



Novos aspectos para projetos de Linhas de Transmissão

Uma análise crítica do ponto de vista da resiliência

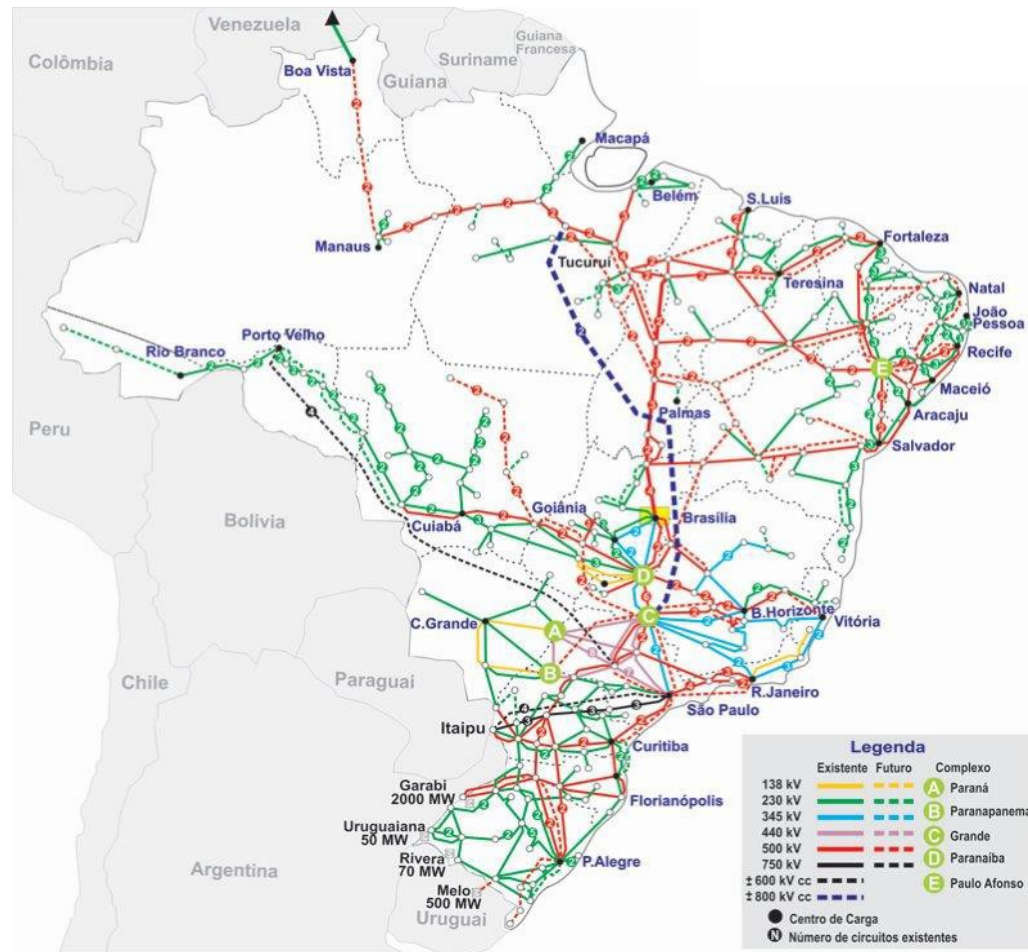
Palestrante: Paulo Gomes

SUMÁRIO

- 1 *O Sistema Interligado Nacional – SIN*
- 2 *Segurança Elétrica*
- 3 *O SIN – aspectos importantes a considerar na comparação com outros sistemas*
- 4 *IE – Linhas de Transmissão Estratégicas*
- 5 *Transição Energética – Aspectos Relevantes e Consequências*
- 6 *Recomendações*

1. O Sistema Interligado Nacional – SIN

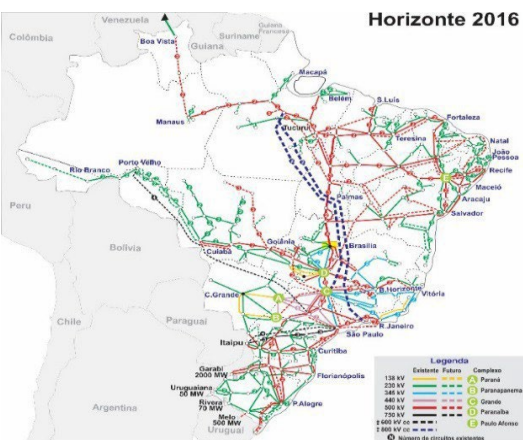
1.1 – Características e recente evolução



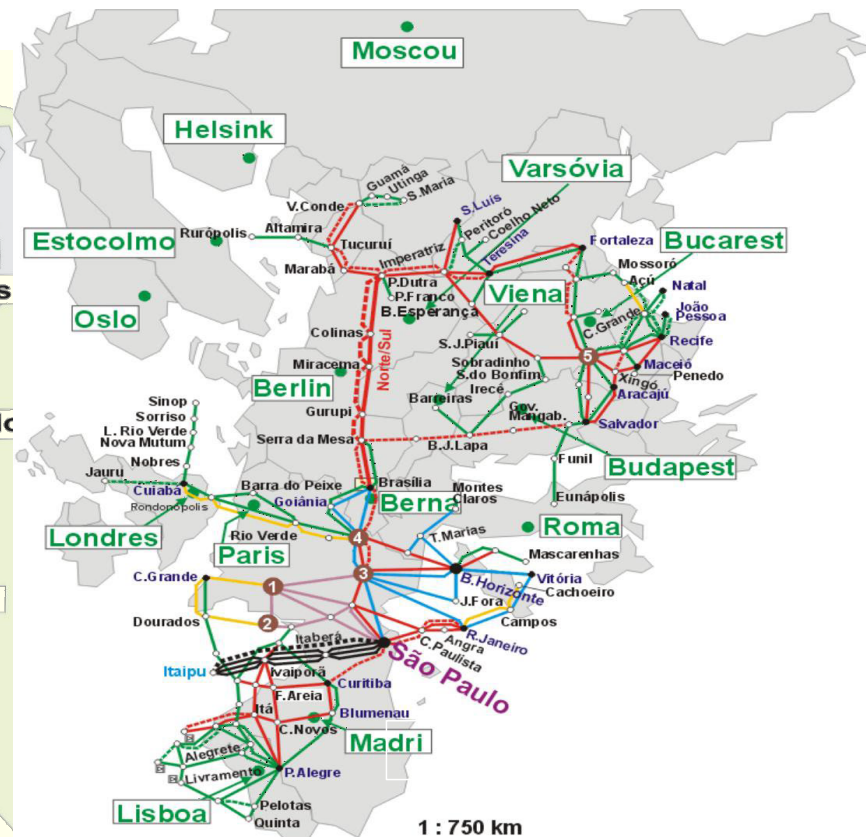
- Rede Básica tem múltiplos proprietários
- Ampliação das fronteiras do SIN
- Interligação dos Sistemas Isolados
- Integração das Usinas da Amazônia (Madeira, Belo Monte e Teles Pires) e das RES
- Ampliação das Interligações inter-regionais

