



ABINEE TEC 2007

ANHEMBI - SÃO PAULO - SP



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

John Graham





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

1. Introdução
2. Sistema Brasileiro
 - Longa distancia
 - Flexibilidade
3. Economia no Nível de Tensão
4. Projetos em desenvolvimento
 - Rio Madeira
 - Belo Monte
 - Manaus - Macapá
5. Conclusões



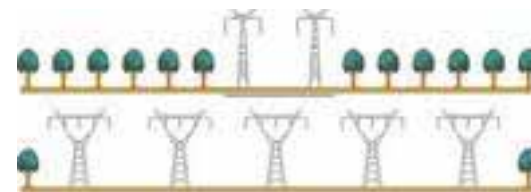
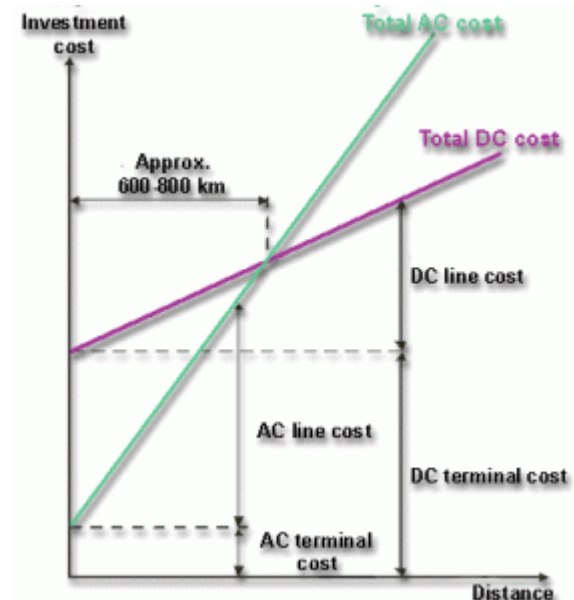


O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

Porque usar Elos de Corrente Continua?

1. Menos custo de investimento
2. Cruzamento longo de água
3. Perdas menores
4. Interligações assíncronas
5. Controlabilidade
6. Limitação de correntes de curto
7. Meio-ambiente

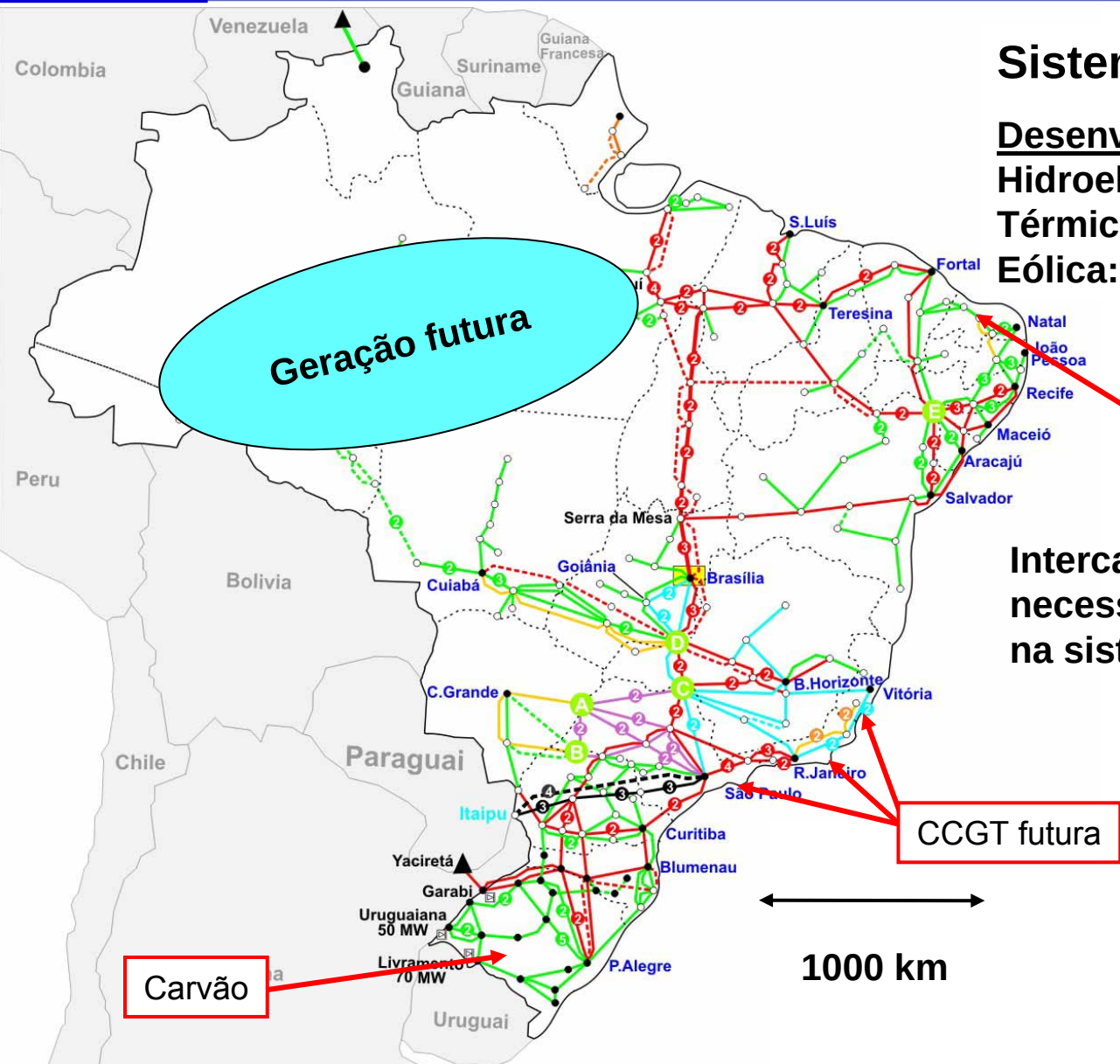
Como pode ser visto, todos estes razões são aplicáveis no Brasil



ABB



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Sistema Brasileiro 2007

Desenvolvimento futura:

Hidroelétricas : Longa distancia

Térmicas: Perto das cargas

Eólica: Litoral Norte e Sul

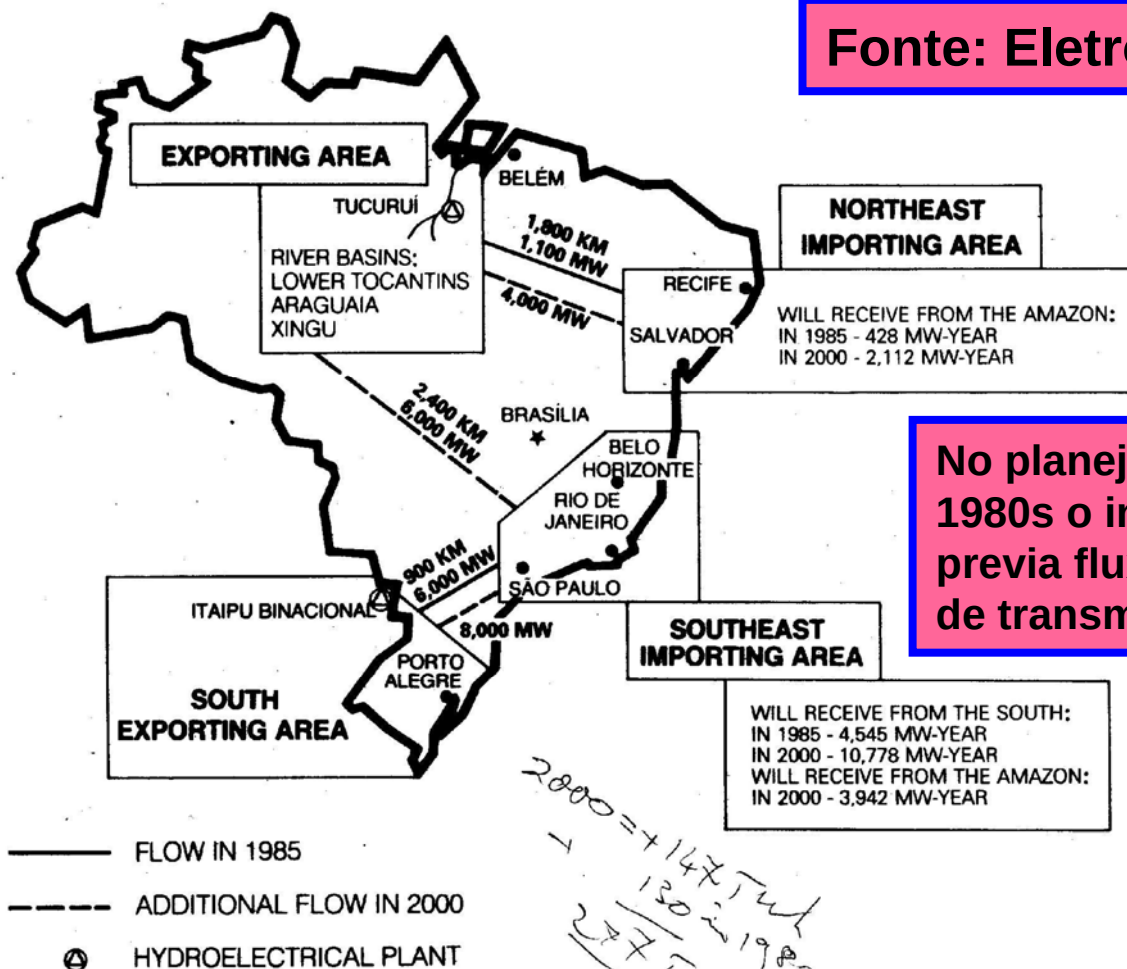
Intercambio energética
necessita muito flexibilidade
na sistema de transmissão.

ABB

O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

BRAZIL LONG-DISTANCE INTERCONNECTIONS 1985-2000

Fonte: Eletrobrás 1984



No planejamento nos anos 1980s o intercambio energética previa fluxos radiais na sistema de transmissão.

