



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

FI/GCR/09
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO VI

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (GCR)

**DESAFIOS DA INOVAÇÃO: A OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO EM CORRENTE CONTÍNUA
FRENTE AOS ENTRAVERES REGULATÓRIOS**

Walmor Vieira Gomes*
ELETRONORTE

Onivaldo Antônio Fernandes
ELETRONORTE

RESUMO

O objetivo do trabalho é evidenciar as dificuldades regulatórias infligidas ao setor elétrico devido à falta de uma legislação específica para implantação, operação e manutenção dos ativos advindos da tecnologia de transmissão em Corrente Contínua em Alta Tensão (HVDC). Demonstrar que melhorias e adequações no sistema regulatório podem atrair novos investidores, estimular a adaptação tecnológica e até mesmo o surgimento de projetos mais audaciosos, ampliando a segurança do Sistema Interligado Nacional.

PALAVRAS-CHAVE

HVDC, Eletronorte, Regulação, 270/2007

1.0 - INTRODUÇÃO

Com cerca de 2.500 km de extensão, o Complexo Rio Madeira é a maior rede de corrente contínua do mundo. A transmissão é feita por um bipolo, em 600 kV CC, o qual, em plena capacidade, corresponde a 3150 MW, responsável por cerca de 10% da demanda atual da região Sudeste.

Primeiro sistema de transmissão HVDC brasileiro sob o regime da Resolução ANEEL nº 270/2007, o empreendimento é penalizado por uma legislação ajustada ao sistema de transmissão em corrente alternada, preponderante no país, a qual não contempla particularidades do novo sistema. Especificamente, a forma de cálculo da parcela dedutível da receita mensal devida ao empreendimento, a chamada Parcela Variável por Indisponibilidade (PVI), não reconhece as estruturas utilizadas na transmissão em corrente contínua, o que por si só requer uma revisão.

1.1 O Sistema HVDC

O HVDC (corrente contínua em alta tensão) é uma alternativa para a transmissão de grandes quantidades de energia por longas distâncias e interligação de redes de energia incompatíveis. Basicamente utiliza duas estações conversoras – uma retificadora, outra inversora –, responsáveis por converter a corrente alternada de alta tensão em corrente contínua de alta tensão e vice-versa. No intervalo entre as duas estações, um elo de corrente contínua realiza a transmissão.

A evolução da eletrônica de potência revolucionou a aplicabilidade do sistema. À medida que as primeiras válvulas de arco de mercúrio foram substituídas por sistemas tiristorizados, as estações conversoras reduziram substancialmente de tamanho e complexidade, assim como seus prazos de entrega. Atualmente, o HVDC permite que o fluxo de energia seja controlado rapidamente e com precisão, melhorando o desempenho, eficiência e economia das redes CA ligadas.

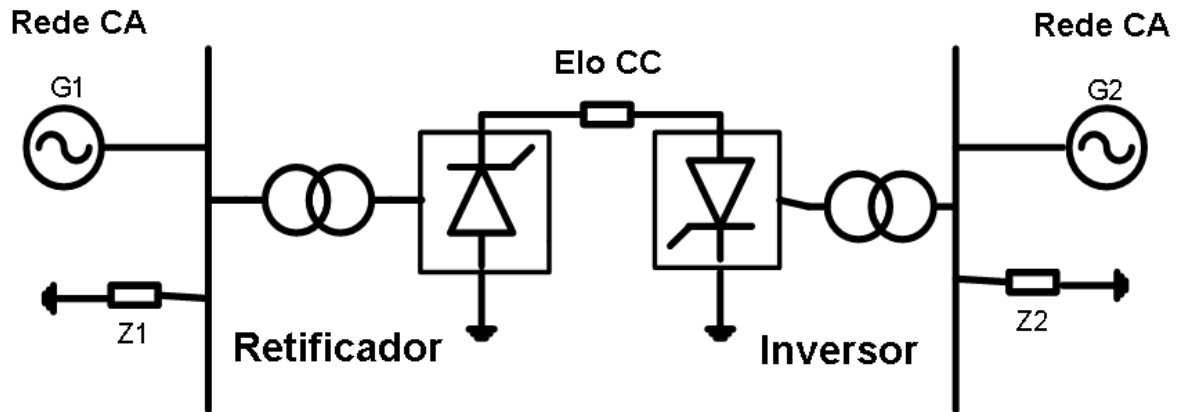


FIGURA 1 – O Sistema HVDC

Essa controlabilidade torna atraente a tecnologia mesmo para distâncias curtas – inclusive zero, como no caso de conversores Back-to-Back. Já nos casos de longas distâncias, sejam terrestres ou submarinas, é a questão econômica que favorece a transmissão HVDC – devido à estruturas menores e menor número de cabos.

