



SEMINÁRIO DE TRANSMISSÃO DE
ENERGIA EM LINHAS DE MEIA ONDA
CAMPINAS, 26 e 27 de NOVEMBRO de 2013



Ensaio de Transmissão de Energia em Linha de Pouco Mais de Meio Comprimento de Onda

P&D estratégico ANEEL
004/2008

Camilo M. Jr. - Eletrobras Eletronorte

Marcelo A. Maia - Chesf

Eden L. Carvalho Jr. - ENTE

Conteúdo

1. Motivação

2. Projeto Estratégico meia-onda

- Objetivos
- Questões
- Principais Etapas
- Produtos

3. Alguns tópicos para discussão

Motivação

Plano Decenal de Expansão de Energia 2022



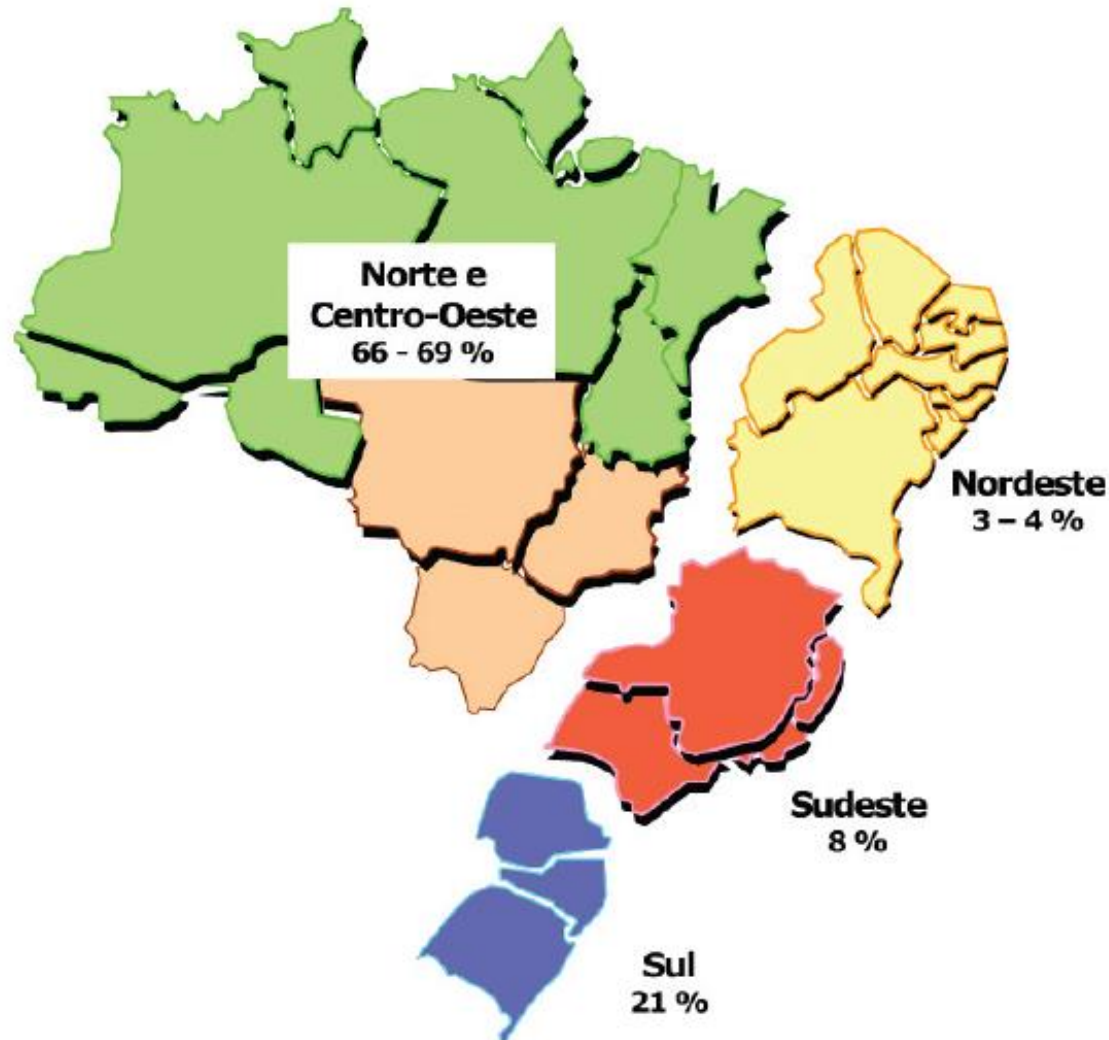
Legenda

SE/CO - Sudeste/Centro-Oeste	IT - Itaipu
S - Sul	AC/RO - Acre/Rondônia
NE - Nordeste	BM - Belo Monte
N - Norte	TP - Teles Pires/Paraná
MAN/AP/BV - Manaus/Amapá/Boa Vista	IMP - Imperatriz
IV - Ivaiporã	