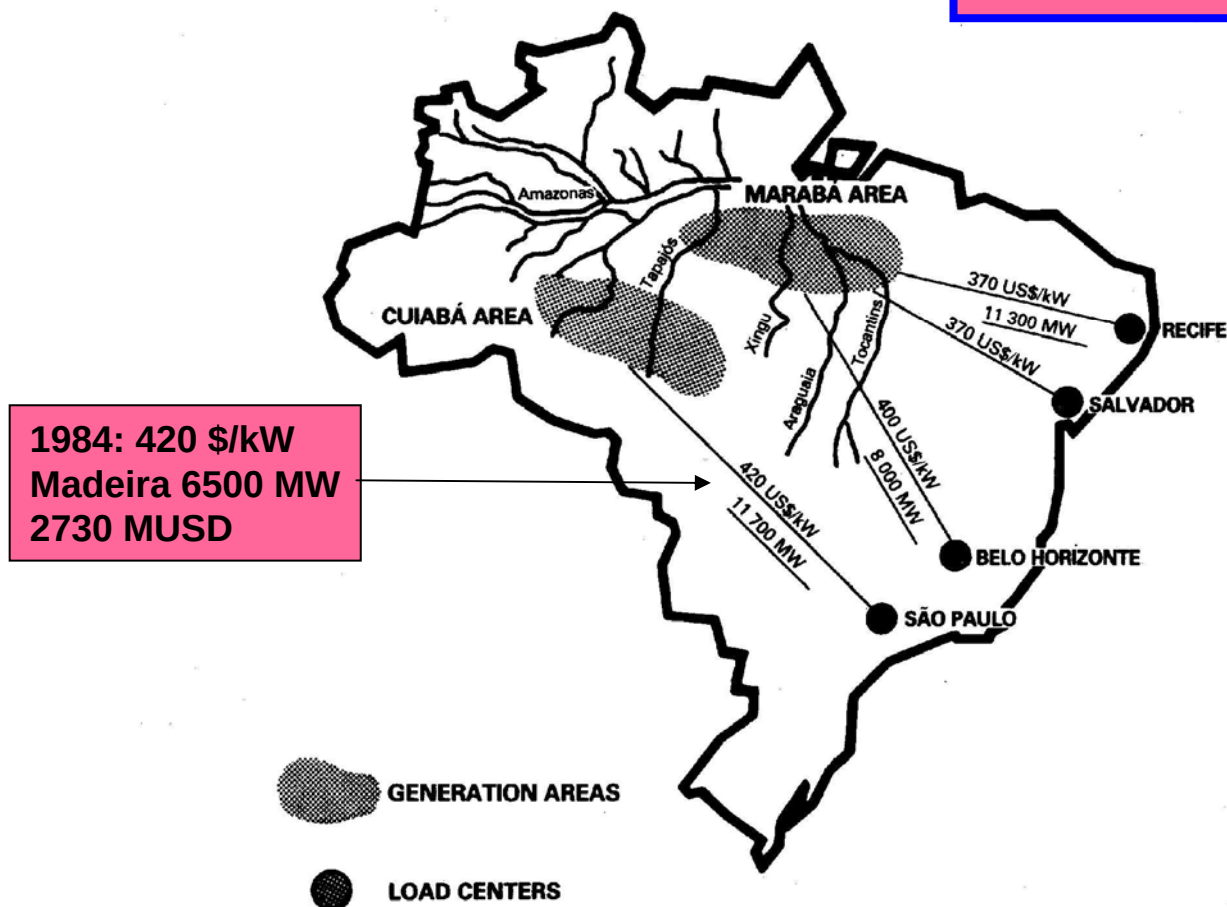
ABB



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

BRAZIL - COST ESTIMATES FOR LONG DISTANCE ELECTRIC POWER TRANSMISSION LINES — ENERGY BLOCKS

Fonte: Eletrobrás 1984





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

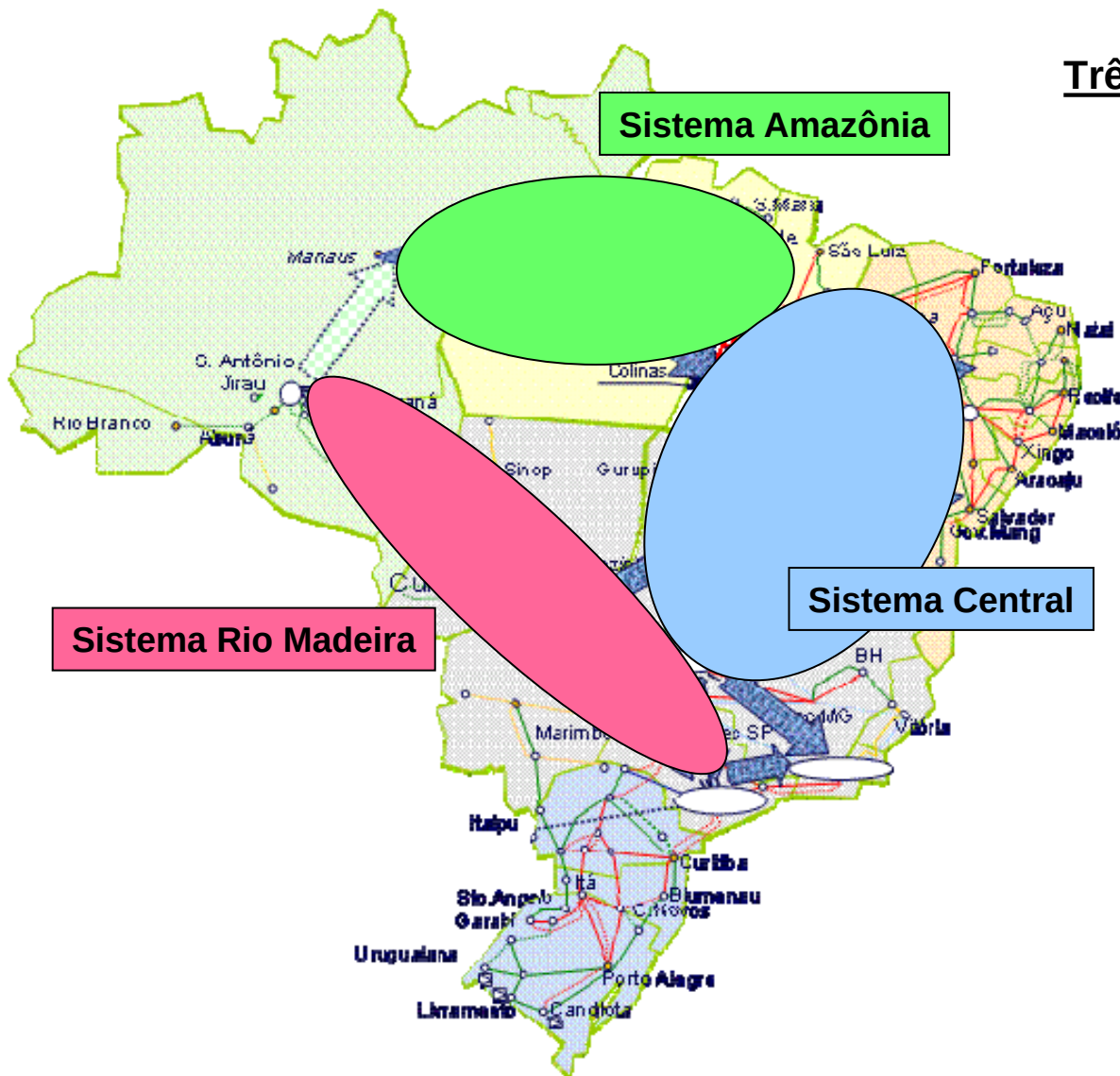
Fonte: EPE 2006

Plano Decenal 2006 - 2015

No planejamento hoje o Intercambio energética necessita muito flexibilidade na sistema de transmissão



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Três sistemas de interconexão

1. Sistema Madeira
2. Sistema Central
3. Sistema Amazônia

Sistema Madeira

Transmissão de bloco de energia
Atendimento aos cargas pequenas

Sistema Central

Transmissão multi-direcional
Complexos de usinas hidrelétricas
Atendimento aos diversas cargas

Sistema Amazônia

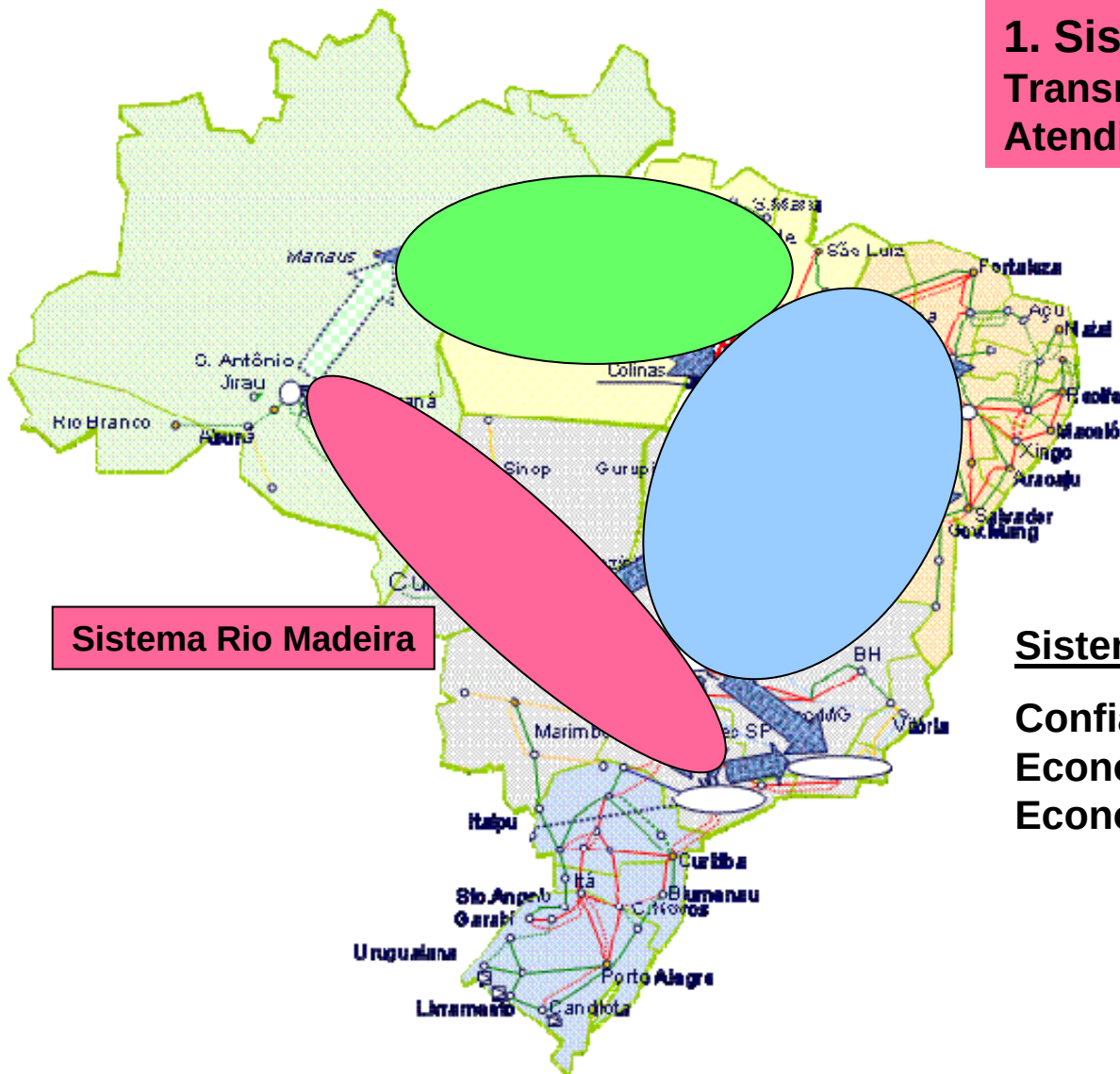
Transmissão radial
Atendimento aos cargas regional
Futuras usinas hidrelétricas



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

1. Sistema Madeira

Transmissão de bloco de energia
Atendimento aos cargas pequenas



Sistema Rio Madeira

Sistema tronco precisa ter:

Confiabilidade

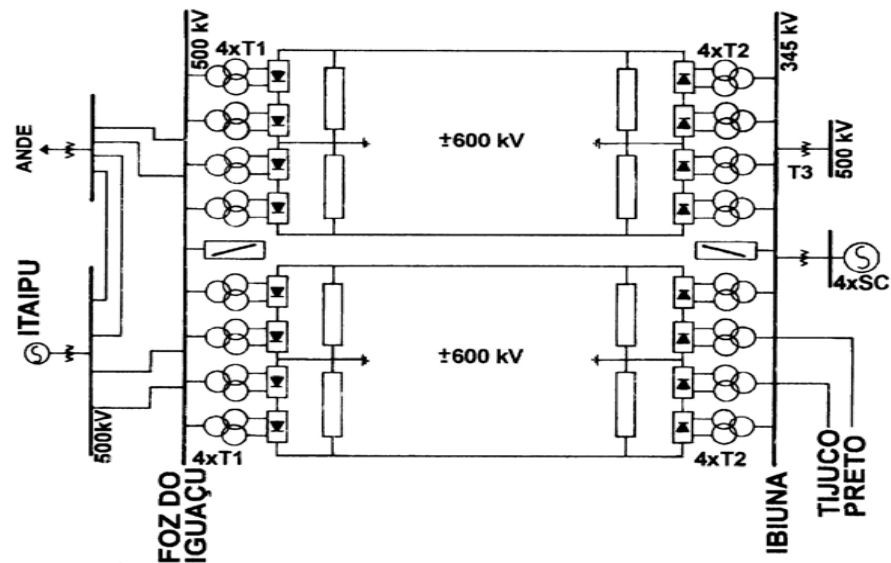
Economia em custo capital

Economia em uso: Perdas baixas





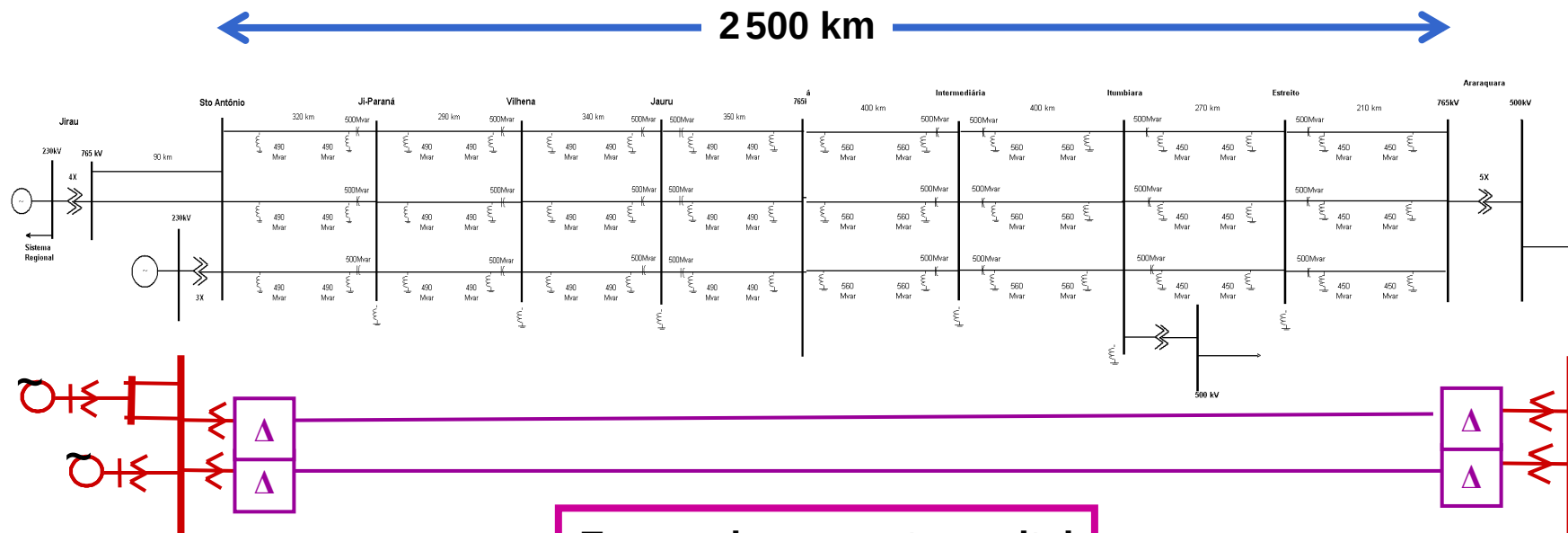
O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Furnas Itaipu: 6300 MW ± 600 kV HVDC : Disponibilidade 1992 – 2005 >97%



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Economia em custo capital



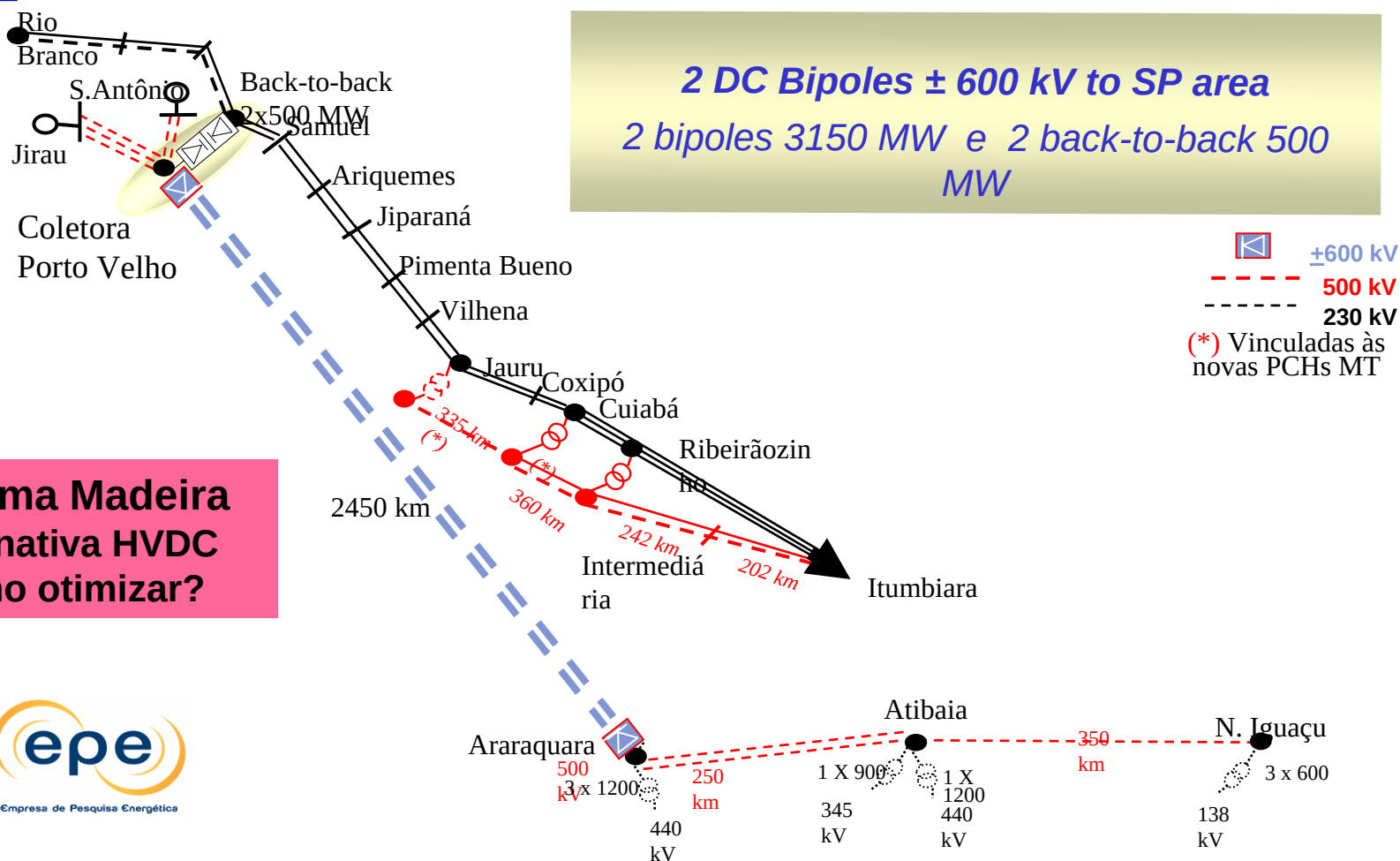
Linhas:
2x HVDC
vs
3x 765 kVac



Estações
2x HVDC
vs
9x 765 kVac

ABB

O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



**Sistema Madeira
Alternativa HVDC
Como otimizar?**

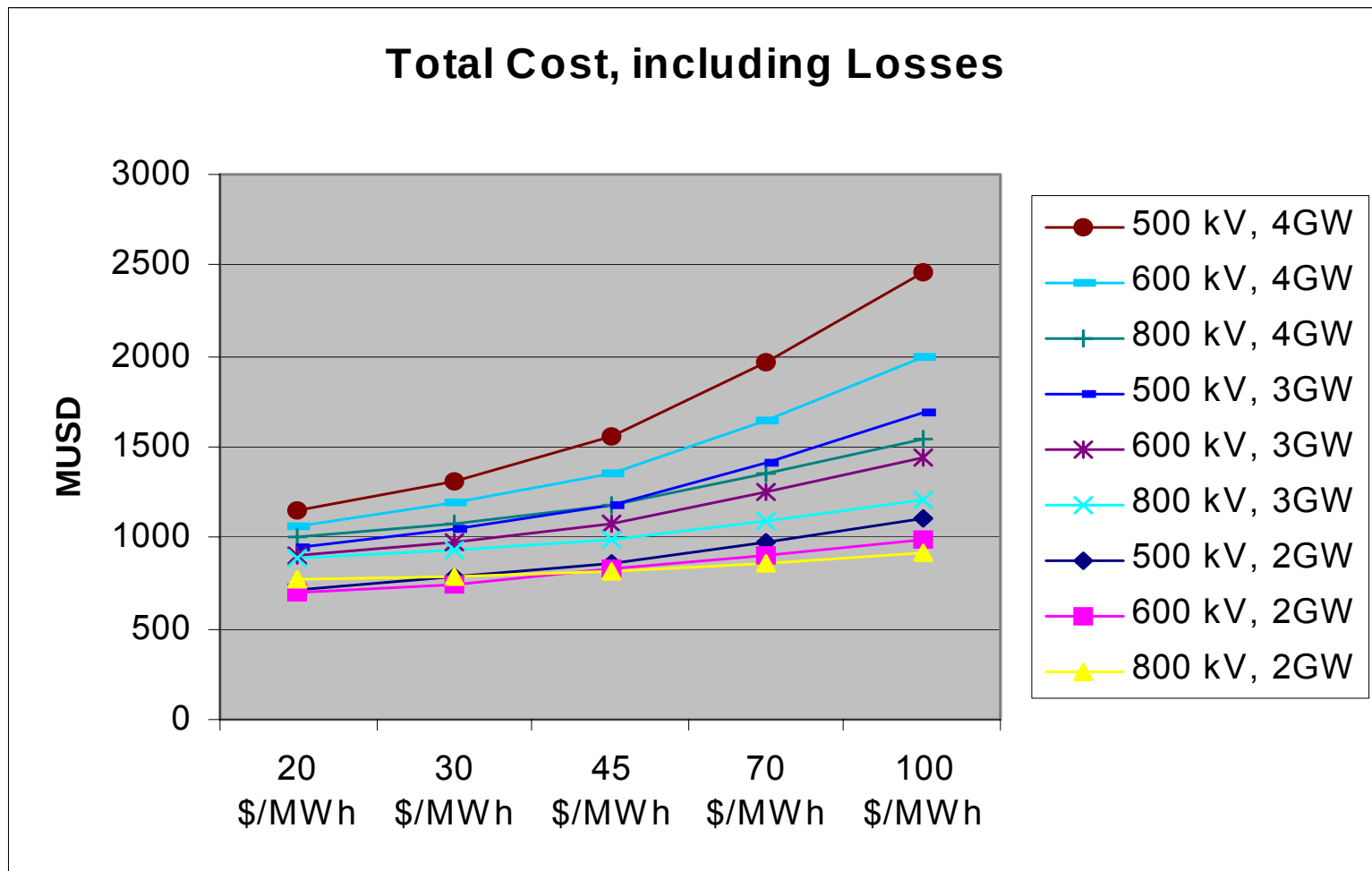


1. Sistema Madeira
Transmissão de bloco de energia
Atendimento aos cargas pequenas





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Sistema Madeira
Alternativa HVDC
Como otimizar?

