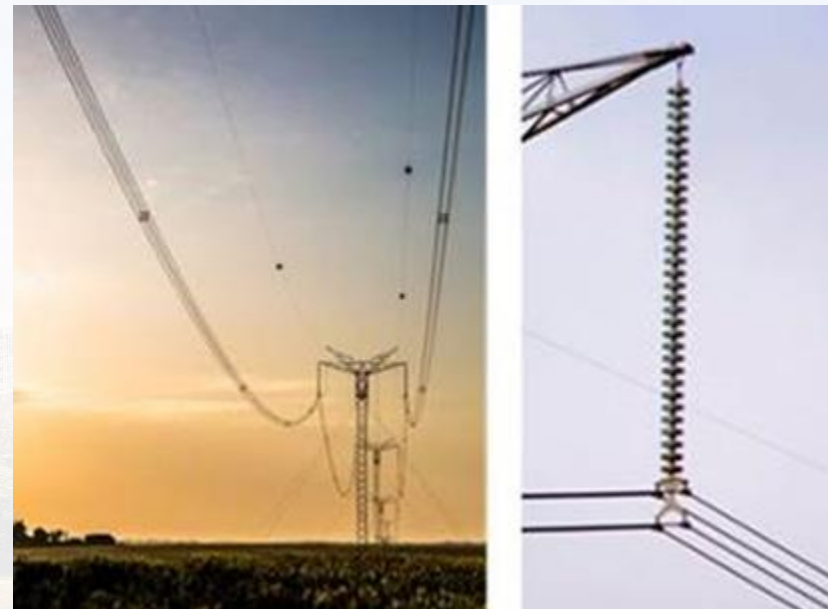


## Avaliação técnica realizada em isoladores de vidro temperado com alta resistividade retirados de operação da primeira LT HVDC Brasil

GRUPO 3 – GLT  
Luiz Fernando P. Ferreira



# LT's $\pm 600$ kVcc Foz do Iguaçu – Ibiúna, de Furnas





## Características do Isolador e da Cadeia “I”

Isoladores: Carga mecânica: 160kN

Campânula não  
apresenta colar de Zn

Vidro de alta  
resistividade



- ✓ Diâmetro: 330mm
- ✓ Passo: 170mm
- ✓ Distância de escoamento: 545mm

Pino com Luva de Zn



Cadeia de Suspensão “I”



32 isoladores ( $27,6\text{mm/kV}_{cc}$ ):  
Poluição leve  
Passo: 5.432 mm

Ferragem sem anel e  
4 condutores por fase

## Qualidade do Vidro Temperado



- **Vidro**

Micro inclusões podem existir no vidro provenientes, principalmente, dos refratários do forno, sendo uma das principais causas de quebra do dielétrico

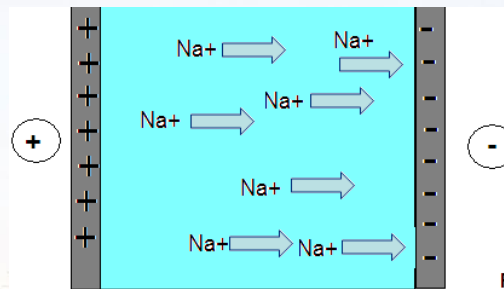
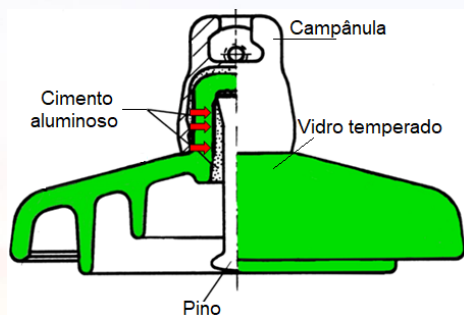
- **Qualidade do Vidro Temperado** → Pureza do vidro é fundamental

- **Qualidade do Vidro** → Pode ser comprovada através da verificação anual da taxa de quebra.

