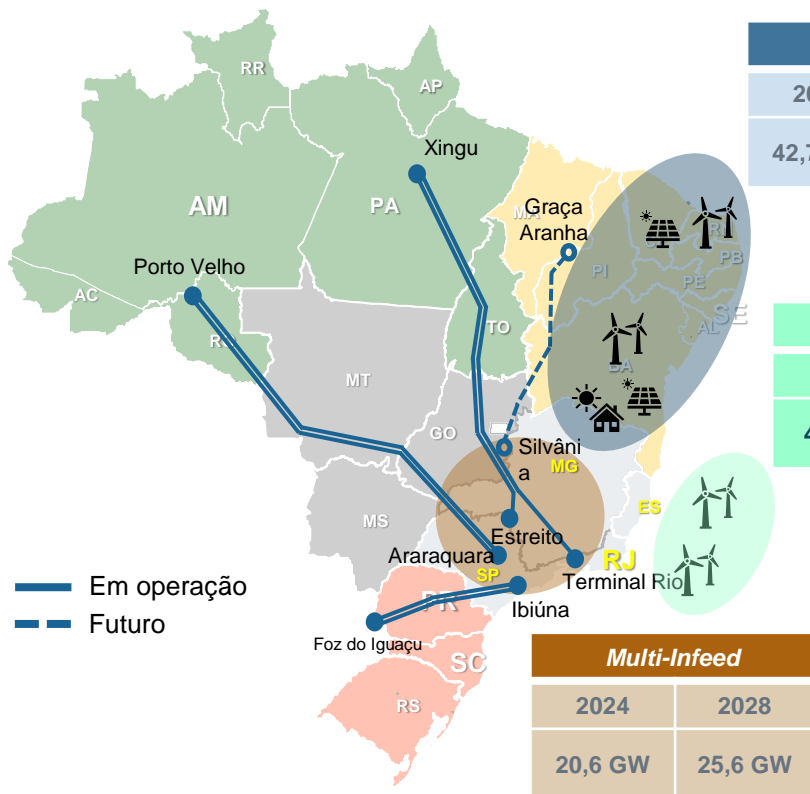


Sistemas de Transmissão Multiterminal em Corrente Contínua de Alta Tensão baseados em VSC-MMC

Desafios sistêmicos relativos ao aproveitamento de renováveis



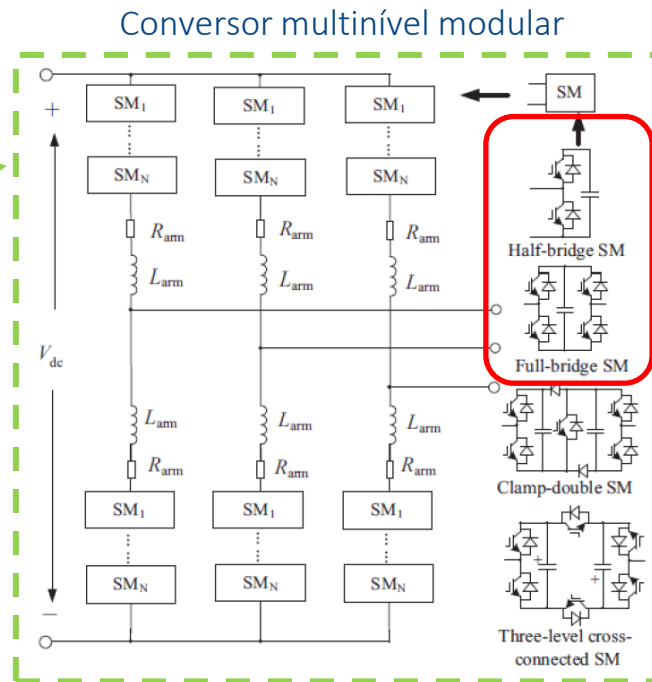
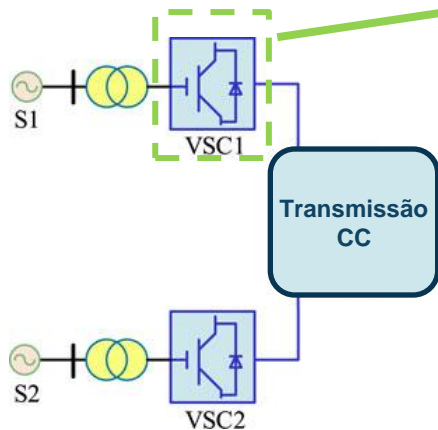
Renováveis	
2024	2028
42,7 GW	75,3 GW