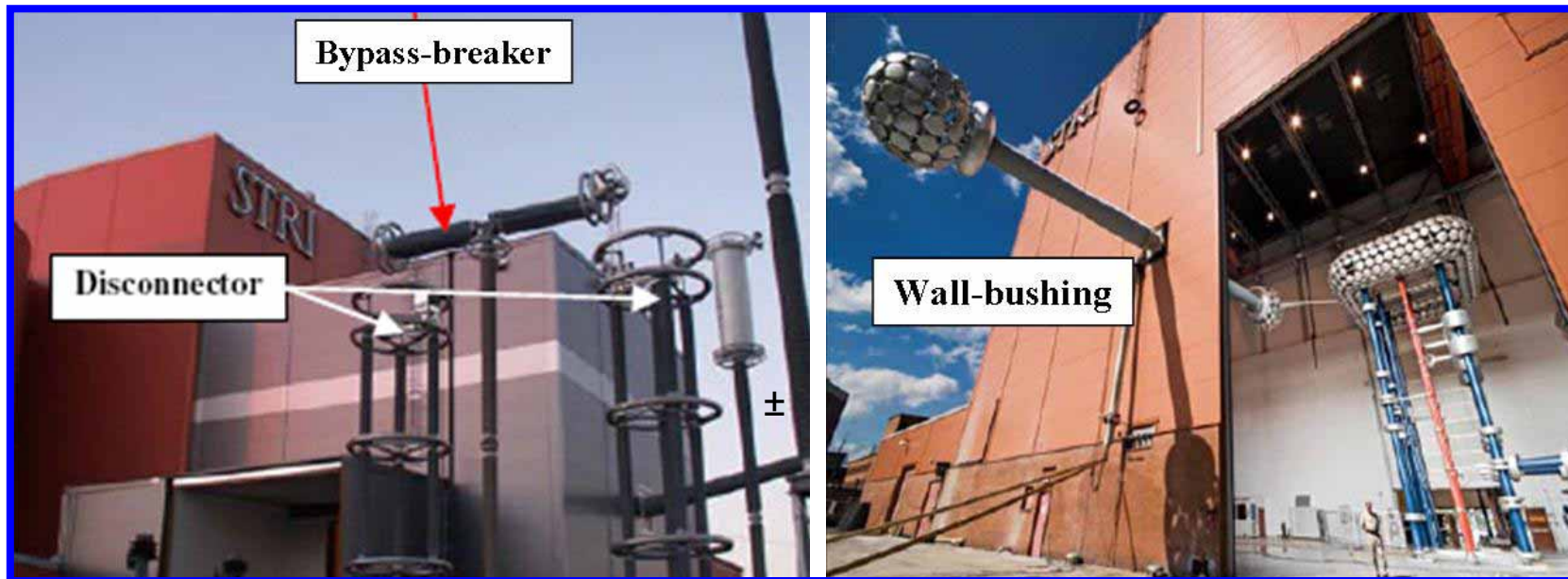
Custo total, incluindo perdas





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

Estamos preparados para ± 800 kV ? : **Sim**



Unidade de teste de 800 kV no STRI em Ludvika, Sweden

T as peças relevantes de equipamento têm sido instaladas num circuito de teste e energizado em 855 kV desde novembro de 2006. Não houve problemas com os equipamentos e o circuito vai permanecer em operação por pelo menos seis meses. O circuito de teste inclui uma “sala de válvulas” onde a temperatura esta mantida entre 50 a 60° C, para simular as condições de operação das buchas.

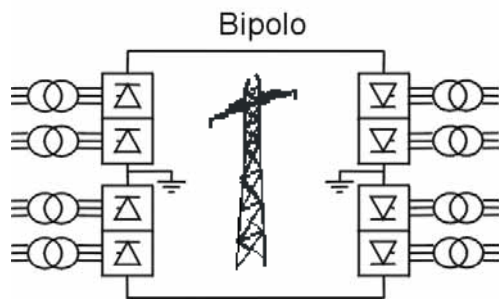
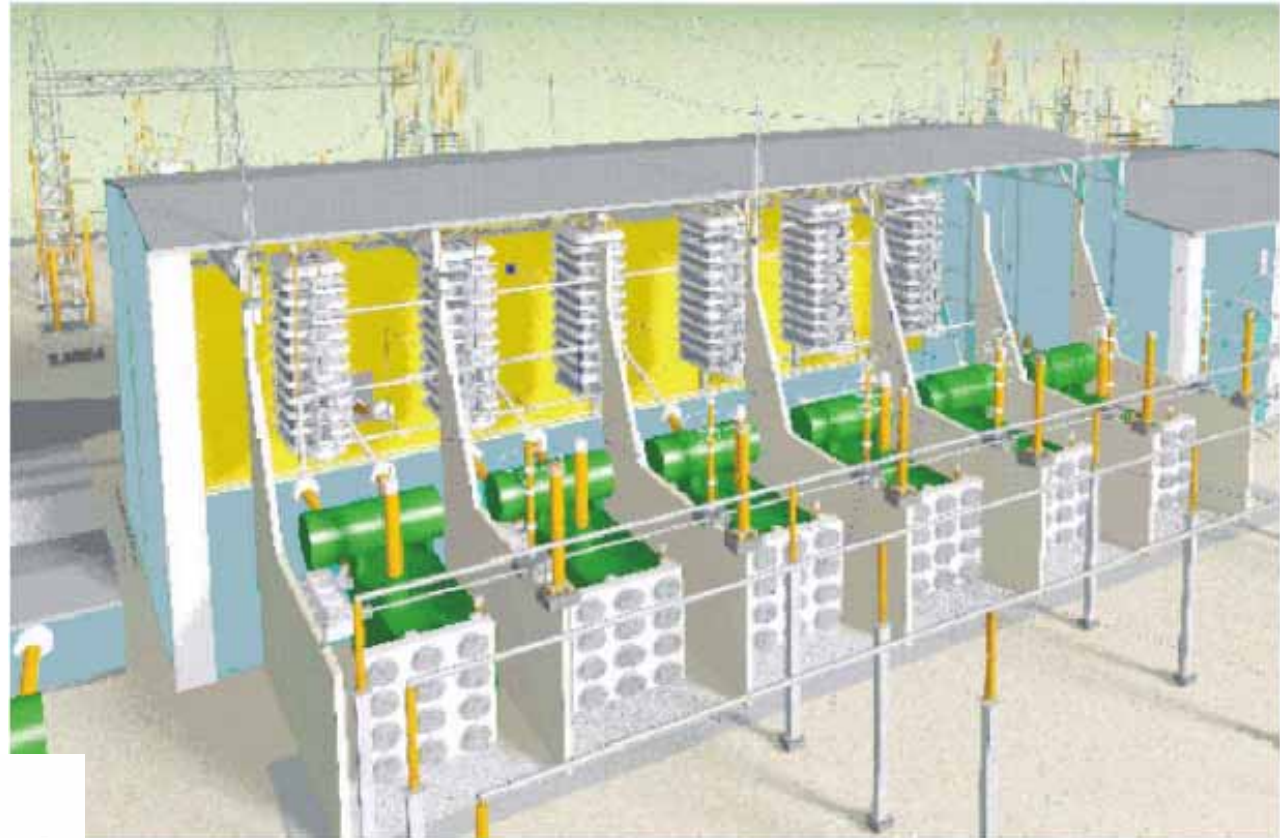
A bucha do transformador penetra dentro dessa sala, sendo conectada á bucha de parede.

Os outros equipamentos são instalados no ar livre, juntos com o gerador de tensão e um protótipo de reator de alisamento com núcleo de ar.





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



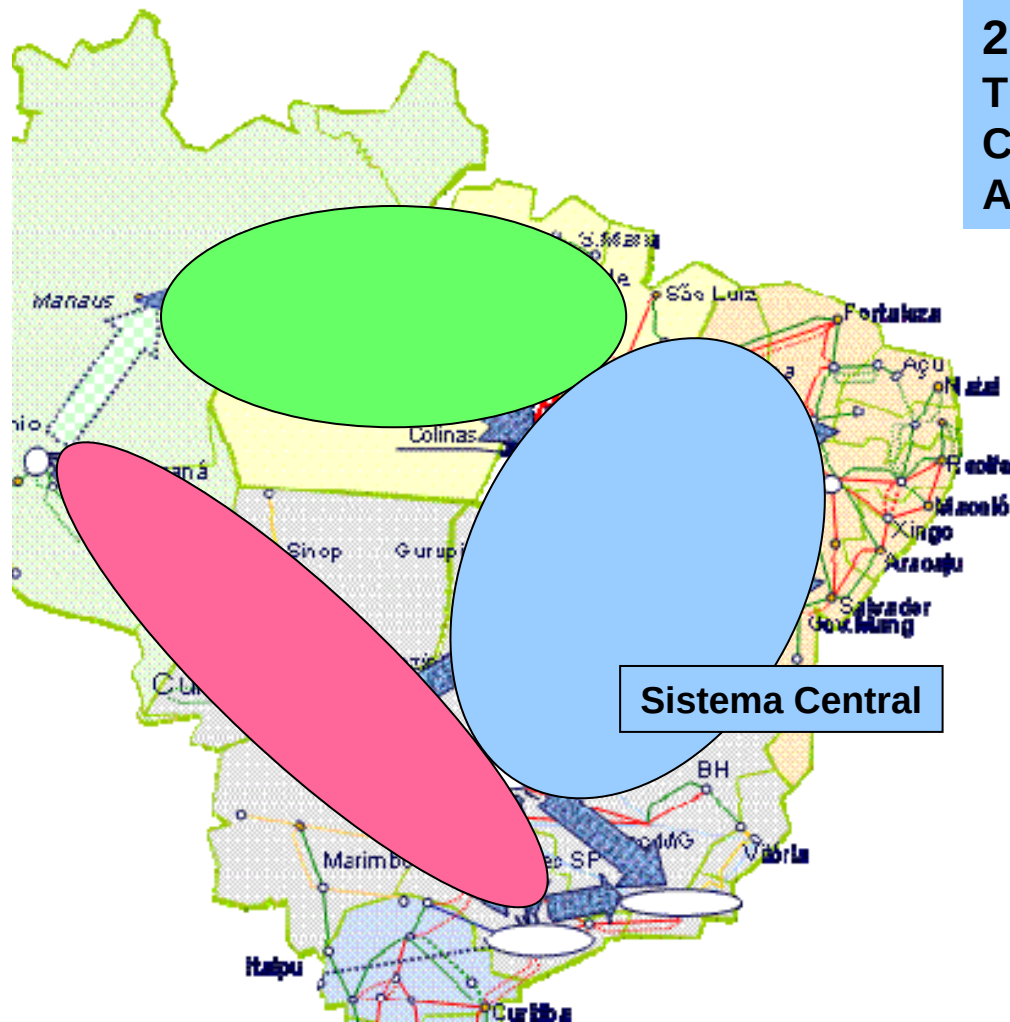
Até 3500 MW, um conversor por pólo



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

2. Sistema Central

Transmissão multi-direcional
Complexos de usinas hidrelétricas
Atendimento aos diversas cargas



Sistema central:

Incorporação em rede existente
Flexibilidade em intercambio
Limitação de correntes de curto