Critério: Taxa de quebra anual  $\leq 2/10.000/\text{ano}$

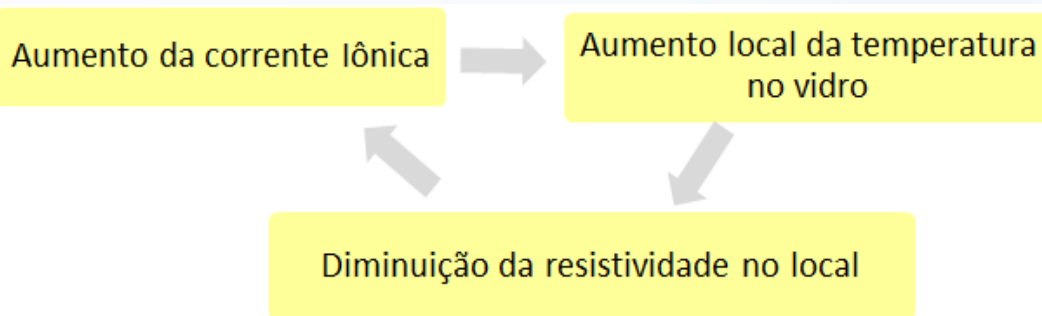
## Dielétrico para HVDC

O dielétrico submetido a um campo elétrico unidirecional em CC apresenta:



- Corrente Iônica → Início do efeito de Avalanche Térmica.
- Migração Iônica → Efeito a longo prazo que pode degradar a estrutura do dielétrico.
- Efeito Eletrostático → Atração de poluente para o isolador, podendo, a longo prazo, provocar corrosão das partes metálicas.

## Fenômeno de Avalanche Térmica e Acumulação Iônica



### Peça de Vidro para LT HVDC:

Resistência ôhmica a 20°C **cem vezes superior** à do vidro para HVAC

**Avalanche Térmica:** Importante estabilizar o processo com P.V. adequada para cc

**Ensaio de Avalanche Térmica – IEC 61325:** Objetivo verificar a estabilidade do dielétrico e sua resistência ao fenômeno

**Ensaio de acumulação iônica – IEC 61325:** Verificar se o vidro é capaz de suportar a passagem de uma quantidade de energia em Coulomb, correspondente ao tempo de serviço, estimado em 50 anos ( $Q_{50}$ )

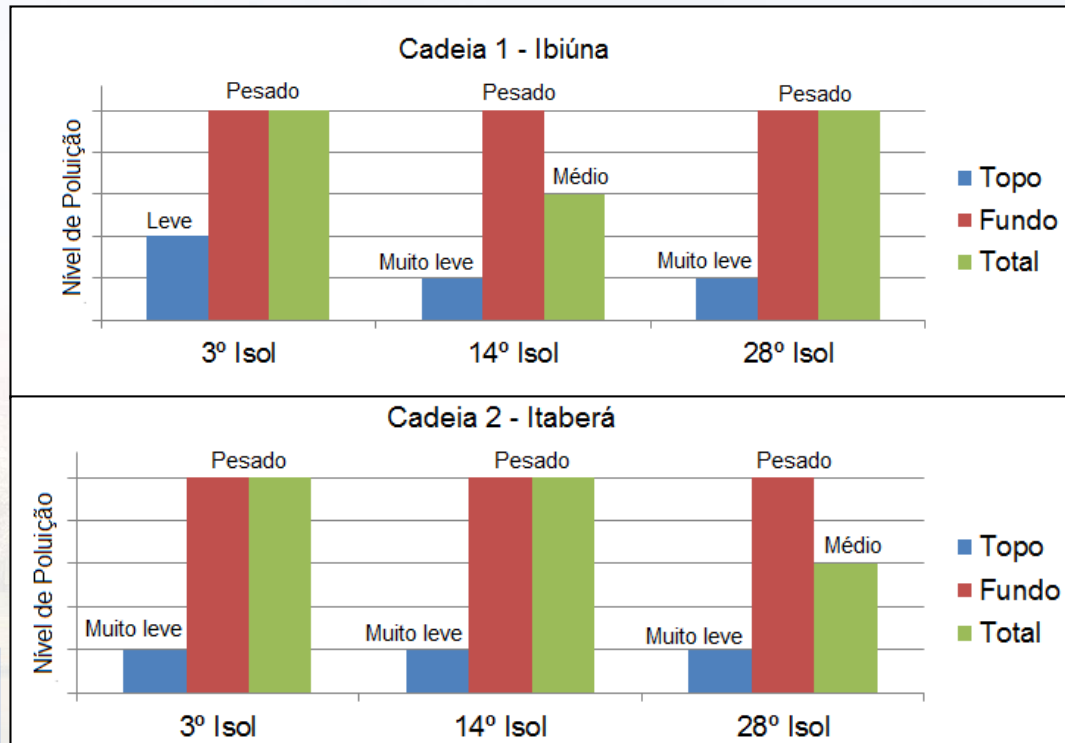
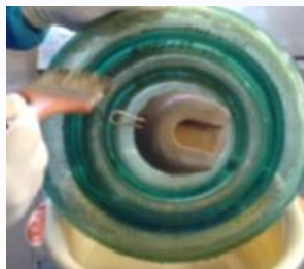
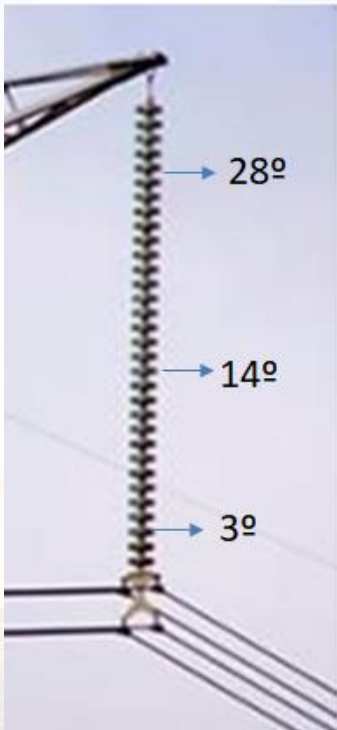


