



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

FI/GAT/13  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO – IV**

**GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT**

**VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DE ESTUDOS REALIZADOS EM AMBIENTE COMPUTACIONAL E EM FÁBRICA (RTDS) UTILIZANDO OS CONTROLES REAIS DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO CCAT BIPOLO 1 E BACK-TO-BACK DO RIO MADEIRA**

**Paulo Fischer Toledo  
Felipe Alves Sobrinho**

**ABB**

**Filipe Rodrigues Lopes (\*)  
Joaquim Neto de Rezende Jr.  
Rogério Antônio da Silva  
Ulisses Gomes Galvão**

**Eletrobras Eletronorte**

**Marcus Danilo Perfeito**

**ETE**

**RESUMO**

Os Estudos de Desempenho Dinâmico do Bipolo 1 do Rio Madeira definiu os sistemas de controle da transmissão do Elo de Corrente Contínua, necessários para a operação segura dos sistemas CA e CC durante perturbações transitórias. Após a finalização dos estudos dinâmicos e transitórios do Bipolo 1 e do Back-to-Back os controles foram então implementados nos painéis de controle dos respectivos equipamentos em fábrica. Para confirmar a implementação e garantir que o desempenho do sistema real fosse semelhante ao planejado durante os estudos foi feito então um trabalho de validação.

Este trabalho visa apresentar uma amostragem de resultados desse trabalho que validam os Estudos de Desempenho Dinâmico através de simulações realizadas em ambiente RTDS, para a operação do Bipolo 1 do Rio Madeira. A abordagem do trabalho será a apresentação de estudos de casos específicos realizados em ambiente computacional (PSCAD / EMTDC), com os devidos resultados atendendo os critérios definidos em Projeto Básico, que serão descritos ao longo do trabalho. Numa segunda etapa, estes resultados serão confrontados com a resposta obtida em ambiente RTDS para as mesmas perturbações simuladas, validando os estudos previamente elaborados.

**PALAVRAS-CHAVE**

Estudos de Desempenho Dinâmico, Simulação digital em ambiente computacional (PSCAD/EMTDC), Simulação Digital em Tempo-Real (RTDS), Sistema de Transmissão CCAT, Projeto Madeira, Bipolo 1

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Um dos requisitos de projeto básico, de responsabilidade das transmissoras, foi a elaboração de estudos de regime permanente, estudos de transitórios eletromagnéticos e estudos transitórios eletromecânicos, visando garantir a operação estável do Elo de Corrente Contínua, seja em operação normal ou frente a perturbações na rede CA e/ou CC, para qualquer cenário de carga e de configuração de topologia do sistema CA dentro do horizonte previsto para a entrada em operação de cada etapa do projeto. Dentro deste escopo de estudos estão previstos os Estudos de Desempenho Dinâmico (Dynamic Performance Study ou somente DPS).

O objetivo do DPS é definir os sistemas de controle da transmissão do Elo de Corrente Contínua, necessários para

(\*) SCN Quadra 06 Conj. A, Bloco C, Sala 1107-C – Ana Norte – CEP 70716-901 Brasília, DF – Brasil  
Tel: (+55 61) 3429-5157 – Fax: (+55 61) 3328 -6084 – Email: filipe.lobes@eletronorte.gov.br

a operação segura dos sistemas CA e CC durante perturbações transitórias. Os casos investigados durante o DPS devem garantir que o sistema de transmissão CCAT do Projeto Madeira seja capaz de operar de forma segura, atendendo requisitos de operação previamente especificados no Edital da ANEEL.

Na a realização dos estudos foi utilizada a estrutura de controle muito próxima ou quase uma cópia da que seriam utilizados nos painéis reais de controle. Dessa forma seria fácil transferir as funções e respectivos parâmetros de controle aos respectivos equipamentos em fábrica. Para confirmar a implementação e garantir que o desempenho do sistema real fosse semelhante ao planejado durante os estudos foi feito então um trabalho de validação. Estes testes foram realizados ainda em fábrica, utilizando ferramenta de Simulação Digital em Tempo-Real (Real Time Digital Simulation ou RTDS), pertencente ao fabricante do Bipolo 1, a saber, a ABB.

O trabalho proposto apresentará uma amostragem de resultados obtidos nestes estudos dinâmicos e a validação correspondente dos controles associados aos modelos digitais utilizados durante o DPS, através de testes em RTDS realizados nas dependências e equipamento do fabricante.

Posteriormente, já com os controles definidos pelos estudos e devidamente validados em fábrica, atendendo a critérios do Projeto Básico, ainda seria necessária a execução de estudos conjuntos contemplando a operação conjunta dos dois Bipolos (Bipolo 1 com o Bipolo 2) com o Back to Back e em paralelo no RTDS do Operador Nacional do Sistema (ONS), utilizando-se das réplicas dos painéis de controles cedidos por cada transmissora correspondente ao seu respectivo fabricante. Estes estudos, além de confirmarem o ajuste adequado entre os controles dos Bipolos, validam também os estudos dinâmicos executados previamente que contemplam a operação de dois bipolos realizados em ambiente computacional.

Este trabalho visa apresentar os principais resultados que validam os Estudos de Desempenho Dinâmico através de simulações realizadas em ambiente RTDS, para a operação do Bipolo 1. (Em futuro trabalho está previsto a apresentação de resultados para a operação conjunta dos dois Bipolos e em operação paralela desses bipolos bem como operação conjunta desse bipolos com o Back-to-Back.) A abordagem do trabalho será a apresentação de estudos de casos específicos realizados em ambiente computacional (PSCAD / EMTDC), com os devidos resultados atendendo os critérios definidos em Projeto Básico, que serão descritos ao longo do trabalho. Estes resultados serão confrontados com a resposta obtida em ambiente RTDS para as mesmas perturbações simuladas, validando os estudos previamente elaborados.

## 2.0 - ESTUDOS DINÂMICOS NO ESCOPO DO PROJETO BÁSICO

Os estudos dinâmicos visam analisar o funcionamento do elo durante e após distúrbios. Nesses estudos, o desempenho do bipolo com relação a tempo de recuperação, estabilidade do controle e relação do bipolo com a rede CA são avaliados.