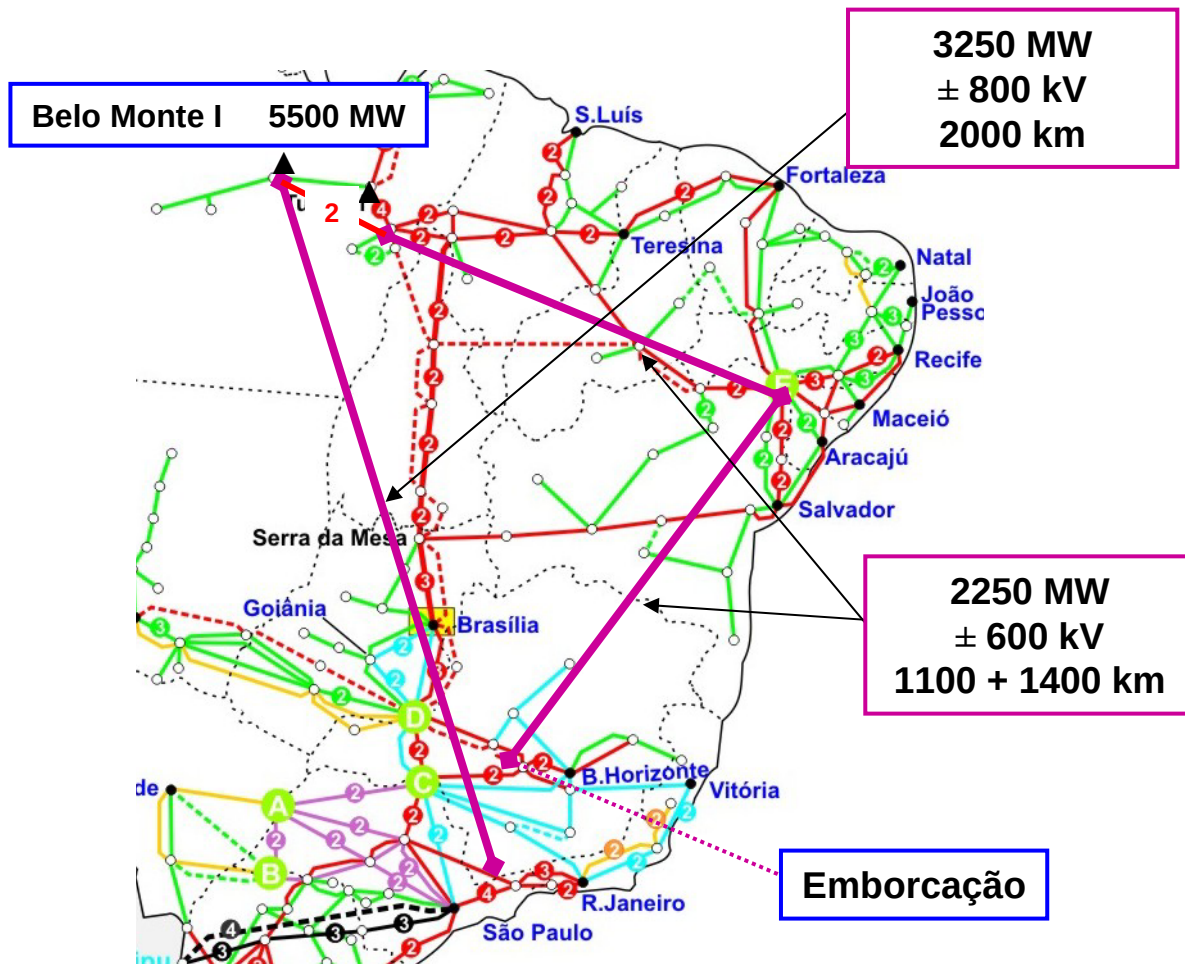
O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Planned Generation in North

Estreito	1087 MW
Serra Quebrada	1328 MW
Marabá	2160 MW
Belo Monte I	5500 MW
São Salvador	241 MW
Tupuritins	820 MW
Ipueiras	600 MW

Intercambio energética
facilitada pelo flexibilidade
de HVDC na sistema de
transmissão.



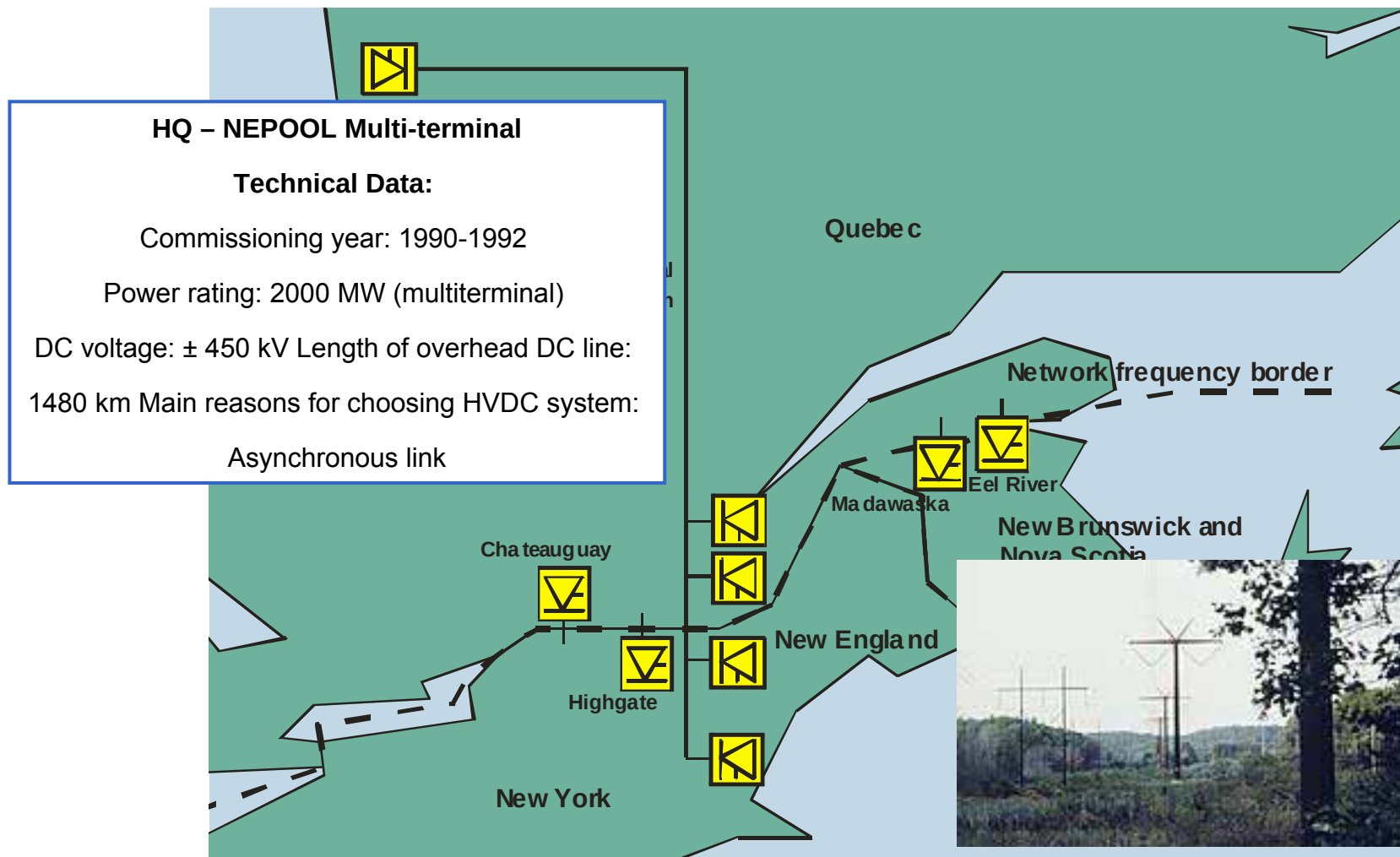
2. Sistema Central

Transmissão multi-direcional
Complexos de usinas hidrelétricas
Atendimento aos diversas cargas

Sistema Central
Como flexibilizar
com HVDC?



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

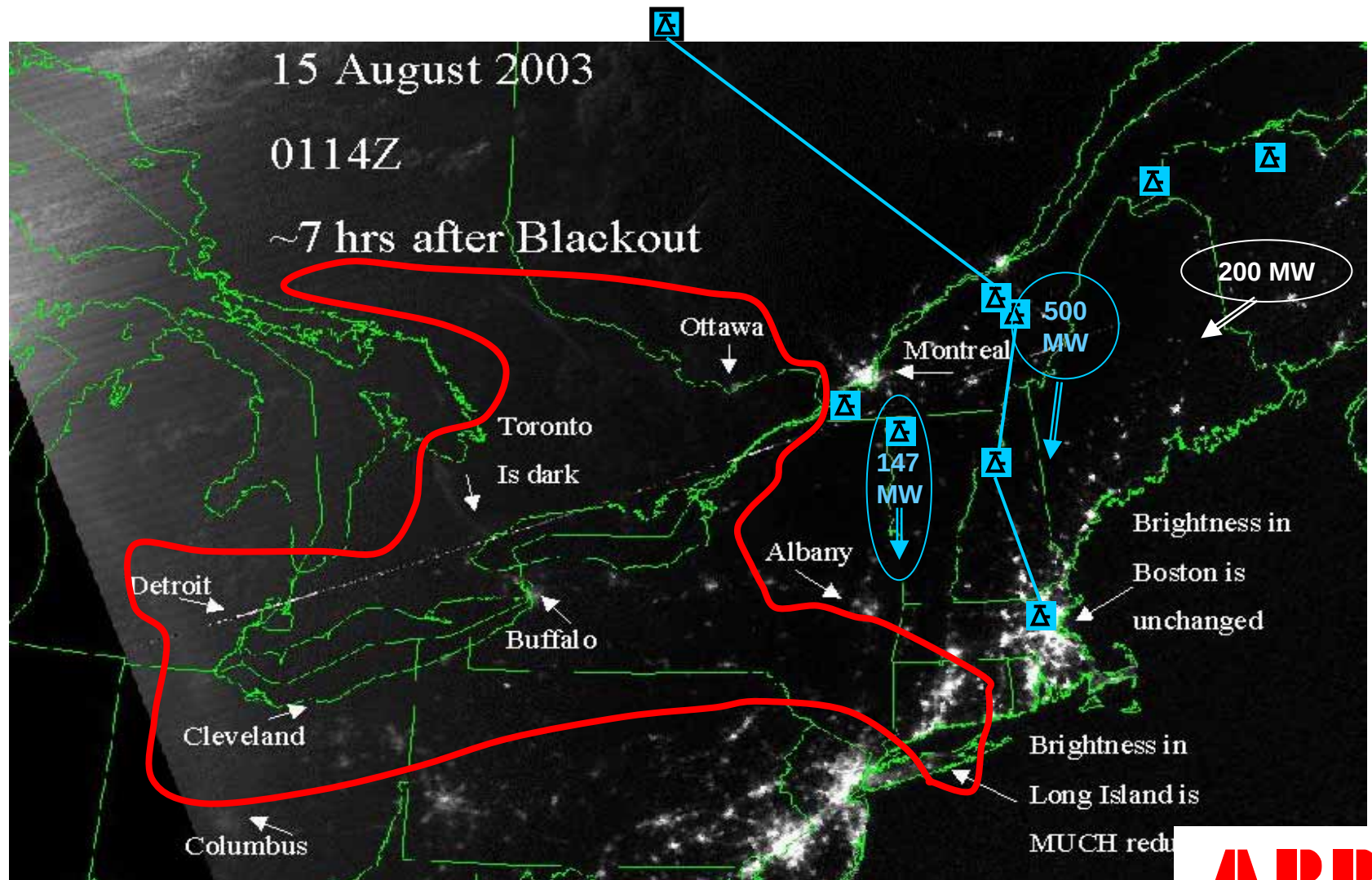


Exemplo de Multi-terminal: Hydro Quebec – New England





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Blackout Aug 14, 2003 Source: Public Power Weekly, August 25, 2003