Offshore Wind	
2035	2050
4 / 16 GW	16 / 96 GW

Multi-Infeed	
2024	2028
20,6 GW	25,6 GW

- Configuração *Multi-Infeed* constituída por elos HVDC com tecnologia LCC
- Alta penetração de fontes renováveis baseadas em inversores
- Desafios e Impactos para a operação do sistema:
 - Redução da inércia, redução do nível de curto-circuito, interações de controle e falhas de comutação.
 - Aumento da severidade das contingências
 - Necessidade de restrições de intercâmbio e cortes de geração
 - Avaliação de maior número de cenários operativos
 - Necessidade de maior detalhamento das simulações

Sistemas MMC HVDC e MTDC



Algumas vantagens do HVDC do tipo MMC:

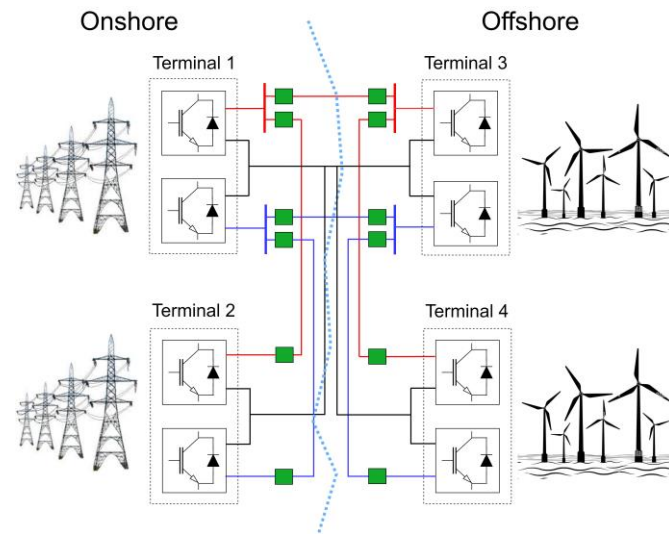
- Inversão do fluxo de potência mantendo a polaridade de tensão
- Controle independente de potência ativa e reativa
- Menor conteúdo harmônico e menores perdas
- Serviços ancilares e suporte à rede
- Possibilidade de expansão para uma rede MTDC

Projeto UFRJ e TotalEnergies

Título: *Sistemas MTDC para Conexão de Usinas Eólicas Offshore*

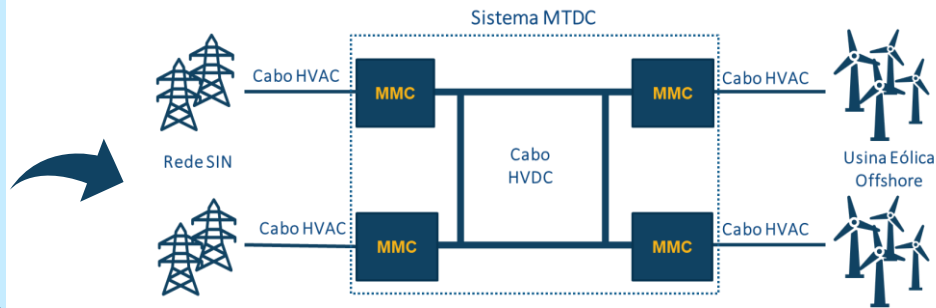
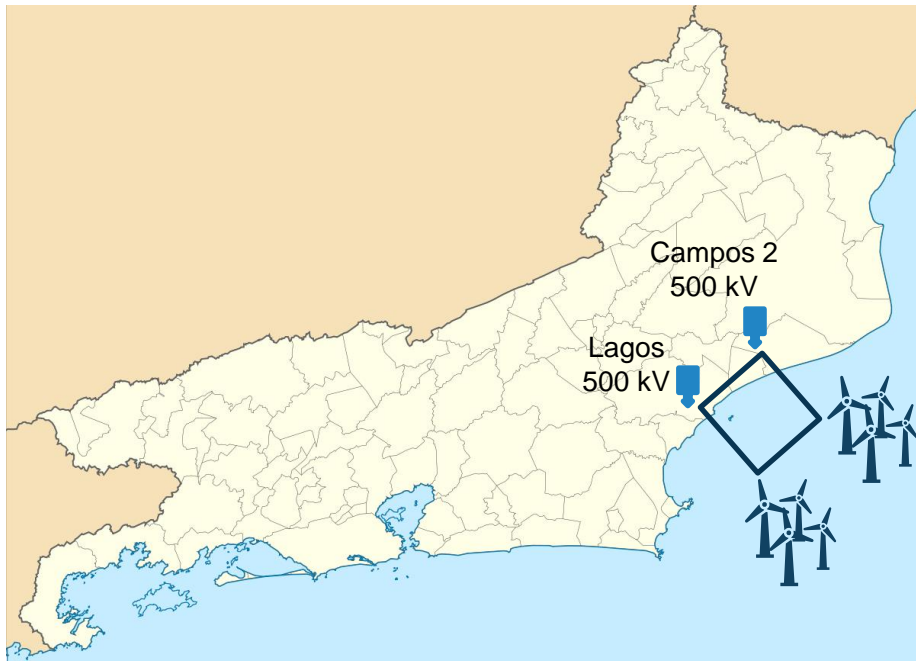
- Principais entregáveis:
 - ✓ Caso Offshore (Rio de Janeiro, 2034)
 - ✓ Protótipo de escala reduzida
 - ✓ Sistemas de Proteção e Disjuntores CC
 - ✓ Caso Onshore (Nordeste 2, 2034);

