



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

### **A 1ª manutenção preventiva de 72 meses no Back-to-Back da Subestação Coletora de Porto Velho/RO**

**ELAINE APARECIDA DE LIMA VIANNA(1); FRANCISCO ELCIMAR MONTEIRO DA SILVA(2); ANTONIO EDUARDO PEREIRA DA SILVA(3); ELETRONORTE(1);ELETRONORTE(2);ELETRONORTE(3);**

#### RESUMO

A estação conversora Back-to-Back realiza a retificação e inversão da energia elétrica, na mesma instalação. Para garantir a confiabilidade das subestações de transmissão, são realizadas manutenções periódicas nos equipamentos, de acordo com os requisitos mínimos definidos em resoluções específicas e conforme recomendações dos fabricantes. Este artigo apresenta a primeira manutenção preventiva, com periodicidade de 72 meses, nos equipamentos do Back-to-Back da Subestação Coletora Porto Velho, que envolveu grande quantidade de técnicos mantenedores, dispostos em várias frentes de serviços simultâneos, para melhor aproveitamento do tempo e obtenção do menor custo do desligamento, representando um grande desafio da Engenharia de Manutenção.

#### PALAVRAS-CHAVE

Subestação de Corrente Contínua, Back-to-Back, Equipamentos de subestações, Manutenção Preventiva, Parcela Variável

#### 1.0 - INTRODUÇÃO

As subestações de transmissão em Corrente Contínua e Alta Tensão - CCAT são dotadas de salas de válvulas conversoras, que retificam a energia em corrente alternada - CA para corrente contínua - CC ou invertem a energia em corrente contínua - CC para corrente alternada - CA. Também são encontradas as salas de válvulas conversoras do tipo Back-to-Back, que realizam a retificação e inversão da energia CA-CC-CA, possibilitando a conversão da frequência ou do nível de tensão em corrente alternada e impedindo a propagação de perturbações entre os sistema CA.

O Sistema CCAT Madeira é composto pela Subestação Coletora Porto Velho, localizada no estado de Rondônia, e pela Subestação Araraquara II, localizada no estado de São Paulo, e pelas linhas de transmissão em corrente contínua entre estas duas subestações, interligando as Usinas Hidroelétricas do Rio Madeira, UHE Santo Antônio e UHE Jirau, localizadas em Rondônia, com o estado de São Paulo, ou seja, possibilitando a transmissão da energia gerada na Região Norte para a Região Sudeste do Brasil.

A Subestação Coletora Porto Velho – SECT, sob responsabilidade da Eletrobrás Eletronorte, é composta por dois Bipolos, retificadores de energia, e por dois conversores do tipo Back-to-Back.

No Sistema Interligado Nacional – SIN, as atividades de manutenção nos equipamentos das instalações de transmissão são realizadas de acordo com os Requisitos Mínimos de Manutenção, definidos na Resolução Normativa ANEEL nº 669 [1], de 14 de julho de 2015, e são submetidas às disposições relativas à qualidade do

serviço público de transmissão de energia elétrica, definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 729 [2], de 28 de junho de 2016, que estabelece a imposição de penalizações nas situações que afetam a disponibilidade e a capacidade operativa das instalações, por meio da aplicação de descontos, denominados Parcela Variável, na remuneração das empresas transmissoras brasileiras.

A regulamentação da prestação do serviço público de transmissão de energia elétrica associada às instalações de transmissão em CCAT encontra-se em fase de elaboração [3]. Sendo assim, são realizadas adaptações das regras utilizadas no sistema de transmissão em CA, nos casos registrados no sistema de transmissão em CCAT do Brasil.

Este artigo apresenta a primeira manutenção preventiva, com periodicidade de 72 meses ou 6 anos, realizada nos equipamentos do Back-to-Back da SECT, que contemplou os equipamentos dos pátios CA e das salas de válvulas, exigindo o envolvimento de grande quantidade de técnicos mantenedores e de recursos materiais, para a composição das várias frentes de serviços, que foram desenvolvidas simultaneamente, com o objetivo do melhor aproveitamento do tempo e visando a minimização do custo do desligamento.

## 2.0 - O SISTEMA CCAT NO BRASIL

As primeiras instalações brasileiras em corrente contínua de alta tensão - CCAT foram os dois elos da Usina Hidroelétrica de Itaipu, sob responsabilidade de Furnas Centrais Elétricas S. A., com capacidade de transmissão de 6.300 MW em tensão de  $\pm 600$  kV e com extensões de 792 km e 820 km, que entraram em operação entre 1984 (Bipolo 1) e 1987 (Bipolo 2), para interligação das Subestações Foz do Iguaçu, no Paraná, e Ibiúna, em São Paulo. Na sequência estão as conversoras de frequência para interligações internacionais, associadas aos Sistemas de Transmissão Garabi 1 e 2, sob responsabilidade da CIEN, e ao Sistema de Transmissão Uruguaiana, sob responsabilidade da Eletrosul. [4]