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

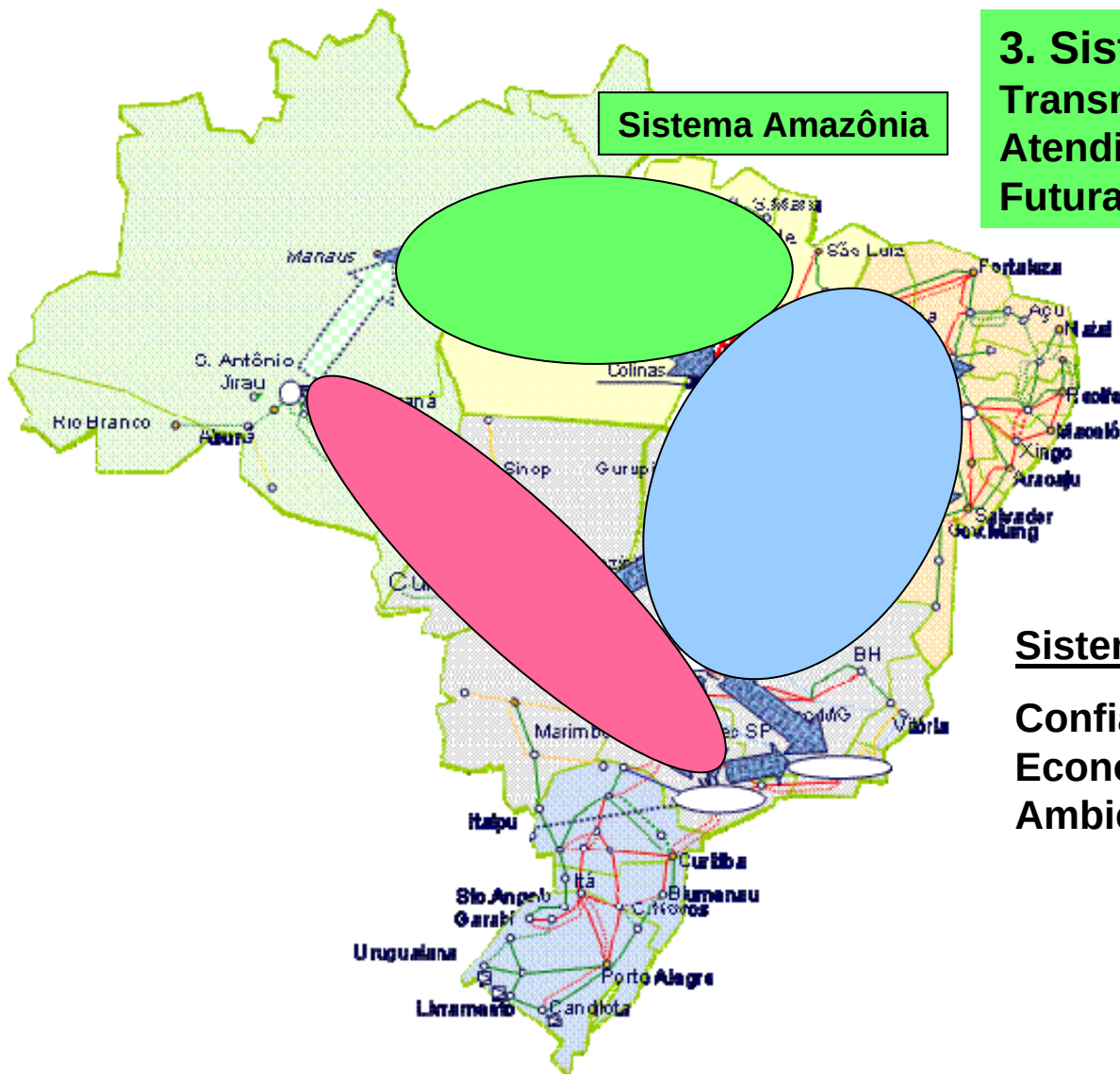
Sistema Amazônia

3. Sistema Amazônia

Transmissão radial

Atendimento aos cargas regional

Futuras usinas hidrelétricas



Sistema precisa ter:

Confiabilidade

Economia em custo capital

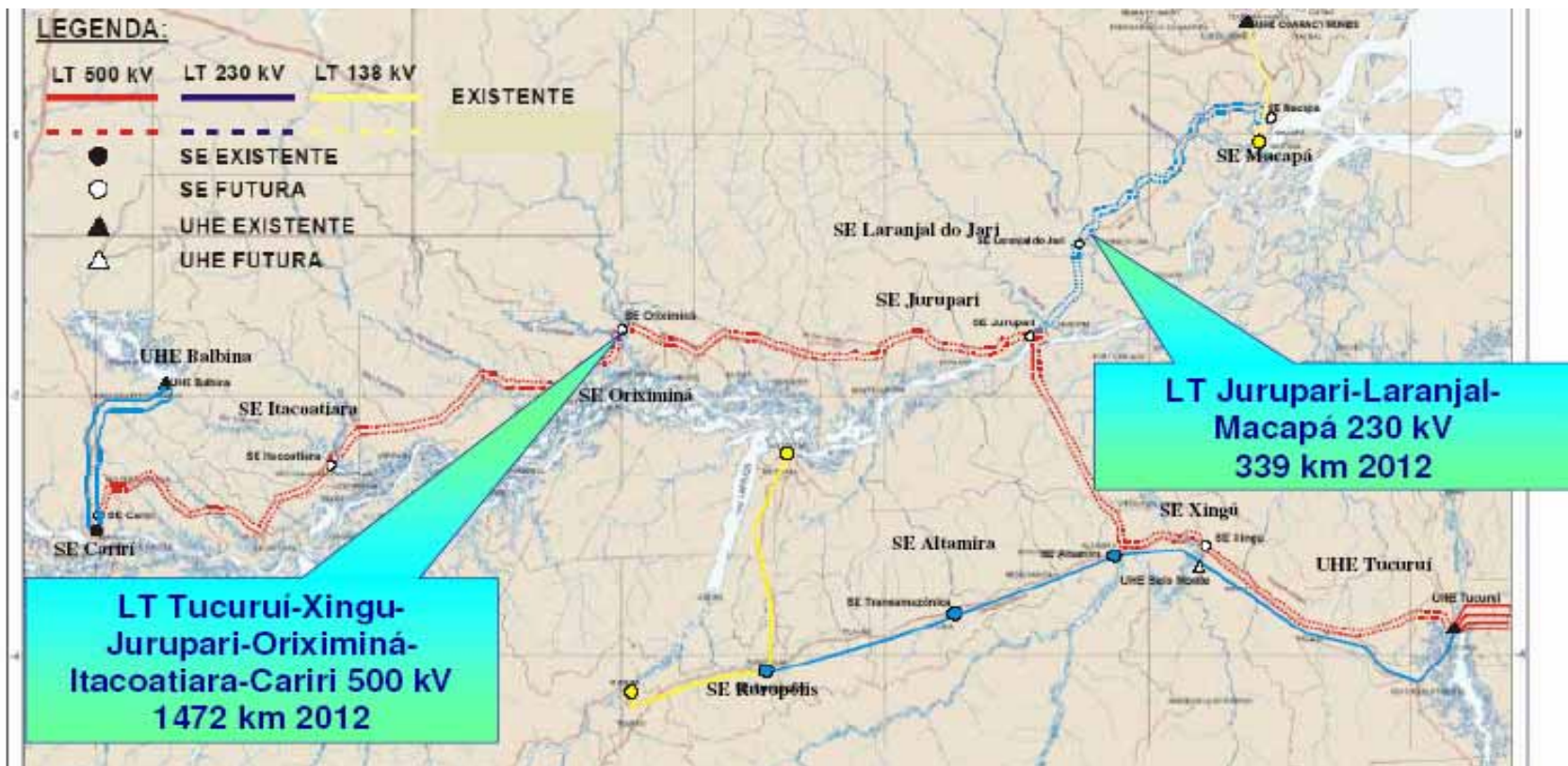
Ambientalmente adequado

Empreendimentos Recomendados para Licitações a partir de 2007 - Norte





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



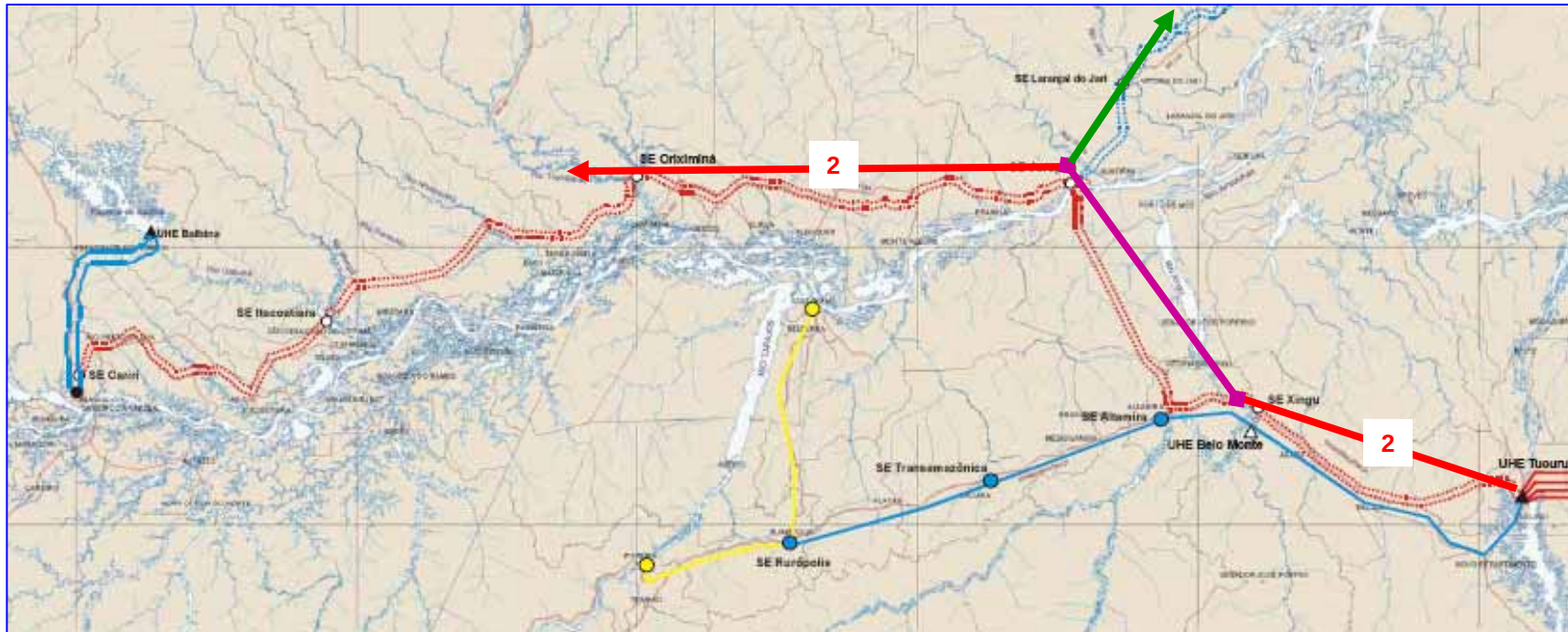
3. Sistema Amazônia
Transmissão radial
Atendimento aos cargas regional
Futuras usinas hidrelétricas

Sistema Amazônia
Como flexibilizar
com HVDC?





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Sistema Amazônia
Como flexibilizar
com HVDC?