Caso algum problema seja identificado, modificações podem ser recomendadas para saná-los, como alterações no controle, por exemplo.

### 2.1 Dynamic Performance Study – DPS

Os Estudos de Desempenho Dinâmico (Dynamic Performance Study – DPS) foram os estudos desenvolvidos durante a fase de Projeto Básico para o Lote C, visando avaliar a resposta do elo de corrente contínua (elo CCAT) diante de perturbações do sistema e garantir que sua recuperação atendesse a critérios previamente estabelecidos.

O Lote C inclui todos os equipamentos instalados na estação conversora para o Bipolo 1 do Sistema de Transmissão CCAT do Rio Madeira. O Bipolo 1 alimenta a Região Sudeste com a potência despachada pelas usinas de Jirau e Santo Antônio em Porto Velho – RO, através da Subestação Araraquara, em São Paulo. A capacidade de transmissão nominal desse bipolo é de 3150 MW, operando em  $\pm 600$  kV.

A fim de avaliar o desempenho do Bipole 1, o sistema completo de transmissão HVDC do Rio Madeira, conforme ilustrado na Figura 1, foi modelado em PSCAD. Isto inclui, além do Bipole 1, o segundo Bipolo (durante os estudos realizados no projeto básico o Bipolo 2 foi representado como uma cópia do Bipole 1, uma vez que não estava disponível ainda o modelo desse bipolo) e do sistema de Back-to-Back (o BtB consiste em dois blocos de 400 MW cada, usando tecnologia *Capacitor Commutated Converter*, que será usado para fornecer energia elétrica à rede CA do Sistema Acre-Rondônia das usinas do Rio Madeira).

### 2.1.1 Bases para o Estudo

A representação do sistema do Rio Madeira no PSCAD/EMTDC foi feita conforme mostrado na Figura 1(a).

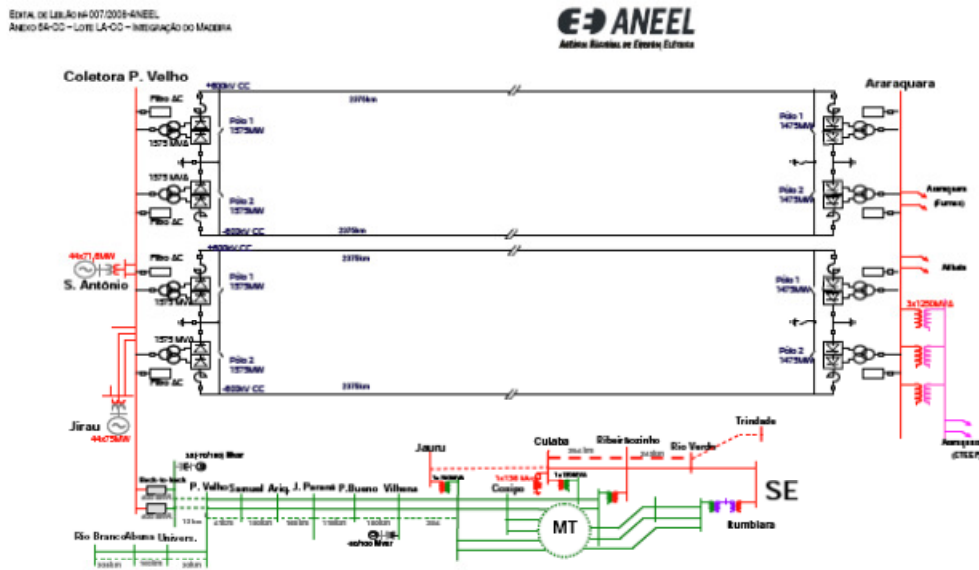


Figura 03 – Diagrama unifilar completo da alternativa CC

FIGURA 1 – Diagrama simplificado do Complexo do Rio Madeira

A área de influência do Back-to-Back é a rede do sistema Acre-Rondônia (230 kV). Dada a fragilidade dessa rede e o impacto da mesma no desempenho dinâmico do Back-to-Back, ela foi representada em detalhe. A modelagem do PSCAD/EMTDC incluiu:

- Modelo Bergeron das linhas de transmissão da rede 230 kV;
- Em Vilhena, um modelo dinâmico de um Static Var Compensator, com capacidade de +100/-50 MVar.
- Em Rio Branco, um modelo dinâmico de um Static Var Compensator, com capacidade de +50/-25 MVar
- Em Samuel, um modelo dinâmico de máquina síncrona, representando as unidades hidro-geradoras, com circuito de excitação, regulador de velocidade e PSS;
- Equivalente Thevenin em Jauru;
- As cargas foram modeladas de acordo com o horizonte estudado, conforme a seguir: A parte ativa representada como corrente constante e a parte reativa representada como impedância constante.

A rede coletora de Porto Velho 500 kV foi modelada com as usinas de Jirau e Santo Antônio. Todas as linhas que conectam as usinas à SE Coletora Porto Velho também foram incluídas no modelo.

Os modelos equivalentes das casas de força, tanto de Jirau quanto de Santo Antônio, incluem modelos dinâmicos de máquinas síncronas, com representação turbina-gerador, circuito de excitação, regulador de velocidade e PSS.

Foi assumido um modelo simplificado do regulador de velocidade, uma vez que estes reguladores devam exercer uma baixa influencia na performance do sistema de transmissão HVDC. A figura 2(a) ilustra esta representação.

Dois equivalentes de rede foram calculados representando a rede CA conectada no terminal inversor de Araraquara, para o sistema de transmissão HVDC do Rio Madeira. Esses dois equivalentes representam o sistema correspondente à configuração da rede correspondente aos anos 2014 em condição de Carga Leve (baixa inércia) e Carga Pesada (alta inércia).