A tecnologia de transmissão de energia elétrica em CCAT tornou-se uma alternativa para a conexão de grandes polos de geração de energia aos grandes centros de carga. Assim, para a interligação das usinas hidroelétricas do Rio Madeira, UHE Santo Antônio e UHE Jirau, localizadas na região Norte, à região Sudeste do país foram construídos dois elos em CCAT (Bipolo 1 entrou em operação em 2013 e Bipolo 2 em 2014), interligando a Subestação Coletora Porto Velho - SECT, em Rondônia, e a Subestação Araraquara II - SEAD, no estado de São Paulo. [4]

Na Subestação Coletora Porto Velho - SECT, além dos 2 elos em CCAT, denominados Bipolos 1 e 2, foi construída uma estação conversora do tipo Back-to-Back, com ponto de conversão CA-CC-CA, normalmente utilizada nas interligações internacionais, por permitir a conexão entre países com frequências de operação diferentes, além de evitar a propagação de perturbações entre sistemas CA. Neste caso, os dois Back-to-Back, que entraram em operação em 2012 (BtB 1) e 2013 (BtB 2), interligam a SECT com a Subestação Porto Velho - SEPV, pertencente ao Sistema CA Acre – Rondônia, possibilitando o suprimento deste sistema com a energia das usinas do Madeira.

Posteriormente, foram construídos dois elos em CCAT para interligação da Usina Hidroelétrica de Belo Monte, localizada na região Norte, à região Sudeste do país. O Bipolo 1 entrou em operação em 2017, interligando as Subestações de Xingu, no Pará, e de Estreito, em Minas Gerais, e o Bipolo 2 tem previsão de entrada em operação em dezembro de 2019, para interligação das Subestações Xingu e Terminal Rio, no Rio de Janeiro [4].

### 2.1 O Sistema CCAT Madeira

O Sistema CCAT Madeira é composto pela Subestação Coletora Porto Velho - SECT, localizada no estado de Rondônia, e pela Subestação Araraquara II - SEAD, localizada no estado de São Paulo, e pelas linhas de transmissão em corrente contínua de 600 kV, que interligam estas subestações.

As Usinas Hidroelétricas do Rio Madeira, UHE Santo Antônio, com 50 máquinas de 71,6 MW cada (6 alimentam diretamente a SE Porto Velho, do Sistema CA Acre – Rondônia), e UHE Jirau, com 50 máquinas de 75 MW cada, localizadas em Rondônia, são interligadas à SECT por meio de linhas de transmissão em corrente alternada de 500 kV. Assim, totalizam 6900 MW que podem ser transmitidos para o estado de São Paulo, por meio das linhas de transmissão em corrente contínua de 600 kV que interligam a SECT com a SEAD, e para o Sistema Acre – Rondônia, por meio dos conversores Back-to-Back e das linhas de transmissão em corrente alternada de 230 kV, que interligam a SECT com a SEPV.

Assim, a Subestação Coletora Porto Velho - SECT recebe em corrente alternada de 500 kV a energia gerada nas usinas Santo Antônio e Jirau, retifica por meio dos conversores dos Bipolos 1 e 2, e transmite em corrente contínua de 600 kV para a Subestação Araraquara II - SEAD, que inverte e transmite em corrente alternada de 500 kV para o SIN, na região Sudeste. Além disso, a SECT retifica e inverte parte desta energia recebida, por meio do Back-to-Back, e transmite em corrente alternada de 230 kV para a Subestação Porto Velho - SEPV, no Sistema Acre – Rondônia.

A Eletrobrás Eletronorte é responsável pela SECT, que inclui como acessantes as empresas Interligação Elétrica do Madeira – IE Madeira e as empresas responsáveis pelas usinas Santo Antônio, Santo Antônio Energia – SAESA, e Jirau, Energia Sustentável do Brasil – ESBR. Estas empresas são denominadas acessantes, por estarem conectadas à Rede Básica, por meio desta subestação, de acordo com os critérios definidos na Resolução Normativa ANEEL nº 722, de 31 de maio de 2016. Sendo que, a Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 15 de setembro de 2010, define como Rede Básica as “Instalações de transmissão do Sistema Interligado Nacional - SIN, de propriedade de concessionárias de serviço público de transmissão, definida segundo critérios estabelecidos na regulamentação da ANEEL”. Enquanto a State Grid é responsável pela SEAD, que inclui a Eletrobrás Eletronorte como acessante, e as empresas IE Madeira e Norte Brasil Transmissora de Energia – NBTE são responsáveis pelos circuitos 1 e 2, respectivamente, das linhas de transmissão em corrente contínua de 600 kV, que interligam as subestações SECT e SEAD.

### 3.0 - SE COLETORA PORTO VELHO SECT

A Subestação Coletora Porto Velho – SECT, localizada no estado de Rondônia, sob responsabilidade da Eletrobrás Eletronorte, é composta pelos Bipolos 1 e 2 de 3150 MW cada, que retificam a energia em 500 kV CA para 600 kV CC, e por dois conversores do tipo Back-to-Back, de 400 MW cada, que realizam a conexão de dois sistemas CA de diferentes níveis de tensão, em 500 kV e 230 kV.