Uso de HVDC Light

Uso de cabos HVDC para cruzamentos de rios e
áreas ambientalmente sensíveis

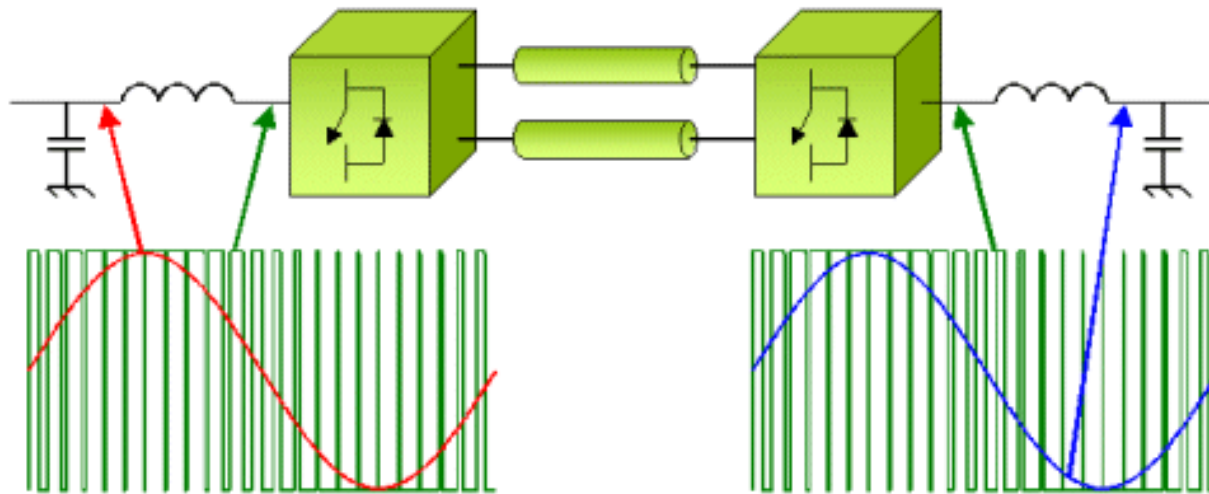
Aproveitar a capacidade de controle independente do
reativo para maximizar os fluxos em linhas EHVAC

Característica de VSC para alimentar regiões
Isolado de geração





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Válvulas

- Comutação entre válvulas da mesma fase
- Somente resiste tensão reversa
- Conduz corrente em ambas direções

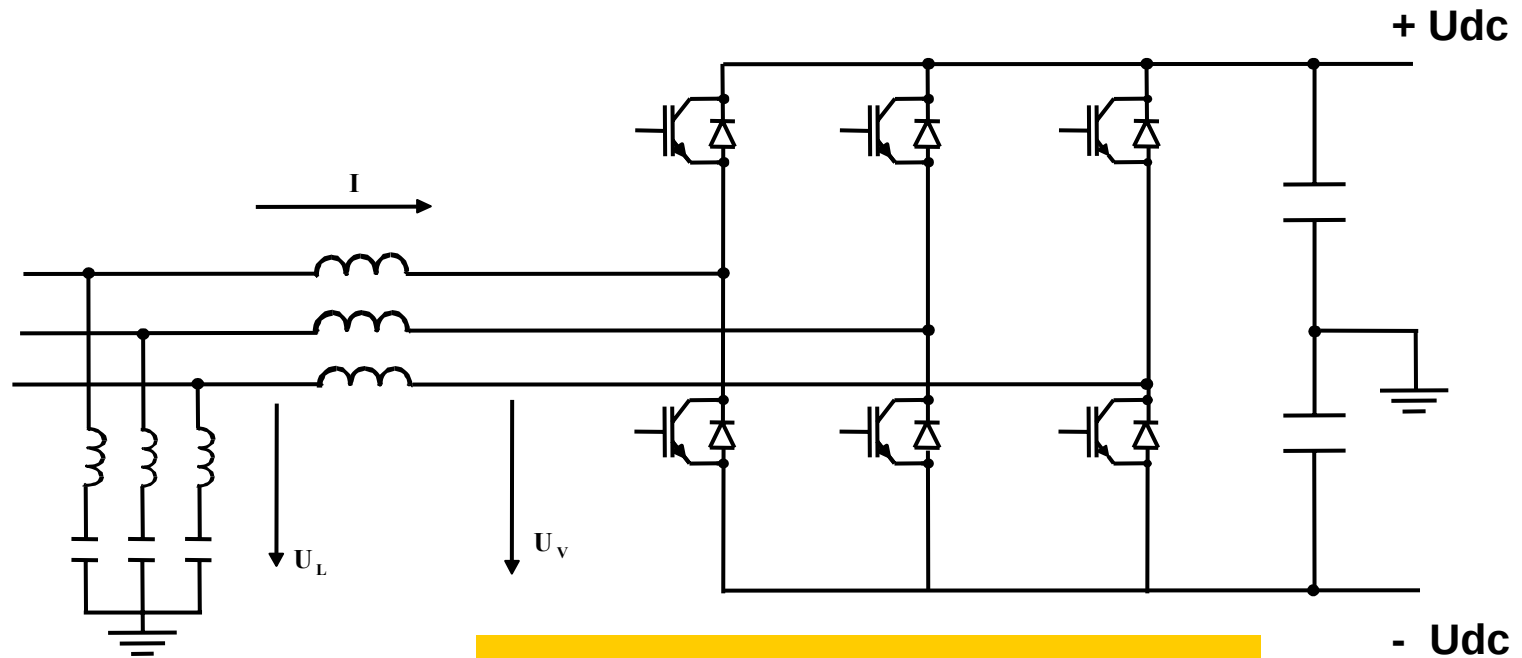
Conversora de Fonte de Tensão com IGBTs = HVDC Light





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

Conversora de Fonte de Tensão de 2 níveis



$+ U_{dc}$

$- U_{dc}$



Forma de onda PWM



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

IGBT : Transistor Bipolar de Gatilho Isolado



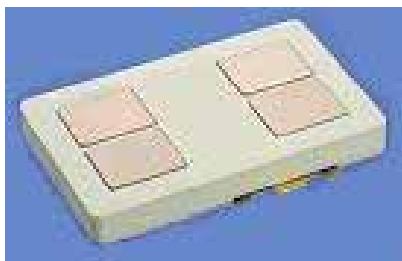
DC Voltage	500 A	1000 A	1500 A
+/- 80 kV	90 MW	180 MW	280 MW
+/-150 kV	170 MW	350 MW	500 MW
+/- 300 kV	350 MW	700 MW	1000 MW

HVDC Light[®] ,extended range





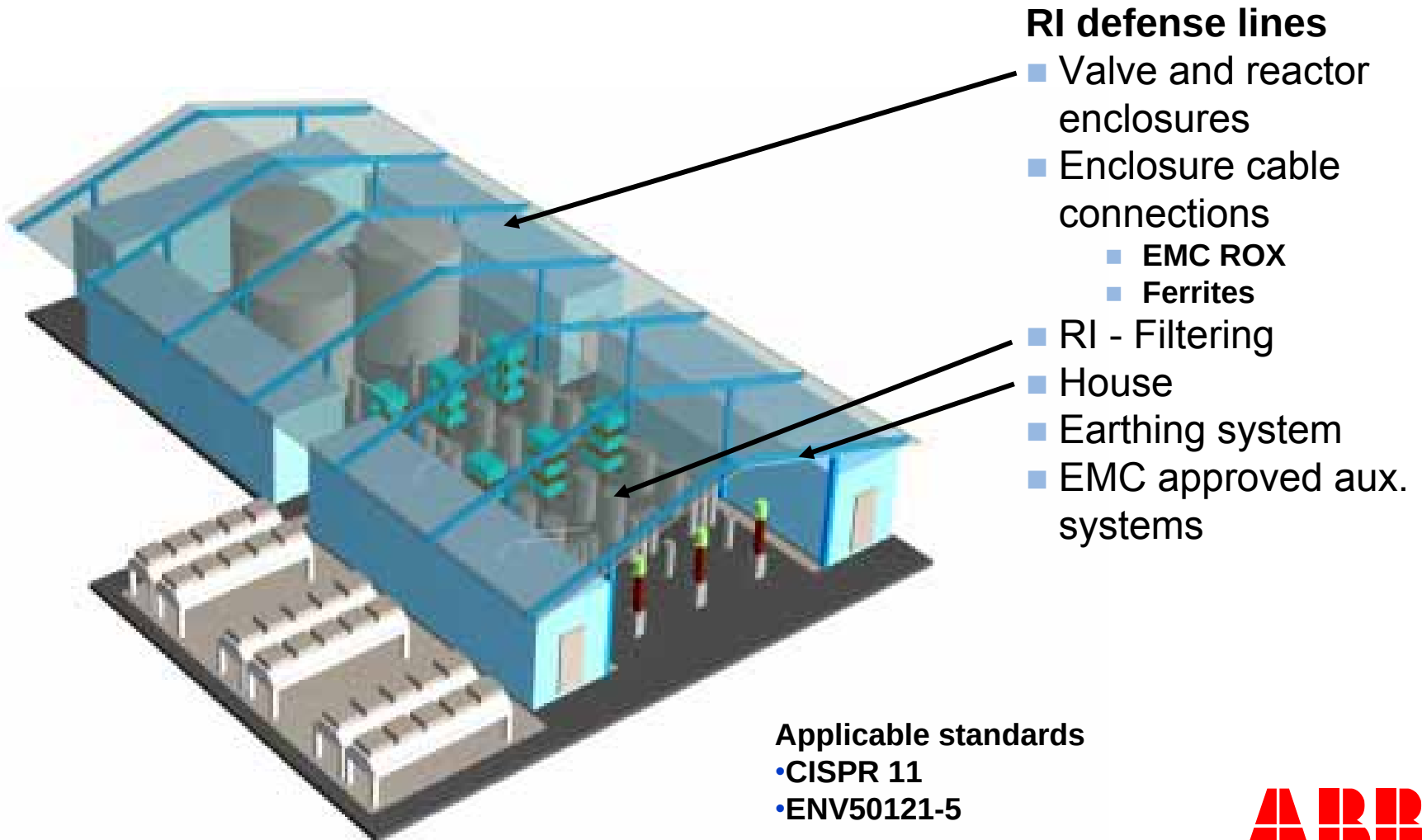
O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



- IGBT com diodo anti paralelo
- Opto sistema com mono fibra
- Comutação forçada
- Tensão uni-direcional
- Corrente em ambos sentidos
- Alta frequência de chaveamento
- IGBTs conectados em serie para alta tensão
- Instaladas em módulos ao ambiente
- Refrigeração de água fina em circuito fechado
- Mesmo válvula pode operar como HVDC ou SVC