Fonte: MME/EPE

Motivação

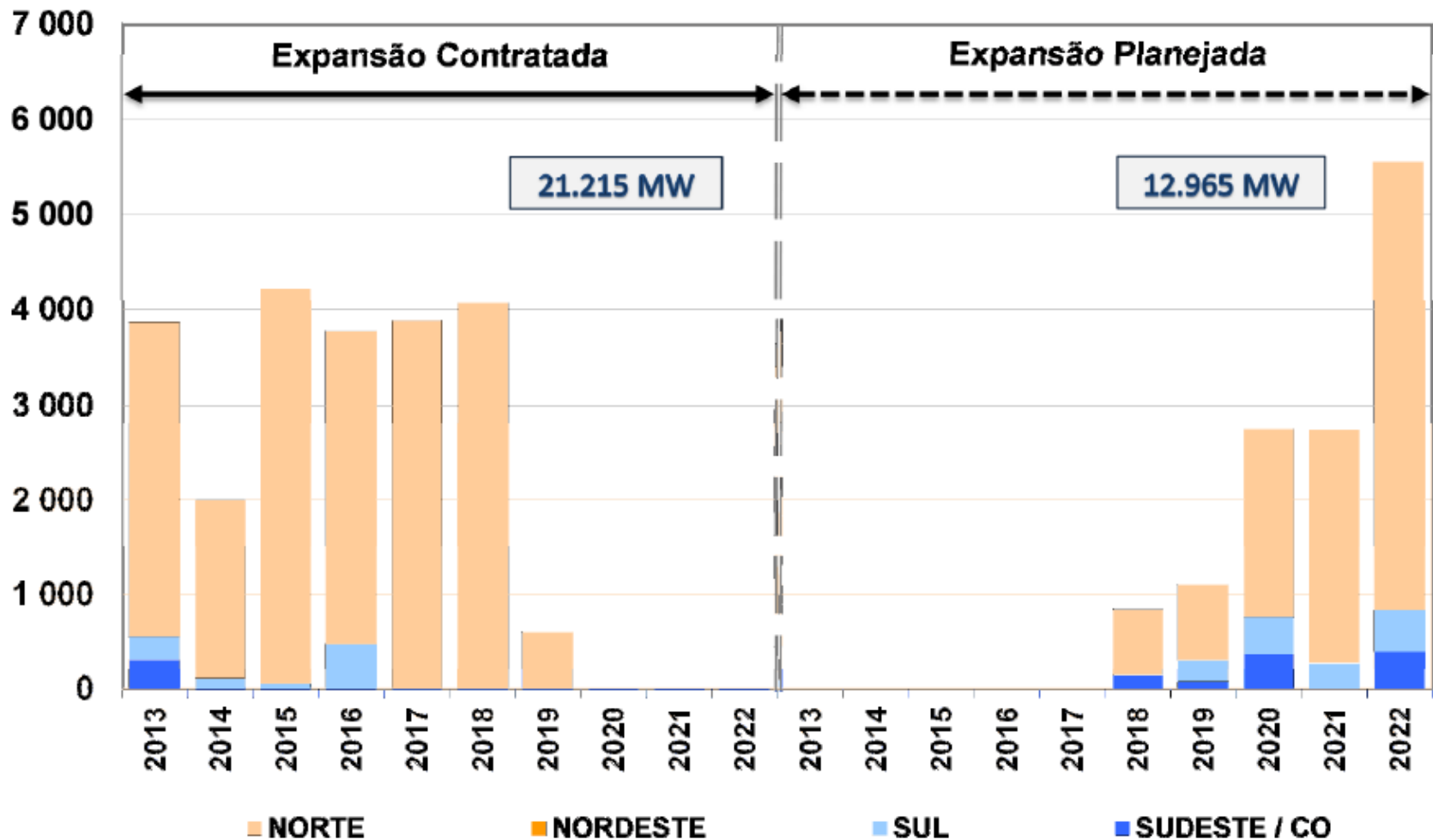
Potencial Hidrelétrico a aproveitar



Fonte: MME: Plano Nacional de Energia 2030

Motivação

Acréscimo da capacidade instalada hidrelétrica



Fonte: MME/EPE

Transmissão de energia: fatores condicionantes.

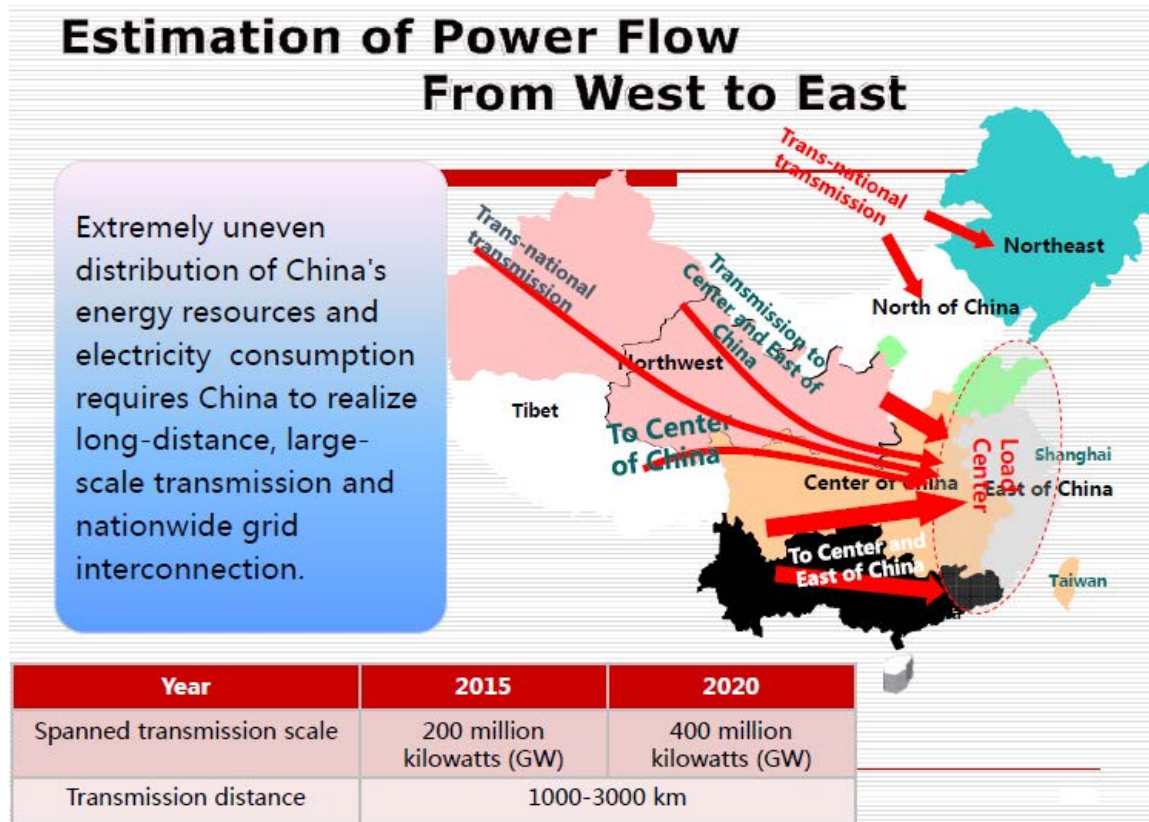
- ❑ Necessidade de longas linhas de transmissão.
- ❑ Transmissão de grandes blocos de energia.
- ❑ Desenvolvimento de alternativas que reduzam o custo do transporte de energia.
- ❑ Alternativas que permitam a inserção regional a custos competitivos trazem vantagens para a primeira interligação.
- ❑ Restrições ambientais indicam a necessidade de que os corredores de energia sejam mais eficientes (MW/m²).