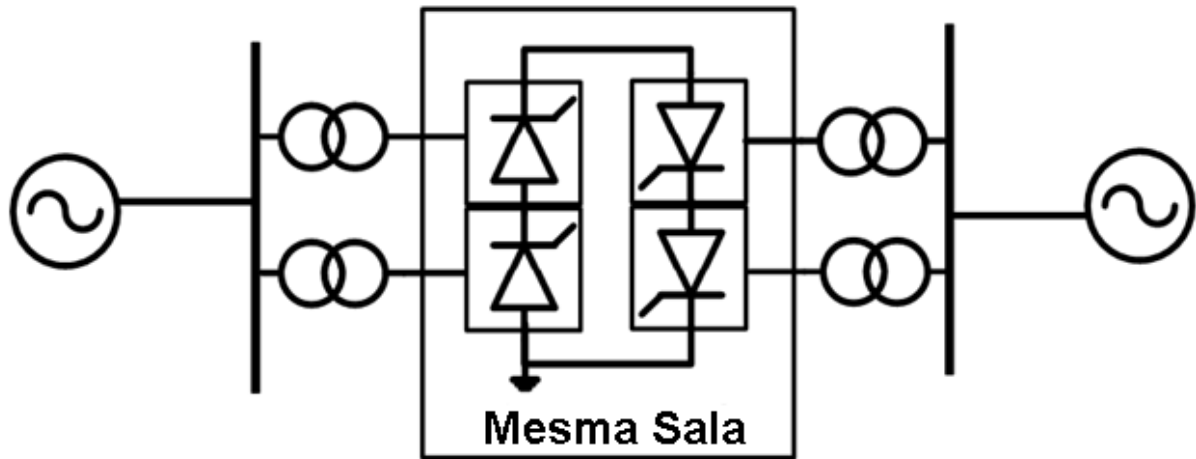


FIGURA 2 – A Configuração Back-to-Back

1.1.1 Vantagens Competitivas

- Maior capacidade de transmissão de potência;
- Não-propagação de distúrbios entre os sistemas CA interligados;
- Controle rápido das correntes de curto e menores níveis de curto-circuito;
- Chaveamentos mais suaves;
- Menores perdas para transmissões em longas distâncias;
- Conexão de sistemas elétricos que operam em frequências diferentes;
- Menor nível de isolamento;
- Menor impacto ambiental;
- Menor custo total para transmissão de energia.

1.1.2 Desvantagens Competitivas

- Elevado custo e capacidade limitada dos conversores estáticos;
- Necessidade de grandes áreas para as estações conversoras;
- Diversas fontes de ruído nas estações;
- Maior necessidade de compensadores de reativos;
- Maior necessidade de filtros harmônicos.

1.2 O Complexo do Rio Madeira

O Complexo Rio Madeira é o sistema HVDC projetado para exportar energia das novas usinas hidrelétricas no Rio Madeira, na Bacia Amazônica, para os principais centros de carga do Sudeste do Brasil. O sistema é composto pelas usinas hidrelétricas UHE Jirau (3750 MW) e Santo Antônio (3568 MW), mais dois bipolos nas estações Coletora Porto Velho, no estado de Rondônia, e Araraquara 2, no estado de São Paulo, interligados por quatro linhas de transmissão de 600 kV e corrente contínua, com uma capacidade de 3150 MW cada.

Em operação desde 2013, o bipolo 1 é administrado pelos consórcios Porto Velho Transmissora de Energia (PVTE), Estação Transmissora de Energia (ETE) e Interligação Elétrica do Madeira (IE Madeira). As estações conversoras, regulamentadas pelo Contrato de Concessão ANEEL nº12/2009, são responsabilidade do consórcio ETE.