## Ensaio Realizado nos isoladores - 30 anos de operação

- ✓ **Poluição;**
- ✓ **Envelhecimento do dielétrico;**  
Avalanche Térmica e Acumulação Iônica.
- ✓ **Galvanização;**  
Visual, Espessura da camada de Zn e Aderência da luva de zinco ao pino.
- ✓ **Envelhecimento mecânico;**  
Tração Residual, Termomecânico e Tração após Termomecânico + Frente de Onda.
- ✓ **Qualidade do dielétrico;**  
Avalanche Térmica, Acumulação Iônica, Frente de Onda, Termomecânico e Perfuração em SF<sub>6</sub>.
- ✓ **Nível de isolamento;**  
Tensão Suportável em cc Sob Chuva e Impulso Atmosférico.
- ✓ **Qualidade de montagem.**  
RIV Unitário.

# Poluição

Severidade da poluição local (SPL): Região de Ibiúna e Itaberá (SP)



Relação poluição topo / fundo do isolador:  
CUR ou TUP: > 8,5 (Região de lavagem natural)



## Avalanche Térmica

### 10 Isoladores

- Temperatura da estufa: 80°C
- Tensão Aplicada: 110 kV (-0% / + 5%) - isolador com CRS < 300 kN  
125 kV (-0% / + 5%) - isolador com CRS ≥ 300 kN
- Pré-aquecimento: 8:00 h
- Ensaio com Tensão: 8:00 h

Fim do ensaio: aguardar 30 minutos e aplicar tensão suportável a seco em CC polaridade + / -.

**Resultado:** Satisfatório



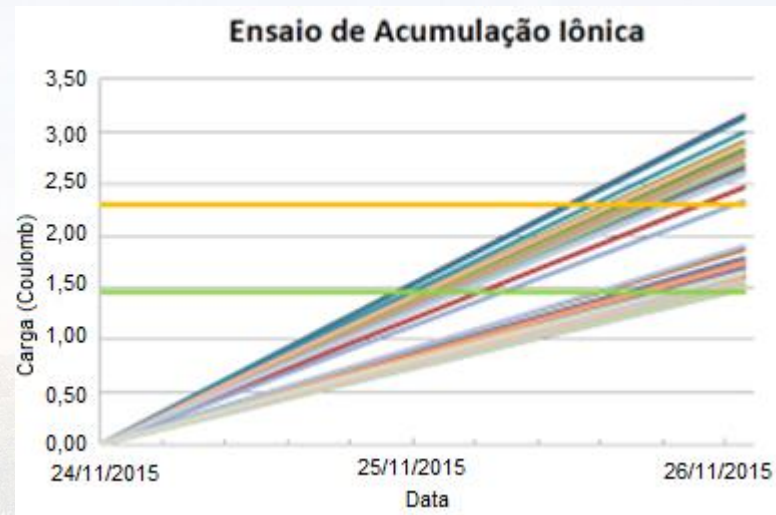
## Acumulação Iônica

1º) Medição de Resistência  
( $R_{90^{\circ}\text{C}}$  /  $R_{120^{\circ}\text{C}}$  /  $R_{150^{\circ}\text{C}}$ )



