

Contribuição de Carlos Portela à Audiência Pública 047/2008 – Parte B

0- Preâmbulo

A análise das três alternativas de sistemas transmissão constantes do documento R1 relativo à integração das Usinas de Santo Antônio e Jirau, disponibilizado no site da EPE [1], e a comparação da alternativa de pouco mais de meia onda com essas três alternativas, mostraram claramente que:

- A alternativa de pouco mais de meia onda é mais favorável que as três alternativas de R1, no que respeita a:**
 - Custo.**
 - Risco tecnológico.**
 - Confiabilidade.**
 - Tempo de execução.**
- Não há, no mundo, uma interligação com comprimento da ordem de grandeza e características similares a qualquer das alternativas de R1, nem a qualquer das alternativas consideradas na proposta do edital do leilão 007/2008 de empreendimentos que vão conectar as usinas do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira, em Rondônia, ao Sistema Interligado Nacional (SIN) [1]. Portanto, qualquer solução será inovadora.**

[1] COMPLEXO HIDRELÉTRICO DO RIO MADEIRA – ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO – Usinas de Santo Antônio e Jirau – 26/03/08, 87 p.

Elementos complementares, disponibilizados muito recentemente no site da ANEEL (respeitantes a R1, R2, R3, R4), mantêm praticamente as informações do site da EPE que tinham sido usadas na comparação.

- Tanto a solução em CA “*convencional*”, quanto a solução em CC, consideradas em R1 e na proposta do edital do leilão 007/2008:
 - *Não poderão ser simplesmente* aplicadas ao novo comprimento. Haverá necessidade de fazer “*adaptações*”, algumas das quais não triviais e potencialmente delicadas.
 - Apresentam riscos tecnológicos importantes e afigura-se essencial efetuar análises complementares e “*adaptações*” para a sua eventual inclusão, de forma adequada, no leilão.
- O tempo necessário para as análises complementares e adaptações das alternativas de R1 e das alternativas consideradas na proposta do edital do leilão 007/2008 permite, se efetivamente se quiser fazê-lo:
 - Ultime as análises de pormenor necessárias para ajustar a alternativa de pouco mais de meia onda às informações mais recentes sobre a rede, que não foram liberadas para uso nessa alternativa pelo grupo de pessoas que está estudando o assunto.
 - Incluir, adequadamente, a alternativa de pouco mais de meia onda no leilão 007/2008.

Cabe registrar que a proposta de considerar, para a transmissão da energia das usinas do Madeira, a alternativa de pouco mais de meia onda (a comparar com outras alternativas), tem sido apresentada reiteradamente, nos últimos anos, e não obteve nenhuma crítica técnica desfavorável. Surgem, “apenas e sempre” “argumentos” de impedimento, dos seguintes tipos:

- Ou de não haver tempo de a alternativa ser considerada, satisfazendo prazos de decisões que têm que ocorrer em “poucas semanas” (o que não se confirma após anos decorridos).
- Ou de formalidades “impeditivas”, que a realidade desmente pouco depois ou se afiguram manifestamente não pertinentes.

Só que, de semanas, passa-se a anos, de anos a séculos, e a consideração da alternativa vai sendo “adiada”, sem explicitação de “motivos reais”.

Para situar o assunto e a sua importância, apresento, nas páginas seguintes, de forma resumida, uma **COMPARAÇÃO DA ALTERNATIVA DE POUCO MAIS DE MEIA ONDA COM AS TRÊS ALTERNATIVAS DE R1**

Naturalmente, essa comparação, que ocupa poucas páginas, tem por objetivo um esclarecimento global, simples e objetivo.

Para obter informações complementares, relacionadas com o assunto, indica-se dois endereços da internet:

- O primeiro (A), com documentos cobrindo mais diretamente o tema da alternativa de pouco mais de meia onda e as três alternativas de R1 e da proposta de leilão para integração das Usinas de Santo Antônio e Jirau, e da comparação dessas alternativas.
- O segundo (B), com documentos cobrindo com mais generalidade a alternativa de pouco mais de meia onda e a sua aplicação para o aproveitamento do potencial hidroelétrico da Amazônia, e alguns antecedentes a respeito das apresentações e discussões sobre o assunto. Este “*site*” B engloba o “*site*” A.

