



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

BR/GSE/03
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – VIII

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

**OTIMIZAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE TPC'S PARA SUBESTAÇÕES COM EQUIPAMENTOS
SECUNDÁRIOS DIGITAIS**

José Antonio B. Malavazi (*)
Eletrobras Eletrosul

Ricardo S. Salengue
Eletrobras Eletrosul

Rhafael de S. Moretti
Eletrobras Eletrosul

Pedro Peroni
Eletrobras Eletrosul

RESUMO

Este informe técnico apresenta uma proposta de revisão dos requisitos técnicos dos Transformadores de Potencial Capacitivo - TPC's - para subestações com equipamentos secundários exclusivamente digitais.

Os principais requisitos – como a carga do secundário, número de enrolamentos, esforços mecânicos, etc. – foram investigados, buscando ajustá-los à aplicação prática em campo, evitando sobredimensionamentos.

Como resultado dessa revisão dos Requisitos Técnicos, obtemos uma Especificação Técnica simplificada, atual e ajustada às reais aplicações, trazendo inúmeros benefícios ao processo de aquisição e projeto do TPC.

PALAVRAS-CHAVE

Transformador de potencial capacitivo, Carga Digital, Carregamento, Esforço mecânico, Especificação Técnica

1.0 - INTRODUÇÃO

A mudança na forma de contratação de novas obras do Sistema Elétrico Brasileiro trouxe grandes mudanças para o país. Os Leilões vêm substituindo as Autorizações, aumentando significativamente a concorrência entre as empresas interessadas no empreendimento, além de permitir a participação das empresas estrangeiras. E os prazos de entrega das obras estão muito mais reduzidos do que era usual. Os vencedores desses Leilões são escolhidos pelo critério de menor receita anual permitida, o que beneficia e seleciona as empresas com projetos e custos mais otimizados.

Além disso, houve uma grande evolução nos instrumentos de medição e relés, que são todos digitais em subestações novas.

Os requisitos técnicos de TPC's foram inicialmente desenvolvidos considerando o uso de instrumentos de medição e proteção eletromecânicos nos secundários dos TPC's. Com a disseminação do uso de instrumentos digitais nos secundários, há a necessidade de reformulá-los e, com os resultados obtidos, elaborar novas Especificações Técnicas de TPC's condizentes com a aplicação de cargas digitais.

Os estudos foram desenvolvidos com consulta aos fabricantes tradicionais de TPC's que fornecem ao Setor Elétrico Brasileiro, de maneira que o novo produto seja construtivamente e economicamente viável de ser produzido, com vantagens sobre os atuais equipamentos.

(*) Rua Deputado Antônio Edu Vieira, n° 999 – 1º andar - DES – CEP 88.040-901 Florianópolis, SC, – Brasil
Tel: (+55 48) 3231-7336 – Fax: (+55 48) 3234-4040 – Email: jose.malavazi@eletrosul.gov.br

No Brasil, há norma para TPI e para capacitores – que fazem parte do TPC –, mas não uma norma específica de TPC. Dessa forma, buscou-se basear os Requisitos Técnicos na Norma IEC 60044-5 [2], evitando a confusão de se usar várias normas para especificá-lo.

Dentro deste contexto, este trabalho apresenta estudos revendo os Requisitos Técnicos de TPC's, com o objetivo de otimizar a Especificação Técnica, deixando-a mais adequada a essa nova realidade.

2.0 - ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Nos tópicos seguintes são abordados os requisitos técnicos considerados. Em cada tópico é desenvolvido um estudo sobre uma das características, elétrica ou mecânica, do TPC.