**Valor  $R_{120^{\circ}\text{C}}$  : 4,6 GΩ e 7,0 GΩ**

3º) Execução do ensaio: 50 pçs



2º) Cálculo expectativa de carga  $Q_{(50)}$

**Resultado: Satisfatório**



Pol (+): Sem qualquer tipo de degradação



Pol (-): ✓ 32% Sem qualquer tipo de degradação  
✓ 53% Oxidação com altura até 2mm  
✓ 15% Oxidação com altura entre 3 e 5 mm

Ensaio de medição da espessura da camada de Zn e ensaio de aderência da camada de Zn: Resultado Satisfatório



Ensaio termomecânico: 20 peças

Fluxo do Ensaio Termomecânico  
e  
Critério de aceitação aplicado

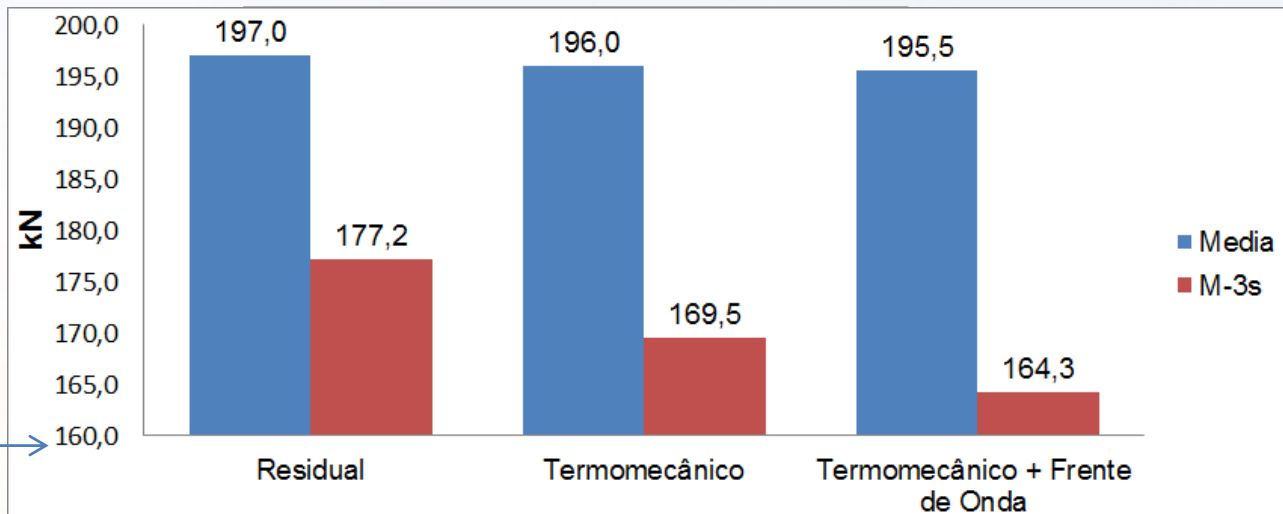
Frente de onda  
10 peças

Tração mecânica  
10 peças

Tração mecânica  
10 peças

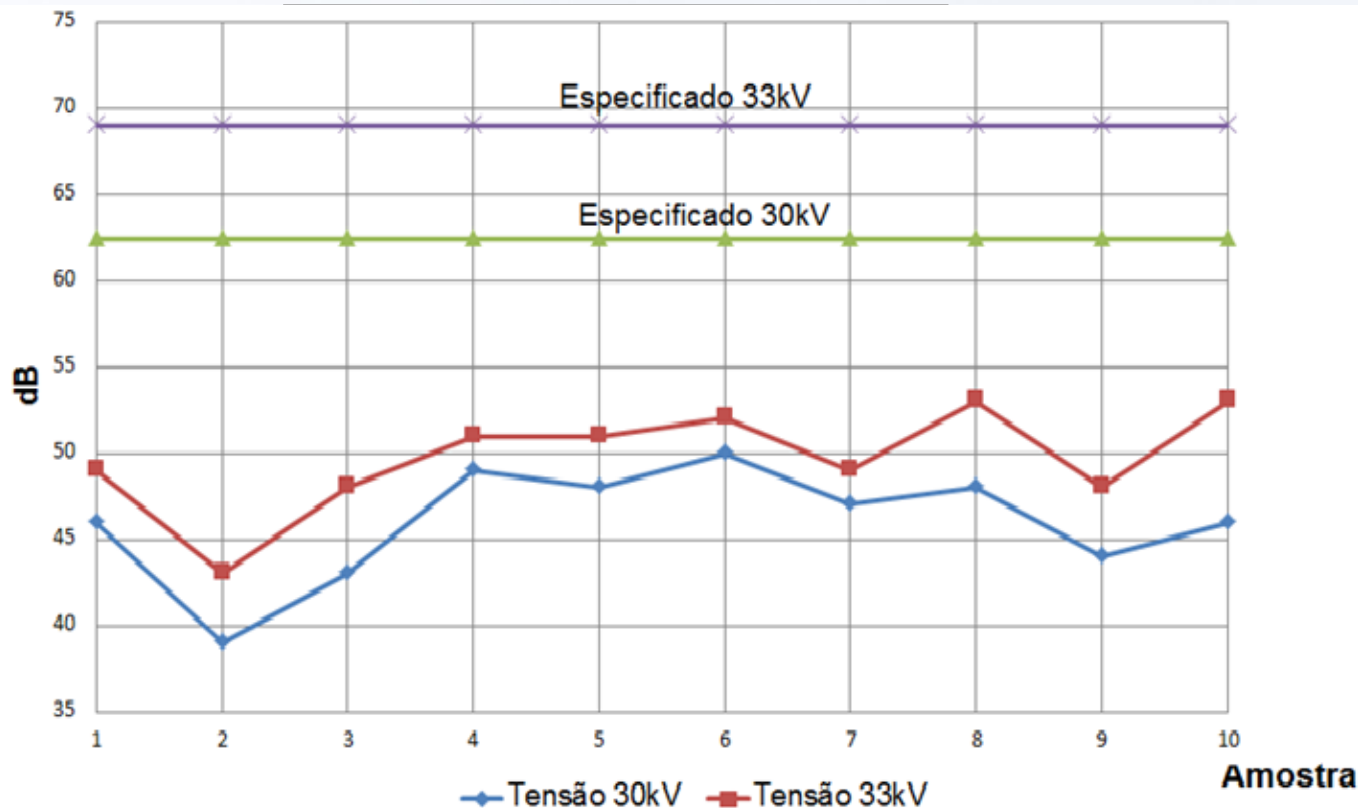
Ensaio		Procedimento	
		Norma	Aplicado
Termomecânico	Temperatura	-30°C / + 40°C	-50°C / +50°C
	Carga mecânica	50% CME	70% CME
	Critério de aceitação	Tipo:1,2	$C_0 = 3$
Ruptura mecânica		Recebimento: 0,8 até 1,7	
Resistência residual	Critério de aceitação	$K = 0,65$	$K = 0,8$

## Resultado Mecânico e Frente de Onda



Valor Garantido →







