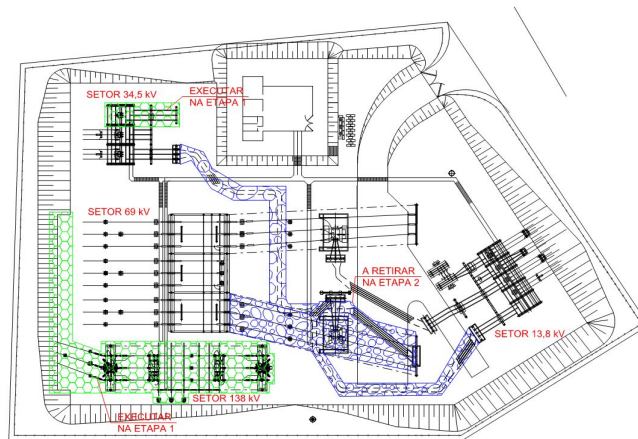


FIGURA 6 – Subestação Colombo 69 kV – Etapas 1 e 2 de reisolamento – Solução AIS

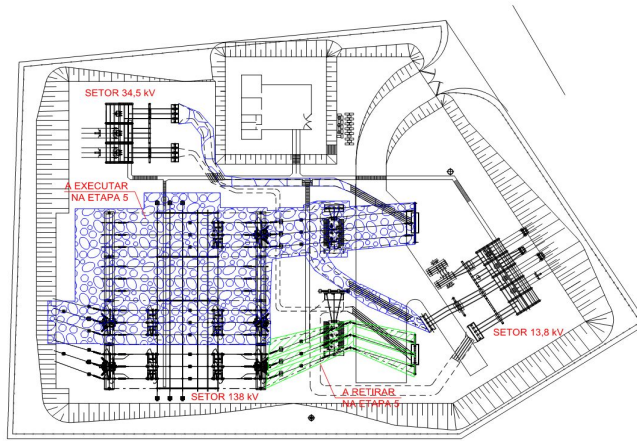


FIGURA 7 – Subestação Colombo 69 kV – Etapa 5 de reisolamento – Solução AIS

2.3.2. 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.

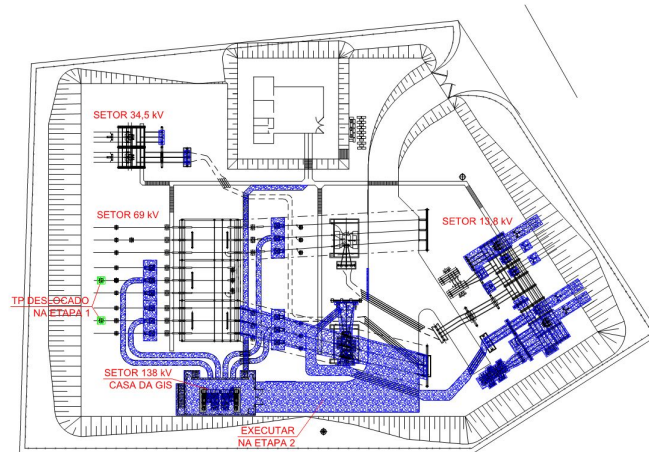


FIGURA 8 – Subestação Colombo 69 kV – Etapas 1 e 2 de reisolamento – Solução GIS

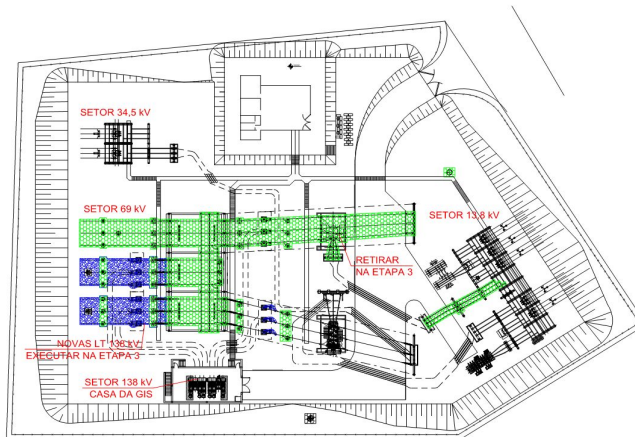


FIGURA 9 – Subestação Colombo 69 kV – Etapa 3 de reisolamento – Solução GIS

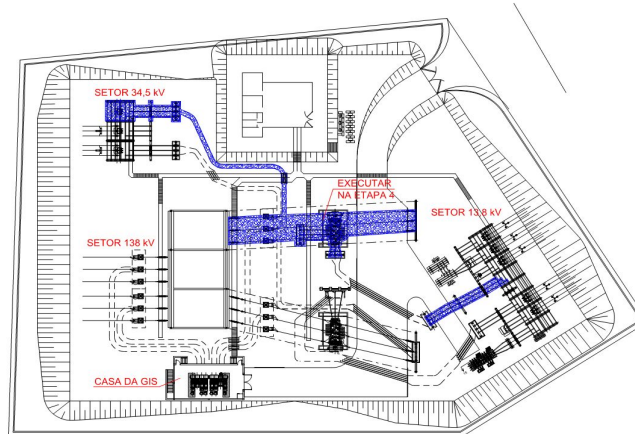


FIGURA 10 – Subestação Colombo 69 kV – Etapa 4 de reisolamento – Solução GIS

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.

3.0 - CONCLUSÃO

Analisando os argumentos descritos neste trabalho, não há como duvidar que os equipamentos isolados a gás SF6 serão amplamente utilizados em subestações futuras nos grandes centros urbanos, onde o custo do terreno for elevado. Além da utilização em novos empreendimentos, as subestações GIS serão utilizadas nos reisolamentos de subestações existentes, pois possibilitam a mitigação dos riscos de desligamentos durante o período da obra. Outro fator importante para o crescimento da tecnologia GIS dentre as distribuidoras é a confiabilidade que este tipo de equipamento proporciona, evitando violações dos parâmetros de DEC e FEC impostos pelo agente regulador, bem como a redução dos preços dos equipamentos isolados a gás, devido ao aumento de demanda de subestações com esta tecnologia no Brasil.

4.0 - 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

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



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.



Márcio de Almeida Pinto, nascido em Mogi das Cruzes, estado de São Paulo, Brasil, em 5 de Junho de 1979. Graduiu-se no ano de 2002 em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), com Curso de Especialização em Proteção de Sistemas Elétricos (CEPSE) pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Atualmente trabalha na área de projetos elétricos de subestações da COPEL Distribuição S.A., atuando como projetista elétrico de subestações até 138 kV e analista de materiais e equipamentos de obras de subestações.