2.1 Definição do Número de Enrolamentos Secundários

Os TPC's devem fornecer sinais de tensão, no secundário, fiéis à tensão do circuito primário de alta-tensão. Alimentam relés e medidores, que desempenham funções de proteção de linha, proteção do transformador, do barramento, sincronismo de tensão, medição de tensão para fins indicativos e de faturamento, controle, etc. Para atender essas funções eles usualmente são dispostos, em uma subestação típica, nas entradas de linha, nos barramentos e *bays* dos transformadores. São utilizados três TPC's em cada entrada de linha – um por fase. No barramento, podem ser utilizados três ou apenas um TPC em uma das fases.

O número de enrolamentos do TPC pode ser definido pela necessidade do usuário e pelos requisitos mínimos estabelecidos no Procedimento de Rede do ONS. Segundo esta instituição, em seu Procedimento de Rede Módulo 2.6 - 6.1.5 (rev.2.0), são necessários enrolamentos de proteção distintos para proteção alternada e proteção principal.

Considerando arranjos que adotam um TPC no barramento e três TPC's nas entradas de linhas é necessário ter dois enrolamentos de proteção e um de medição indicativa, por TPC, para atender às funções de proteção, controle e medição. Para otimizar esta solução, pode-se compartilhar os enrolamentos de medição indicativa com os de proteção, eliminando assim um dos enrolamentos.

A viabilidade técnica e financeira dessa opção foi verificada junto aos fabricantes, além de atender plenamente os Procedimentos de Rede do ONS.

Dessa forma, propõe-se a adoção de dois enrolamentos com características de proteção e medição para o TPC, ou seja, ambos os enrolamentos atendem aos requisitos de norma para a proteção e medição. Havendo necessidade de medição de faturamento, adiciona-se outro enrolamento separado, dedicado exclusivamente a este fim, conforme norma IEC 60044-5.

2.2 Carregamento – Definição da Carga Nominal dos Enrolamentos Secundários

Os enrolamentos do TPC alimentam cargas diferentes, tais como relés de proteção, controle, medidores, etc, sendo que a exatidão só é garantida para a faixa de cargas nominais especificadas.

Para especificar a carga dos enrolamentos é necessário estudar o carregamento de cada enrolamento, ou seja, definir a quantidade e o tipo de cargas ligadas aos enrolamentos do TPC. Com este intuito, foi realizado um estudo teórico e um levantamento prático em campo com cargas puramente digitais, conforme escopo do trabalho.

No estudo teórico levantou-se, com auxílio dos diagramas unifilares de proteção e medição, o número de elementos ligados aos enrolamentos secundários dos TPCs, para as SE Joinville Norte e SE Gravataí 3, consideradas subestação de médio/grande porte da Eletrosul. Foram levantados apenas os elementos ligados aos TPC's de barra, pois são os enrolamentos mais carregados, já que, atendem proteção e medição de vários *bays* de entrada, enquanto que os enrolamentos dos TPCs dos próprios *bays* atendem apenas as cargas de medição e proteção do próprio *bay*.

A Tabela 1 apresenta valores típicos que cada porta de entrada dos relés e medidores consome, de acordo com os fabricantes.

Tabela 1 – Consumo Teórico por Porta de Entrada dos Relés e Medidores

Fabricante / Modelo	Consumo (VA) (para 110V ou 66V)
A / a1	0,02
A / a2	1
B / b1	0,1
C / c1	0,03

A Tabela 2 apresenta os carregamentos teóricos obtidos para cada enrolamento, considerando os dados apresentados de potência consumida por cada porta de entrada fornecida pelos fabricantes dos relés e medidores.

Tabela 2 - Potência Aparente Teórica por Enrolamento dos TPCs de 230kV de Barra

Potência Aparente Teórica por Enrolamento (VA)		
Local	SE JNO	SE GRA3
	230kV	230kV
Proteção	1,2	8,52
Medição	4,24	5,16

No levantamento prático, foram medidas as correntes nos secundários dos TPC's, nas mesmas SE's citadas anteriormente, com o auxílio de um amperímetro de precisão. Através destes dados e da tensão eficaz do enrolamento secundário pôde-se calcular a potência aparente. Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Potência Aparente Medida nos Secundários dos TPC's em Campo

Carregamento Secundário de TPCs Medidos em Campo (VA)		
Local	SE JNO	SE GRA3
	230kV	230kV
Barra	0,32	0,37
Linha	0,23	0,1

Nota-se que a potência aparente obtida na prática fica muito abaixo do cálculo teórico. Isso acontece porque o fabricante apresenta um consumo máximo garantido da porta de entrada e não um consumo exato.