REALIZAÇÃO:

1.2 – O Sistema Interligado Brasileiro – Rede Básica – Versus outros sistemas



	2014	2024
TL ≥230 kV (km)	119,429	195154
Inst. Cap. (GW)	133	207



1.3 – Longas Linhas de Transmissão

O SIN possui diversos circuitos com mais de 100km de extensão

Ex.: Circuito 500 kV	km
Milagres – Quixadá C3_____	268,1
Miranda – P. Dutra_____	195,8
EAT P. Dutra – B. Esperança _____	205,0
Teresina – Sobral_____	334,4
Imperatriz – Colinas_____	343,0
Imperatriz – P. Dutra C2_____	387,9
Colinas – Miracema_____	173,0
Gurupi – Miracema C1_____	255,0
Gurupi – S. Mesa C1_____	256,0
S. Mesa – Samambaia _____	248,5
S. Mesa 2 – Peixe 2_____	195,0
S.Mesa2 – Luziânia_____	310,0
R. das Éguas – B. J. Lapa_____	322,0

Manobras de linhas longas
(no caso de redução dos níveis de cc)



Maiores restrições operativas
(perda de flexibilidade operativa)

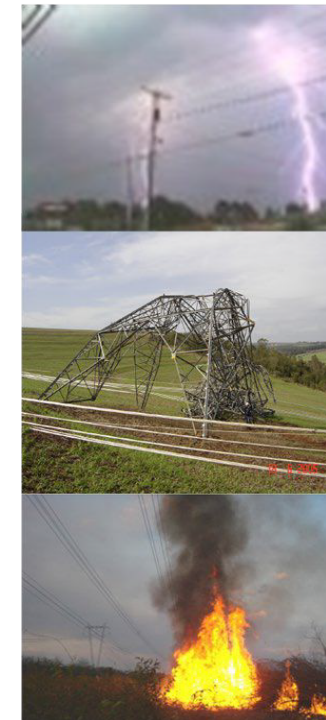
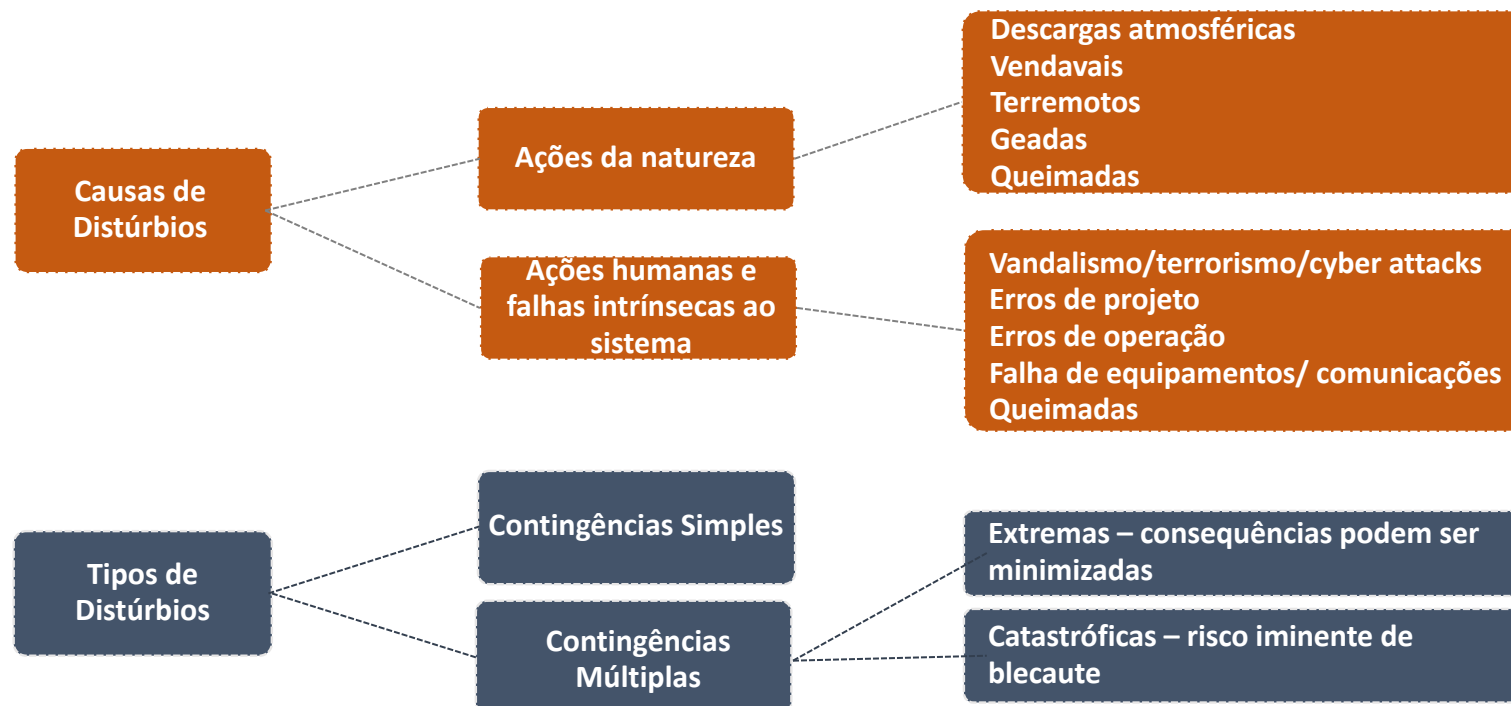
1.4 – SIN – O Sistema de Transmissão

- A importância da transmissão
- A Rede Básica – conceituação
- Elevado grau de exposição – nº de desligamentos/100 km/ano
- Indicadores de desempenho

2 – Segurança Elétrica

2.1 – Causas e tipos de distúrbios

O Sistema elétrico está sujeito, constantemente, a falhas provocadas por diversos tipos de causas e de características simples ou múltiplas



É importante salientar que não existe sistema elétrico imune a blecautes.