Esses endereços são:

A <http://www.pee.ufrj.br/labs/corona/portela/seminario20080721/seminario.html>

B <http://www.pee.ufrj.br/labs/corona/portela/lnc.html>

DT522**COMPARAÇÃO DA ALTERNATIVA DE POUCO MAIS DE MEIA ONDA
COM AS TRÊS ALTERNATIVAS DE R1****1- Introdução**

Nos itens 2 a 5 apresenta-se, resumidamente, aspectos conceituais das três alternativas de sistemas transmissão constantes do documento R1 relativo à integração das Usinas de Santo Antônio e Jirau, disponibilizado no site da EPE [1], e da alternativa proposta, baseada em troncos de transmissão de pouco mais de meia onda.

Nos item 6 apresenta-se, também resumidamente, a comparação da alternativa de pouco mais de meia onda com as três alternativas de R1, quanto a custo, risco tecnológico, confiabilidade e tempo de execução.

Nos item 7 apresenta-se a conclusão.

[1] COMPLEXO HIDRELÉTRICO DO RIO MADEIRA – ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO – Usinas de Santo Antônio e Jirau – 26/03/08, 87 p.

2- Alternativa de linhas de CA 765 kV, com 6,3 GW, segundo R1

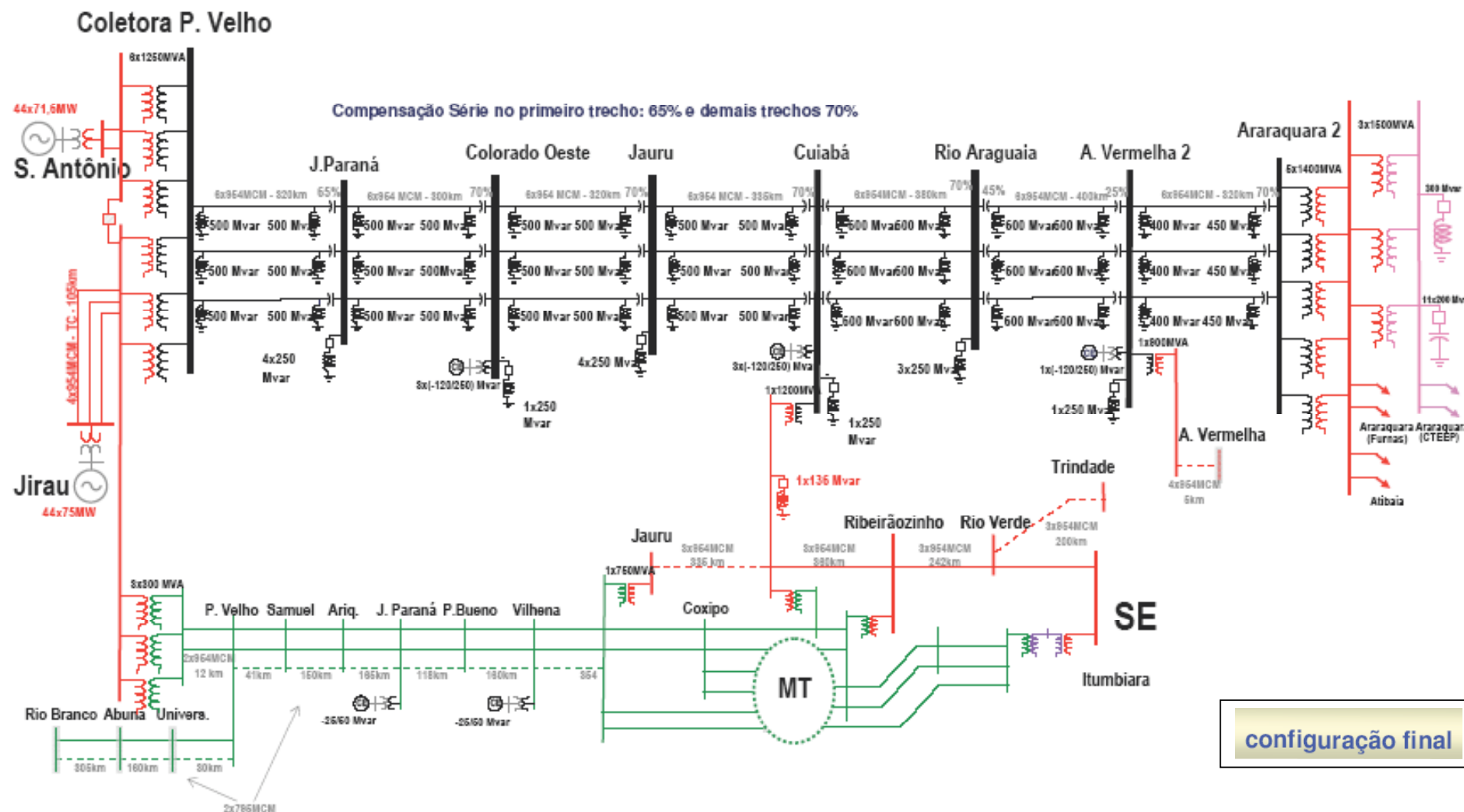


Fig. 1 – Configuração final da alternativa de linhas de CA 765 kV, com potência nominal $3 \times 2,1 \text{ GW} = 6,3 \text{ GW}$, 6 subestações intermediárias, comprimento total 2375 km, segundo página 31 do documento R1 da EPE, tendo:

Compensação indutiva: fixa 21,75 Gvar ; chaveável 3,05 Gvar ;

Compensação capacitiva: fixa em série 69,33 % ; chaveável 2,20 Gvar ;

Compensação controlada: -0,84 / +1,75 Gvar, mais potência reativa trocada com redes terminais e grupos geradores.

3- Alternativa híbrida, com bipolo de ± 600 kV, 3,15 GW, e duas linhas de CA 500 kV, 3,15 GW, segundo R1