Com base nos resultados apresentados, para atender subestações típicas de transmissão, pode ser adotada uma carga nominal de **10 VA**, que é um valor conservativo e normatizado da IEC 60044-5 e representa uma grande redução em relação às cargas usualmente especificadas para o uso com instrumentos secundários eletromecânicos.

Uma atenção especial deve ser dada a bays de entrada compartilhados, pois o mesmo deverá atender cargas de outras empresas, que podem ainda ser eletromecânicas.

2.3 Classe de Transitório

A Classe de Transitório, definida em norma para enrolamentos de proteção, serve para avaliar a capacidade do TPC em acompanhar, na tensão secundária, a ocorrência de transitórios de tensão no primário, tais como curto-circuitos, devendo o secundário responder, dentro de um tempo especificado, ao requisito de desempenho de cada classe.

Para definir a classificação de resposta transitória, uma das referências era a norma IEC 186A, que foi substituída pela IEC 60044-5.

Na IEC 60044-5 são propostas três classes, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Classes de Respostas Transitórias da Norma IEC 60044-5

Time T_s s	Ratio $\frac{ U_s(t) }{\sqrt{2} \cdot U_s} \cdot 100\%$		
	Classes		
	3PT1 6PT1	3PT2 6PT2	3PT3 6PT3
$10 \cdot 10^{-3}$	-	≤ 25	≤ 4
20×10^{-3}	≤ 10	≤ 10	≤ 2
40×10^{-3}	< 10	≤ 2	≤ 2
60×10^{-3}	< 10	$\leq 0,6$	≤ 2
90×10^{-3}	< 10	$\leq 0,2$	≤ 2
NOTE 1 For a specified class the transient response of the secondary voltage $U_s(t)$ can be aperiodic or periodic damped and a reliable damping device can be used.			
NOTE 2 Capacitor voltage transformer, for transient response classes 3PT3 and 6PT3, needs the use of a damping device.			
NOTE 3 Other values of the ratio and the time T_s can be agreed between manufacturer and purchaser.			
NOTE 4 The choice of transient response class depends on characteristics of the specified protection relays.			

As classes 3PT2, 6PT2, 3PT3 e 6PT3 são específicas para alguns equipamentos europeus e não são usuais em sistemas de potência. Já as classes 3PT1 e 6PT1 se aproximam das exigências da norma IEC 186A.

Para enquadrar o TPC na IEC 60044-5, propõe-se a adoção das classes de transitório 3PT1 e 6PT1. Como sugestão de trabalho futuro, estas classes poderiam ser certificadas, com uma avaliação de como a resposta do secundário do TPC, frente a transitórios no primário, influi no desempenho operacional dos relés.

2.4 Classe de Exatidão

As exigências de exatidão da medição e proteção podem ser especificadas independentemente, mesmo adotando um único enrolamento para atender as duas funções, conforme o estudo realizado no item 2.1. Baseando-se também na norma IEC 60044-5, propõe-se as seguintes classes de exatidão:

- Enrolamento 1: 0,5 10VA + 3PT1 10VA (25% a 100% da carga)
- Enrolamento 2: 0,5 10VA + 3PT1 10VA (25% a 100% da carga)
- Enrolamento 3: 0,2 10VA (25% a 100% da carga)

Com esta especificação os enrolamentos 1 e 2 irão atender plenamente os requisitos de proteção e medição indicativa e o enrolamento 3 irá atender os requisitos de medição de faturamento. Os TPC's deverão atender os critérios de simultaneidade previstos na IEC 60044-5.