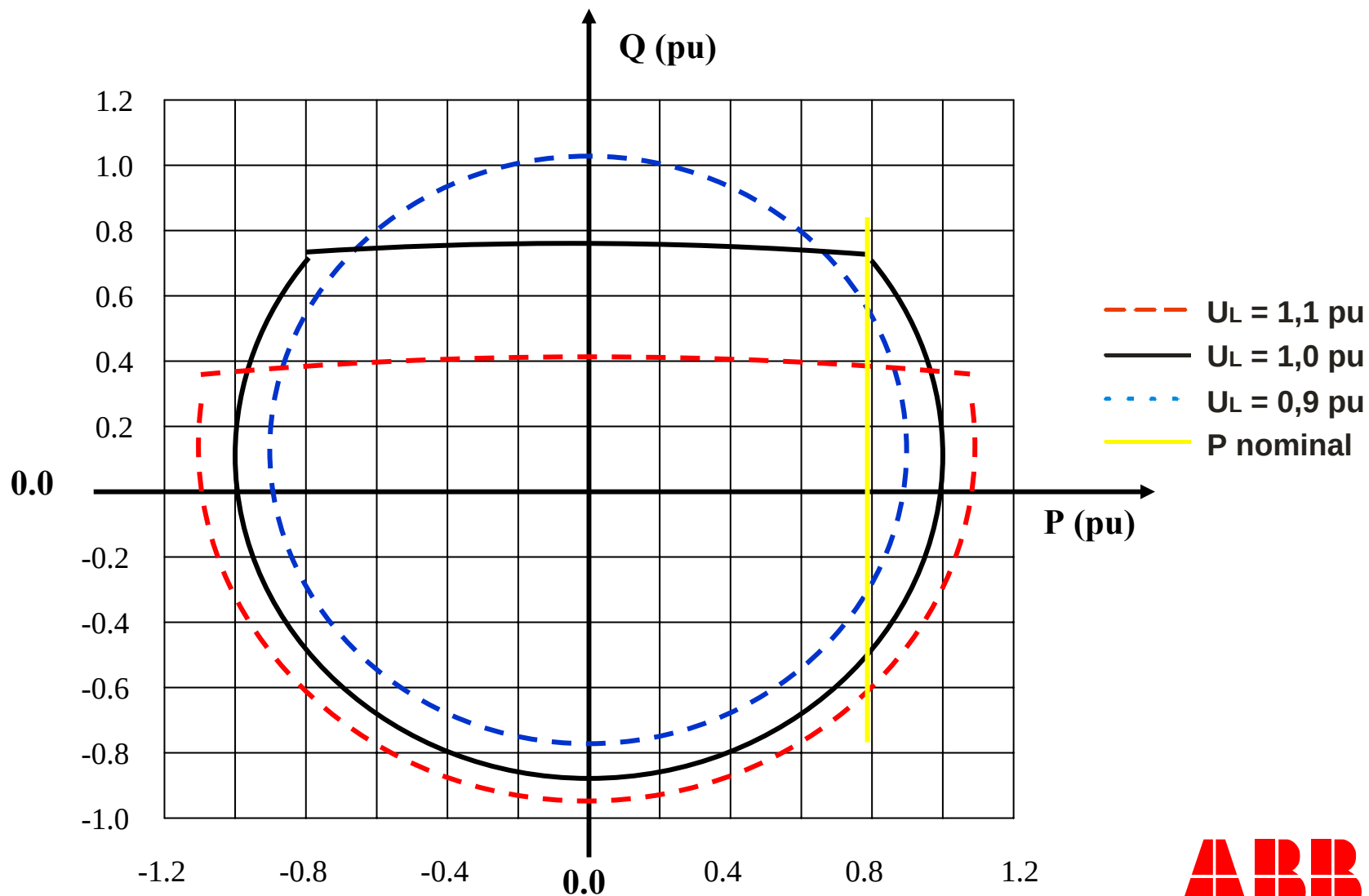


O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

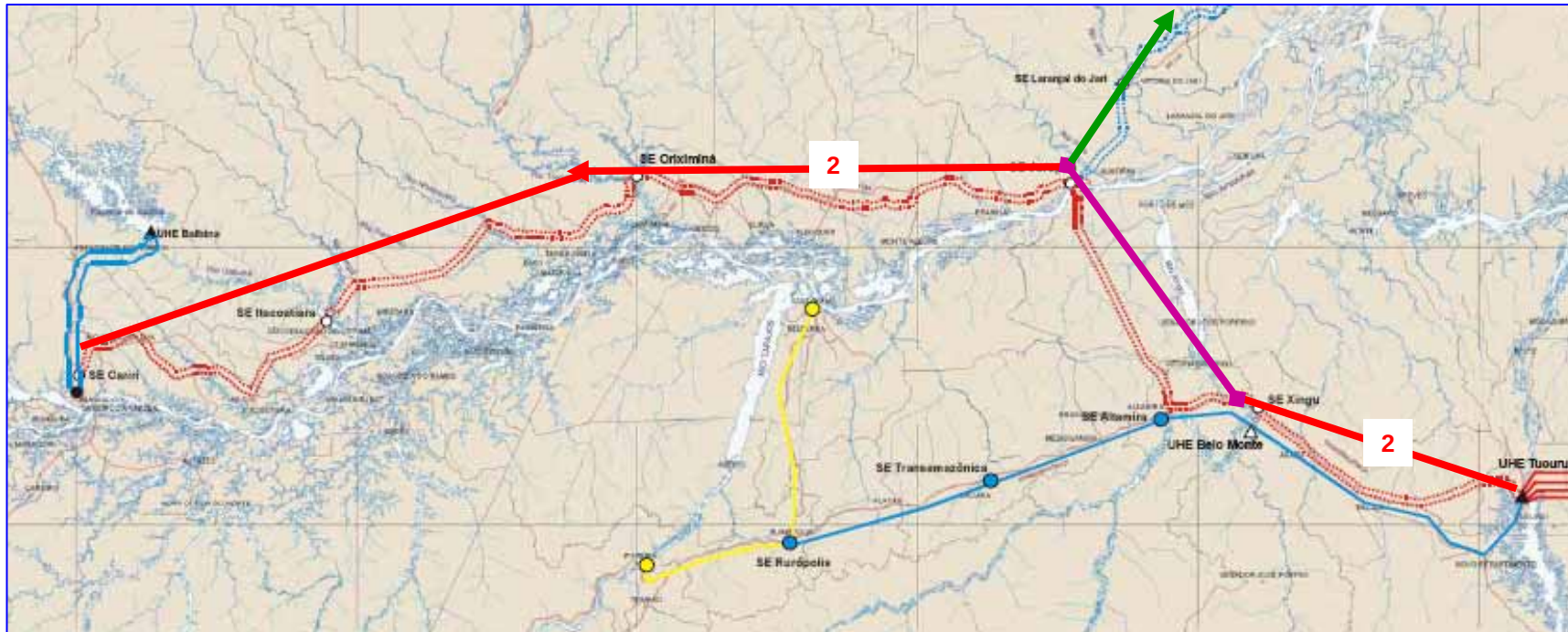


HVDC Light Características Operacionais





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas



Sistema Amazônia
Como flexibilizar
com HVDC?

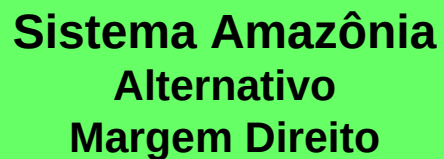
Uso de HVDC Light

Uso de cabos HVDC para cruzamentos de rios e
áreas ambientalmente sensíveis

Aproveitar a capacidade de controle independente do
reativo para maximizar os fluxos em linhas EHVAC

Característica de VSC para alimentar regiões
Isolado de geração





Uso de cabos HVDC para cruzamentos de rios e áreas ambientalmente sensíveis

Aproveitar a capacidade de controle independente do reativo para maximizar os fluxos em linhas EHVAC

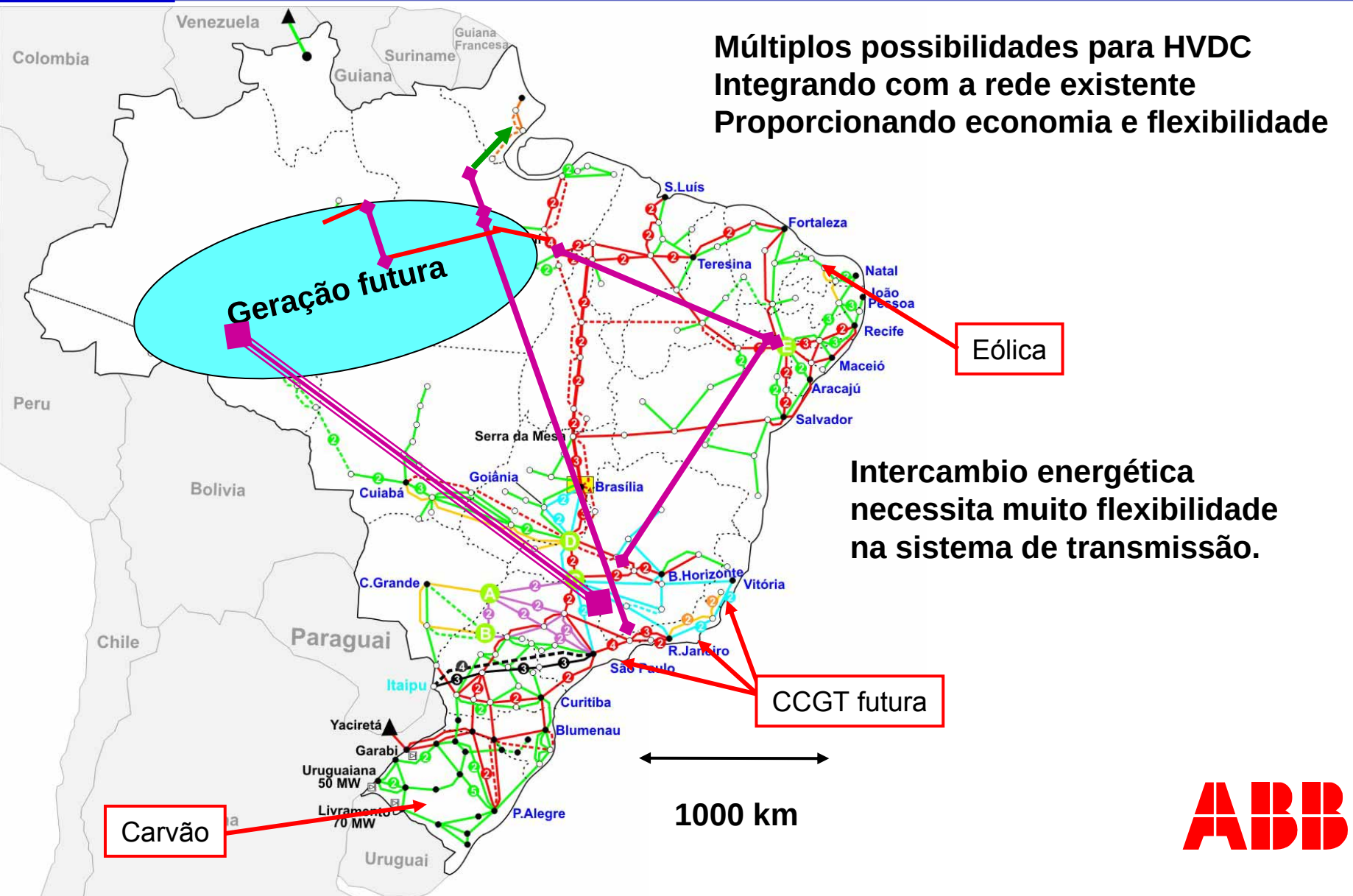
Característica de VSC para alimentar regiões Isolado de geração





O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

Múltiplas possibilidades para HVDC
Integrando com a rede existente
Proporcionando economia e flexibilidade



Intercambio energética
necessita muito flexibilidade
na sistema de transmissão.

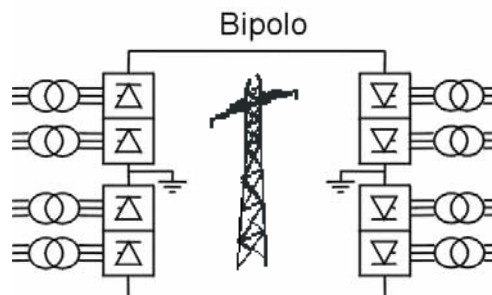




O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas

Razões para aplicar Elos de HVDC no Brasil

1. Menos custo de investimento
2. Cruzamento longo de água
3. Perdas menores
4. Interligações assíncronas
5. Controlabilidade
6. Limitação de correntes de curto
7. Meio-ambiente



Conclusões para economia em distancias acima de 2000 km:

1. Utiliza tensão mais alta disponível.
2. Capacidade de Bipolo, função de geração.
3. Capacidade máxima de Bipolo limitado pelo sistema receptor.
4. Avaliação econômica das perdas, de maior importância.
5. Condutores grandes ou Bundles de mais que quatro.

Conclusões para Flexibilidade:

1. Utiliza multi-terminal.
2. Usar conversores tipo VSC
3. Usar cabos para cruzamentos e meio-ambiente



AIDB



O uso de Elos de HVDC para Usinas Hidroelétricas Remotas