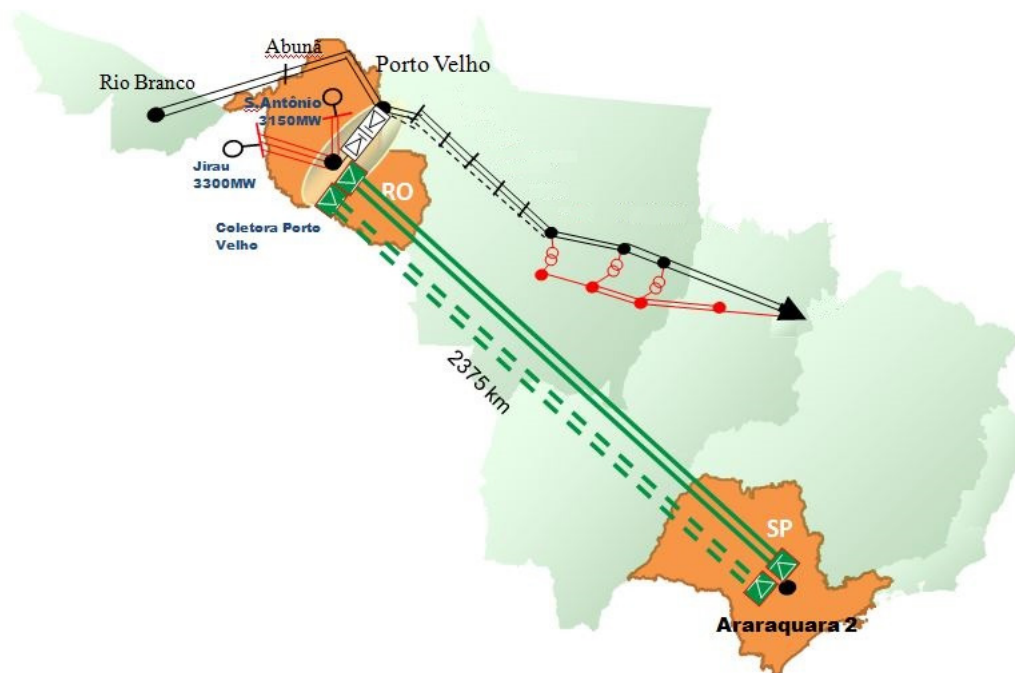


FIGURA 3 – O Complexo Rio Madeira

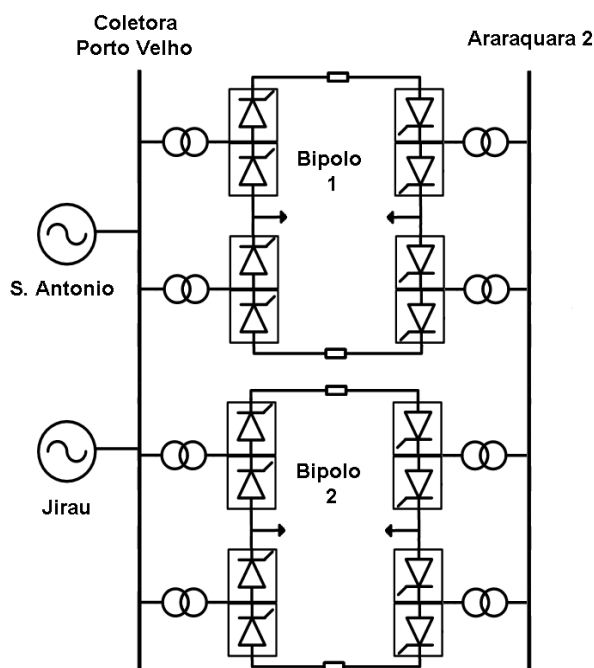


FIGURA 4 – Configuração do Complexo Rio Madeira

O ciclo anual de apuração dos resultados tem início em junho e término em maio do ano seguinte. No caso do ciclo 2014/2015, objeto deste trabalho, a coleta de dados terminou no dia 11/03/2015, devido à data-limite estabelecida pelo SNPTEE. Corresponde aos resultados operacionais do bipolo 1 do Complexo Rio Madeira.

2.0 - A RESOLUÇÃO ANEEL Nº270/2007

A resolução ANEEL nº270/2007 é o instrumento normativo responsável por estabelecer as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica que compõem o Sistema Interligado Nacional – SIN.

Dentre seus dispositivos, a resolução define a Função Transmissão (FT) como o “conjunto de instalações funcionalmente dependentes, considerado de forma solidária para fins de apuração da prestação de serviços de transmissão” (inciso VII, art. 2º) e a Parcela Variável por Indisponibilidade (PVI) como “parcela a ser deduzida do Pagamento Base por Desligamentos Programados ou Outros Desligamentos decorrentes de eventos envolvendo o equipamento principal e/ou os complementares da FT”.