2.5 Derivação

É usual os requisitos técnicos definirem que os enrolamentos tenham derivação no secundário. Por exemplo, a Eletrosul vem adotando duas relações nos secundários dos TPC's, uma de 115V (enrolamento inteiro) e outra de 115/√3V (derivação). Essa tensão de 115V costuma ser utilizada em alguns tipos de relés eletromecânicos. Considerando-se que para os novos TPC's serão utilizados apenas relés digitais, a relação de 115V pode ser retirada do secundário, pois a aplicação não a utiliza.

Para os requisitos de TPC's que utilizam somente equipamentos digitais nos secundários, recomenda-se adotar apenas a relação de 115/√3V no secundário, o que simplifica a produção, os ensaios em fábrica, dentre outras vantagens.

2.6 Função Carrier

O Carrier é um sistema de comunicação que utiliza o próprio cabo de transmissão, através de sinais de alta frequência, para realizar as funções de tele-proteção. Atualmente, o Edital de Leilão da ANEEL tem exigido que a comunicação seja feita por fibra ótica ao invés do Carrier.

Ao se recorrer a tele-proteção via fibra ótica, os equipamentos necessários para o funcionamento do sistema Carrier não são mais necessários. Opta-se então pela retirada desta função, o que permite uma redução de custo no equipamento, de número de ensaios e uma flexibilidade maior na escolha na capacitância da coluna capacitiva do TPC, podendo resultar em uma redução do isolador.

2.7 Chave de Aterramento do Potencial

O papel da Chave de Aterramento do Potencial é de isolar – aterrar – o secundário do TPC mantendo-se a função Carrier em funcionamento, além de permitir o acesso à caixa de terminais secundários sem desenergizar o TPC. Como o Carrier não é mais utilizado nas subestações com comunicação via fibra ótica, estudou-se a viabilidade de eliminar a chave de aterramento do potencial, com o objetivo de simplificar a fabricação, com menos um componente sujeito a falhas, como, por exemplo, causar vazamento do óleo da unidade eletromagnética. A Figura 1 apresenta um esquemático do TPC com a sua chave de aterramento:

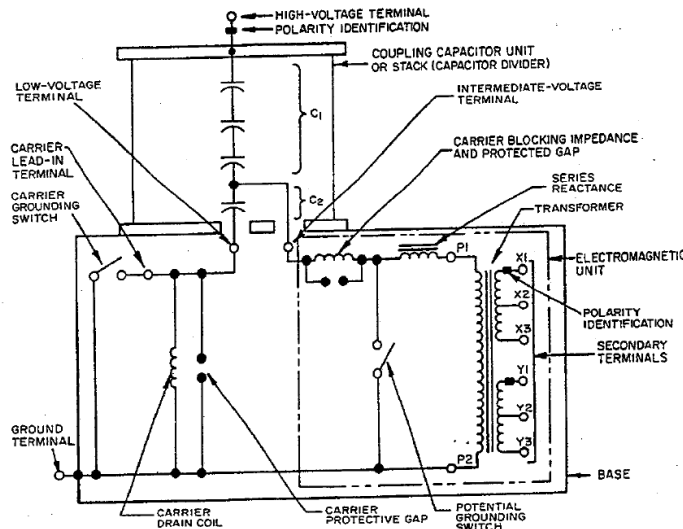


Figura 1 – Esquemático do TPC

Verificamos no estudo que, na Eletrosul, esta chave é apenas utilizada para realizar uma medição preventiva, em campo, das capacitâncias C1 e C2 da coluna capacitiva, realizado pela equipe de manutenção de seis em seis anos. Este teste consiste em se medir C1 e C2 separadamente, para se verificar falhas em elementos. Para este procedimento é necessário acesso ao ponto intermediário da coluna capacitiva, usando-se a chave de aterramento para este fim.