Esta instalação dispõe de um setor de 500 kV, onde são interligadas as Linhas de Transmissão em 500 kV, provenientes das usinas de Santo Antônio e Jirau, em uma configuração de barramentos do tipo disjuntor e meio, onde também são conectados os filtros CA de 500 kV, dos Bipolos 1 e 2 e do Back-to-Back, e os transformadores conversores, interligados às respectivas Salas de Válvulas, conforme Figura 1.

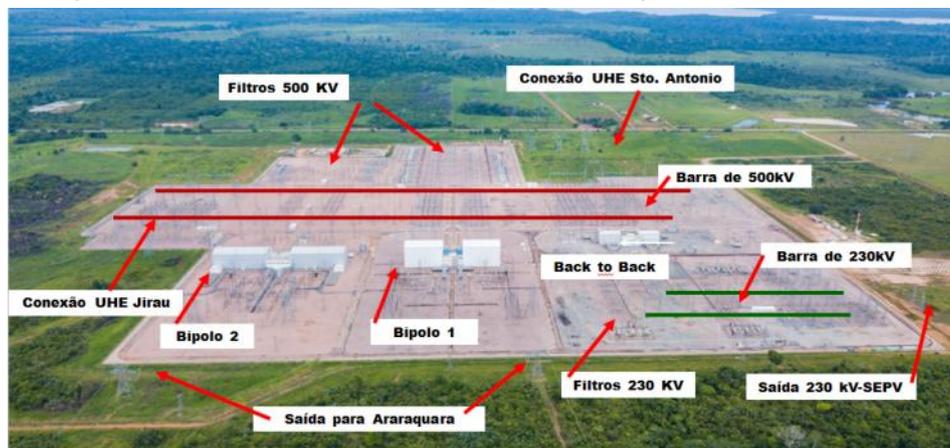


FIGURA 1 – Vista aérea da Subestação Coletora Porto Velho – SECT

As empresas responsáveis pelas usinas do Madeira, SAESA e ESBR, são denominadas acessantes da SECT, onde se responsabilizam pela operação e manutenção das linhas de transmissão em 500 kV, provenientes de suas respectivas usinas, e dos respectivos vãos de chegada nesta subestação, conforme Figura 1.

A Eletrobrás Eletronorte é responsável pela operação e manutenção do Bipolo 1 e dos dois Back-to-Back, enquanto a operação e manutenção do Bipolo 2 está sob responsabilidade da Interligação Elétrica do Madeira – IE Madeira, também denominada acessante da SECT.

Cada um dos Bipolos 1 e 2, pertencentes à Eletrobrás Eletronorte e à I.E. Madeira, respectivamente, possui um pátio de equipamentos em Corrente Contínua, após as Salas de Válvulas, onde são interligados os Elos em Corrente Contínua de + / - 600 kV, que são interligados à subestação inversora SEAD, conforme Figura 1.

Após as Salas de Válvulas dos Blocos 1 e 2 do Back-to-Back estão os transformadores conversores de 230 kV, que são interligados a uma configuração de duplo barramento de 230 kV, onde estão conectados os filtros CA e as Linhas de Transmissão CA, ambos em 230 kV, que interligam a SECT à SEPV, do Sistema Acre / Rondônia, conforme Figura 1.

#### 3.1 Conversores Back-to-Back

Cada um dos dois conversores Back-to-Back da SECT é composto por um transformador conversor trifásico de 500/37,8/37,8 kV e 424 MVA, no lado de 500 kV, e por um transformador conversor de 230/37,8/37,8 kV e 424 MVA, no lado de 230 kV, conforme Figura 2.

Além disso, cada conversor é equipado com dois conjuntos de equipamentos denominados capacitores de comutação dos conversores – CCC, um no lado de 500 kV e outro no lado de 230 kV. Os CCC foram montados entre a sala de válvulas e os transformadores conversores de 500 kV e de 230 kV, conforme Figura 2. Estes conjuntos de equipamentos proporcionam menor consumo de potência reativa pelos conversores Back-to-Back, quando comparados com os conversores convencionais, possibilitando o uso de bancos de filtros menores. Sendo que, o CCC do lado de 500 kV é de 1394  $\mu\text{F}$  e o do lado de 230 kV é de 558  $\mu\text{F}$ , por fase.



FIGURA 2 – Vista Lateral da Sala de Válvulas do Bloco 1 do Back-to-Back

Cada conversor é composto por uma sala de válvulas, onde estão situadas 3 (três) octoválvulas, sendo uma para cada fase. Cada octoválvula é composta por 4 (quatro) biválvulas, sendo 2 (duas) pertencentes ao retificador, que correspondem ao lado de 500 kV (delta e estrela), e 2 (duas) pertencentes ao inversor, que correspondem ao lado de 230 kV (delta), conforme Figura 3.