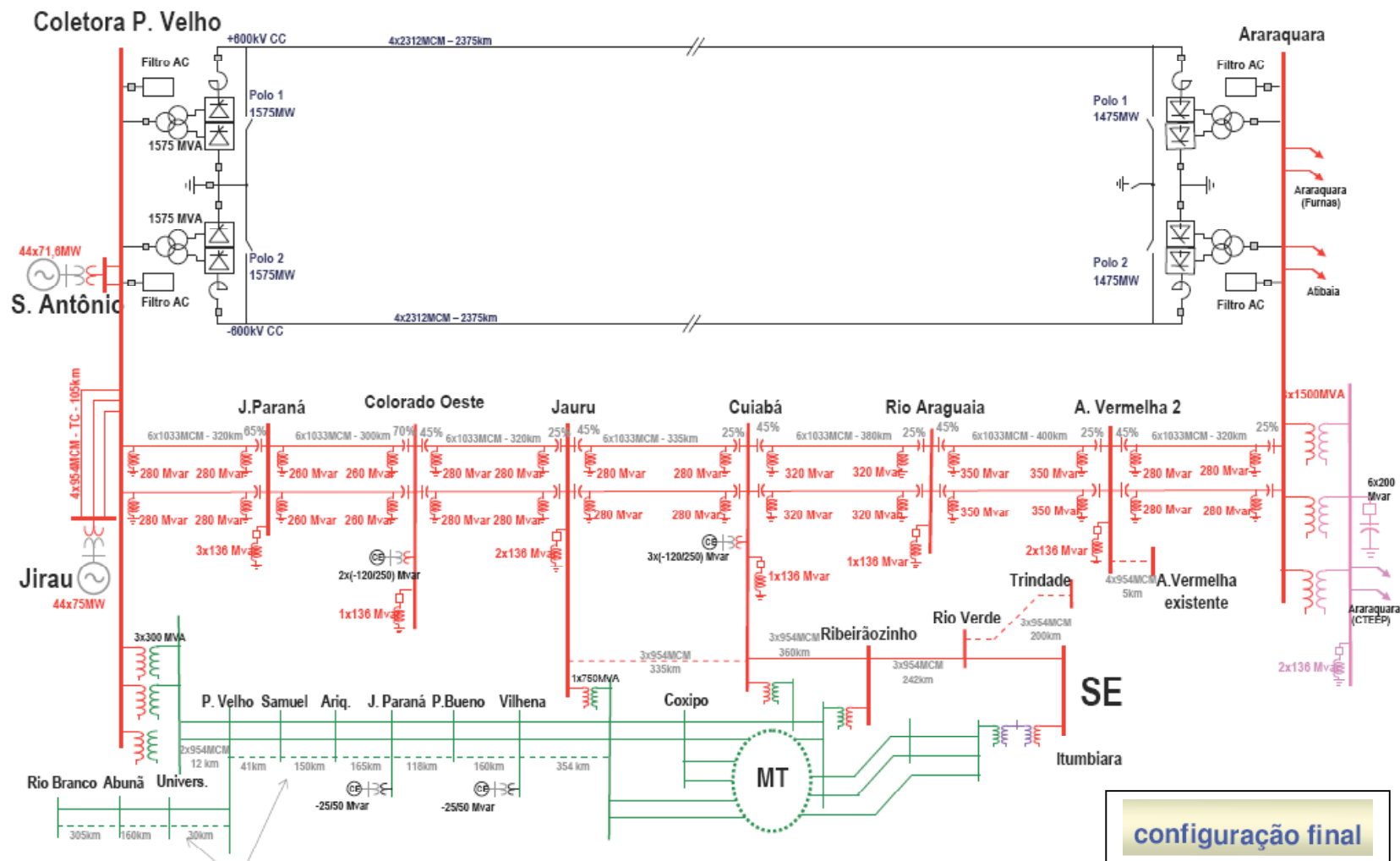


Fig. 2 – Configuração final da alternativa híbrida, com bipolo de ± 600 kV, 3,15 GW, e duas linhas de CA 500 kV, com potência nominal $2 \times 1,575$ GW = 3,15 GW, 6 subestações intermediárias, comprimento total 2375 km, segundo página 38 do documento R1 da EPE, tendo, o tronco de 500 kV:

Compensação indutiva: fixa 8,20 Gvar ; chaveável 0,952 Gvar ;

Compensação capacitiva: fixa em série 69,33 % ; chaveável 1,20 Gvar ;

Compensação controlada: -0,60 / +1,25 Gvar, mais potência reativa trocada com redes terminais e grupos geradores.

5- Alternativa de pouco mais de meia onda, com duas linhas de CA 800 kV, $2 \times 4,85 \text{ GW} = 9,7 \text{ GW}$