Sistema MTDC



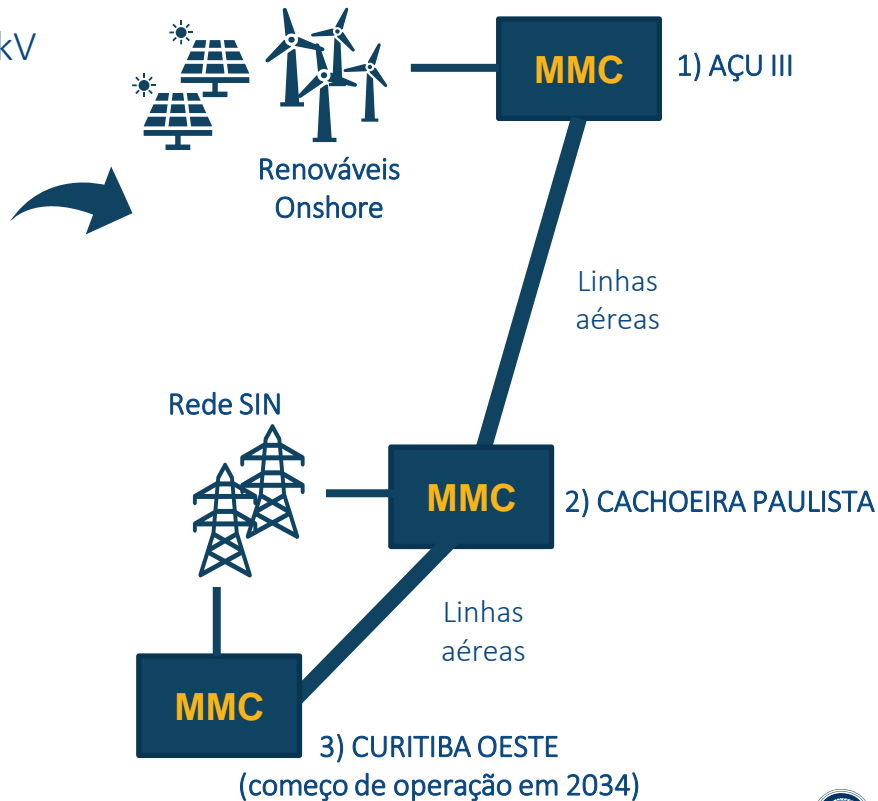
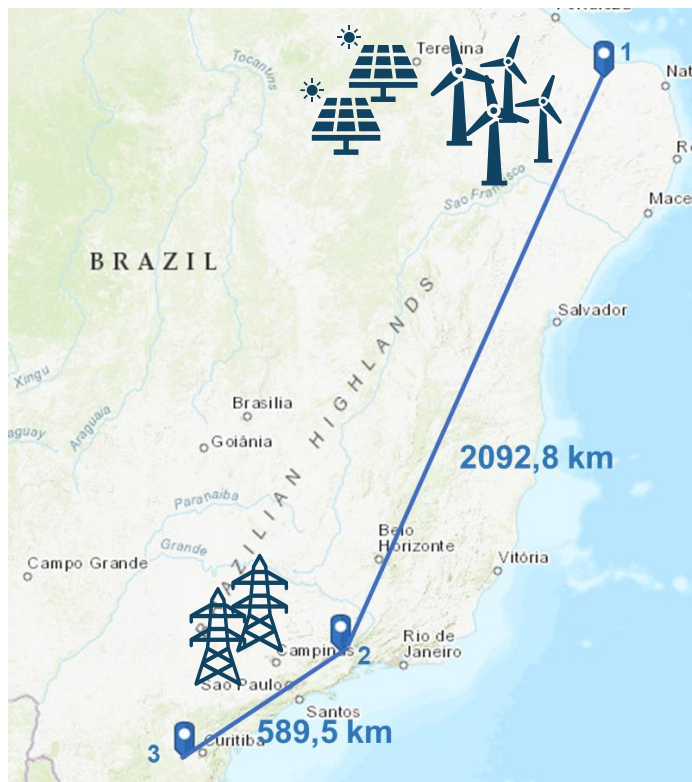
MTDC: Caso Offshore (Rio de Janeiro, 2034)