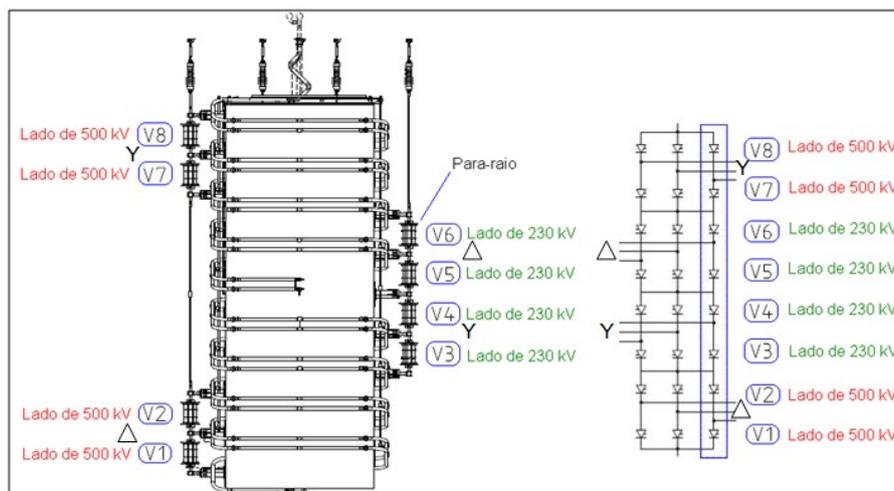


FIGURA 3 – Desenho ilustrativo de uma octoválvula e Diagrama unifilar

#### 4.0 - MANUTENÇÕES

O envelhecimento precoce ou o prolongamento da vida útil de um equipamento está diretamente relacionado às suas manutenções e às suas condições de operação. [5]

A proposta da manutenção é aumentar o tempo de vida do equipamento ou pelo menos o tempo médio para a próxima falha, cujo reparo pode ser caro. Além disso, a manutenção desempenha o importante papel de reduzir a frequência das interrupções e suas indesejáveis consequências. [6]

Os critérios e procedimentos normativos e executivos para as manutenções dos equipamentos nas instalações da Eletrobrás Eletronorte estão definidas no Manual de Manutenção da Eletrobrás Eletronorte [7], com o objetivo de “garantir a confiabilidade, funcionalidade, operacionalidade e integridade dos equipamentos e instalações, segurança das pessoas e sem poluir o meio ambiente; bem como maximizar a disponibilidade e minimizar custos”.

As subestações de transmissão são compostas por uma ampla gama de equipamentos e sistemas, sujeitos à ocorrência de falhas que comprometem o desempenho do sistema de energia elétrica, e sua alta disponibilidade

resulta de uma combinação de operação com equipamentos confiáveis e procedimentos adequados de manutenção. [8]

De acordo com o Manual de Manutenção [7]: “a engenharia de manutenção compreende todo um conjunto de atividades de análises, estudos, planejamento, logística, treinamento, apoio e suporte técnico e operacional, necessário ao pleno funcionamento das instalações e equipamentos”.

As atividades de manutenção planejada possibilitam a avaliação e levantamento da situação dos equipamentos, com a identificação de pontos críticos que podem ser minimizados ou eliminados por meio de manutenções corretivas e pela implementação de melhorias, e resulta na minimização das manutenções não programadas e pós-falhas. O objetivo final é a redução das perdas financeiras causadas pelas falhas, pelas manutenções ineficientes e pela aplicação dos descontos por Parcela Variável por indisponibilidade ou restrições operativas de equipamentos.

As equipes de manutenção da Eletrobrás Eletronorte realizam as atividades de manutenção planejada, visando o aumento da disponibilidade, da vida útil e da confiabilidade dos equipamentos. Sendo que, as atividades mínimas de manutenção - AMM são definidas nos Programas de Manutenção Planejada Periódica – PMP de cada equipamento, conforme disposto no Manual de Manutenção [7] desta empresa.

Destaca-se que, as AMM, definidas nos programas de manutenção da Eletrobrás Eletronorte, são compatíveis com a Resolução Normativa ANEEL nº 669 [1], de 14 de julho de 2015, que define os Requisitos Mínimos de Manutenção - RMM, relacionados às atividades mínimas e suas periodicidades, exigidos nas manutenções das instalações de transmissão da Rede Básica.

No entanto, a Resolução 669 [1] não contempla os equipamentos específicos das instalações em CCAT. Neste caso, são realizadas as atividades mínimas e periodicidades de manutenções, recomendadas pelos fabricantes dos equipamentos.

#### 5.0 - PMP DE 72 MESES DO BACK-TO-BACK

A primeira manutenção preventiva, com periodicidade de 72 meses, nos equipamentos do Back-to-Back da Subestação Coletora de Porto Velho contemplou: disjuntores, seccionadoras, transformadores de potencial e de corrente e pára-raios, de acordo com as AMM definidas no Manual de Manutenção e os RMM estabelecidos na Resolução 669. Neste grupo, foram considerados os transformadores conversores, submetidos às manutenções definidas para os transformadores de potência, exceto com relação a alguns itens que foram realizados com periodicidade de 4 (quatro) anos, por recomendação do fabricante. Além, dos PMP dos comutadores de tap, que foram programados para o ano seguinte, juntamente com os dos outros transformadores conversores da instalação, por meio de um contrato de prestação de serviço do fabricante.