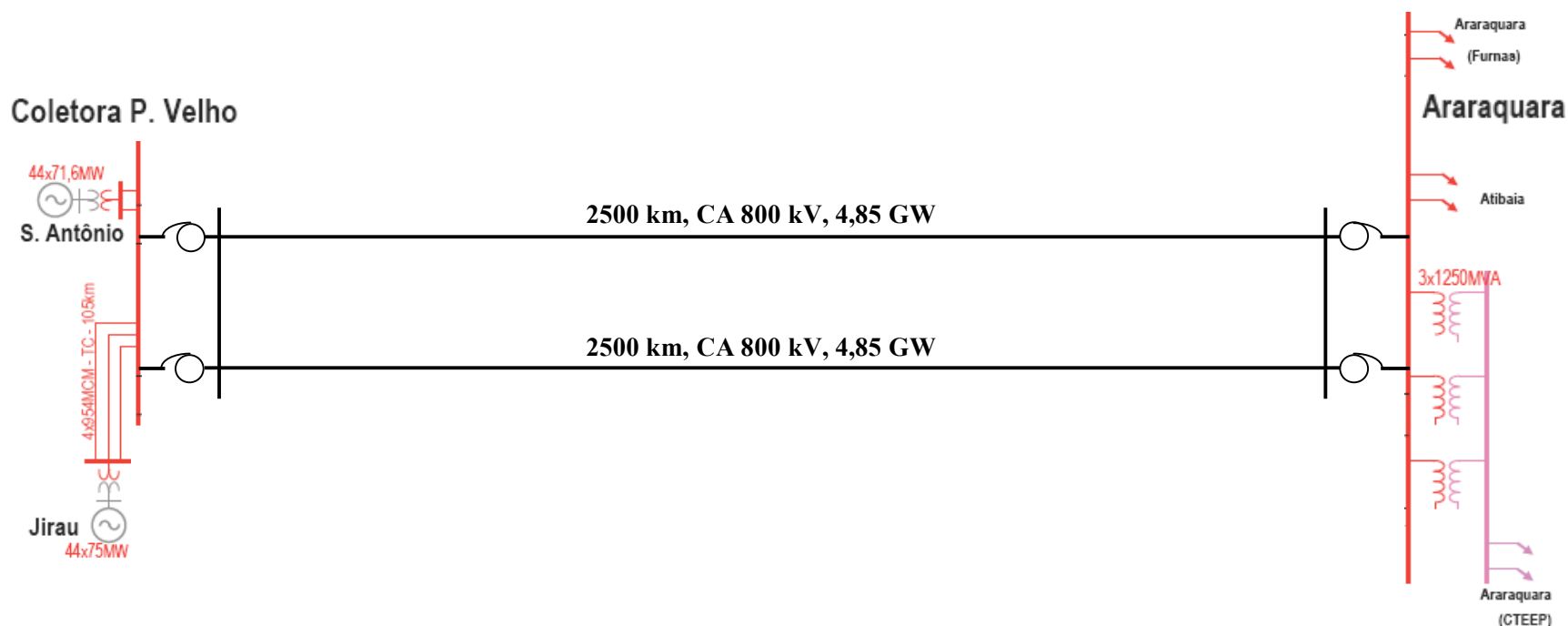


Fig. 4 – Configuração da alternativa de troncos de pouco mais de meia onda, linhas de CA 800 kV, com potência nominal $2 \times 4,85 \text{ GW} = 9,7 \text{ GW}$, sem subestações intermediárias, comprimento total 2500 km, podendo a potência variar continuamente de $-9,7 \text{ GW}$ a $+9,7 \text{ GW}$, conforme DT412, com 8 cabos Bittern por fase:

Sem compensação indutiva, nem fixa, nem chaveável;

Sem compensação capacitiva, nem fixa, nem chaveável;

Sem compensação controlada.

Nota - Para a ligação da rede de 230 kV ao barramento de 500 kV Coletora Porto Velho, são possíveis diversas soluções. Provavelmente, em termos de custo e confiabilidade, a solução mais interessante será a baseada num transformador defasador, com margem moderada de variação de defasagem, e com algum equipamento complementar para atenuar e amortecer eventuais oscilações eletromecânicas entre as redes interligadas. A otimização dessa interligação depende, obviamente, de informações sobre a rede de 230 kV e o equipamento e cargas a ela ligados, e da margem de erro dessas informações.

6- Comparação da alternativa de pouco mais de meia onda com as três alternativas de R1

6.1 - Comparação de custos da alternativa de pouco mais de meia onda com a alternativa de CC de R1

- Sistema de transmissão em CA do tipo apresentado, baseado em duas linhas de 800 kV (Caso a)
- Sistema de transmissão em CC conforme documentos divulgados e artigos publicados (Caso b)

Custo total (investimento) [10^9 R\$]		$C_b - C_a$ [10^9 R\$]	C_b / C_a