2.2 – Segurança Elétrica – Plano de Defesa do ONS (2003)

– Linhas de Ação

Linhas de Ação (ONS)

- Medidas factíveis para minimizar o risco de blecautes

REDUZIR A SEVERIDADE DOS
DISTÚRBIOS

- Concentrar os efeitos de blecautes

EVITAR A PROPAGAÇÃO DOS
DISTÚRBIOS

- Minimizar os efeitos do blecautes

REDUZIR O TEMPO DE
RESTABELECIMENTO DAS CARGAS

REALIZAÇÃO:

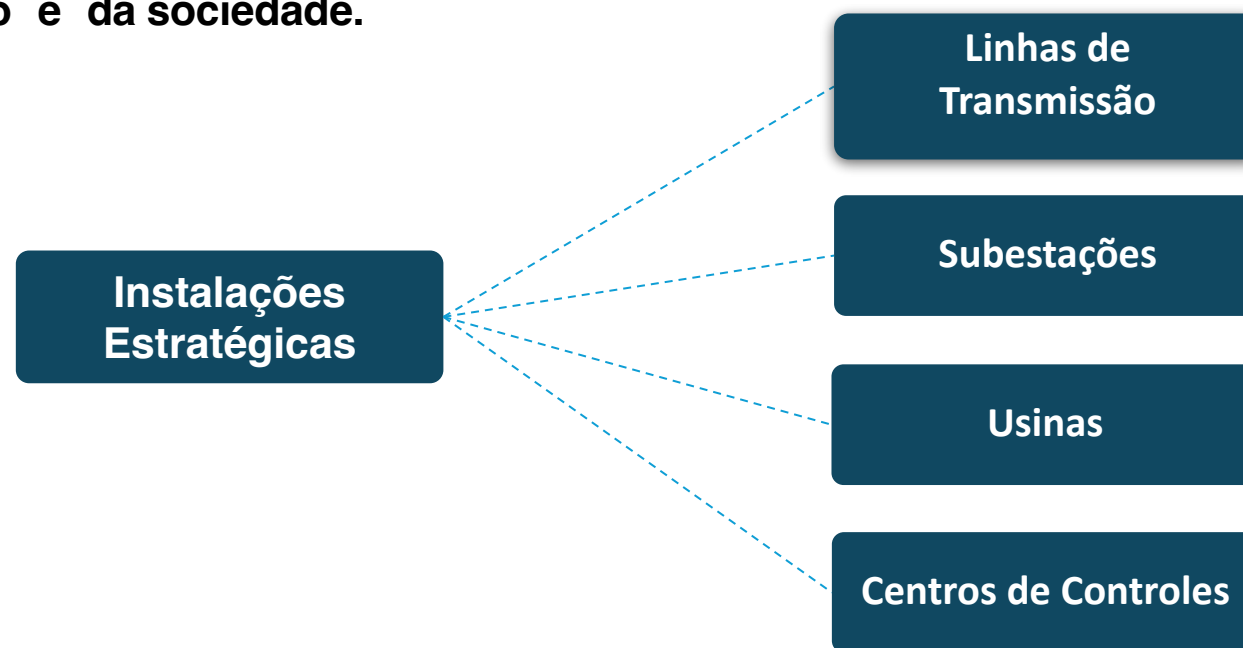
2.3 – Exemplos de ações associadas ao Plano de Defesa para redução da severidade dos distúrbios

Identificação das Instalações Estratégicas

– IE

Que são Instalações Estratégicas?

São aquelas que se tornam designadas por problemas elétricos ou destruídas/avariadas por outros motivos, a interrupção de seus serviços pode levar à ocorrência de perda de grandes blocos de carga e até mesmo blecautes, cujo impacto social, econômico, político afeta a segurança do Estado e da sociedade.



REALIZAÇÃO:

2.4 – Instalações Estratégicas: A importância de identificá-las

- D Preparar o SIN para fazer face à perda parcial ou total de instalações provocada por contingências múltiplas ou até mesmo contingências simples com rede alterada, tendo como origem distúrbios de natureza elétrica, ações de vandalismo ou terrorismo, desastres naturais ou devido a outras situações, bem como analisar a segurança intrínseca das instalações e propor eventuais melhorias.

- D Possibilitar às áreas de segurança conhecer as instalações estratégicas, de modo que ações preventivas / corretivas possam ser tomadas quando de possíveis ameaças, de modo a garantir a continuidade dos serviços, mesmo em situações de crise.

2.5 – Questões associadas às Instalações Estratégicas

- ✓ Como identificá-las ?
 - ✓ Quais são as suas vulnerabilidades?
 - ✓ Que tipos de problemas podem ser provocados?
- ✓ Quais as consequências de incidentes numa instalação estratégica?
 - ✓ Como voltar à operação normal após um incidente?
 - ✓ Existem meios de se detectar riscos de incidentes?
- ✓ Os equipamentos destas instalações devem ter redundância? De que tipo?
- ✓ Como operar o SIN na eventual indisponibilidade de uma instalação estratégica?