Motivação

Transmissão de energia em longas distâncias:
Desafios para sistemas AC:

- ☐ Controle de tensão
- ☐ Controle de potência reativa
- ☐ Estabilidade

China: Futuros sistemas de Transmissão



FONTE: CEPRI –Present and Future Development of Power Grids and Sources in China.

Índia: Futuros sistemas de Transmissão

Corredores de Transmissão de alta densidade

Power intensity in MW/meter at different voltage level.

Voltage	132 kV	220 kV	400 kV	765 kV	±500 kV	±800 kV (approx.)	1200 kV (approx.)
ROW Meters(M)	27	35	46	64	52	70	90
Capacity (MW)	Upto 70-80	Upto 160-170	Upto 600-700	Upto 2500-3000	Upto 2000-2500	Upto 6000-6400	Upto 6000-8000
MW/m	3	5	15	45	48	90	90

FONTE: Transmission and Distribution in India.
World Energy Council

Motivação

Professor Carlos Portela.



Conteúdo

1. Motivação

2. Projeto Estratégico meia-onda

- Dados Gerais
- Principais Etapas
- Questões
- Produtos

3. Alguns tópicos para discussão

Projeto Estratégico

Dados Gerais:

❑ Objetivo:

Ensaio de Transmissão de Energia em
Linha de Pouco Mais de Meio Comprimento
de Onda

Projeto Estratégico

Dados Gerais: Entidades Participantes

□ Universidades:

- Unicamp
- UFBA
- UEFS

□ Empresas:

- Eletrobras Eletronorte
- Chesf
- ENTE

Projeto Estratégico

Dados Gerais: Equipe Técnica

□ Unicamp

- Elson Costa Gomes
- Maria Cristina Tavares (coordenadora)
- Renzo G. Fabian
- Walmir Freitas Filho

□ UFBA

- Fernando A. Moreira

□ UEFS

- Marcos A. Paz
- João B. Gertrudes

Projeto Estratégico

Dados Gerais: Equipe Técnica

❑ Eletrobras Eletronorte

- Aniela Maria Peixoto Mendes
- Camilo Machado Júnior (Gerente pela ELN)
- Carlos Antônio Faria Floriano
- Vanderlei Guimarães Machado

❑ Chesf

- Gustavo Arruda
- Marcelo J. A. Maia (Gerente pela Chesf)
- Oswaldo Regis
- Paulo Simões