Sendo que, as manutenções dos capacitores de comutação dos conversores, dos reatores de alisamento, dos pára-raios CC, do divisor de potencial capacitivo CC, do transdutor de corrente CC, das buchas de parede CA e CC, das válvulas tiristoras, dos eletrodos das válvulas e demais equipamentos da sala de válvulas, que não estão contemplados no Manual de Manutenção [7] e na Resolução 669 [1], foram realizadas de acordo com as recomendações do fabricante, que define as atividades e periodicidades de manutenção a serem realizadas em cada equipamento, e estima o homem-hora - Hh necessário para a execução.

Assim, o Planejamento do PMP de 72 meses dos blocos conversores do Back-to-Back foi desenvolvido com base nas atividades definidas nos Programas de Manutenção Planejada Periódica – PMP e na recomendação do fabricante. Com isso, foram programadas as manutenções listadas na Tabela 1.

De acordo com a estimativa do fabricante, seriam necessários 261 homem-hora - Hh anuais, para as manutenções preventivas em cada bloco conversor do Back-to-Back. Neste cálculo, a quantidade de Hh necessária para as manutenções com diferentes periodicidades é diluída anualmente.

A estimativa de 540 Hh, da Tabela 1, para o PMP de 72 meses, ou 6 anos, de cada bloco conversor do Back-to-Back foi obtida a partir das informações fornecidas pelo fabricante e das atividades realizadas no Sistema CA.

Conforme descrito na Tabela 1, as atividades de manutenção preventiva incluem inspeções, limpezas e ensaios específicos, exigindo o desligamento das instalações. Assim, para o melhor aproveitamento do desligamento, são realizadas diversas manutenções simultaneamente.

Destaca-se que o desligamento é programado para o período de baixa hidraulicidade das usinas do Madeira, em que os blocos conversores do Back-to-Back transmitem abaixo de suas capacidades máximas. De forma que, quando um dos blocos é desligado, o outro continua transmitindo a potência necessária.

TABELA 1 - Lista de Programação de Manutenção Planejada

SETOR	EQUIPAMENTOS	Descrição	Qty Equip.	Hh 6 anos
PÁTIO CA Lado 500 kV	PMP Seccionadora	Inspeção/Limpeza/Ensaio/Lubrificação - 6a	1 - 3Ø	4
	PMP Transformador de Corrente	Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	12
	PMP Transformador de Potencial	Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	12
	PMP Para-raio do Transformador Conversor	Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	4
	PMP Transformador Conversor	Inspeção/Limpeza/Funcional/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	48
Sistema Conversor	PMP Capacitores de Comutação do lado de 500 kV	Inspeção/Limpeza/Med. Individual - 6a	1 - 3Ø	64
	PMP Buchas de parede CA	Inspeção/Limpeza/Medicação - 6a	2 - 3Ø	24
	PMP Seccionadora de Aterramento	Inspeção/Limpeza/Lubrificação - 1a, 6a	3 - 3Ø	4
	PMP Válvulas Tiristors	Inspeção/Limpeza - 1a, 3a, 6a	8 - 3Ø	96
	PMP Sistema de Arrefecimento	Inspeção nos Eletrodos/Limpeza - 1a, 3a, 6a	1	48
	PMP Sistema de Insuflamento de Ar	Inspeção/Limpeza - 1a, 3a	1	4
	PMP Seccionadora de Aterramento	Inspeção/Limpeza/Ensaio/Lubrificação - 1a, 3a	2 - 3Ø	4
	PMP Buchas de parede CC	Inspeção/Limpeza/Ensaio - 1a, 6a	2 - 1Ø	12
	PMP Reator de Alisamento	Inspeção/Limpeza/Ensaio - 1a, 6a	2 - 1Ø	12
	PMP Buchas de parede CA	Inspeção/Limpeza/Medicação - 1a, 3a	2 - 3Ø	24
	PMP Capacitores de Comutação do lado de 230 kV	Inspeção/Limpeza/Med. Individual - 6a	1 - 3Ø	64
	PÁTIO CA Lado 230 kV	PMP Transformador Conversor	Inspeção/Limpeza/Funcional/Ensaio - 6a	1 - 3Ø
PMP Para-raio do Transformador Conversor		Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	4
PMP Transformador de Potencial		Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	12
PMP Transformador de Corrente		Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	12
PMP Seccionadora		Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	4 - 3Ø	16
PMP Disjuntor 230 kV CA		Inspeção/Limpeza/Ensaio - 6a	1 - 3Ø	4
Sist. SPCS	PMP Insp.Geral/Limpeza Sist. Prot. Contra Incêndio	Inspeção/Limpeza/Ensaio - 1a, 3a, 6a	1	4
	PMP Insp.Geral/ Sist. Prot. Controle e Automação	Inspeção/Limpeza/ - 1a, 3a, 6a	1	4
				<b>540</b>

Para a realização de todas as atividades, em menor tempo possível, foi necessária a elaboração de um planejamento detalhado, com várias equipes atuando simultaneamente, em diferentes frentes de serviço. Com destaque para a importância do sequenciamento das atividades, evitando interferências em outras frentes de serviço e atendendo aos procedimentos de segurança. Além, da formação das equipes com colaboradores capacitados para cada tarefa. Assim, foram definidas 6 (seis) equipes de atuação.

