

# Sistema barateia transporte de energia elétrica

Transmissão em corrente alternada elimina utilização de equipamentos de conversão

CARMO GALLO NETTO  
CARMO@reitoria.unicamp.br

O transporte de energia elétrica da usina em que é produzida até os centros de consumo tem custos que dependem, principalmente, das formas de transmissão utilizadas e das distâncias envolvidas. Na transmissão convencional, a energia elétrica gerada na usina em corrente alternada (CA) é transportada através de linhas de até 400 km de comprimento, que necessitam de uma grande quantidade de equipamentos para regular essa transmissão. Quando as distâncias envolvidas são maiores, a CA é convertida em corrente contínua (CC) para a transmissão e, depois, na recepção novamente transformada em CA para distribuição aos consumidores. Este processo exige a utilização de equipamentos de tecnologia sofisticada, tanto na estação geradora como na estação receptora.

O transporte de grandes blocos de energia elétrica através de longas distâncias, que variam de 2,5 mil a 3 mil km, típicas em países extensos como o Brasil, impõe a utilização de soluções mais adequadas, baseadas em linhas de transmissão não convencionais. Estudos desenvolvidos, desde 2007, junto ao Departamento de Sistema e Controle de Energia da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da Unicamp, orientados pela professora Maria Cristina Dias Tavares, mostram a viabilidade e as vantagens da substituição do sistema em CC por outro em que a transmissão seja feita em CA, eliminando a necessidade de equipamentos de conversão utilizados na saída e na chegada da energia.

Essa transmissão ponto a ponto permite ainda a eliminação das subestações intermediárias presentes na transmissão convencional e grande parte dos equipamentos nela utilizados. É a chamada transmissão em meia onda que, para o sistema elétrico brasileiro de CA em 60 Hertz, é indicada para um tronco de transmissão em que as distâncias entre as estações geradoras e receptoras de energia estejam a cerca de 2,5 mil km.

Para a professora Maria Cristina, esse sistema revela-se muito interessante, porque todos os equipamentos das estações conversoras são importados – válvulas, transistores, filtros, pois não existe tecnologia nacional desenvolvida para a transmissão em CC. Para a transmissão em CA todos os equipamentos podem ser adquiridos no Brasil, abrindo a possibilidade de alavancar a indústria nacional. Neste caso, explica ela, as estações do início e do fim da linha são muito parecidas com as utilizadas hoje nas linhas convencionais em CA.

A diferença é que na transmissão em meia onda essas estações são mais simples e não exigem os equipamentos utilizados para a estabilidade do sistema durante a transmissão. Além disso, a implantação de uma transmissão que utiliza uma estação de geração e outra de recepção e uma estrutura de torres e cabos ao longo da linha torna o sistema mais barato, podendo gerar de 20% a 25% de economia em relação à alternativa em CC.

## DISPARIDADES

Grande parte da energia hidrelétrica passível de ser aproveitada no Brasil encontra-se na Região Amazônica, muito distante dos grandes centros consumidores. Prevê-se que o potencial dessa região corresponda à metade do potencial hidráulico estimado para o Brasil. Entretanto, o consumo de energia elétrica na Região Norte e em parte da Região Centro-Oeste, que correspondem a 45% do território nacional, não chega a 4% do consumo total de energia do país.

Em vista disso, novas linhas estão e devem ser construídas para transportar essa energia através de troncos, que envolvem interligações de 2 mil a 3 mil de extensão, até os grandes centros consumidores, localizados nas Regiões Sul/Sudeste e Nordeste. É o caso da linha de transmissão do Complexo do Rio Madeira, em Rondônia, bem perto de Porto Velho. A energia produzida nas usinas de Santo Antônio e Jirau, situadas em duas barragens separadas por 100 km, chegará a Araquara, São Paulo, percorrendo 2.350 km.