❑ TBE

- Eden Luiz Carvalho Junior

Conteúdo

1. Motivação

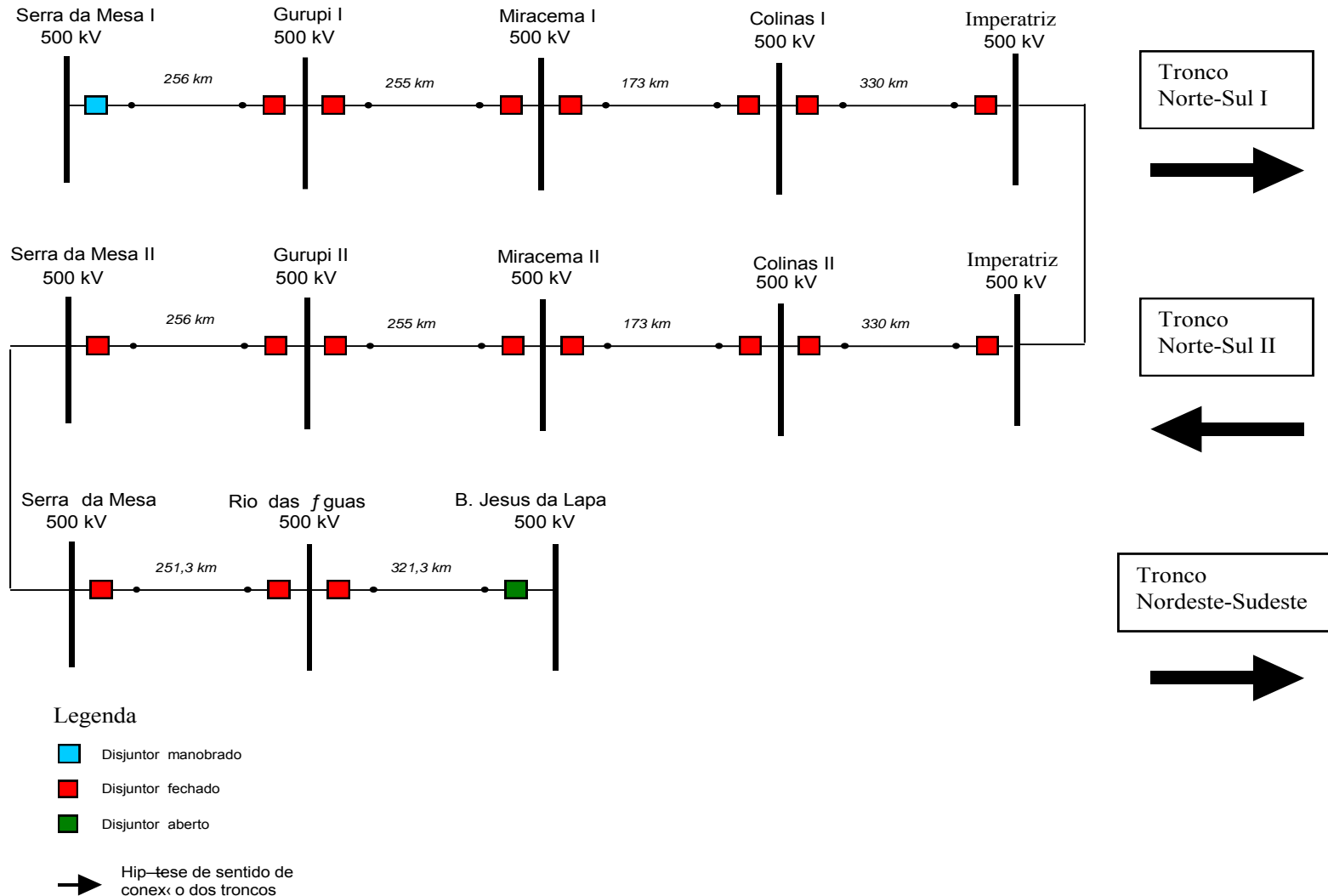
2. Projeto Estratégico meia-onda

- Dados Gerais
- Etapas Principais
- Questões
- Produtos

3. Alguns tópicos para discussão

Projeto Estratégico

Etapas Principais: Elo CA Teste (2601 km)



Projeto Estratégico

Etapas Principais

- ❑ Simulação da manobra de energização do Elo CA Teste com as ferramentas ATP e PSCAD/EMTDC.
- ❑ Realização da manobra em data definida pelo Operador Nacional do Sistema, ONS.
- ❑ Comparação de Resultados : Simulação x Medição.
- ❑ Caracterização do **sistema de proteção específico** para a manobra a ser realizada no experimento.
- ❑ Identificação de sistemas de proteção específicos para um Elo CA.

Conteúdo

1. Motivação

2. Projeto Estratégico meia-onda

- Dados Gerais
- Principais Etapas
- Questões
- Produtos

3. Alguns tópicos para discussão

Projeto Estratégico

Questões

- ☐ Níveis das sobretensões em regimes permanente, sustentado e transitório serão críticos nas manobras de energização, sem falta e com falta?
- ☐ Em caso de sobretensões muito elevadas, que medidas deverão ser adotadas?
- ☐ É válida a representação de um Elo CA formado por LTs 500 kV semelhantes?

Projeto Estratégico

Questões

- ❑ Haverá riscos para os equipamentos ?
 - Geradores
 - Transformadores Elevadores
 - Para-raios
 - Disjuntores

- ❑ O Relé de distância da SE Serra da Mesa atenderá aos requisitos de energização do Elo CA?

Projeto Estratégico

Questões

☐ Disjuntor da SE Serra da Mesa:

- Poderá efetuar abertura de uma LT de 2601 km?
- Atenderá aos requisitos de TRT?
- Que requisitos de norma adotar para TRT?
- Necessitará de resistor de pré-inserção?

☐ Os para-raios das Subestações intermediárias deverão ser desconectados do Sistema?