C_a (Caso a)	C_b (Caso b)		
5,34	7,02	1,68	1,31

A solução do tipo apresentado, em CA, é competitiva com corrente contínua.

6.2 - Comparação relativa das três alternativas constantes do documento R1 disponibilizado pela EPE em 01/04/2008, segundo informações constantes de R1

- Sistema de transmissão em CC (Caso c, em princípio “análogo” ao Caso b)
- Sistema de transmissão em CA “convencional”, baseado em linhas de 765 kV (Caso d)
- Sistema de transmissão híbrido, baseado num bipolo de CC e num sistema de transmissão em CA “convencional”, com linhas de 500 kV (Caso e)

Custos relativos (investimento) tomando o Caso c como referência (para três alternativas de estimativa de custos)		
C_c (Caso c)	C_d (Caso d)	C_e (Caso e)
1	1,351 a 1,406	1,218 a 1,250

As soluções de tipo “convencional” em CA (Caso d), ou parcialmente em CA (Caso e), não são competitivas com corrente contínua.

6.3 - Comparação de custos da alternativa de pouco mais de meia onda e das três alternativas de R1

Considerando “análogos” o Caso b e o Caso c e admitindo, cumulativamente, as comparações indicadas em 6.1 e 6.2

- Sistema de transmissão em CA do tipo apresentado, baseado em duas linhas de 800 kV (Caso a)
- Sistema de transmissão em CC de R1 (Caso b e Caso c, supostos “análogos”)
- Sistema de transmissão em CA “convencional” de R1, baseado em linhas de 765 kV (Caso d)
- Sistema de transmissão híbrido de R1, baseado num bipolo de CC e num sistema de transmissão em CA “convencional”, com linhas de 500kV (Caso e)