Alternativamente, poder-se-ia proceder este teste sem a chave de aterramento, medindo-se CT (C1 em série com C2), sendo necessário deixar a bobina primária aberta, quando possível. Com isto pode-se verificar falhas de unidades em CT, mas sendo impossível precisar em que capacitor esta falha ocorre.

Apesar de ser possível medir uma falha em uma unidade medindo-se diretamente CT, esta é uma solução pouco aplicável na prática, pois a variação da capacitância de CT pela perda de um elemento é pequena e exigiria um nível de precisão que o tipo de medição e a instrumentação não permitem. Ou seja, seriam necessárias algumas unidades queimadas para se ter uma detecção em campo. Como a falha em um elemento de C2 é muito crítica, pois altera de maneira significativa a tensão no secundário, é de grande importância que se detecte o quanto antes a queima de uma de suas unidades.

Assim sendo, ao se medir as capacitâncias C1 e C2 de maneira separada, método atual da Eletrosul, pode-se detectar facilmente a queima de uma unidade em C2, que seria a pior situação. Importante ressaltar que a taxa de falha de elementos em C1 é muito maior que a taxa de falha em elementos em C2, por causa da proximidade de C1 à alta tensão e ao número de elementos de C1 ser muito maior que o de C2. Em contra partida, a perda de um elemento em C1 gera um pequeno erro na tensão no secundário, enquanto que a perda de um elemento em C2 gera um erro muito maior.

Portanto, para se poder detectar facilmente uma queima de um elemento em C2, caso mais crítico, opta-se por manter a chave de aterramento do potencial nos requisitos técnicos do TPC.

2.8 Esforços Mecânicos – Método de Cálculo de Esforços

Os esforços mecânicos aos quais o TPC está sujeito têm grande influência no seu dimensionamento estrutural. A norma IEC 60044-5 sugere valores de esforços mecânicos de acordo com o nível de tensão e de acordo com o tipo de terminal: tensão ou corrente passante. Portanto, a norma não apresenta uma forma de calcular os esforços e sim sugere valores a serem adotados. Este tópico apresenta a forma de cálculo dos esforços mecânicos de maneira a contribuir com a definição dos requisitos técnicos de esforços para o TPC.

Neste estudo, os esforços mecânicos foram divididos em três: Esforço no TPC devido ao vento, Esforço no cabo de descida devido ao vento e Esforço no TPC devido ao balanço do vão de entrada de linha. Foram abordados os TPCs de 525kV e 230kV e o foco foram os esforços horizontais no topo do TPC.

2.8.1 Esforço Horizontal no Topo do TPC Devido ao Vento no Próprio TPC

O esforço no TPC devido ao vento sobre o mesmo foi calculado baseado na norma NBR 6123, em [4]. Nesta norma são obtidas velocidades do vento e fórmulas de cálculos do esforço devido ao vento sobre uma determinada área, adaptadas neste trabalho para o TPC.

Principais dados considerados no TPC de 525kV:

- Altura de 6,42m;
- Diâmetro de 0,38m;

Principais dados considerados no TPC de 230kV:

- Altura de 3,36;
- Diâmetro de 0,31m;

Os resultados de esforço mecânico obtidos para os TPC's encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5- Esforço Mecânico Horizontal no Topo do TPC Devido ao Vento no Próprio TPC

Esforço Mecânico no Topo do TPC Devido ao Vento no Próprio TPC		
	230kV	525kV
Esforço (N)	360	950

2.8.2 Esforço Horizontal no Topo do TPC Devido ao Vento no Cabo de Descida (Pingo)

O esforço no TPC devido ao vento sobre o cabo de descida também foi calculado baseado na norma NBR 6123. Só que o esforço calculado foi sobre a área do cabo de descida de ligação do TPC, devido ao vento.

Principais dados considerados no TPC de 525kV:

- Comprimento do cabo de 20m;
- Cabo Manaus (2x; diâmetro 0,04392m);
- Esforço no TPC devido ao vento no cabo é igual à metade do esforço que atua no cabo.