Conteúdo

1. Motivação

2. Projeto Estratégico meia-onda

- Dados Gerais
- Principais Etapas
- Questões
- Produtos

3. Alguns tópicos para discussão

Projeto Estratégico

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 1. ELEMENTOS EXEMPLIFICATIVOS PARA CARACTERIZAR O SISTEMA A SER MANOBRADO
- ❑ 2. METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DO SOLO JUNTO ÀS SUBESTAÇÕES CONSIDERANDO A DEPENDÊNCIA COM A FREQUÊNCIA
- ❑ 3. DADOS NECESSÁRIOS PARA DEFINIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA A PREPARAÇÃO DO CIRCUITO A SER ENSAIADO
- ❑ 4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UMA LINHA DE UM POUCO MAIS DE MEIO COMPRIMENTO DE ONDA
- ❑ 5. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO EM REGIME PERMANENTE DO ELO CA TESTE DURANTE A MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO, SUPONDO A NÃO OCORRÊNCIA DE DEFEITOS

Projeto Estratégico

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 6. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO ELO CA TESTE DURANTE A MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO, SUPONDO A NÃO OCORRÊNCIA DE DEFEITOS
- ❑ 7. ANÁLISE DA VALIDADE DE SE UTILIZAR UM CONJUNTO DE LINHAS SEMELHANTES NA MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DE UM ELO CA
- ❑ 8. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO EM REGIME PERMANENTE DO ELO CA TESTE DURANTE A MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO, SUPONDO A OCORRÊNCIA DE DEFEITOS
- ❑ 9. TRANSITÓRIOS EM GERADORES SÍNCRONOS CAUSADOS PELA ENERGIZAÇÃO DE LINHA DE TRANSMISSÃO DE POUCO MAIS DE MEIO COMPRIMENTO DE ONDA

Projeto Estratégico

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 10. MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA SUPONDO A OCORRÊNCIA DE FALTA MONOFÁSICA AO LONGO DA LINHA
- ❑ 11. MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA SUPONDO A NÃO OCORRÊNCIA DE DEFEITOS AO LONGO DA LINHA E TENSÃO PRÉ-MANOBRA DE 1,1 pu
- ❑ 12. SOBRETENSÕES TRANSITÓRIAS DURANTE A MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA TESTE, SUPONDO A NÃO OCORRÊNCIA DE DEFEITOS – VARIAÇÃO DO NÚMERO DE GERADORES

Projeto Estratégico

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 13. REQUISITOS DE TENSÃO DE RESTABELECIMENTO TRANSITÓRIA (TRT) IMPOSTOS AO DISJUNTOR DE SERRA DA MESA DURANTE A MANOBRA DE ABERTURA DO ELO CA.
- ❑ 14. MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA COM OCORRÊNCIA DE FALTA MONOFÁSICA AO LONGO DA LINHA – PARTE II
- ❑ 15. TRANSITÓRIOS NO GERADOR SÍNCRONO CAUSADOS PELA ENERGIZAÇÃO DO ELO CA
ENERGIZAÇÃO COM 01 UNIDADE GERADORA

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 16. MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA SUPONDO A OCORRÊNCIA DE FALTA TRIFÁSICA AO LONGO DA LINHA – 03 GERADORES EM SERRA DA MESA
- ❑ 17. MANOBRA DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA SUPONDO A OCORRÊNCIA DE FALTA TRIFÁSICA AO LONGO DA LINHA – 01 GRUPO GERADOR
- ❑ 18. ENERGIZAÇÃO DO ELO CA TESTE SOB DIVERSOS TIPOS DE FALTA UTILIZANDO DIR NA SUBESTAÇÃO DE IMPERATRIZ

Projeto Estratégico

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 19. REQUISITOS DE TRT IMPOSTOS AO DISJUNTOR DE SERRA DA MESA DURANTE A MANOBRA DE ABERTURA DO ELO CA TESTE COM PROCEDIMENTO DE MITIGAÇÃO PROPOSTO
- ❑ 20. ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS ASSOCIADOS À ENERGIZAÇÃO DO ELO CA TESTE. (EM ATENDIMENTO À SOLICITAÇÃO DO ONS)
- ❑ 21. PARÂMETROS PARA O ENSAIO DA DISTÂNCIA DE ISOLAMENTO REDUZIDA (DIR)

