



Seminário Nacional de Produção e
Transmissão de Energia Elétrica

VIABILIDADE DE INSERÇÃO DE UM SISTEMA 1.000 kV NA REDE ELÉTRICA BRASILEIRA

GLP/ José A. Jardini

INTRODUÇÃO

- Aumento significativo na geração de energia principalmente de origem eólica e fotovoltaica na região Nordeste, até 2024.
- Necessidade de transmissão de grandes blocos de energia.
- Projeto P&D em curso avalia a viabilidade técnica e econômica de um sistema de transmissão entre o Nordeste e Sudeste em 1.000kV
- Experiência internacional (6.000 km em operação na China).

SISTEMA BRASILEIRO ATUAL (GERAÇÃO E CARGA 2015)

Geração (MW médio), Carga Média (MW) e Pico de Carga (MW)

	N	NE	SE	S	Total
Geração Hidŕica	5.000	3.000	16.300	19.500	43.800
Térmica (fóssil)	2.300	3.500	7.000	1.600	14.400
Nuclear			1.700		1.700
Eólica		300	500		800
Geração Total	7.300	6.800	25.500	21.100	60.700
Carga Média	5.000	9.700	36.000	10.000	60.700
Pico de Carga	6.500	12.300	51.500	16.600	~85.000

Capacidade instalada de geração (2015)

TIPO	GW
HIDRÍCA	95
TÉRMICA (FÓSSIL)	20
NUCLEAR	2
BIOMASSA	11
EÓLICA	5
TOTAL	133

EXPANSÃO DA GERAÇÃO (2024)

A expansão futura da geração incluirá:

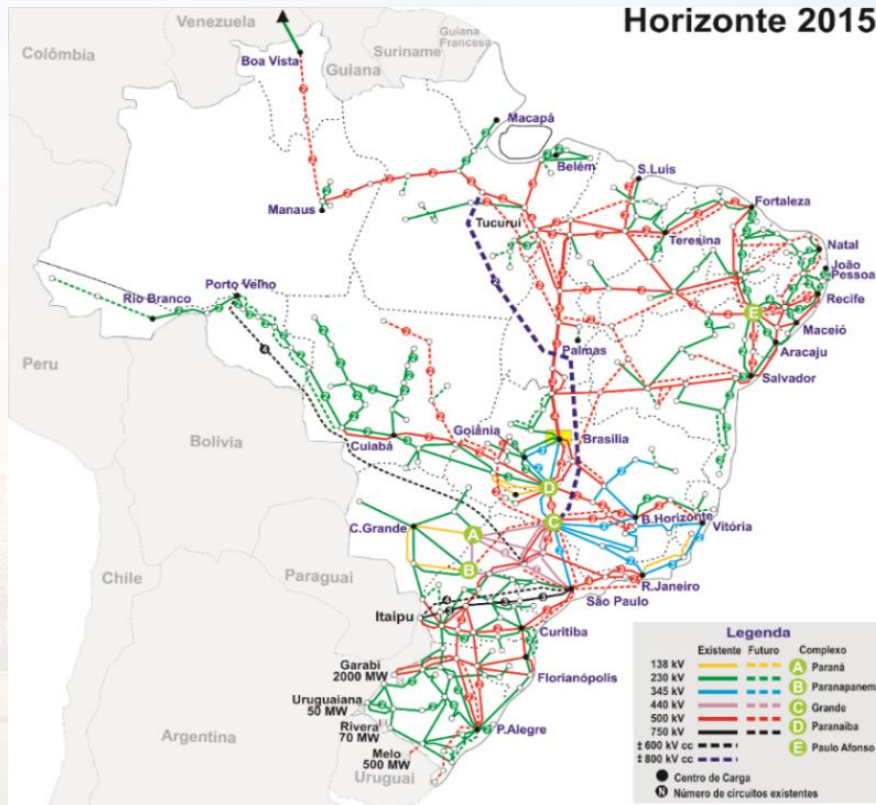
- 30 GW de hídricas
- 10 GW de fósseis
- 8 GW de biomassa
- 20 GW de eólicas
- 7 GW de solares

Potencial de Geração eólica e solar (elipses vermelhas).