Para o caso do bipolo 1, estas são as Funções Transmissão definidas pela ANEEL, conforme pré-estabelecidas no Contrato de Concessão nº12/2009 (subcláusula 7ª, cláusula 6ª):

- FILTRO HARM CJ C 500 kV C.PORTO VELHO;
- POLO 2 500 kV C.PORTO VELHO CV5 RO;
- POLO 1 500 kV C.PORTO VELHO CV6 RO;
- GRUPO DE FILTROS GF1 SE ARARAQUARA 2;
- GRUPO DE FILTROS GF2 SE ARARAQUARA 2;
- GRUPO DE FILTROS GF3 SE ARARAQUARA 2;
- GRUPO DE FILTROS GF4 SE ARARAQUARA 2;
- POLO 1 CC SE ARARAQUARA 2 CV1 SP;
- POLO 2 CC SE ARARAQUARA 2 CV2 SP.

Já a resolução ANEEL nº270/2007 contempla somente as seguintes Funções (parágrafo 1, Anexo):

- LINHA DE TRANSMISSÃO;
- TRANSFORMAÇÃO;
- CONTROLE DE REATIVO – REATOR, COMPENSADOR E BANCO DE CAPACITOR.

Dessa forma, na ausência de definições específicas, as quatro Funções POLO são tratadas, para fins de apuração da PVI, como equivalentes a Função TRANSFORMAÇÃO. As demais Funções FILTRO e GRUPO DE FILTROS são tratadas como CONTROLE DE REATIVO – BANCO DE CAPACITOR.

A apuração das indisponibilidades de cada função no período é exibida na Tabela 1,

Tabela 1 – Indisponibilidade das Funções Transmissão

FUNÇÃO TRANSMISSÃO	Nº DESLIGAMENTOS	DURAÇÃO
FILTRO HARM CJ C 500 kV C.PORTO VELHO	4	18 min
POLO 2 500 kV C.PORTO VELHO CV5 RO	1	33 min
POLO 1 500 kV C.PORTO VELHO CV6 RO	2	1.896 min
GRUPO DE FILTROS GF1 SE ARARAQUARA 2	1	77 min
GRUPO DE FILTROS GF2 SE ARARAQUARA 2	1	77 min
GRUPO DE FILTROS GF3 SE ARARAQUARA 2	1	77 min
GRUPO DE FILTROS GF4 SE ARARAQUARA 2	2	245 min
POLO 1 CC SE ARARAQUARA 2 CV1 SP	2	99 min
POLO 2 CC SE ARARAQUARA 2 CV2 SP	2	138 min

A indisponibilidade de maior duração ocorreu no dia 10/12/2014, início às 19h05, na qual um defeito na Casa de Válvulas resultou no desligamento de emergência da Função POLO 1 500 kV C.PORTO VELHO CV6 RO, permanecendo desligada por 31 horas. No momento da ocorrência, o sistema HVDC operava com 2540 MW e, após a perturbação, permaneceu transmitindo 1270 MW.

Por outro lado, a indisponibilidade que melhor ilustra a interconexão do sistema ocorreu no dia 21/02/2015. Às 05h01, ocorreu o desligamento automático do transformador nº1 de 500kV da SE Araraquara 2, e também dos polos 1 e 2 da Coletora Porto Velho, cujo resultado foi a indisponibilização de praticamente todas as Funções Transmissão, o que é caracterizado como desligamentos em cascata. Devido ao bloqueio 86 nos disjuntores 1162

e 1170 na SE Araraquara, o ONS manteve a indisponibilidade total até às 05h34, sendo que as Funções GRUPO DE FILTROS permaneceram bloqueadas até às 06h18. O efeito dessa única ocorrência no sistema é resumida na Tabela 2,

Tabela 2 – Indisponibilidade do Dia 21/02/2015

FUNÇÃO TRANSMISSÃO	PVI	DURAÇÃO
FILTRO HARM CJ C 500 kV C.PORTO VELHO	R\$ 0,00	0
POLO 2 500 kV C.PORTO VELHO CV5 RO	R\$ 376.103,97	33 min
POLO 1 500 kV C.PORTO VELHO CV6 RO	R\$ 376.103,97	33 min
GRUPO DE FILTROS GF1 SE ARARAQUARA 2	R\$ 91.334,78	77 min
GRUPO DE FILTROS GF2 SE ARARAQUARA 2	R\$ 91.334,78	77 min
GRUPO DE FILTROS GF3 SE ARARAQUARA 2	R\$ 91.334,78	77 min
GRUPO DE FILTROS GF4 SE ARARAQUARA 2	R\$ 91.334,78	77 min
POLO 1 CC SE ARARAQUARA 2 CV1 SP	R\$ 363.044,29	34 min
POLO 2 CC SE ARARAQUARA 2 CV2 SP	R\$ 363.044,29	34 min
TOTAL	R\$ 1.843.635,63	