Sistemas com linhas muito longas são necessários em países com grandes dimensões como o Brasil, China, Rússia e Índia, além de, por exemplo, possíveis interligações entre Norte e Sul da África, em que grandes distâncias separam os centros de geração e os centros de carga.

Apesar de os estudos envolvendo transmissão com pouco mais de meio comprimento de onda remontarem à década de 60, não existe sistema desse tipo em operação. A falta de informações sobre essa prática gera precaução nos engenheiros e técnicos responsáveis pela expansão do sistema elétrico brasileiro em relação à utilização dessa alternativa.

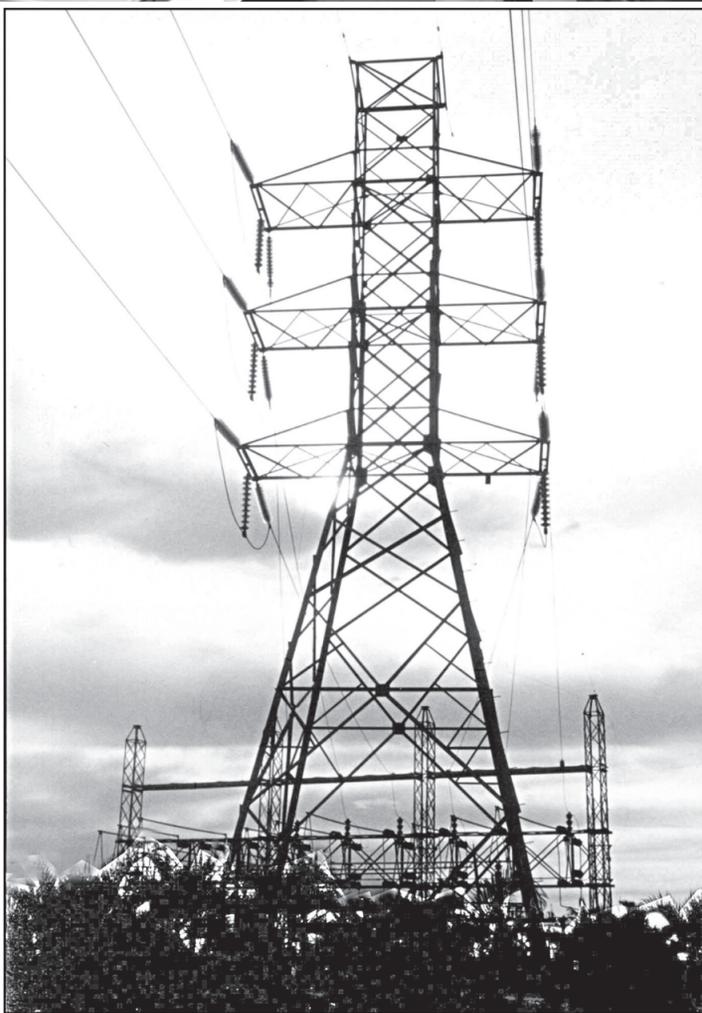
Em vista disso, em chamada de projeto P&D-Estratégico, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Anel) propôs um ensaio prático desse novo sistema, sob condições bem definidas. A sugestão foi então a utilização de um conjunto de linhas de transmissão no sistema brasileiro, utilizando especificamente as interligações Norte-Sul I, Norte-Sul II e parte da interligação Nordeste-Sudeste que, ligadas em série, formam um tronco de 2,6 mil km, um pouco mais longo que meio comprimento de onda.