Bipolo, topologia anel, 4 terminais, 2 GW, ± 525 kV



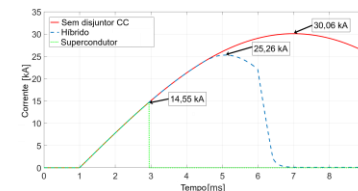
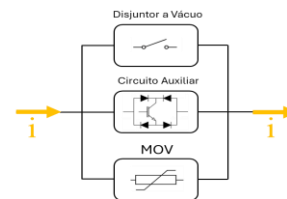
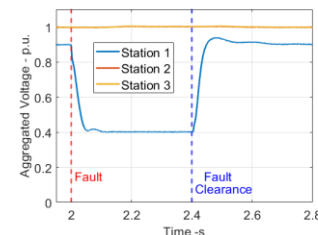
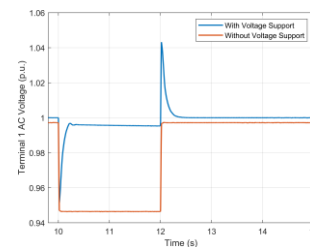
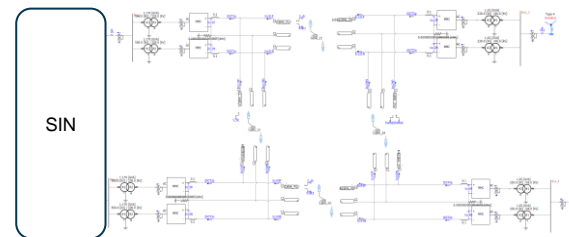
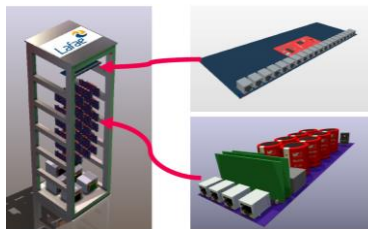
MTDC: Caso Onshore (Nordeste 2, 2034)

Bipolo, topologia radial, 3 terminais, 5 GW, ± 800 kV



Metodologia e fase atual

1. Modelos detalhados em PSCAD
2. Desenvolvimento de funcionalidades de suporte
3. Performance dinâmica (procedimentos de rede)
4. Concepção de Sistema de proteção e Disjuntores CC
5. Desenvolvimento de protótipo em escala reduzida



Principais projetos no mundo

China: Rede Zhangbei

± 500 kV, 4,5 GW, 4 terminais, 648 km



China: Wudongde transmission system

± 800 kV, 8 GW, 3 terminais, 1,452 km (Híbrido)



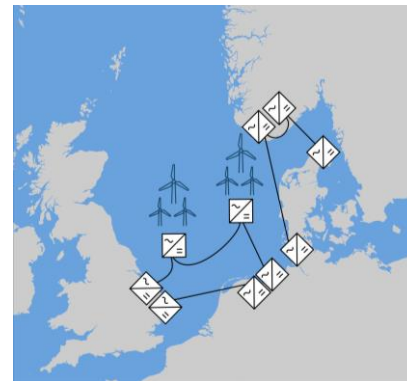
Kunming North Converter Station
(LCC 8GW)

Liuzhou North Converter Station
(VSC 3GW)

Longmen Converter Station
(VSC 5GW)

Principais projetos no mundo

- A **União Europeia** quer implementar 300 GW de energia eólica offshore até 2050 (Enabling interoperability of multi-vendor HVDC grids -- InterOPERA). Projeto piloto demonstrativo (2030).
- **EUA** irá construir até 2031 a Rede “**Grain Belt Express**”, investimento de U\$ 20 Bilhões: ± 600 kV, 5 GW, 3 terminais, 1288 km.



Benefícios e Desafios

▪ Benefícios da tecnologia VSC

- Capacidade de controle de potência ativa e reativa de forma independente
- Não está sujeito ao fenômeno de falha de comutação
- Possibilidade de operação em redes fracas
- Mais adequado para configurações multi-terminal
- Capacidade de auxiliar na recomposição da rede

▪ Desafios atuais para implementação da tecnologia VSC no Brasil

- Definição dos requisitos de desempenho de equipamentos com tecnologia VSC (HVDC, BESS, Statcom)
 - Aspectos regulatórios, Anexo técnico de Edital de Leilão, Procedimentos de Rede
- Limitações das ferramentas de simulação existentes
 - Ausência de modelos e/ou modelos limitados
 - Necessidade de integração entre avaliações de transitórios eletromecânicos e eletromagnéticos