Foram programadas 30 (trinta) horas de desligamento, distribuídas em 3 (três) dias. Considerando os tempos necessários para as manobras diárias de isolamento e normalização e o horário do almoço, foram programados, aproximadamente, 24 (vinte e quatro) horas de serviço efetivo.

Na execução da manutenção, os ensaios de fator de potência realizados nas buchas de parede CA e CC podem ser destacados como um dos pontos críticos desta atividade, em função do difícil acesso e pelo fato de, a injeção de tensão, inerente a este ensaio, representar risco para as pessoas, além da possibilidade de causar desligamentos indesejados, exigindo a desconexão de cabos pesados e de difícil manuseio. Neste caso, a experiência adquirida na manutenção do Bloco 1 resultou em melhorias aplicadas na manutenção do Bloco 2.

#### 5.1 Execução das atividades pelas Equipes

A Tabela 2 apresenta as atividades executadas pelas equipes no serviço realizado no bloco 1 do Back-to-Back, onde 29 (vinte e nove) colaboradores, que atuaram diretamente nos equipamentos, trabalharam no primeiro dia, formando 6 (seis) equipes, e no segundo dia, formando 5 (cinco) equipes. No terceiro dia, as atividades nos equipamentos foram finalizadas por 2 (duas) equipes, totalizando 6 trabalhadores. Sendo que, nos dois primeiros dias, trabalharam as equipes de apoio: segurança do trabalho (2 pessoas), operação (3 pessoas), serviços gerais (4 pessoas), motoristas (9 pessoas) e coordenação geral (2 pessoas), totalizando 49 (quarenta e nove) pessoas.

Conforme demonstrado na Tabela 2, o PMP do bloco 1 foi finalizado após 21,5 horas de serviço efetivo, com 25 horas de desligamento.

Para o bloco 2 do Back-to-Back, o planejamento do PMP de 72 meses foi semelhante ao do Bloco 1, com as mesmas atividades e equipes de serviço. No entanto, com a experiência adquirida no bloco 1, a atividade no bloco 2 foi finalizada no segundo dia de serviço. Dessa forma, o PMP do bloco 2 foi executado em 17 horas de serviço efetivo, com 21 horas de desligamento.

TABELA 2 - Atividades do PMP de 72 meses do Bloco 1 do Back-to-Back

<b>ATIVIDADES DO PMP DE 72 MESES DO BLOCO 1 DO BACK-TO-BACK</b>	<b>TEMPO</b>	<b>1º Dia</b>	<b>2º Dia</b>	<b>3º Dia</b>
<b>1º Dia de Manutenção - DESLIGAMENTO DIA 25/08/2018</b>	<b>9 hrs</b>			
PMP Seccionadora (Pátio 500 kV CA)	3 hrs	Equipe 1		
PMP Transformador de Potencial (Pátio 500 kV CA)	4,5 hrs	Equipe 1		
PMP Para-Raio do Transformador	1 hr	Equipe 1		
PMP Capacitor de Comutação do Conversor ( lado 500kV CA)	8,5 hrs	Equipe 2		
PMP Válvulas Tiristoras (Sala de Válvulas CC)	6,5 hrs	Equipe 3		
PMP Sistema de Arrefecimento (Sala de Válvulas CC)	0,5 hrs	Equipe 3		
PMP Seccionadora de Aterramento (Sala de Válvulas CC)	0,5 hrs	Equipe 3		
PMP Capacitor de Comutação do Conversor ( lado 230kV CA)	7,5 hrs	Equipe 4		
PMP Transformador de Potencial (Pátio 230 kV CA)	3,5 hrs	Equipe 5		
PMP Transformador de Corrente (Pátio 230 kV CA)	3,5 hrs	Equipe 5		
PMP Inspeção Geral e Limpeza Sist. Proteção Contra Incêndio	3,5 hrs	Equipe 6		
PMP Inspeção Geral Sist. Prote Controle e Automação	3,5 hrs	Equipe 6		
<b>2º Dia de Manutenção - DESLIGAMENTO DIA 26/08/2018</b>	<b>8 hrs</b>			
PMP Transformador Conversor - Ensaio Buchas (Pátio 500 kV CA)	6,5 hrs		Equipe 1	
PMP Buchas de parede CA (Pátio 37,8 kV CA, lado 500kV CA)	1 hr		Equipe 1	
PMP Transformador Conversor - Ensaio Buchas (Pátio 230 kV CA)	6,5 hrs		Equipe 2	
PMP Buchas de parede CA (Pátio 37,8 kV CA, lado 230kV CA)	1 hr		Equipe 2	
PMP Para-raio do Transformador Conversor (Pátio 230 kV CA)	0,5 hrs		Equipe 2	
PMP Disjuntor (Pátio 230 kV CA)	7,5 hrs		Equipe 3	
PMP Seccionadora (Pátio 230 kV CA)	8 hrs		Equipe 4	
PMP Inspeção Geral e Limpeza Sist. Proteção Contra Incêndio	2 hrs		Equipe 5	
PMP Inspeção Geral Sist. Proteção Controle e Automação	2 hrs		Equipe 5	
<b>3º Dia de Manutenção - DESLIGAMENTO DIA 02/09/2018</b>	<b>2,5 hrs</b>			
PMP Buchas de parede CA ( lado 500kV CA)	2,5 hrs			Equipe 1
PMP Buchas de parede CA ( lado 230kV CA)	2,5 hrs			Equipe 2
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>21,5 horas</b>			