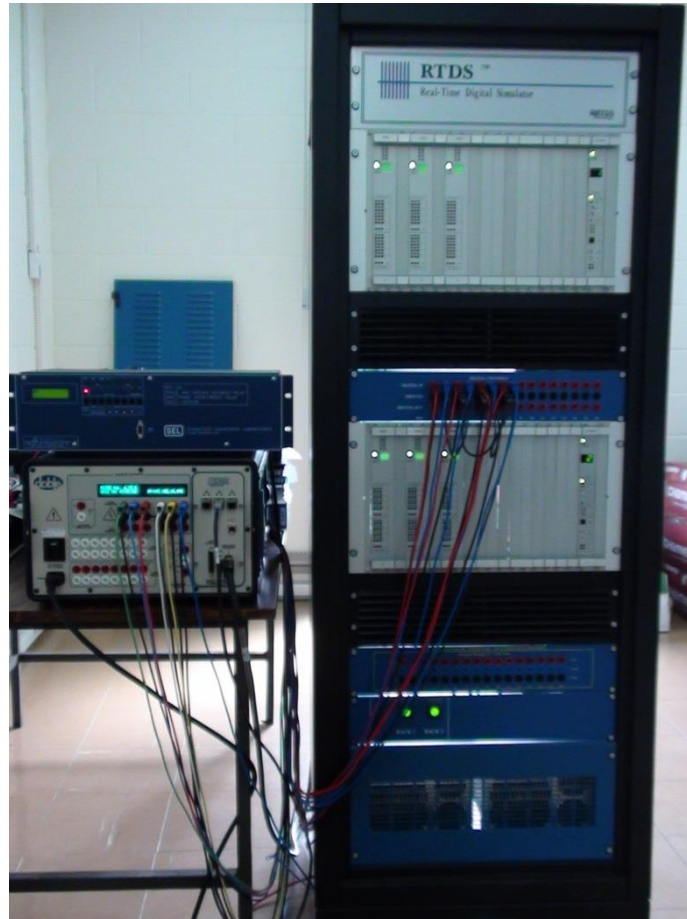
Projeto Estratégico

Produtos : Relatórios Técnicos

- ❑ 22. AJUSTE DO RELÉ SEL-321 PARA PROTEÇÃO CONTRA FALTAS MONOFÁSICAS DURANTE A ENERGIZAÇÃO DO ELO CA
- ❑ 23. ESTUDO DE PROTEÇÃO PARA O ENSAIO DE ENERGIZAÇÃO DO ELO CA TESTE SOB FALTAS TRIFÁSICAS
- ❑ 24. PROCEDIMENTOS OPERATIVOS PARA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS ASSOCIADOS AO PROJETO ESTRATÉGICO: “ENSAIO DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA EM LINHA DE POUCO MAIS DE MEIO COMPRIMENTO DE ONDA”

Projeto Estratégico

Produtos : Simulações em RTDS



RTDS Ligado ao relé de distância
(Idêntico ao existente na SE Serra da Mesa)

Projeto Estratégico

Produtos : Artigos Técnicos IPST 2013

- ☐ Electromagnetic Transients Studies Related to Energization of a Half-Wavelength Transmission Line.
- ☐ Using of Conventional Relays for Protecting Half-Wavelength Transmission Line from Three-Phase Faults
- ☐ Protection Scheme for Single-Phase Fault along a Half Wavelength Transmission Trunk Using Conventional Relay
- ☐ Circuit Breaker TRV on a No-load AC Half-Wavelength Transmission Line

Projeto Estratégico

Produtos : Artigos Técnicos APPEEC-2013

- ❑ Energization of a Half-Wavelength Transmission Line - Pre-Operational Transients Studies
- ❑ Protection Scheme Half Wavelength Transmission Trunk Using Conventional Relay

Projeto Estratégico

Produtos : Artigos Técnicos -2011

- ❑ Transient Performance Analysis on Overhead Transmission Line Considering the Frequency Dependent Soil Representation - João Bosco Gertrudes, Maria Cristina Tavares, Carlos Portela - IPST , Holanda, Junho, 2011.

- ❑ Analysis of the Energization Test of a Half-Wavelength AC Link Composed of Similar Transmission Lines - Elson Costa Gomes, Maria Cristina Tavares - Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC 2011), Wuhan, China, março de 2011

Projeto Estratégico

Produtos : Artigos Técnicos -2011

- ❑ Transient Analysis on Overhead Transmission Line Considering the Frequency Dependent Soil Representation", **IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC) 2011 Conference**, Winnipeg, Canadá, 3-5/outubro/2011.