Ao calcular o equivalente de rede, através da redução do tamanho da malha, um esforço foi feito para manter as condições de regime permanente e dinâmico do sistema na vizinhança do barramento do conversor. Experiências foram feitas em diferentes tipos de equivalente a rede resultante está apresentada na figura 2(b)-

Três máquinas equivalentes dinâmicos foram adicionados ao sistema equivalente em Araraquara:

- No barramento em Marimbondo
- No barramento em Ilha Solteira
- No barramento 440 kV em Araraquara

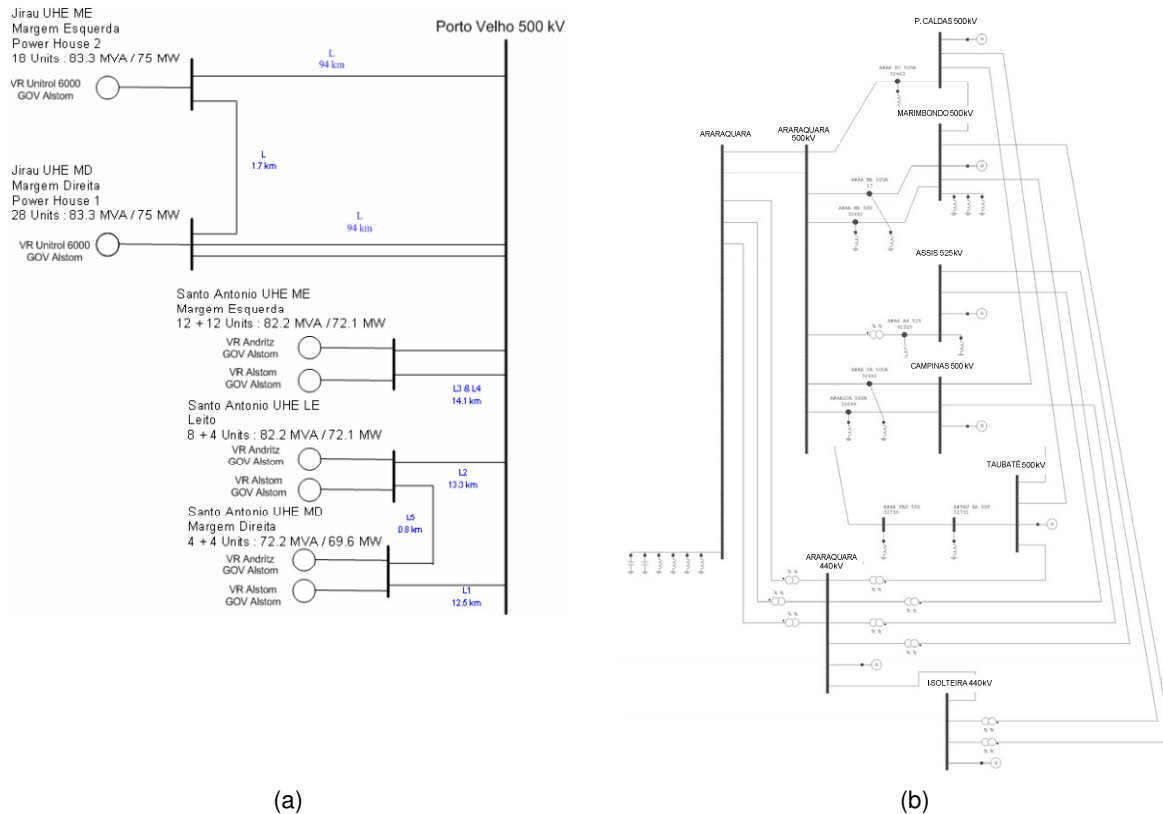


FIGURA 2 – Representação das redes Coletora de Porto Velho 500 kV e rede equivalente em Araraquara modeladas no PSCAD/EMTDC para estudos de DPS

A representação dos conversores HVDC-CCC Back-to-Back inclui:

- Modelo detalhado das válvulas dos conversores, transformadores conversores e capacitores de comutação;
- Reatores de alisamento;
- Filtros CAs e reatores shunt.

O estudo dinâmico DPS considerou que o modelo do Bipolo 2 era idêntico ao Bipolo 1. O modelo dos controles básicos utilizados no PSCAD/EMTDC (controle de disparo das válvulas, controle de polo e controle do bipolo) ~~são~~ eram cópias daqueles utilizados em campo no equipamento real.

### 2.1.2 Casos Estudados

Os estudos realizados durante o projeto básico consideraram uma variedade grande de contingências pertinentes ao desempenho do sistema de transmissão em CCAT. Dentre os casos de faltas estudadas as mais relevantes foram:

- Faltas monofásicas e trifásicas em linhas de transmissão com e sem sucesso no religamento das mesmas;
- Faltas CA através de impedância simulando faltas remotas ao conversor e faltas com diferentes impedâncias de arco;
- Faltas na linha CC utilizando a facilidade de compensação de potência entre pólos; diferentes números de tentativas de 'restart'; tentativa de 'restart' resultando operação em tensão reduzida (RVO);
- Contingência em um polo resultando na parada do mesmo e conseqüente compensação de potência entre pólos para minimizar a perda de potência transmitida;
- Perda de geração resultando redução da potência transmitida através da ação de controle Run-Back;
- Indução de falha comutação em conversores.

## 2.2 Factory System Tests - FST

Teste de Fabrica dos painéis reais de controle (ou simplesmente Factory System Test) são os testes realizados utilizando a ferramenta Simulação Digital em Tempo-Real (Real Time Digital Simulation ou RTDS) visando validar os resultados obtidos na fase de DPS.

Como o objetivo desta etapa era tão somente avaliar a resposta do sistema de controle do HVDC diante de perturbações externas, os painéis de controle reais foram conectados ao equipamento RTDS onde a modelagem da rede CA foi representada de forma simplificada por meios de Equivalentes Thevenin com os mesmos níveis de curto-circuito dos casos base realizados no DPS.

Na Tabela 1, são informadas as características da representação da rede CA utilizada nas análises em RTDS, por meio de Equivalentes Thevenin:

Tabela 1 – Equivalente Thevenin das redes CA de Porto Velho e Araraquara para RTDS

Equivalente em Porto Velho, 90 máquinas	Equivalente Araraquara, 2014 Carga Leve
$S_{CC} = 14850 \text{ MVA}$	$S_{CC} = 17500 \text{ MVA}$
$X_l = 16.835 \text{ } \Omega$	$X_l = 14.286 \text{ } \Omega$
$L_l = 0.0446 \text{ H}$	$L_l = 0.0378 \text{ H}$
$X_{d''} = 0.29 \text{ pu}$	$R_p = 142 \text{ } \Omega$
$X_t = 0.14 \text{ pu}$	$R_s = 1.245 \text{ } \Omega$
$X_{it} = 0.07 \text{ pu}$	
$X_{tot} = 0.5 \text{ pu}$	

Os principais casos analisados foram:

- Falta monofásica e trifásica em linhas de transmissão;
- Falta CA através de impedância simulando faltas remotas ao conversor;
- Falta na linha CC utilizando a facilidade de compensação de potência entre pólos; diferentes números de tentativas de 'restart'; tentativa de 'restart' resultando operação em tensão reduzida (RVO);
- Contingência em um polo resultando na parada do mesmo e conseqüente compensação de potência entre pólos;
- Indução de falha comutação em conversores.