## 5.2 O Custo do Desligamento

A Resolução Normativa ANEEL nº 191 [9], de 12 de dezembro de 2005, define Função Transmissão – FT como “conjunto de instalações funcionalmente dependentes, considerado de forma solidária para fins de apuração da prestação de serviços de transmissão, compreendendo o equipamento principal e os complementares”. Assim, os desligamentos de uma Função Transmissão – FT resultam na aplicação de descontos por Parcela Variável por Indisponibilidade – PVI, conforme estabelece a Resolução Normativa ANEEL nº 729 [2].

No caso do Back-to-Back da SECT, os desligamentos programados do bloco 1 resultam em uma PVI de R\$38.840,90 por hora. Assim, o desligamento programado de 25 horas, para a realização do PMP de 72 meses deste bloco, resultaria em uma PVI de R\$971.022,50. Para o bloco 2, a PVI programada é de R\$41.543,12 por hora e o desligamento de 21 horas, para o PMP desse bloco, resultaria em uma PVI de R\$872.405,52. Sendo que, nos desligamentos intempestivos ou não programados, a PVI pode ser 15 (quinze) vezes maior que nos desligamentos programados.

Considerando que as manutenções preventivas contribuem para o aumento do tempo de vida do equipamento e/ou do tempo médio para a próxima falha [8], a Resolução ANEEL 729 [2], além de estabelecer os descontos para as indisponibilidades programadas, define franquias para a realização de manutenções preventivas. No entanto, apesar de os descontos, definidos na Resolução 729 [2], serem aplicáveis às instalações de transmissão em CCAT, pertencentes ao SIN, não há franquias definidas nesta resolução para os equipamentos específicos do Sistema CCAT. De acordo com a Nota Técnica ANEEL nº 43/2019 [3], a resolução específica para o Sistema CCAT encontra-se em elaboração.

Entretanto, a Nota Técnica ANEEL nº 51/2018 [4] informou que as franquias de 20 horas mais 10 horas com o fator  $k_p=1$ , definidas na Resolução 729 [2] para a FT Transformação, podem ser aplicadas aos transformadores conversores. Assim, os desligamentos programados dos blocos conversores 1 e 2 do Back-to-Back foram solicitados, com uso das franquias dos transformadores conversores TF8 e TF11, respectivamente.

Com o uso dessa prerrogativa, os PMP de 72 meses dos blocos 1 e 2 do Back-to-Back resultaram em PVI de R\$19.420,45 e R\$4.154,32, respectivamente, ou seja, foram obtidas reduções nos custos destes desligamentos de R\$951.602,05 e R\$868.251,20, respectivamente. Além disso, as franquias dos transformadores conversores TF9 e TF10 foram preservadas para serem utilizadas no ano seguinte, em que seria programado o PMP destes equipamentos e dos comutadores de tap de todos os transformadores conversores da instalação.

## 6.0 - CONCLUSÃO

As características físicas do Back-to-Back, com equipamentos específicos do Sistema CCAT, constitui um dos pontos desafiadores para a execução do primeiro PMP de 72 meses, pois, estes equipamentos, com características diferentes do Sistema CA convencional, ainda não estão contemplados nos Programas de Manutenção Planejada Periódica da Eletrobrás Eletronorte, que definem as AMM, e, nem mesmo, na Resolução ANEEL 669 [1], que estabelece os RMM para as manutenções das instalações de transmissão. Assim, nestes casos, foram seguidas as recomendações do fabricante.

A configuração do Back-to-Back, nos casos das buchas de parede e dos transformadores, e dos CCC dos lados de 500 kV e de 230 kV, proporcionou acréscimo de complexidade à atividade, exigindo o uso de caminhão munck com lança de 27 metros, para longo alcance, desconexão de cabos pesados e de difícil manuseio (entre CCC e transformadores) e o trabalho coordenado entre as equipes, para realização de ensaios em horários diferenciados, em função da necessidade de não haver outros serviços em paralelo, por questões de segurança.

A ausência de resoluções específicas que estabeleçam franquias compatíveis com a quantidade de equipamentos e com a complexidade do Sistema CCAT, exigiu que o trabalho fosse executado com elevado número de colaboradores, em diversas equipes de serviços e utilizando vários recursos materiais, para a minimização do tempo do desligamento e, conseqüentemente, da PVI.

Contudo, o planejamento detalhado do serviço e a preparação dos recursos necessários e da mão de obra especializada, permitiram o desenvolvimento das atividades, em conformidade com os padrões de segurança e com o melhor aproveitamento do tempo e, conseqüentemente, com menor custo do desligamento, obtendo resultados positivos significativos para empresa.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa nº 669. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015669.pdf>. Acesso em: 25 jul 2019.