TRANSMISSÃO

Horizonte 2015



SISTEMA DE TRANSMISSÃO ECONÔMICO

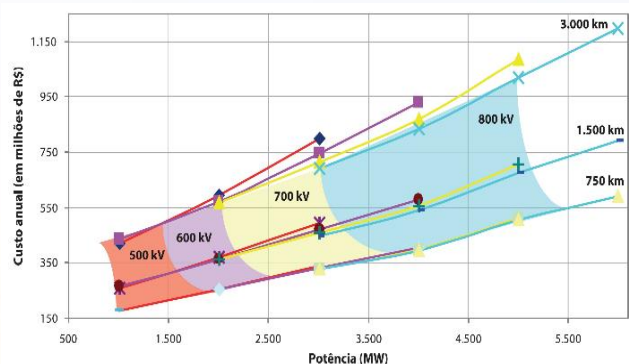
Estudo de pesquisa (P&D Transmitir): Avaliação econômica de sistemas CA e CC.

- 10 projetos HVDC (± 300 kV a ± 800 kV, 2 a 6 condutores e até 3.000 km)
- 10 projetos HVAC (500 kV, 765 kV e 1.000 kV, 4 a 8 condutores)

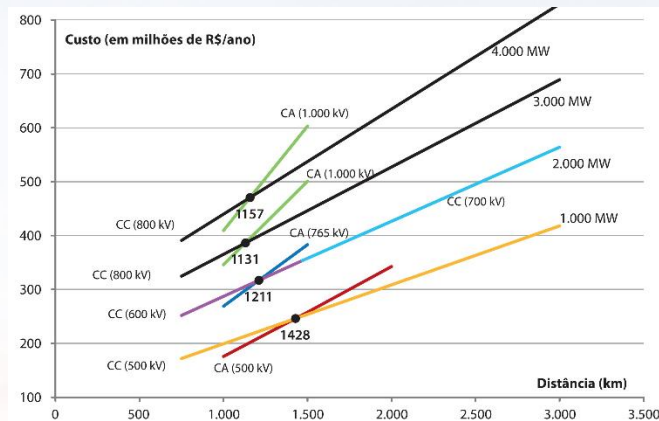
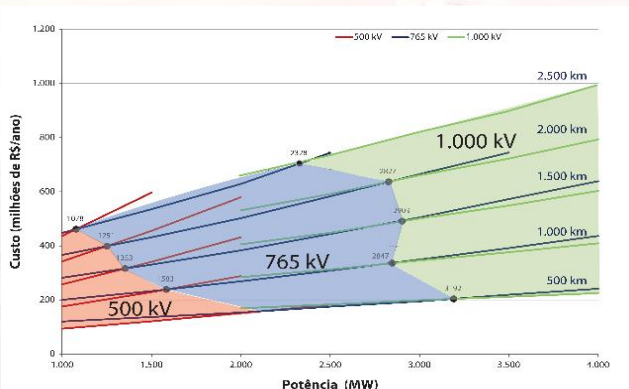
$$C = a + b V + N S (c N + d) \quad (\$/\text{km})$$

SISTEMA DE TRANSMISSÃO ECONÔMICO

HVDC



HVAC



Comprimento
break-even
CA/CC

- HVAC mais econômico em distâncias ≤ 1.200 km.
- 1.000 kV melhor para transmitir ≥ 3.000 MW
- 500 kV melhor para transmitir ≈ 1.500 MW