### 2.3 Simulações da Réplica do Bipolo 1 no RTDS do ONS

Essa fase de testes teve como objetivo validar os resultados do DPS, utilizando o equipamento de RTDS existente no Operador Nacional do Sistema, visando cumprir etapa do Projeto Básico.

Nesta etapa, foi utilizada a réplica dos ~~os~~ controles reais existentes em campo, tanto para a do Bipolo 1 como do Bipolo 2.

Estava também prevista a utilização da modelagem das redes CA utilizadaa nos estudos do projeto básico, conforme descrito no item 2.1.1.

Os casos previstos para essa etapa seriam:

- Falta monofásica e trifásica em linhas de transmissão com e sem sucesso no religamento das mesmas;
- Falta CA através de impedância simulando faltas remotas ao conversor e faltas com diferentes impedâncias de arco;
- Falta na linha CC utilizando a facilidade de compensação de potência entre pólos; diferentes números de tentativas de 'restart'; tentativa de 'restart' resultando operação em tensão reduzida (RVO);
- Contingência em um polo resultando na parada do mesmo e conseqüente compensação de potência entre pólos para minimizar a perda de potência transmitida;
- Perda de geração resultando redução da potência transmitida através da ação de controle Run-Back;
- Indução de falha comutação em conversores.

Infelizmente, até o momento de preparação desse trabalho, não foi possível produzir um funcionamento adequado do sistema de transmissão do Bipolo 2, pois o comissionamento dos cubículos de controle não havia sido finalizado. Dessa forma não foi possível obter os resultados para a operação conjunta do Bipolo 1 e 2, utilizando os controles reais do Bipolo 2. A apresentação dos resultados dessa operação conjunta no sistema da réplica instalado nos escritórios do ONS será motivo de um trabalho futuro.

## 2.4 Validação dos Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos na fase de DPS em relação ao respectivo caso correspondente estudado, tanto na fase de FST como no RTDS no ONS.

Adicionalmente, será incluído um tópico comparando os resultados obtidos em RTDS com os mesmos testes tendo sido realizados em campo, comprovando a fidelidade entre as ferramentas de simulação computacional e a de simulação digital em tempo real.

### 2.4.1. DPS (estudos de desempenho dinâmico) x FST (teste de fábrica dos painéis de controle)

À medida que os resultados do DPS foram sendo obtidos e, portanto, as funções de controle estavam sendo desenvolvidas e os respectivos parâmetros de controle sendo ajustados, essas funções foram sendo introduzidas nos painéis de controle associados aos respectivos equipamentos em fábricas. Assim os testes puderam ser realizados e os resultados dos testes confirmados com os obtidos em estudos. Esses testes seriam repetidos na fase seguinte com a réplica dos painéis de controle instalados no simulador de corrente contínua nos escritórios do ONS que serão apresentados no item 2.4.2.

### 2.4.2 DPS x RTDS no ONS.

Abaixo, como exemplo, seguem resultados de dois casos estudados na fase de DPS e no RTDS no NOS. Os resultados da resposta dinâmica do sistema de transmissão em CCAT Bipolo 1 estão sendo comparados entre os modelos implementados nos estudos realizados em EMTDC/PSCAD durante o projeto básico e a réplica dos controles operando em modelos de rede semelhantes aos estudos porém implementados no simulador em tempo real RTDS:

- a) Falta trifásica na rede CA do lado do retificador, 10% tensão remanescente

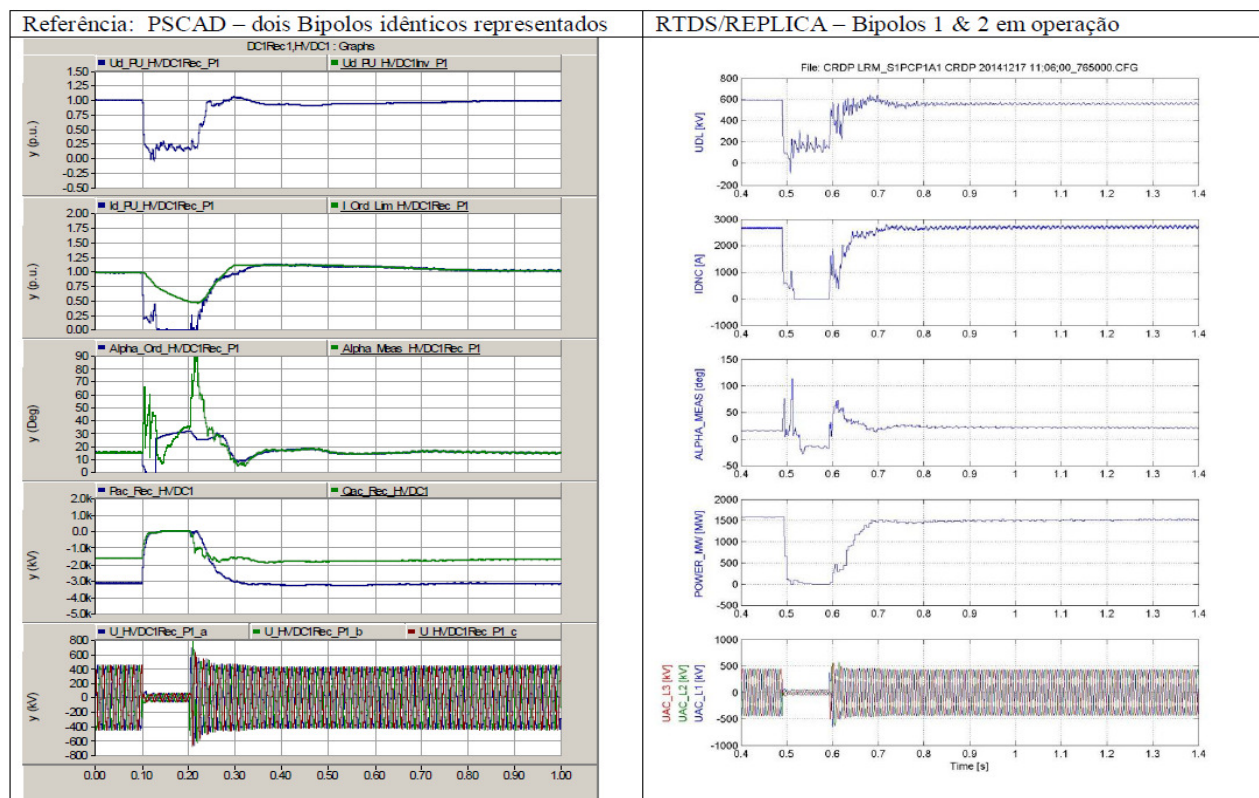


FIGURA 3 – Comparação entre os resultados obtidos em DPS e no RTDS para uma falta trifásica na rede CA de Porto Velho. Variáveis do Retificador



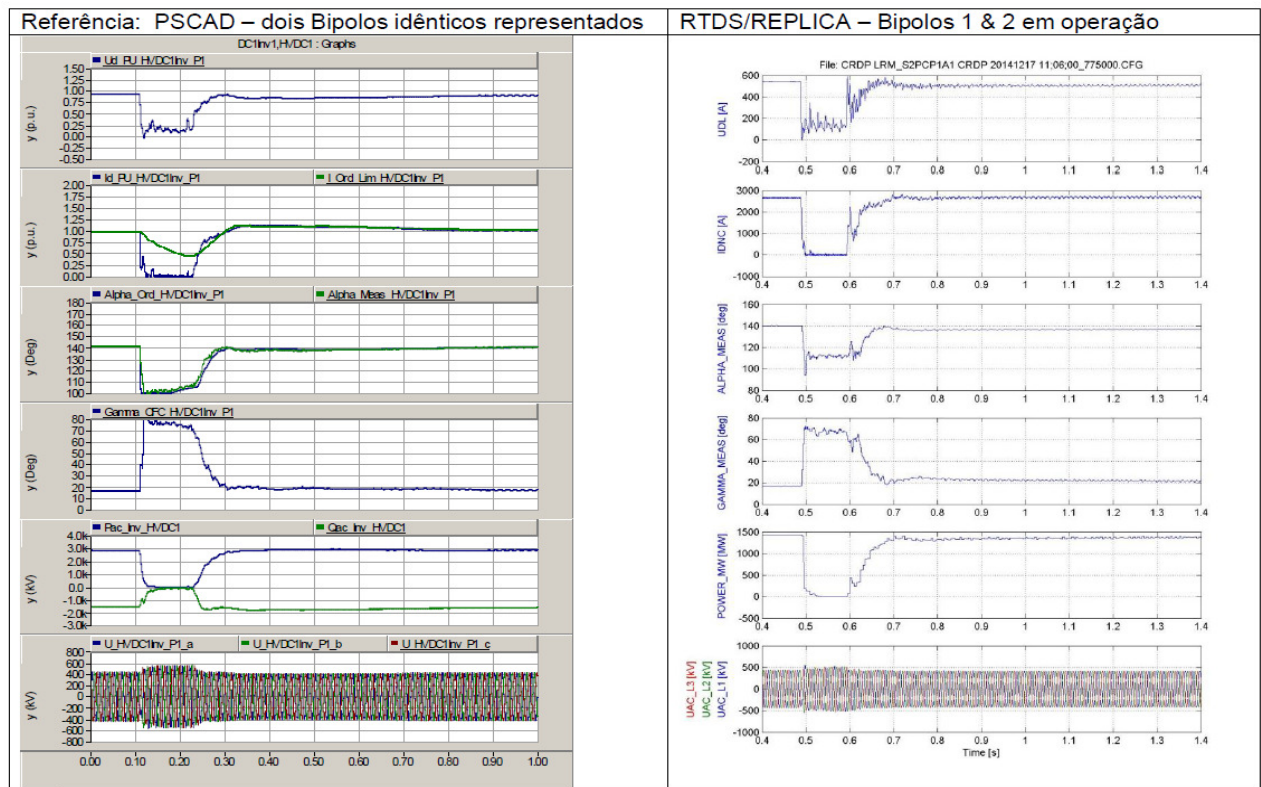


FIGURA 4 – Comparação entre os resultados obtidos em DPS e no RTDS para uma falta trifásica na rede CA de Porto Velho. Variáveis do Inversor