Comparação tomando como base (unidade de custo relativo de investimento) o Caso a

Custo total (investimento) [10^9 R\$]				Diferença de custo total (investimento) [10^9 R\$]			
Caso a	Caso b=c	Caso d	Caso e	Dif. a-a	Dif. b-a = c-a	Dif. d-a	Dif. e-a
5,34	7,02	9,48 a 9,87	8,55 a 8,78	0	1,68	4,14 a 4,53	3,21 a 3,44

Custo relativo (investimento)				Diferença de custo relativo (investimento)			
Caso a	Caso b=c	Caso d	Caso e	Dif. a-a	Dif. b-a = c-a	Dif. d-a	Dif. e-a
1	1,31	1,78 a 1,85	1,60 a 1,64	0	0,31	0,78 a 0,85	0,60 a 0,64

6.4 - Comparação de risco tecnológico, confiabilidade e tempo de execução da alternativa de pouco mais de meia onda e das três alternativas de R1

É importante notar que não há, no mundo, uma interligação com comprimento desta ordem de grandeza e características similares a qualquer das alternativas de R1. Portanto, qualquer solução será inovadora.

Tanto a solução em CA “*convencional*”, quanto a solução em CC, não poderão ser simplesmente aplicadas ao novo comprimento. Haverá necessidade de fazer “*adaptações*”, algumas das quais não triviais e potencialmente delicadas.

Por exemplo:

- No caso da corrente contínua, em comparação com o sistema de transmissão de Itaipu:
 - A distância é três vezes maior.
 - A gama de transmissão é muito mais desfavorável (o que cria dificuldades para os condicionamentos de operação dos tiristores) e não há evidência de o problema ter sido analisado e especificado satisfatoriamente.
 - Não estão claros os condicionamentos de “retorno metálico” e de eletrodos de terra e o seu efeito na queda de tensão.
 - Não há indicação de critérios para evitar os problemas de concepção de projeto dos transformadores das conversoras não resolvidos satisfatoriamente em Itaipu e que se repetiram nos sistemas recentes de corrente contínua da China.

- No caso das variantes de corrente alternada de R1, com linhas de corrente alternada de 765 kV ou de 500 kV:
 - Basicamente, considera-se “*sistemas tradicionais*” de corrente alternada do tipo dos que o Brasil tem construído nos últimos anos, por exemplo nas ligações Norte-Sul e Nordeste-Sudeste. Estes “*sistemas tradicionais*” extrapolam, inadequadamente, soluções desenvolvidas para transmissão a distâncias de poucas centenas de quilômetros, para distâncias muito maiores, e têm, além de custos muito elevados, desempenho operacional e confiabilidade deficientes. Nomeadamente, os elevados níveis de compensação, originam diversos tipos de problemas, quer quanto a confiabilidade operacional, quer quanto a danificação de equipamentos.
 - A distância é cerca de 2,5 vezes maior que nos maiores troncos que o Brasil tem construído adotando estes “*sistemas tradicionais*”.
- Não foram, aparentemente, analisados e especificados, com precauções que consideramos necessárias, condicionamentos importantes das três variantes de linhas de R1 (quer de CC, quer de CA).

A alternativa proposta, baseada em troncos de pouco mais de meia onda, pela sua simplicidade, tem, inerentemente, menores riscos tecnológicos, maior confiabilidade operacional e menor tempo de execução que as três alternativas de R1, o que não significa que não tenha que ser analisada com cuidado, considerando adequadamente a metodologia científica robusta que tem sido utilizada no seu desenvolvimento e validação.

7- Conclusão

A alternativa de pouco mais de meia onda é mais favorável que as três alternativas de R1, no que respeita a:

- Custo.**
- Risco tecnológico.**
- Confiabilidade.**
- Tempo de execução.**

No caso do Madeira, com distância da ordem de 2500 km, parece que se encomendou o País para que pouco mais de meia onda seja uma solução muito vantajosa. O que não “*consigo*” entender é a busca obsessiva por “*motivos*” para ignorar essa alternativa para transmissão da energia hidrelétrica da Amazônia, incluindo o Madeira.

Insisto em que considero que a alternativa não deve ser adotada “*a priori*”, mas deve ser estudada e comparada objetivamente com outras alternativas.

17/07/2008

Carlos Portela