O ensaio de energização, que corresponde à aplicação de uma tensão para acionamento da linha previamente desligada, envolve três empresas ligadas à transmissão de energia e



Fotos: Antoninho Perri

A professora Maria Cristina Dias Tavares, orientadora, e Elson Costa Gomes, autor da dissertação: transmissão ponto a ponto dispensa subestações intermediárias



financiadoras do P&D: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte/Eletronorte), Centrais Hidroelétricas do São Francisco S.A. (Chesf/Eletronorte) e Empresa Norte de Transmissão de Energia Elétrica S.A. (Ente). Em colaboração com a Unicamp, que coordena o projeto, trabalham a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

## ENSAIO

Entretanto, a utilização das três interligações propostas na formação do denominado Elo CA Teste necessita de estudos para sua validação já que as linhas de transmissão a serem utilizadas apresentam parâmetros elétricos semelhantes, mas não idênticos. Diante dessa necessidade, Elson Costa Gomes, orientado pela professora Maria Cristina, se propôs a estudar a viabilidade da utilização de linhas de transmissão semelhantes, mas não iguais, no ensaio de energização de um tronco com pouco mais de meio comprimento de onda. A conclusão foi de que, mesmo apresentando pequenas diferenças, a junção dessas três linhas não inviabiliza o experimento e nem descaracteriza o sistema de meia onda. Não foram aventadas para teste outras linhas existentes que cobrem grandes distâncias por não exibirem as semelhanças necessárias em toda a extensão. Além do apoio das empresas envolvidas, a pesquisa, que foi tema da dissertação de mestrado de Gomes, contou com bolsa da CNPq, apoio do Capes e da Fapesp.

O estudo visa embasar os técnicos das empresas envolvidas no projeto e mostrar os resultados para a Anel e para o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) – criado para operar, supervisionar e controlar a geração de energia elétrica no País. Desses dois organismos depende a liberação do estu-

do de campo que possibilitará a passagem das simulações computacionais para o ensaio real.

Os pesquisadores lembram que, face às diferenças dos regimes de chuvas e, em consequência, da época do ano, a transmissão de energia ocorre do Norte para o Sudeste, ou vice-versa. Em dois períodos do ano esse trânsito de energia é baixo e permite que os três sistemas sejam desligados para o ensaio. Já com a concordância da Anel, o estudo encontra-se na fase de apresentação dos resultados ao ONS, mostrando que não haverá danos para essa parte do sistema a ser manobrado durante o ensaio.

A professora considera que “estamos na fase de consolidação dos resultados e devemos mais adiante realizar alguns estudos mostrando como a proteção que já existe no sistema irá se comportar se houver algum problema durante o teste. Nossos estudos mostram que os equipamentos que já existem nessas linhas e continuarão funcionando para permitir a ligação dessas linhas, concluído o teste, voltarão às suas funções normais”.

Ela diz que isso é importante porque esses equipamentos, dimensionados para operar em linhas curtas, estarão sendo utilizados para uma linha de 2,6 mil km. Segundo Gomes, as simulações mostram que, apesar disso, as solicitações são menos severas e não existe nenhum efeito que reduza a vida útil dos equipamentos. O ensaio, previsto para um feriado ou uma madrugada, poderá ser realizado em no máximo seis horas, tempo decorrente entre a montagem, energização do circuito e o seu retorno às condições habituais de operação.

Para o pesquisador, os resultados apresentados são importantes para subsidiar a realização de testes semelhantes em outras partes do sistema elétrico brasileiro ou em outros sistemas do mundo. Ele considera que a meia onda seria uma alternativa competitiva com o sistema convencional e em corrente contínua a serem usados no transporte da energia produzida nas barragens que estão sendo construídas no Brasil, quando poderá se constituir uma opção nos leilões dos sistemas de transmissão.

Maria Cristina teme que todo o esforço dedicado ao trabalho possa vir a ser atropelado pelos chineses: “Os chineses acompanham e fazem referências aos nossos estudos, mas quando eles se propuserem a trabalhar nisso colocarão muita gente e muito dinheiro e com certeza conseguirão avançar muito mais rapidamente”.

## Publicação

**Dissertação:** “Utilização de linhas de transmissão semelhantes no ensaio de energização de um tronco com pouco mais de meio comprimento de onda”

**Autor:** Elson Costa Gomes

**Orientadora:** Maria Cristina Dias Tavares

**Unidade:** Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)

**Financiamento:** CNPq, com apoio da Capes e da Fapesp