Principais dados considerados no TPC de 230kV:

- Comprimento do cabo de 13m;
- Cabo Grosbeak (2x; diâmetro 0,03196m);
- Esforço no TPC devido ao vento no cabo é igual à metade do esforço que atua no cabo.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Esforço Mecânico Horizontal no Topo do TPC Devido ao Vento nos Cabos de Descida

Esforço Mecânico no Topo do TPC Devido ao Vento nos Cabos de Descida		
	230kV	525kV
Esforço (N)	370	830

2.8.3 Esforço Horizontal no Topo do TPC Devido ao Balanço do Vão de Entrada de Linha

O balanço do vão de entrada de linha, aqui em questão, é ocasionado pelo vento e pelas forças geradas por um curto-circuito atuando sobre o mesmo. Esta movimentação no vão repassa os esforços mecânicos para o TPC através do cabo de descida. Por critério do Setor de Projetos Eletromecânico da Eletrosul, considera-se a movimentação máxima deste vão limitada em 45° , ou seja, sua movimentação lateral é aproximadamente igual ao valor de sua flecha, naquele ponto.

A Figura 2 representa um esboço do fenômeno mencionado. Em linhas cheias encontram-se: o TPC, cabo de descida e o vão de entrada de linha. E em linhas tracejadas são apresentados o vão de entrada de linha e o cabo de descida no momento de sua movimentação máxima.

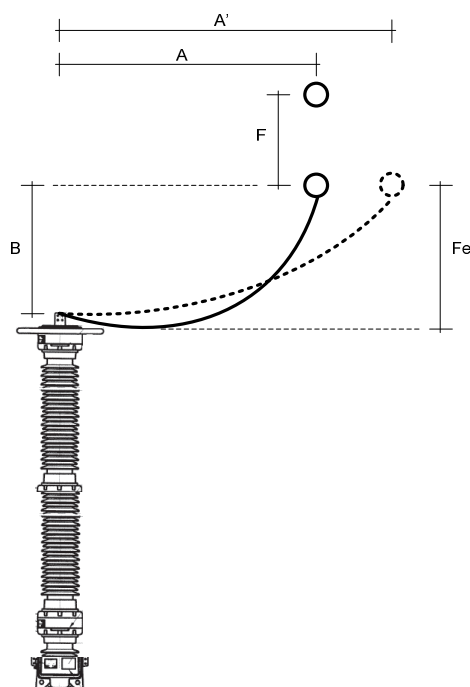


Figura 2 - Esboço da Influência da Movimentação do Vão de Entrada de Linha no TPC

Sendo:

- F – Flecha do Vão de entrada.
- B – Distância vertical entre topo do TPC e o Vão de entrada.
- Fe – Flecha do cabo de descida ("pingo").
- A – Distância Horizontal entre TPC e Vão de entrada.
- A' – Distância Horizontal máxima entre TPC e o Vão de entrada, sujeito ao ângulo máximo 45° .

Este esforço é calculado através das equações de catenária em desnível, em [3], considerando a posição do vão de entrada no seu valor máximo, 45° .

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Esforço Mecânico no Topo do TPC Devido ao Balanço do Vão de Entrada

Esforço Mecânico no Topo do TPC Devido ao Balanço do Vão de Entrada		
	230kV	525kV
Esforço (N)	290	230

Principais dados considerados no TPC de 525kV, referente a Figura 2:

- Deslocamento Horizontal do Vão; $A' - A = 2\text{m}$;
- Desnível entre Vão e TPC; $B = 16\text{m}$;
- Distância Horizontal entre Vão e TPC; $A = 6\text{m}$;
- Cabo Manaus (2x), peso linear de $6,35\text{Kg/m}$.