3 – O SIN – aspectos importantes a considerar na comparação com outros sistemas

3.1 – GO15

1. Indicadores relacionados ao Sistema de Potência

- Km de linhas de transmissão
- Nº de consumidores (milhões)
- Máxima demanda (MW)
 - Inverno
 - Verão
- Capacidade total instalada (MW)
- Capacidade instalada da RES (%)
- Área de atuação (Km²)
- Níveis de tensão utilizados (todo/partes)

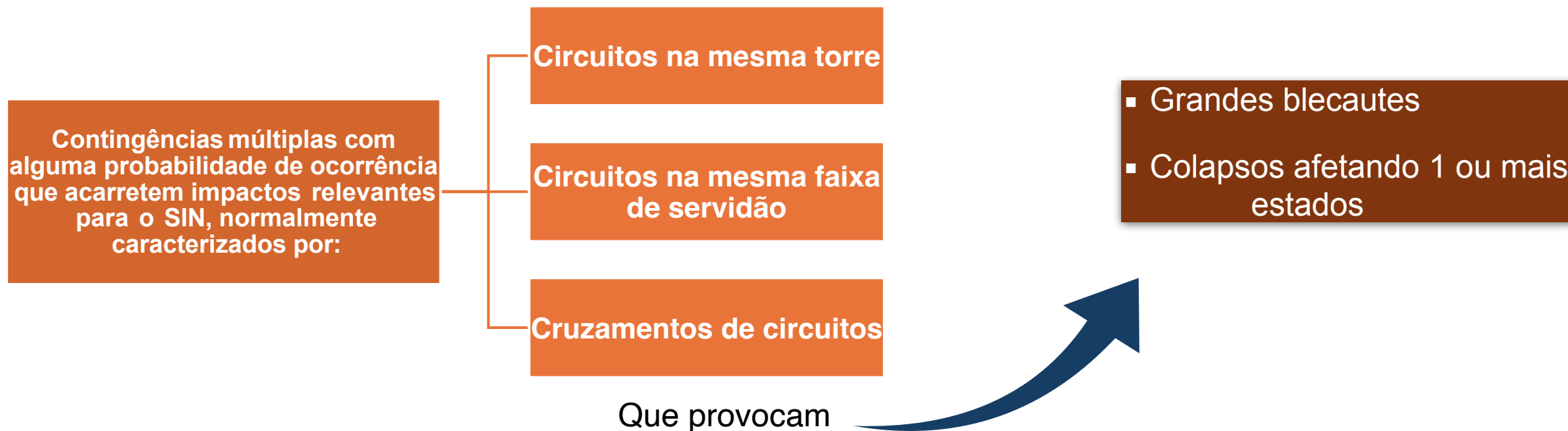
2. Características básicas

- Longitudinal/malhado
- Híbrido (HVDC/HVAC)
- Isolado/interligado
- Desconectado ou parcialmente desconectado
- Maduro (estabelecido)/em evolução
- Importador de energia
- Reduzido valor de SCR

3.2 – Tipos de ameaças/vulnerabilidades/complexidade operativa

- Desastres naturais
- Cyber attacks
- Danos à infraestrutura
- Contingências múltiplas
- Novo mix de geração e sua localização
- Volatilidade/sazonalidade RES
- Aumento da dificuldade de previsão da demanda (veículos elétricos)
- Geração na BT (atrás dos medidores)
- Crescimento rápido da demanda
- Estagnação da demanda
- “Under capacity”
- Tempestades geomagnéticas
- Novas restrições na rede
- Coordenação TSO/DSO
- Dificuldades na previsão de condições meteorológicas extremas

4 – Linhas de Transmissão Estratégicas



4.1 – Circuitos em mesma torre



REALIZAÇÃO:

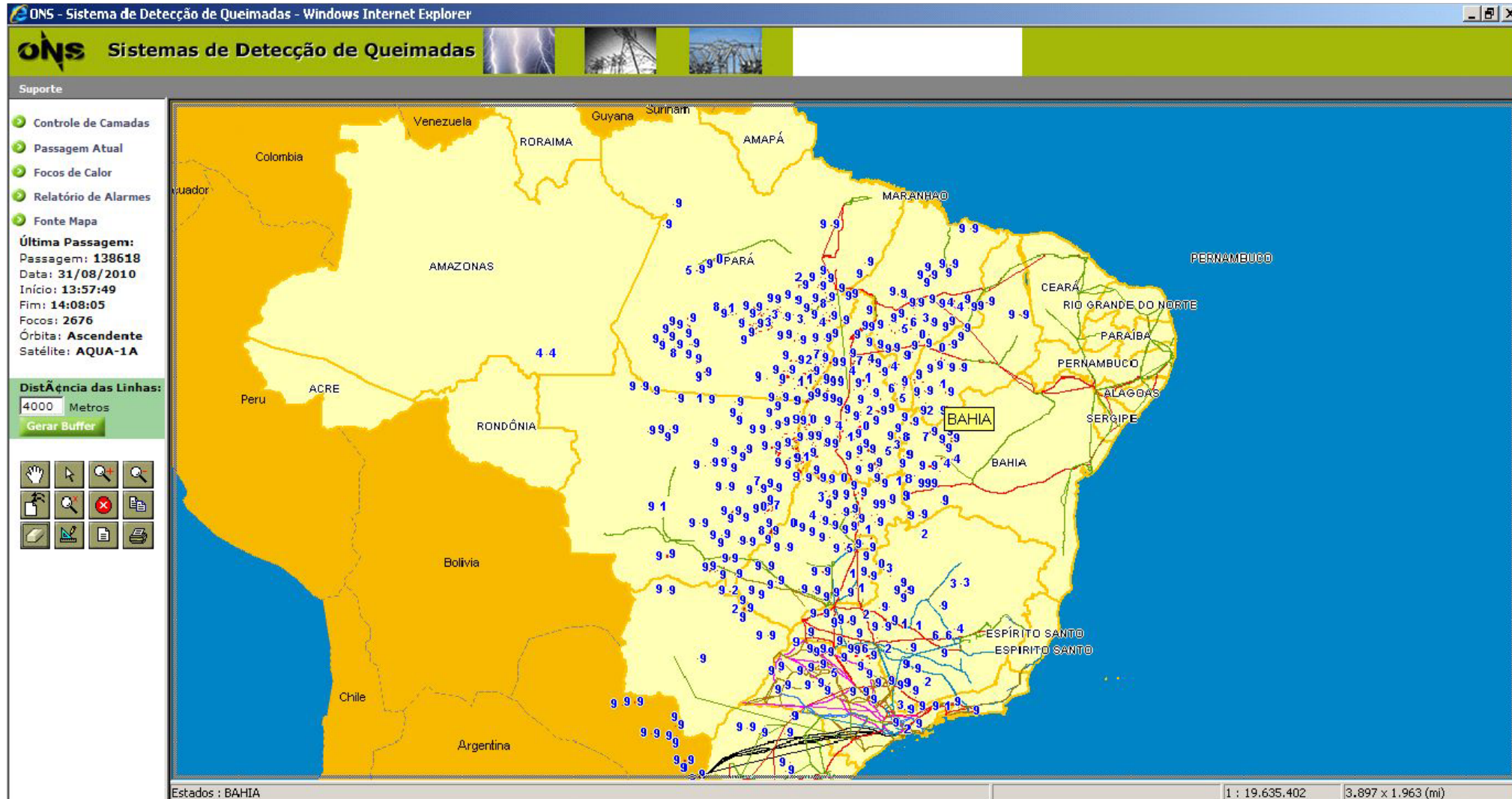
4.2 – Circuitos em mesma faixa



REALIZAÇÃO:



4.3 – Queimadas – focos de calor (31/08/2010)



4.4 – Queimada sob a interligação Norte/Nordeste



REALIZAÇÃO:

4.5 – Queimadas



REALIZAÇÃO:



4.6 – Queda de torres

Sistema escoamento Itaipu de 765 kV

(vendavais)



REALIZAÇÃO:

4.6 – Quedas de torres de transmissão 765 KV

440 kV



765kV Itaipu Transmission System - Photo from FURNAS



REALIZAÇÃO:

4.7 – Cruzamento de circuitos



REALIZAÇÃO:

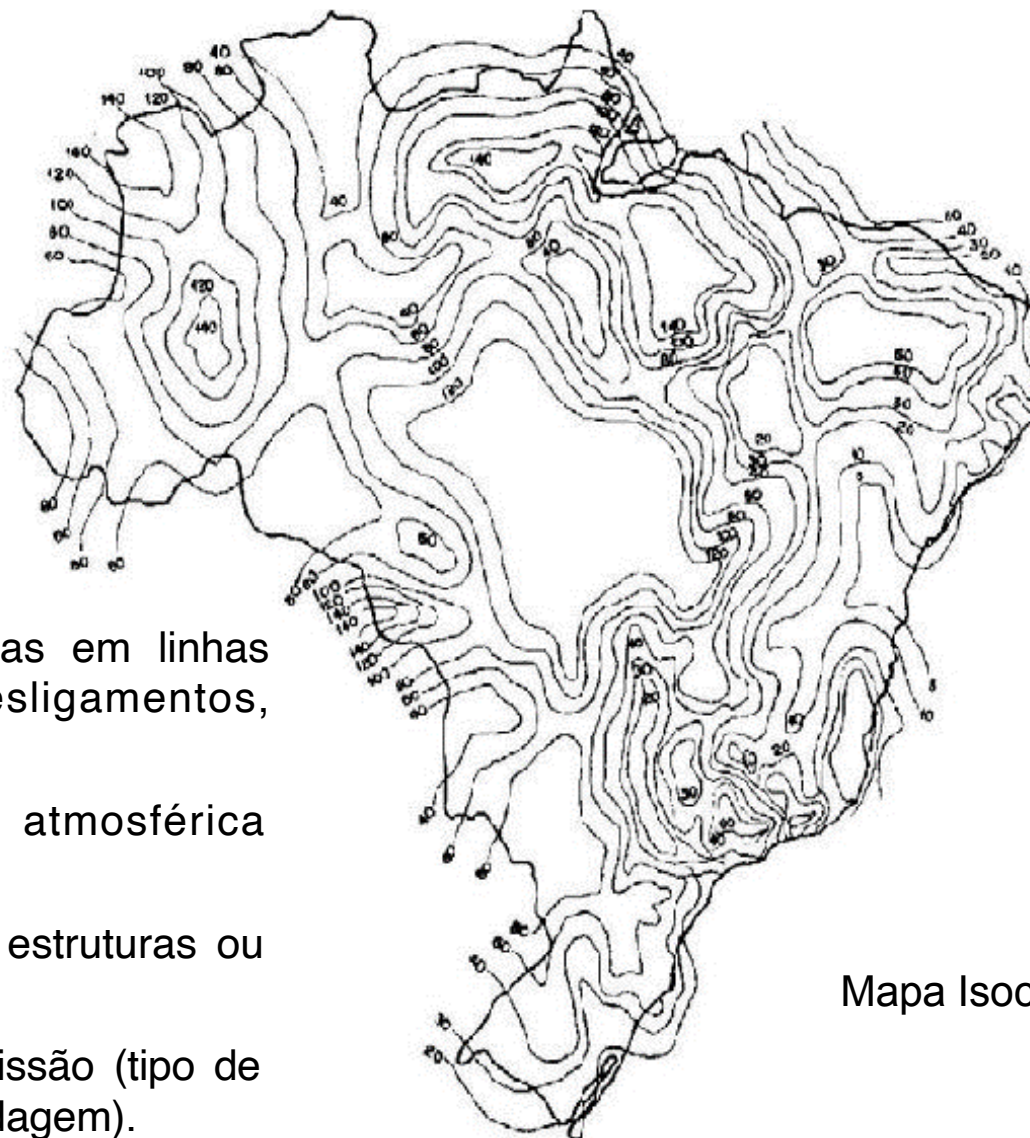


4.8 – Descargas atmosféricas



A incidência de descargas atmosféricas em linhas de transmissão pode provocar desligamentos, dependendo:

- das características da descarga atmosférica incidente (magnitude e frente de onda).
- do ponto incidente (cabos pára-raios, estruturas ou cabos das fases).
- das características da linha de transmissão (tipo de terreno, isolamento, aterramento e blindagem).



Mapa Isoceráunico

4.9 – Vandalismo

Queda de torres foi vandalismo

ALINE CHAGAS
Da Reportagem

A queda de três torres de transmissão em Lucas do Rio Verde (360 km de Cuiabá), deixando mais de 350 mil pessoas sem energia em 26 municípios do norte, foi causada por ato de vandalismo. O incidente aconteceu às 17h47 de quarta-feira.



Uma das torres que caíram na tarde de quinta-feira em razão de atos de vandalismo em Lucas do Rio Verde

09/09/2005 - 11h29

Vandalismo derruba duas torres de transmissão da Cemig

Atos de vandalismo causaram a queda de duas torres de transmissão da Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais) na tarde de quinta-feira (8). Segundo a empresa, a queda provocou o desligamento de duas linhas de transmissão entre as subestações de Bom Despacho e Neves, na região oeste de Minas.

Técnicos da Cemig afirmam que os vândalos serraram os cabos de aço que sustentam as torres. O objetivo seria furtar os cabos.