## Conclusão

Nível de poluição dos isoladores: Pesado – Ensaio em isoladores limpos

• RIV

Qualidade de Montagem inalterada

• Termomecânico, Mecânico, Resistência Residual com critérios de aceitação rigorosos

Sem envelhecimento mecânico

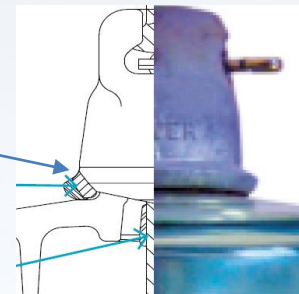
• Avalanche Térmica + Acumulação Iônica + Frente de Onda + Termomecânico

Sem envelhecimento do dielétrico

### CONCLUSÃO

Foi constatado que não houve envelhecimento mecânico nem elétrico nos isoladores ensaiados

## Anel de Zn na campânula



Atualizar as normas adotando ensaios adicionais de recebimento e critérios mais rigorosos

Complementar os resultados obtidos através da realização de novos ensaios.

## Inversão de polaridade da LT:


Pesquisar o comportamento dos isoladores em polaridade oposta após 30 anos de operação


## Luiz Fernando P. Ferreira

---

 (21) 2624-9585

 (21) 98124-5950

 [luiz.ferreria@sediver.com](mailto:luiz.ferreria@sediver.com)

 [www.sediver.com](http://www.sediver.com)