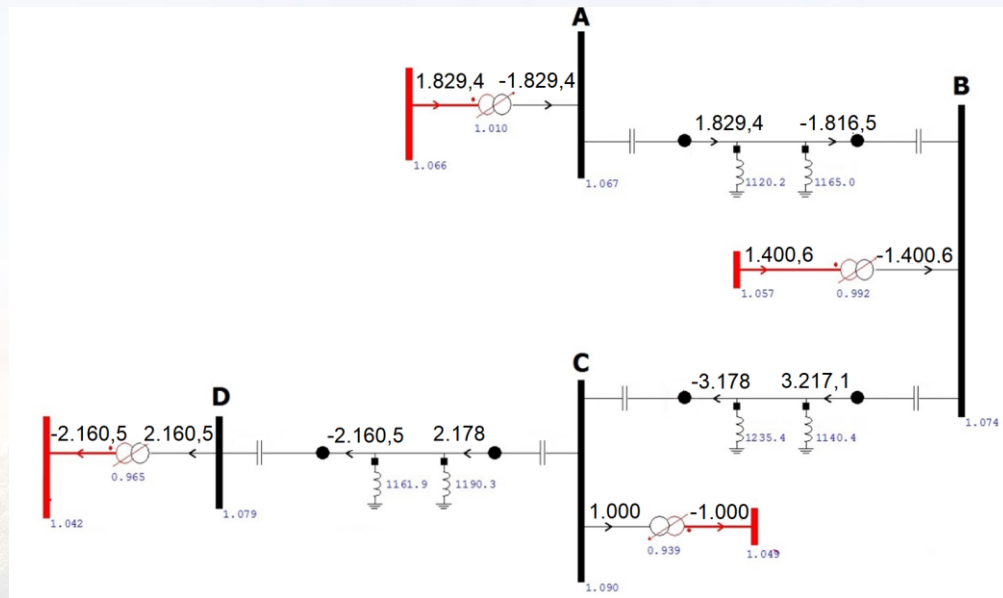
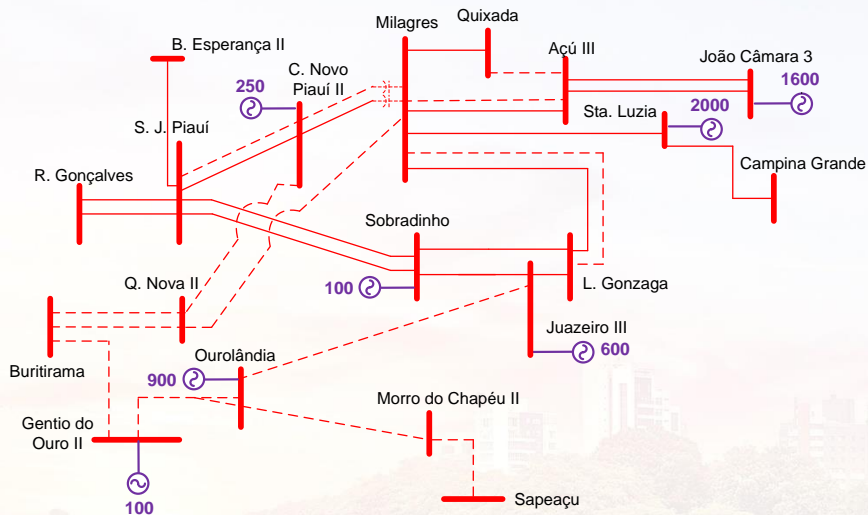
INSERÇÃO DO SISTEMA 1.000 KV

- Novas usinas hidrelétricas sem reservatórios.
- Demora no comissionamento de novas hidrelétricas.
- Períodos de pouca chuva.
- Despacho de térmicas (mais cara) para poupar reservatórios.
- Necessidade de levar energia eólica/solar as regiões de maior carga.

Linha 1.000 kV:

- Três trechos de 440 km.
- 50 % de compensação série
- 85% de compensação de reator de derivação (metade em cada extremidade)
- 4.000 MW, 8x 795 MCM ($\sim 400 \text{ mm}^2$), Tern ACSR.