b) Falta trifásica na rede CA do lado do inversor, 10% tensão remanescente

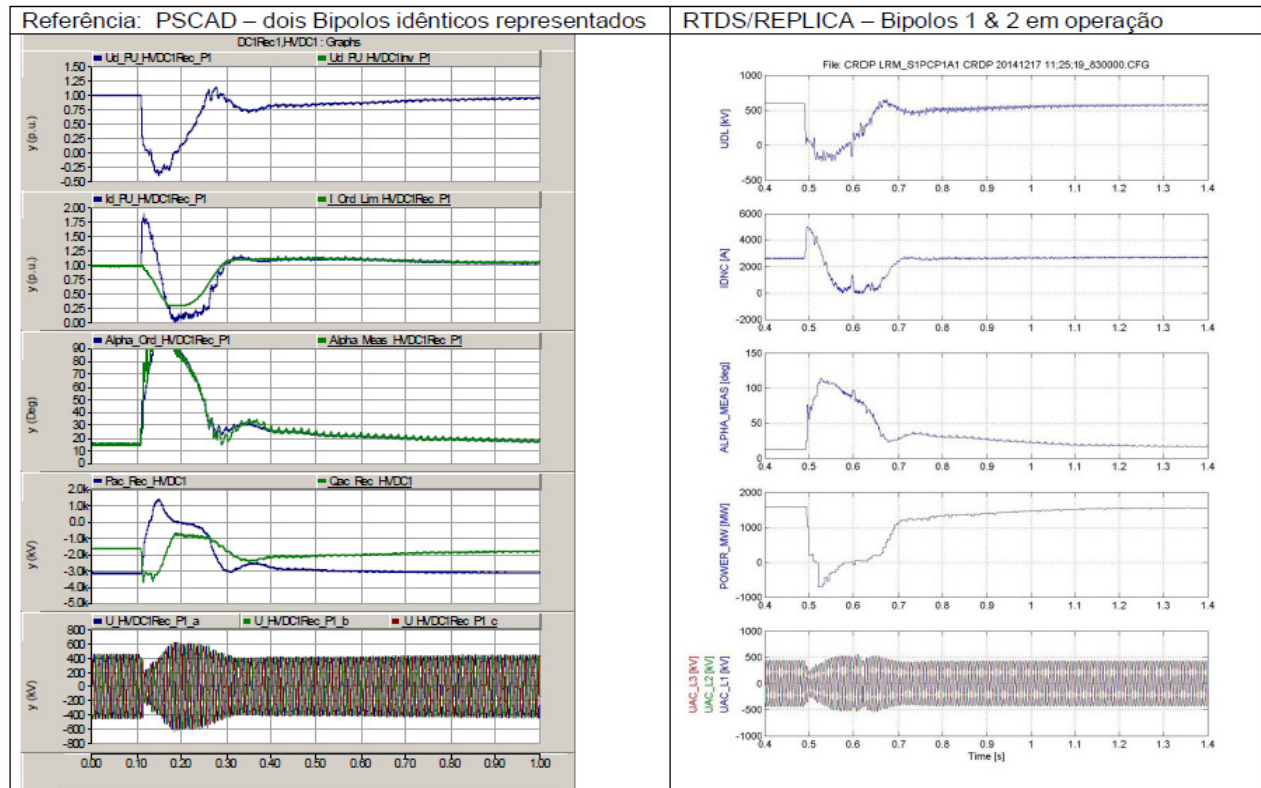


FIGURA 4 – Comparação entre os resultados obtidos em DPS e no RTDS para uma falta trifásica na rede CA de Araraquara. Variáveis do Retificador

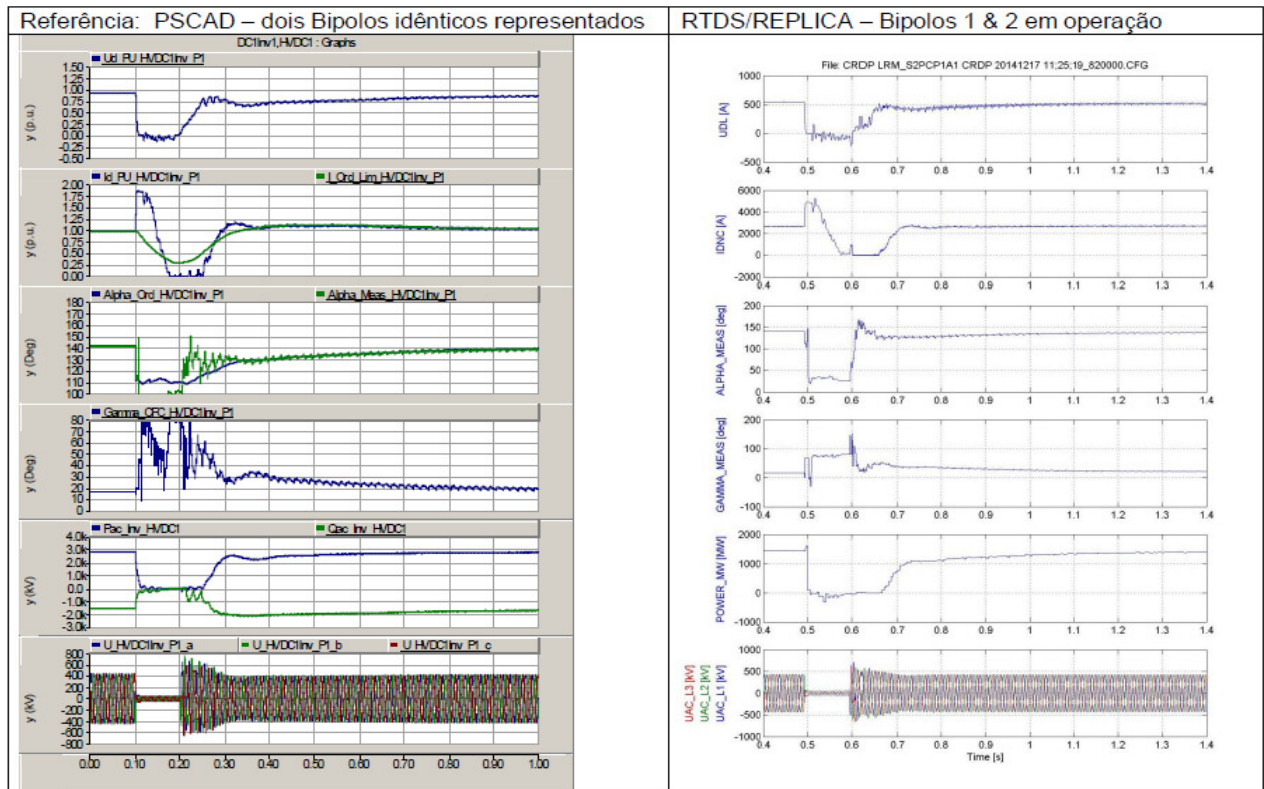


FIGURA 4 – Comparação entre os resultados obtidos em DPS e no RTDS para uma falta trifásica na rede CA de Araraquara. Variáveis do Inversor