(2) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa nº 729. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016729.pdf>. Acesso em: 25 jul 2019.

(3) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Nota Técnica ANEEL nº 43/2019-SRT/ANEEL. Brasília, 2019. Disponível em: <http://sicnet2.aneel.gov.br/sicnetweb/v.aspx>. Código de verificação: D01E6C5B004DB6B8. Acesso em: 22 jul 2019.

(4) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Nota Técnica ANEEL nº 51/2018. Brasília, 2018. Disponível em: <http://sicnet2.aneel.gov.br/sicnetweb/v.aspx>. Código de verificação: C460CF4100465766. Acesso em: 10 jul 2019.

(5) VIANNA, Elaine A. L.; ABAIDE, Alzenira R.; CANHA, Luciane N.; VIANNA, Priscila L. SF6 Gas Circuit Breakers Reliability Estimation, Considering Likely Wear Points. 51º UPEC - International Universities Power Engineering Conference, Coimbra – Portugal, setembro de 2016.

(6) ENDRENYI, J.; ABORESHEID, S.; ALLAN, R. N.; ANDERS, G. J.; ASGARPOOR, S.; BILLINTON, R.; CHOWDHURY, N.; DIALYNAS, E. N.; FIPPER, M.; FLETCHER, R. H.; GRIGG, C.; McCALLEY, J.; MELIOPOULOS, S.; MIELNIK, T. C.; NITU, P.; RAU, N.; REPPEN, N. D.; SALVADERI, L.; SCHNEIDER, A. and SINGH, Ch. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. IEEE Transactions on Power Systems, 0885 – 8950, Vol. 16, nº. 4, november 2001.

(7) ELETROBRÁS ELETRONORTE. Manual de Manutenção. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A - Diretoria de Produção e Comercialização. Brasília, 2006.

(8) VIANNA, Elaine A. L.; ABAIDE, Alzenira R.; CANHA, Luciane N., MIRANDA, Vladimiro. Substations SF6 Circuit Breakers: Reliability Evaluation Based on Equipment Condition, Electric Power Systems Research – ELSEVIER, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2016.08.018>, desde 21/09/2016, publicação no volume 142, páginas 36 a 46, de janeiro/2017.

(9) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa nº 191. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2005191.pdf>. Acesso em: 06 ago 2019.

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Elaine A. de Lima Vianna - Engenheira Eletricista - Faculdade de Engenharia de Barretos-FEB – Barretos/SP – 1985. Mestre em Engenharia de Energia - Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI – Itajubá/MG – 2009. Doutora em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria-UFSM – Santa Maria/RS e INESCTEC - Universidade do Porto – Portugal – 2017. Trabalha na Eletrobrás Eletronorte, onde atua como Gerente da Divisão de Operação de HVDC Porto Velho – OTORV, da Regional de Operação de Rondônia – OTOR. Principais publicações: “SF6 Gas Circuit Breakers Reliability Estimation, Considering Likely Wear Points”, 51º UPEC - International Universities Power Engineering Conference, Coimbra – Portugal, set/2016; “Substations SF6 Circuit Breakers: Reliability Evaluation Based on Equipment Condition”, Electric Power Systems Research – ELSEVIER, vol. 142, pg 36 a 46, jan/2017.



Francisco Elcimar Monteiro da Silva - Técnico em Eletrotécnica – Centro de Formação Profissional Marechal Rondon-SENAI – Porto Velho/RO – 2006. Engenheiro Civil - Faculdade de Educação e Cultura de Porto Velho – Unesc – Porto Velho/RO – 2017. Engenheiro de Segurança do Trabalho – Faculdade Santo André - Multiron – Jiparaná/RO – 2019. Acadêmico de Engenharia Elétrica - Faculdade Interamericana de Porto Velho-Uniron – Porto Velho/RO. Experiência em Operação de Usina Térmica – Termonorte Energia Ltda – Porto Velho/RO – 2003 a 2007. Trabalha na Eletrobrás Eletronorte, onde atua na Manutenção Elétrica na Divisão de Operação de HVDC Porto Velho – OTORV, da Regional de Operação de Rondônia – OTOR.



Antonio Eduardo Pereira da Silva – Eletricista de Automóveis - Centro de Formação Profissional Marechal Rondon-SENAI – Porto Velho/RO – 2003. Técnico em Informática - Centro de Formação Profissional Marechal Rondon-SENAI – Porto Velho/RO – 2005. Técnico em Eletrotécnica - Centro de Formação Profissional Marechal Rondon-SENAI – Porto Velho/RO – 2010. Engenheiro Civil – Faculdade de Rondônia-FARO – Porto Velho/RO – 2016. Especialista em Docência do Ensino Superior - Faculdade de Rondônia-FARO – Porto Velho/RO – 2017. Pós-graduando em Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência Elétrica – EAD-Unyleya – Brasília/DF. Trabalha na Eletrobrás Eletronorte, onde atua na Manutenção Elétrica na Divisão de Operação de HVDC Porto Velho – OTORV, da Regional de Operação de Rondônia – OTOR.