“Além de tirarem os parafusos, foram feitos também cerca de 100 cortes de aproximadamente um centímetro na base das torres, para deixá-las mais vulneráveis. Não há mais dúvidas de que foi um ato criminoso”, afirmou o diretor Nacional de Produção e Comercialização da Eletronorte, Wady Charone. As polícias Civil e Federal já estão fazendo investigações, mas ainda não definiram de quem será a competência do inquérito.

Segundo os peritos da empresa de transmissão de energia Eletronorte e da Secretaria de Justiça e Segurança Pública de Mato

Grosso, as torres só sucumbiram aos ventos de 40 quilômetros por hora porque alguém retirou intencionalmente os 384 parafusos existentes nas bases das torres.

REALIZAÇÃO:

4.10 – Protestos / reivindicações

Índios ameaçam incendiar torres de energia no Maranhão

11/05 - 14:49 - Redação

 Comentar |  Imprimir |  Enviar |  Corrigir |  iG Celular |  RSS |  Fale Conosco

Um grupo com mais de 400 índios guajajaras da terra de Cana Brava, no Maranhão, ameaça incendiar duas torres de energia e bloqueia uma rodovia em reivindicação à reabertura do escritório da Fundação Nacional do Índio (Funai) em Barra do Corda, que foi fechado em 2002.

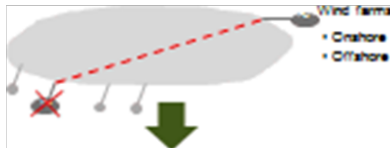
Segundo a Eletronorte, que administra as linhas de transmissão elétrica, os índios só aceitam conversar com o presidente da Funai, Márcio Augusto Freitas de Meira.

De acordo com a companhia, as torres continuam intactas, mas os índios colocaram toras de madeira nas bases das torres e ameaçar atear fogo. O presidente da Funai ainda não se manifestou.

REALIZAÇÃO:



5 – Transição Energética – Aspectos Relevantes e Consequências

Aspectos Relevantes	Consequências
- Sociedade demanda por energia limpa (eólica, biomassa e solar) /GD - Redução dos níveis de CO2 - Aumento das restrições ambientais - Empoderamento consumidores	✓ Alteração da matriz de geração ✓ Substituição de térmicas convencionais antigas (óleo e carvão) por fontes renováveis e da GD ✓ Geração mais distante dos centros de carga ✓ Dificuldades crescentes para construir LTs e UHEs especialmente com reservatórios  • Aumento de gargalos de transmissão • Sistemas estão operando próximo aos seus limites • Redução da confiabilidade e da segurança dos sistemas de potência • Redução da controlabilidade dos sistemas
Condições meteorológicas mais adversas (ventos, tornados, descargas atmosféricas e queimadas)	✓ Ocorrência de contingências múltiplas com a possibilidade de aumento no número de perturbações severas ✓ Blecautes extrapolam os aspectos técnicos de sistemas, com pressões políticas e sociais
Uso de novas tecnologias (Links HVDC e HVAC), HVDC multi infeed Novos recursos (P&C– WAMAPC)	✓ Operação do sistema se torna mais complexa ✓ Sistemas continentais/ micro - grids
Sociedade demanda por maior confiabilidade / segurança do atendimento e menores tempos de recomposição	✓ Novos desafios ✓ Aumento da complexidade operativa ✓ Aumento de investimentos

Blecautes extrapolam os aspectos técnicos de sistemas, com aspectos sociais, econômicos e políticos.

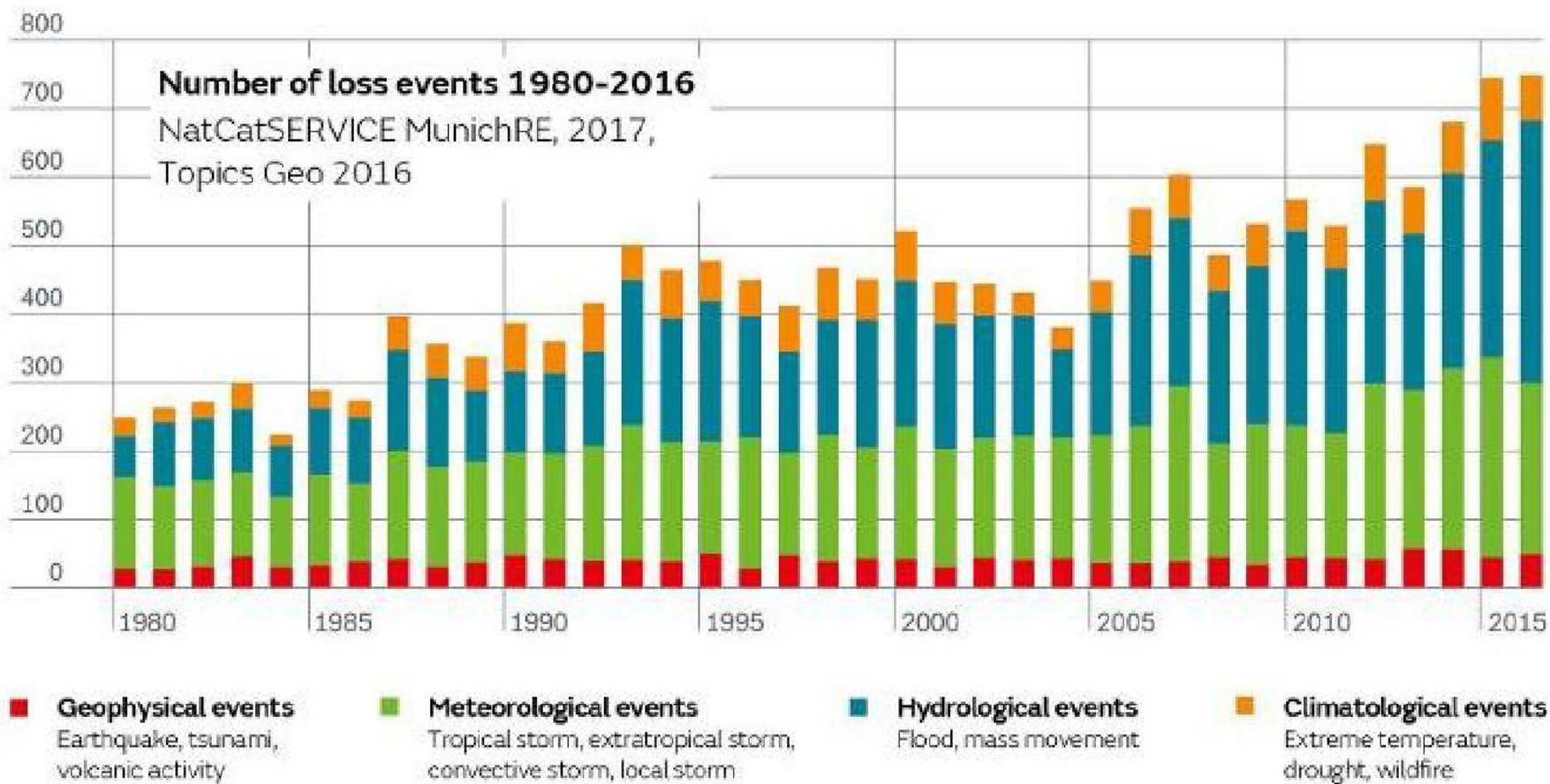
REALIZAÇÃO:

5.1 – Resiliência – Definições

Resiliência pode também ser entendida como a capacidade das infraestruturas em superar, absorver, sustentar, prevenir e/ou responder adequadamente a disruptura de serviços essenciais. É muito importante que se possa fortalecer a capacidade em se antecipar, planejar e responder a distúrbios ou ameaças extremas, que tem o potencial de provocar grandes e prolongadas interrupções no fornecimento de energia.

Resiliência significa lidar com eventos extremos da natureza ou de ataques/ameaças maliciosas, com baixas probabilidades de ocorrência. Com o aumento previsto destas ameaças, a preocupação com a resiliência dos sistemas de potência tornou-se um assunto prioritário para todos os “Operadores de Sistema”.

5.2 – Número de eventos provocados por ações da natureza 1980-2015



REALIZAÇÃO:

5.3 – Aumento da Vulnerabilidade dos SEE

USA - Envelhecimento dos Ativos

Um desafio a ser enfrentado pelo planejamento da transmissão consiste no envelhecimento do sistema de transmissão, realidade que tende a se tornar mais crítica nos próximos anos. Há que assegurar a **substituição racional** da infraestrutura do sistema elétrico em fim de vida útil de modo que a malha de transmissão possa operar com os níveis de confiabilidade e qualidade exigidos pela sociedade.



REALIZAÇÃO:

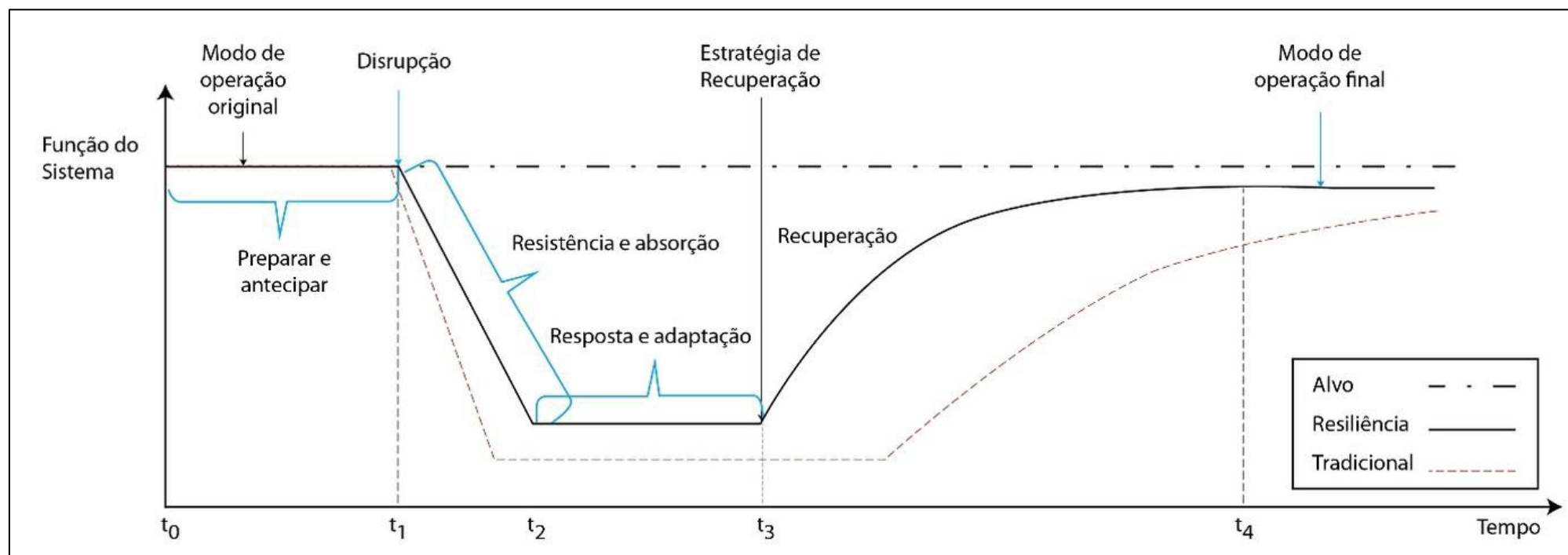
5.4 – Segurança Elétrica → Resiliência

- **Complexidade operativa** → **tendência** de aumento nos próximos anos → para a sociedade e autoridades públicas → **riscos de blecautes** devem ser minimizados → manter-se, cada vez mais a **continuidade** do suprimento de energia elétrica para todas as atividades humanas;
↓
- **Resiliência** → **habilidade** de um sistema (ou partes dele) → **antecipar um dado evento HILF (High Impact Low Frequency)**, suas consequências, absorvê-las, acomodá-las ou delas se recuperar de forma eficiente e em tempo adequado → como forma de **garantir** sua preservação, sua restauração ou de melhorar suas estruturas e funções essenciais.
- **Conectividade** → a implantação generalizada do avanço das comunicações e do monitoramento dos equipamentos, provendo acesso a um fluxo de informações e funcionalidades que podem comunicar decisões e comportamento ao longo da cadeia de valor das usinas até o consumidor final → **grid mais flexível e mais resiliente**.
- **Flexibilidade operativa** → permite preparar o sistema para executar manobras na rede, para desligamentos programados, atender restrições operativas (limites de transmissão / geração), ter recursos para operação em área segura, etc.