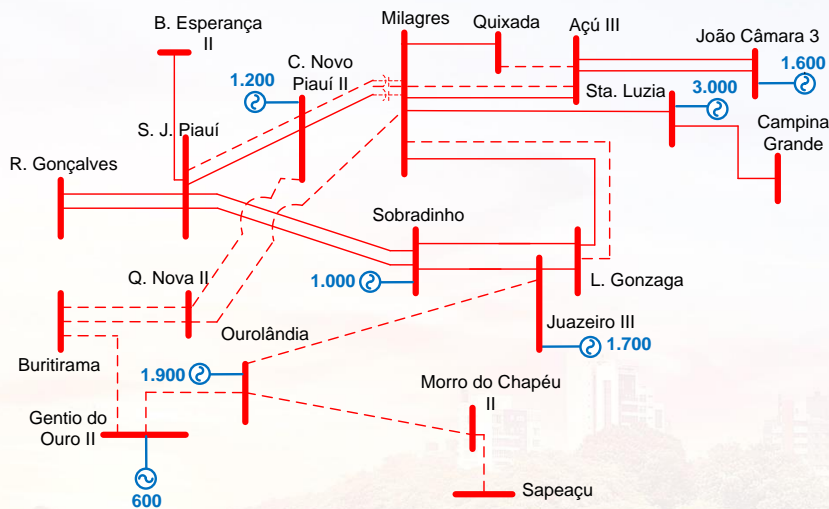
INSERÇÃO DO SISTEMA 1.000 KV



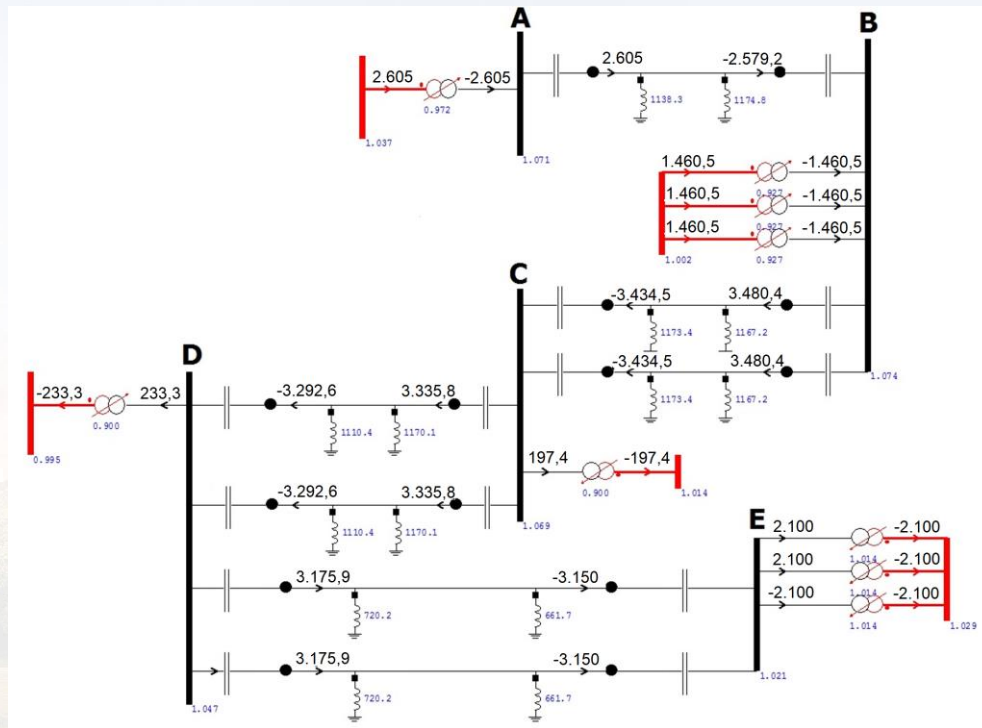
Localização do aumento de 5 GW
feito na geração do PDE 2024 –
região NE

Fluxo de potência na linha 1.000 kV

EXPANSÃO DO SISTEMA 1.000 KV



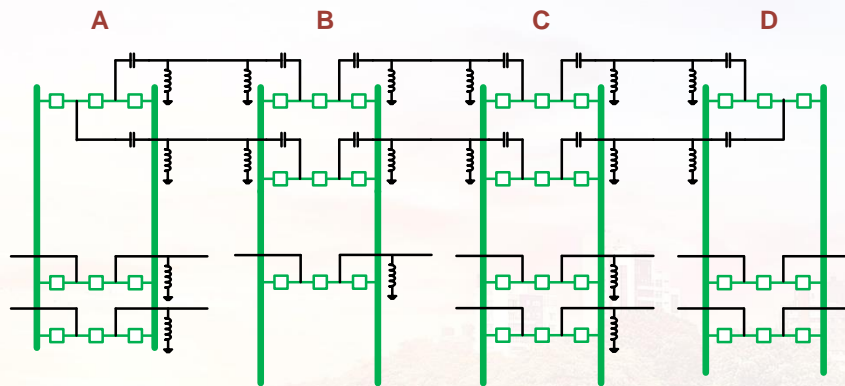
Localização do aumento de 11 GW feito na geração do PDE 2024 – região NE