- ❑ Analysis of the Energization Test of a 2600-km Long AC-Link Composed of Similar Transmission Lines, **EPEC 2011**, Winnipeg, Canadá, outubro/2011.

Produtos : Artigos Técnicos eventos nacionais

- ❑ Ensaio da Manobra de Energização de um Tronco Teste de Pouco Mais de Meio Comprimento de Onda. XXII SNPTEE

- ❑ Elson C. Gomes, M. C. Tavares, C. Machado Júnior, M. J. A. Maia - Análise da Utilização de Linhas de Transmissão Semelhantes no Ensaio de Energização de Linha de um Pouco Mais de Meio Comprimento de Onda; **4º Seminário Brasileiro de Sistemas Elétricos SBSE**, 16 a 18 de maio de 2012, Goiânia, GO.

Projeto Estratégico

Produtos : Dissertações / Teses

❑ Dissertação de Mestrado: Eng. Elson C. Gomes.

“ Utilização de Linhas de Transmissão Semelhantes no Ensaio de Energização de um Tronco com pouco mais de Meio **Comprimento de Onda**”

Conteúdo

1. Motivação

2. Projeto Estratégico meia-onda

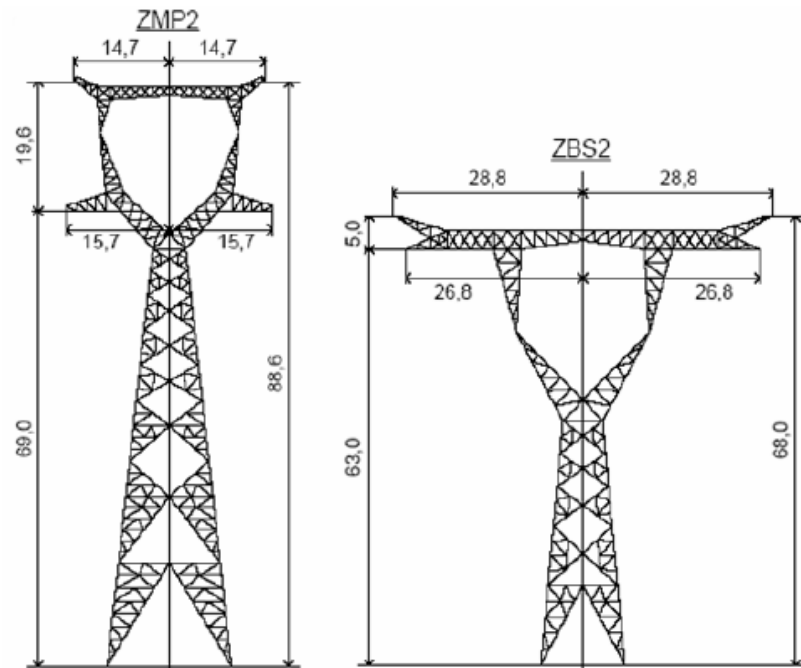
- Dados Gerais
- Principais Etapas
- Questões
- Produtos

3. Alguns tópicos para discussão

Projeto Estratégico

Alguns Tópicos para discussão

- ❑ Uso da Tecnologia meia-onda na tensão de 1000 kV, com LTs de elevado desempenho a descargas atmosféricas.
- ❑ LT 1000 kV, 640 km, 2,5 anos em operação na China:
0 (zero) desligamento por descargas atmosféricas!



Fonte: *Lightning Protection of 1000 kV AC Power Transmission Lines and Substations.*

2011 7th Asia-Pacific International Conference on Lightning, November 1-4, 2011, Chengdu, China

Projeto Estratégico

Alguns Tópicos para discussão

- ☐ Uso de LTs 1000 kV AC de elevado SIL: 4000 a 6000 MW;
- ☐ Uso de religamento monopolar
- ☐ Possibilidade de atendimento a cargas ao longo da rota da LT.
- ☐ Possibilidade futura de converter Elo CA em sistema AC convencional, com Subestações Intermediárias.

Muito Obrigado!

Спасибо!

谢谢您！