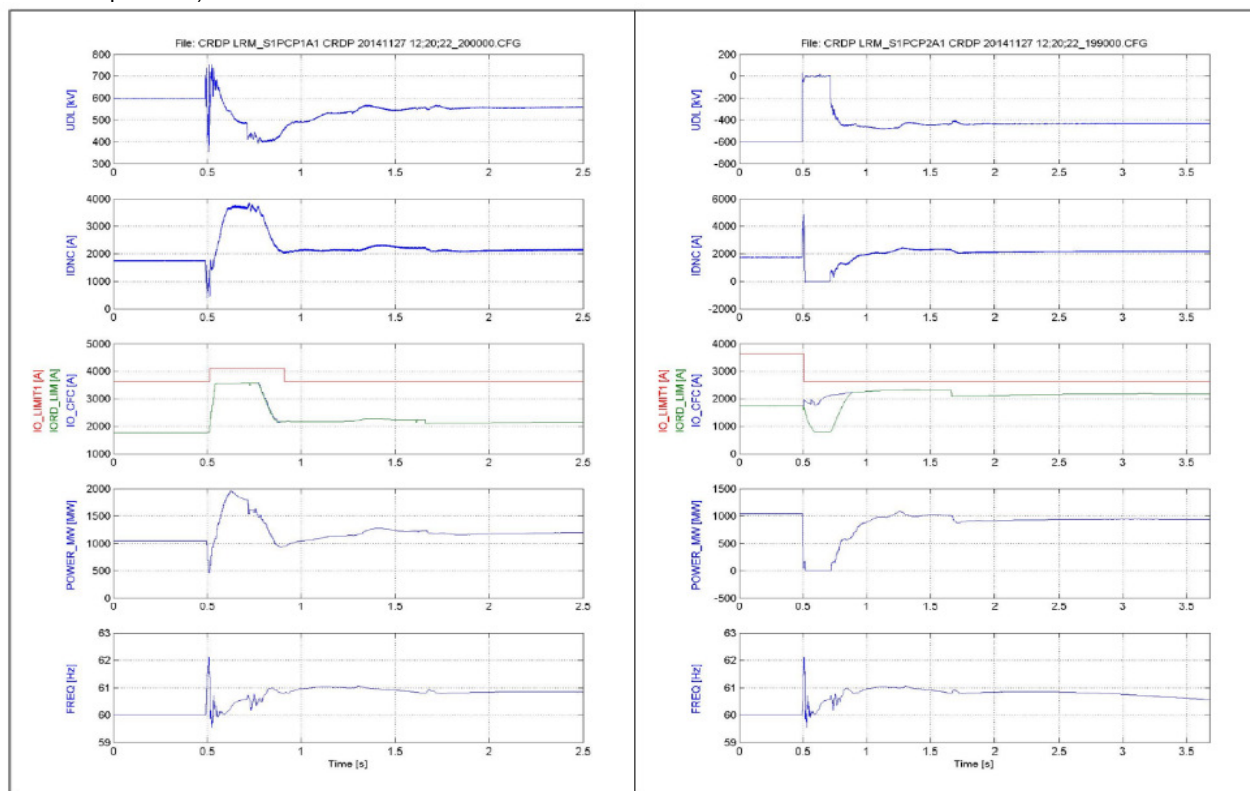
#### 2.4.3. Réplica dos controles operando contra o RTDS x Testes em Campo no sistema real

Nesta seção, serão apresentados os resultados de testes utilizando a réplica dos cubículos de controles operando em ambiente RTDS e os resultados dos mesmos testes realizados em campo. Deve-se destacar que ambos os testes foram realizados visando avaliar o desempenho de funções de controle após modificações necessárias para tornar o sistema de transmissão do Complexo do Madeira mais estável, considerando que a entrada em operação do Bipolo 1 ocorreu em configurações de rede diferentes das avaliadas durante os estudos do projeto básico. Considerando também a experiência obtida nessa fase inicial de operação foi observado que o comportamento dinâmico das máquinas instaladas nas usinas geradoras de Santo Antonio e Jirau apresentavam características diferentes dos modelos utilizados nos estudos. Assim foi necessário fazer algumas adaptações no sistema de controle do Bipolo 1, melhorando o desempenho do sistema gerador-transmissor do Rio Madeira.

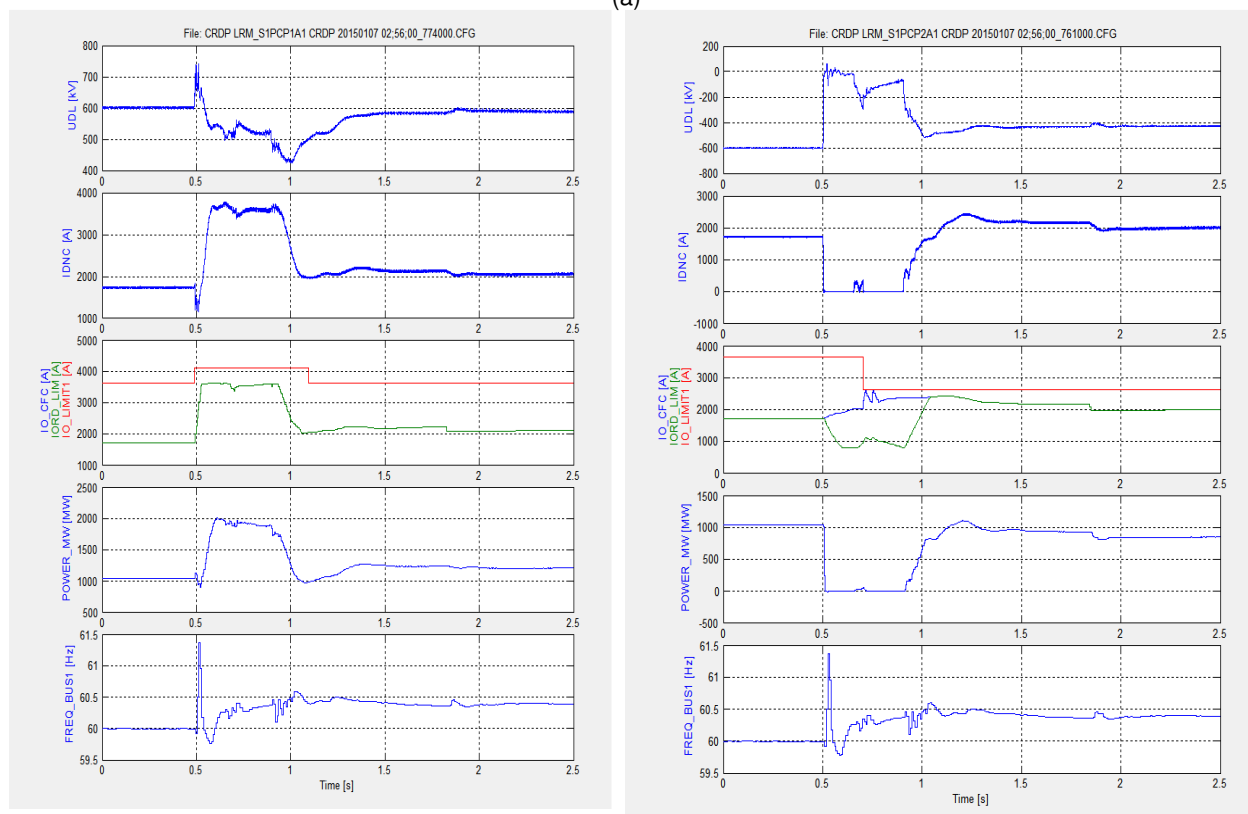
Cabe destacar também que, mesmo tendo sido representado de forma simplificada a rede CA do lado do retificador e do inversor, a resposta obtida em ambos os testes se apresenta de forma bem similar, ainda que as condições de operação do sistema estejam num ponto ligeiramente diferente um em relação ao outro, como mostram as figuras abaixo:



- a) Teste de transmissão bipolar com falta na linha DC. 'Restart do polo em RVO (Reduced Voltage Operation)



(a)



(b)

FIGURA 5— Comparação entre os resultados obtidos em RTDS e em testes de campo para uma falta DC seguida de restart do polo em tensão reduzida. (a) Resultado em RTDS; (B) Resultado do teste em campo

### 3.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou resultados que validam os Estudos de Desempenho Dinâmico através de simulações realizadas em ambiente RTDS, para a operação do Bipolo 1, do elo de corrente contínua do Rio Madeira. Numa etapa futura, que será motivo de um outro trabalho, está previsto a apresentação de resultados de validação e comprovação do desempenho dinâmico do Bipolo 1 operando conjuntamente com o Bipolo 2, quando este Bipolo 2 estiver devidamente comissionado e testado, finalizando a validação dos estudos previamente elaborados.

Ao confrontar o comportamento das grandezas elétricas obtidas em estudos de DPS àquelas obtidas em ambiente RTDS, diante do mesmo distúrbio, verificamos praticamente as mesmas respostas, seja quanto à amplitude da grandeza, quanto ao tempo de recuperação.

Estes resultados são também validados quando se analisa os resultados dos estudos de RTDS diante dos testes realizados em campo, quando resultados muito próximos foram obtidos.

Assim, garante-se que as representações feitas nos ambientes RTDS e em EMTDC/PSCAD reproduzem o comportamento real da planta.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. F. Toledo, F.A. Sobrinho, "Equivalente Araraquara ano base 2014 para estudos dinâmicos no PSCAD, Memorandum", ABB, SE, 2010
- [2] P. F. Toledo, J. Edvinsson, "Dynamic Performance Study, Final Verification, Bipole 1", 1JNL100157-696 Rev. 01, ABB HVDC, SE, 2011
- [3] P. F. Toledo, M. Pinto, F. Nobre, "Validação dos Estudos Dinâmicos do Projeto Básico do Bipolo 1", 1HBR44-132175-002, ABB, Brasil, 2014
- [4] P. F. Toledo, M. Pinto, F. Nobre, "Adaptações de Controle para Melhorar o Comportamento Dinâmico do Bipolo 1 para uma Melhor Integração ao Comportamento das Máquinas das Usinas de Santo Antonio e Jirau", 1HBR44-132175-001 rev.01, ABB, Brasil, 2015

### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Paulo Fischer de Toledo** formado como Engenheiro Elétrico pela Faculdade de Engenharia Mauá em 1978, Licenciatura e Ph.D. pelo Royal Institute of Technology (KTH), Estocolmo, Suécia em 2003 e 2007, respectivamente. Tem trabalhado na área de transmissão de energia elétrica associado a sistemas de Corrente Contínua desde 1980. Ele é Engenheiro da ABB – Asea Brown Boveri, e trabalhou em vários departamentos técnicos dentro da empresa. Responsável pelo projeto e solução sistêmica do projeto Rio Madeira, lotes A e C.

**Felipe Alves Sobrinho** Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2004). Trabalhou na Marte Engenharia e, atualmente, trabalha na área de planejamento de sistemas de transmissão na Eletrobras Eletronorte. Participou de diversos estudos do projeto básico do Backto- Back de Porto Velho e do Bipolo 1 entre Porto Velho e Araraquara.

**Marcus Danilo Perfeito** nasceu em 1962 em Morrinhos, Goiás (Brasil). Graduiu-se em 1984 em Engenharia Elétrica, modalidade Eletricista, pela Universidade de Brasília, Brasília, e concluiu pós-graduação em Engenharia de Sistemas Elétricos pela Universidade de Itajubá, Minas Gerais, em 1993. Atuou na área de estudos e projeto de sistemas de proteção e controle de subestações. Atualmente Coordenador da Engenharia de Proprietário da Estação Transmissora de Energia, empresa do Grupo Eletrobras Eletronorte.

**Filipe Rodrigues Lopes** nasceu no Rio de Janeiro, Brasil, em 1983. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora em 2006. Trabalha desde 2007 na Eletrobras Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos elétricos nas áreas de Fluxo de Potência, Transitórios Eletromagnéticos e Transitórios Eletromecânicos.

**Joaquim Neto de Rezende Jr.** nasceu em Araguari, Minas Gerais, Brasil, em 1963. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia em 1988. Mestrado em sistemas de potência pela Universidade Brasília em 1999. Trabalha desde 1989 na Eletrobras Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos de proteção e automação.

**Rogério Antônio da Silva** nasceu em Uberlândia – MG em 1960. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela universidade de Brasília – UnB em 1983. Possui curso de Especialização em Proteção de Sistemas Elétricos pela

FUPAI da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Trabalha na Eletronorte desde 1984 na área de estudos de sistemas de proteção, controle e automação

**Ulisses Gomes Galvão** nasceu em Anápolis, Goiás, Brasil, em 1962. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás em 1988. Especialização em proteções digitais para sistemas elétricos pela Universidade Federal de Brasília em 1999. Especialização em proteção de sistemas elétricos pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2003. Trabalha desde 1989 na Eletrobrás Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos de proteção e automação.