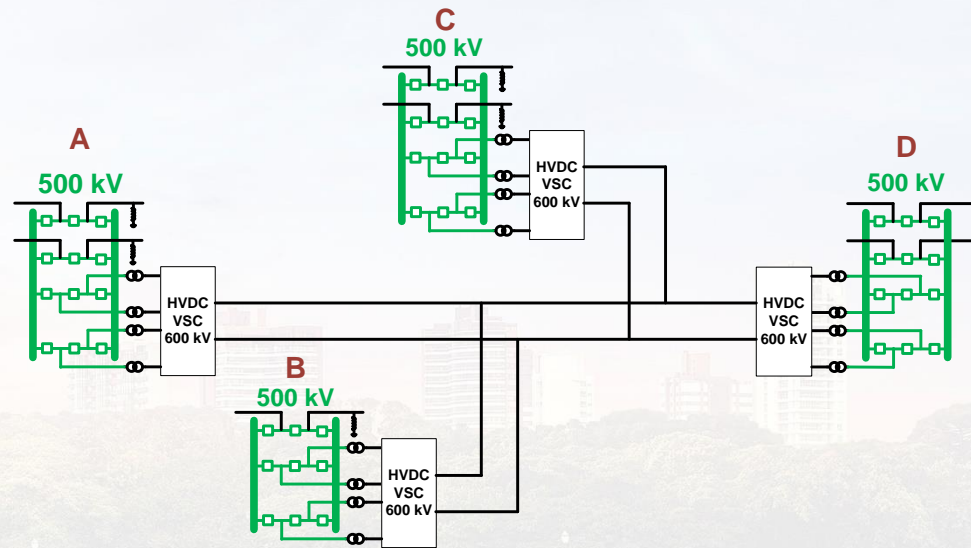
Fluxo de potência na linha 1.000 kV

ECONOMIA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Alternativas custeadas em comparação a alternativa 1.000 kV:



Sistema 500 kV, 3 trechos de 440 km, 40% de compensação série.



Sistema multiterminal HVDC com conversoras VSC, 3 trechos de 440 km.

ECONOMIA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

	Milhões de R\$		
Descrição	1.000 kV	500 kV	Multiterminal - VSC
Linhas de transmissão	2.508	3.404	1.910
Transformadores	355	0	0
Subestações	1.410	1.014	487
Conversoras	0	0	3.784
SUBTOTAL EQUIPAMENTOS	4.274	4.417	6.182
Perdas nas Linhas	394	988	255
Perdas nos Transformadores	102	0	0
Perdas nas Conversoras	0	0	433
TOTAL	4.770	5.405	6.869
Comparação com o 1.000 kV	1,00	1,13	1,44

CONCLUSÃO:

- Significativo aumento na geração eólica e solar da região Nordeste (até 2024).
- Necessidade de transmitir grandes blocos de energia para regiões com maior demanda.
- Sistema 1.000 kV mostrou-se tecnicamente vantajoso e menos oneroso e oferece boas possibilidades de futura expansão.

ARTIGOS RELACIONADOS

- “Power Transmission Over Long Distances: Economic Comparison between HVDC and Half-Wavelength Line” IEEE, PWRD, 2013.
- “Electromagnetic Transients in a 1.000kV system. Part I - Modeling and arc extension”. In: 2016 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition Latin America (T&D LA), Morelia, 21-23 sept. 2016. <http://ieeetdla16.org/>.
- “Electromagnetic Transients in a 1,000 kV System: Part II – Line Energization, Reclosing and Insulation Coordination.” In: 2016 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition Latin America (T&D LA), Morelia, 21-23 sept. 2016. <http://ieeetdla16.org/>
- “Electromagnetic Transients in a 1,000 kV System: Part III - Fault Inception, Cleaning and Load Rejection.” In: 2016 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition Latin America (T&D LA), Morelia, 21-23 sept. 2016. <http://ieeetdla16.org/>
- “Energization Study of an Ultra High Voltage Power Transformer Aimed at Connecting a 1.000 KV Line into the Brazilian Power Grid”. In: XVII Encuentro Regional Iberoamericano de CIGRÉ (XVII ERIAC), Ciudad del Este, 21-25 de mayo, 2017.

José A. Jardini

 (11) 2528-3662

 (11) 98117-9750

 jose.jardini@gmail.com

 www.itaee.com.br