Por fim, o gráfico exibido na Figura 5 mostra o resultado da Parcela Variável por Indisponibilidade no período,

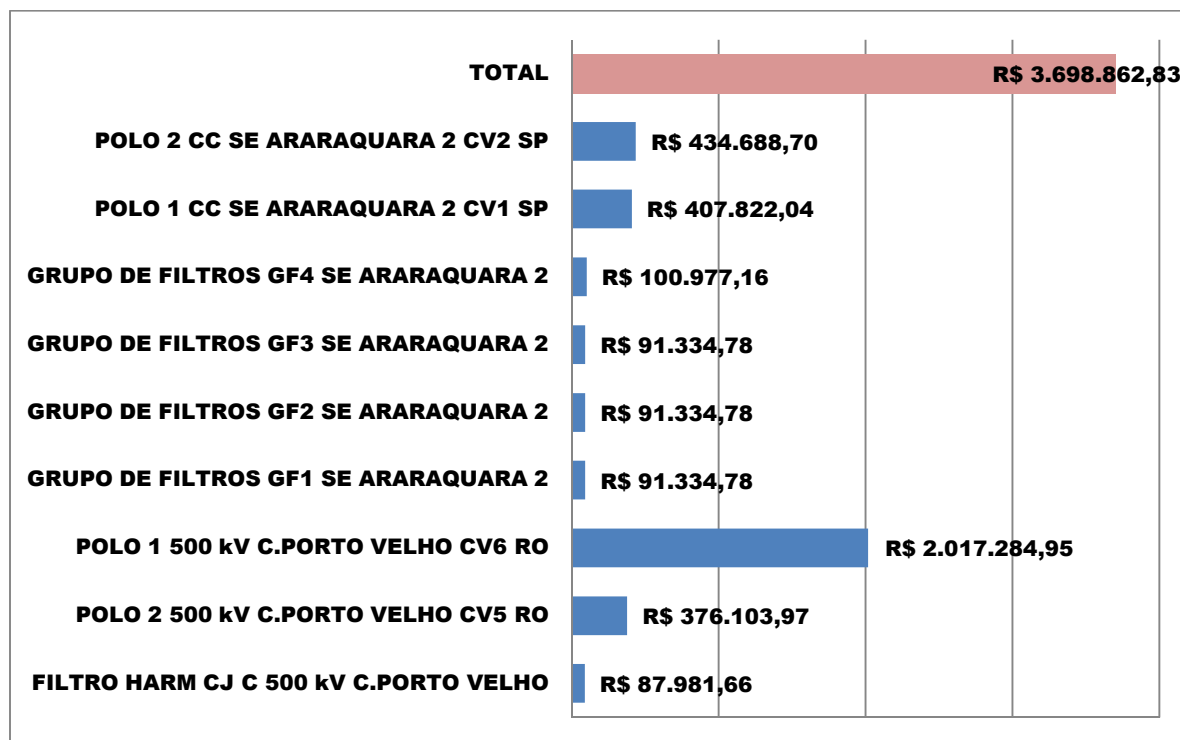


FIGURA 5 – Resultado da PVI no Período

É evidente o impacto produzido numa única ocorrência devido ao desligamento de múltiplas Funções. A motivação principal do agente regulador para a aplicação de PVI nos casos de desligamentos de mais de uma FT é incentivar a operação e a manutenção adequadas das Funções por meio de sinal econômico proporcional a quantidade de instalações indisponíveis para os casos de desligamentos de vulto.

Porém, em razão da topologia e da tecnologia do sistema de transmissão HVDC, o desligamento da FT em um dos terminais acarreta o desligamento da FT do outro terminal, independentemente da operação e manutenção adequada. Ressalta-se que uma ocorrência em FT do sistema HVDC não implicará em descontinuidade na transmissão de energia elétrica, podendo o bipolo operar em modo monopolar ou em outro modo de operação, sem provocar interrupção de carga.

Outro aspecto regulatório relevante no resultado da PVI é o que trata do Plano Mínimo de Manutenção. A Audiência Pública ANEEL nº22/2014 apresentou uma proposta de pré-estabelecer um tempo destinado à realização de manutenções preventivas, o qual para o caso da FT TRANSFORMAÇÃO é de 30 horas ininterruptas num intervalo mínimo de 3 anos. Esse Plano considerou apenas estudos estatísticos das manutenções preventivas de transformadores de potência em corrente alternada, ignorando, portanto, aspectos construtivos e tecnológicos utilizados no HVDC. Além disso, a atribuição ignora que as funções POLO são compostas também por módulos de manobra em 500 kV, transformadores conversores, casas de válvulas e pátio de corrente contínua.

3.0 - CONCLUSÃO

A tecnologia HVDC teve um enorme e imediato impacto na maneira como a transmissão de energia global era percebida. Viabilizou transmissões entre ilhas e conectou sistemas pelo meio submarino. Atualmente já é possível a transmissão entre múltiplas estações conversoras, as quais são cada vez menores, assim como torna-se viável também para sistemas de menor potência. No entanto, o modelo de negócios brasileiro, assim como sua legislação, restringem o desenvolvimento de novos projetos no país. É natural que inovações enfrentem dificuldades devido ao pioneirismo, porém, ao se considerar os desafios atuais para o Brasil no setor energético, é imprescindível que o processo de mudança ocorra em ritmo acelerado. A breve experiência brasileira com a tecnologia HVDC já evidencia alguns quesitos que primariamente necessitam de revisão:

- Considerar os padrões de frequência para as FT do sistema HVDC somente quando o ONS dispuser de uma série histórica com o desempenho desses equipamentos;
- Revisar a receita para as fases reservas dos transformadores conversores;
- Rever a franquia para substituição de fase reserva;
- Revisar o entendimento para desligamentos em cascata;
- Incluir as Funções Transmissão do sistema HVDC no Plano Mínimo de Manutenção;
- Aprimorar a integração dos agentes do Complexo do Madeira, ONS e ANEEL.

Em suma, é necessário reconhecer as particularidades do sistema, ao invés de tentar adaptá-lo ao regime predominante de transmissão em corrente alternada. A crise energética brasileira exige sistemas cada mais integrados de maneira continental - cada vez mais é necessário o aproveitamento das fontes situadas na região Norte do país. Sendo assim, é preciso sinalizar aos futuros investidores que o governo reconhece a importância do sistema HVDC.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) BARRETO, D., ALVES, I., CARLOS, L., SABACK, R. Alta tensão em corrente contínua (HVDC); SALVADOR-Brasil. Disponível em http://www.dee.eng.ufba.br/home/simas/Tema06_HVDC_final.pdf, data de consulta a 13-03-2015.

(2) OLIVEIRA, L. C. O. Transmissão em corrente contínua (módulo 1). Disponível em http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/pos-graduacao/tcc_01_2013.pdf, data de consulta a 13-03-2015

(3) RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº270/2007, de 26 de junho. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2007270.pdf>, data de consulta a 13-03-2015.

(4) CONTRATO DE CONCESSÃO Nº12/2009-ANEEL, de 13 de janeiro.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Walmor Vieira Gomes

Nascimento: Campinas/SP, 17/11/1978.

Formação Acadêmica: Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), ano de 2006.

Experiência Profissional: ELETROBRAS ELETRONORTE

Admitido em 2007 – Atualmente na Gerência de Análise e Controle do Desempenho de Sistema.

Onivaldo Antônio Fernandes

Nascimento: Gastão Vidigal/SP, 17/08/1956.

Formação Acadêmica: Pós-graduação em Gestão Organizacional na Universidade de Brasília (UnB), ano de 1998.

Pós-graduação em Planejamento e Economia de Empresas de Energia Elétrica pela Universidade Mackenzie, ano de 1998.

Graduação em Engenharia Elétrica – Eletrotécnica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ano de 1982.

Experiência Profissional: ELETROBRAS ELETRONORTE

Admitido em 1989 – Atualmente na Gerência de Análise e Controle do Desempenho de Sistema.

ENGEVIX S/A - ESTUDOS E PROJETOS DE ENGENHARIA:

Período: 24/10/1985 à 20/06/1989.

Lotação: Grupo de apoio técnico à Diretoria de Operação da ELETRONORTE - Prestador de Serviço Permanente.