Principais dados considerados no TPC de 230kV:

- Deslocamento Horizontal do Vão; $A' - A = 2\text{m}$;
- Desnível entre Vão e TPC; $B = 9\text{m}$;
- Distância Horizontal entre Vão e TPC; $A = 5\text{m}$;
- Cabo Grosbeak (2x), peso linear de 3,73 Kg/m.

2.8.4 Considerações Finais e Esforços Adotados

Somando-se os três esforços calculados anteriormente, chega-se ao resultado apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Esforço Mecânico Horizontal Total no Topo do TPC

Esforço Mecânico Total no Topo do TPC		
	230kV	525kV
1) Esforço devido ao Vento sobre o TPC (N)	360	950
2) Esforço devido ao Vento nos Cabos de Descida (N)	370	830
3) Esforço devido ao Balanço do Vão (N)	290	230
Esforço Total no Topo TPC (1+2+3) (N)	1020	2010

Para um arranjo padrão da Eletrosul de 230kV e 525kV, os valores encontrados ficaram próximos aos recomendados pela Norma IEC 60044-5. Para outras situações, como por exemplo, níveis de tensão diferentes ou ângulos de entrada de linha elevados em relação ao pórtico, pode ser necessário realizar um novo cálculo, sendo que a metodologia e a formulação matemática aqui empregadas podem ser utilizadas sem restrição.

3.0 - CONCLUSÃO

Como resultado dessa revisão dos Requisitos Técnicos, obtemos Especificações Técnicas simplificadas, atuais e ajustadas às reais aplicações, trazendo inúmeros benefícios ao processo de aquisição e projeto do TPC.

Propicia agilidade na etapa de análise e aceitação do equipamento, padroniza a produção por parte do fabricante – podendo aumentar a gama de fabricantes aptos ao fornecimento –, bem como diminui o tempo de inspeção em fábrica e, finalmente, reduz os custos globais, com ganhos tanto para o fabricante, quanto para o comprador.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MORETTI, R. S. *Estudo de Otimização de Especificação Técnica de TPC's para Subestações Digitais com Comunicação via Fibra Ótica*, Nota Técnica DEEC/SETEQ; 12/07/2012;
- (2) IEC 60044-5, *Instrument Transformer – Part 5: Capacitor Voltage Transformer*, International Standard, 2004.
- (3) FUCHS, R. D; ALMEIDA, M. T. *Projetos mecânicos das linhas aéreas de transmissão*, 1982, São Paulo, Ed. Edgard Blucher.
- (4) NBR 6123, *Forças devidas ao vento em edificações*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1988.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



José Antonio Bressan Malavazi, nascido em Londrina/PR, Brasil, no ano de 1982. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2008. Atualmente trabalha na Eletrobras Eletrosul na Divisão de Engenharia Eletromecânica e Civil (DEEC), Setor de Equipamentos (SETEQ), com foco em Transformadores de Instrumentos.



Rhafael de Souza Moretti, nascido em Criciúma/SC, Brasil, no ano de 1980.

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2004.

Mestrado em Eletrônica de Potência pelo INEP / Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2007.

Atualmente trabalha na Eletrobras Eletrosul na Divisão de Engenharia Eletromecânica e Civil (DEEC), Setor de Equipamentos (SETEQ), com foco em Transformadores de Instrumentos.



Pedro Peroni, nascido em Caxias do Sul/RS, Brasil, no ano de 1977

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - RS, 2001.

Atualmente trabalha na Eletrobras Eletrosul, na Divisão de Engenharia Eletromecânica e Civil (DEEC), Setor de Equipamentos (SETEQ), com foco em Transformadores de Força, Reatores, Pára-raios e Banco de Capacitores.



Ricardo Salengue, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas no ano de 1987. Especializado em Master Business Administration em Gestão de Mercado de Energia em 2008 pela UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí. Desde 1989 desenvolve atividades profissionais na Eletrobras Eletrosul, onde atualmente é Gerente da Divisão de Engenharia Eletromecânica e Civil de linhas e subestações.