REALIZAÇÃO:

5.5 – Contingências do tipo HILF (Alto Impacto – Baixa Frquência)

Antecipação e Preparação, 2) Absorção e Mitigação, 3) Sustentação de operações críticas do sistema e recuperação rápida.



REALIZAÇÃO:

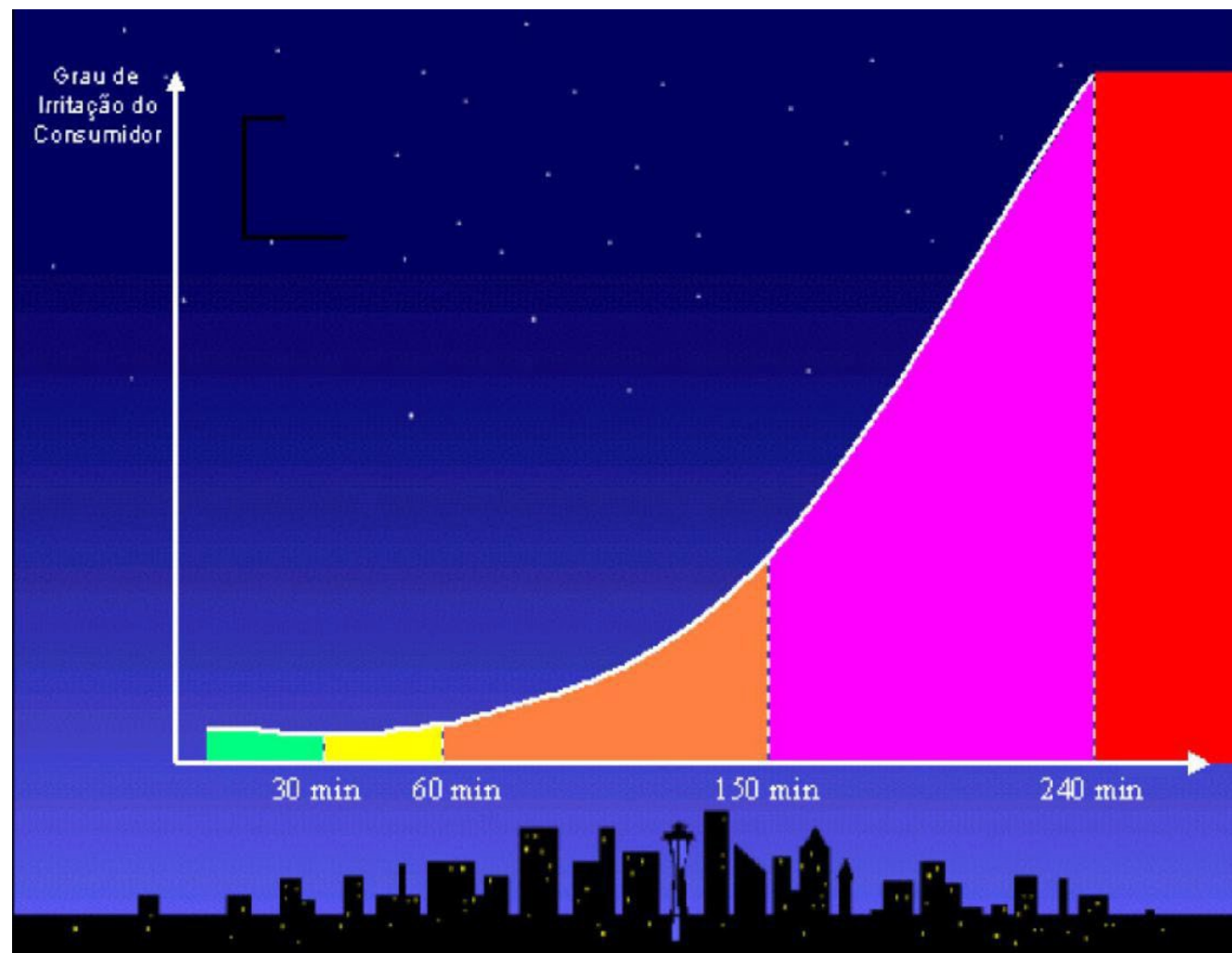
5.6 - Exemplo de medidas já implementadas em relação a resiliência

Reforço de torres para suportar avalanches de neve – Suíça



REALIZAÇÃO:

5.7 – Medidas para redução do tempo de recomposição de cargas



Reação da sociedade
x
Tempo de recomposição

REALIZAÇÃO:

5.8 – Exemplo de medidas já implementadas em relação a resiliência

Infraestrutura implementada pela PJM para agilizar o processo de recomposição. Fonte: PJM / Thierry Boston



REALIZAÇÃO:

6 – Recomendações

➤ Sistema existente

- efetuar levantamento dos componentes do sistema de transmissão em fim de vida útil, indicando retrofit ou troca.
- reforço de torres localizadas em locais de risco de dano face à ações da natureza.
- análise da viabilidade de aumento a cabeça de torres localizadas em áreas sujeitas a queimadas/vegetação.
- elaboração de banco de dados de equipamentos de transmissão, com agregação: tipo, por região, fabricante, potência, nível de tensão, etc.
- criação de ilhas de restauração da rede de transmissão pós-distúrbios, a exemplo da CTEEP (evento de 01 a 06 de junho de 2016), contemplando acordos com empresas proprietárias de número bem reduzido de circuitos.
- Manutenção permanente da limpeza das faixas de servidão.
- Acompanhamento do desempenho das linhas de transmissão, objetivando detectar problema e adoção de medidas corretivas (exemplo circuitos 500 kV, na região Nordeste em 2008 → troca de isoladores).

Novas instalações

- novos circuitos: edital de leilão deve conter áreas críticas, onde são indicadas torres mais robustas
- Em linhas longas CA ou CC manter distância mínima entre circuitos / bipolos, face aos riscos de contingências múltiplas, com grande impacto.
- Cuidados especiais devem ser tomados nos cruzamentos de circuitos.
- ANNEL – regulação

Obrigado

Paulo Gomes
PSQ



(21) 999425-8961



pglinha@gmail.com

REALIZAÇÃO:

