



# **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LTs**

**Prof. Dr. Alexandre Rasi Aoki**

# AGENDA

- **Cabos condutores**
- **Isoladores e ferragens**
- **Estruturas das LTs**
- **Cabos para-raios**

# **CABOS CONDUTORES**



# Cabos condutores

- **Elementos ativos das LTs**
- **Características**
  - **Alta condutibilidade elétrica**
  - **Baixo custo**
  - **Boa resistência mecânica**
  - **Baixo peso específico**
  - **Alta resistência a oxidação e à corrosão por agentes químicos poluentes**

# Cabos condutores

- **Materiais**
  - **Cobre**
  - **Alumínio**

<b>Características</b>	<b>Alumínio Têmpera Dura</b>	<b>Cobre Têmpera Dura</b>
<b>Condutividade a 20°C</b>	<b>61% IACS</b>	<b>97% IACS</b>
<b>Resistividade em <math>\mu\Omega/\text{cm}</math> a 20°C</b>	<b>2,828</b>	<b>1,7774</b>
<b>Coefficiente térmico de resistividade, em <math>\mu\Omega/\text{cm}</math> por °C</b>	<b>0,0115</b>	<b>0,00681</b>
<b>Coefficiente térmico de expansão linear por °C</b>	<b>0,000023</b>	<b>0,000017</b>
<b>Densidade a 20°C em <math>\text{g}/\text{cm}^3</math></b>	<b>2,703</b>	<b>8,89</b>
<b>Carga de ruptura em <math>\text{kg}/\text{mm}^2</math></b>	<b>16-21</b>	<b>35-47</b>
<b>Módulo de elasticidade final <math>\text{kg}/\text{mm}^2</math></b>	<b>7000</b>	<b>12000</b>

$$S_{\text{Al}} = 1,6 \times S_{\text{Cu}}$$

$$P_{\text{Al}} = 0,3 \times P_{\text{Cu}}$$

# Cabos condutores

- **Definições**

- **Condutor: fio, ou conjunto de fios não isolados entre si, destinado a conduzir corrente elétrica**
- **Cabo: condutor formado por um grupo de fios dispostos concetricamente em relação a um fio central, formando coroas compostas de fios torcidos helicoidalmente**
- **Encordoamento normal**

$$N = 3x^2 + 3x + 1$$

- **N é o número total de fios componentes**
- **X é o número de coroas (ou camadas)**

# Cabos condutores

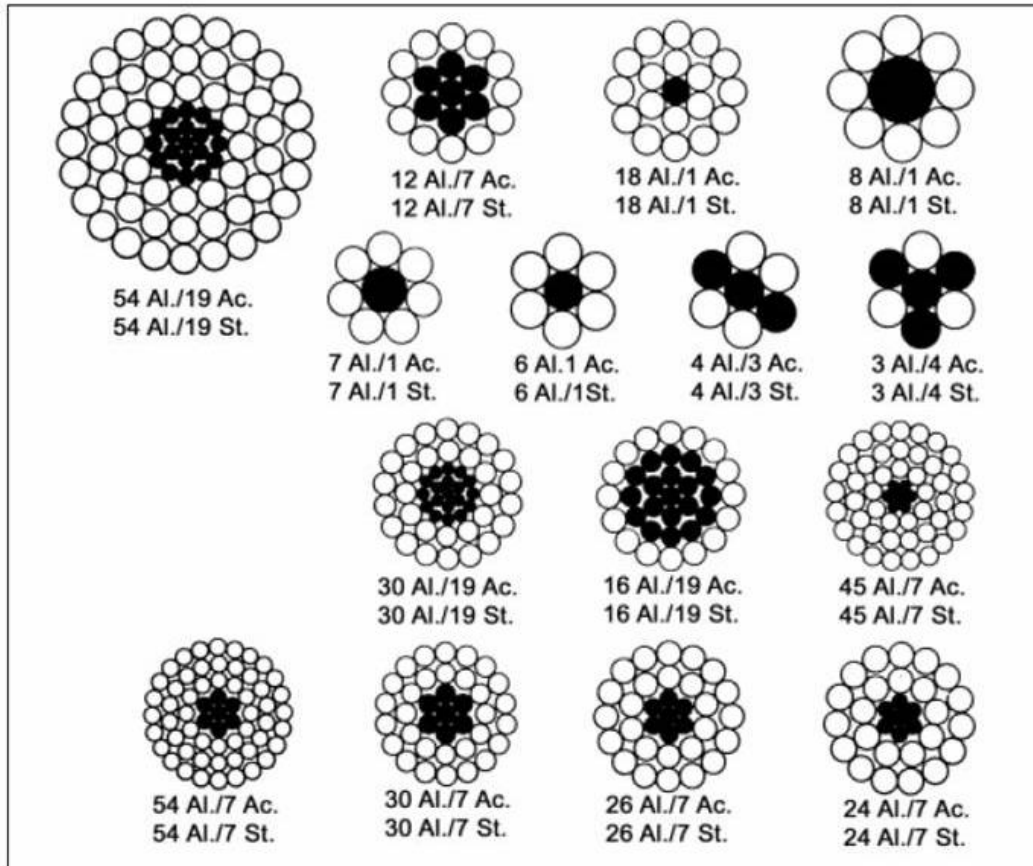
- **Condutores CA ou ASC**
  - **Condutores compostos apenas por fios de alumínio**
  - **Designação usa nomes de flores**
- **Condutores CAA ou ASCR**
  - **Condutores formados por uma ou mais coroas de fios de alumínio encordoados em torno de uma alma central composta de um arame ou cordoalha de aço**
  - **Designação usa nomes de aves**
- **Classes de fabricação**
  - **AA – normalmente usado para linhas aéreas**
  - **A – usados para linhas aéreas quando for necessária maior flexibilidade**





# Cabos condutores

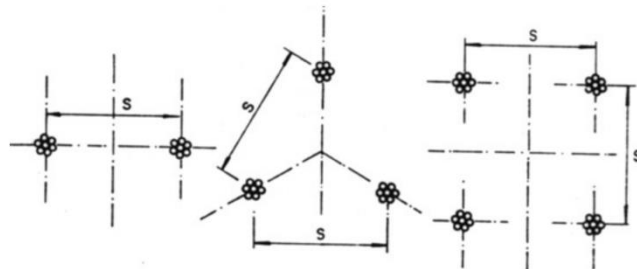
## Formação de Cabos de Alumínio CAA ou ACSR





# Cabos condutores

- **Condutores em liga de alumínio**
  - $\uparrow$  resistência mecânica ou  $\uparrow$  resistência à oxidação ou corrosão  $\Rightarrow$   $\uparrow$  resistência elétrica
- **Condutores copperweld e alumoweld**
  - Seus filamentos são obtidos pela extrusão de uma capa de cobre ou alumínio sobre um fio de aço de alta resistência
  - Empregado como cabo para-raios e em linhas de telecomunicações
  - Na distribuição são usados para inibir furto
- **Condutores múltiplos**
  - Reduzir os gradientes de potencial nas superfícies dos condutores



# Cabos condutores

- **Normas**

- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5118: Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.**
- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6756: Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio-liga - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.**
- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7270 Versão Corrigida 2:2010: Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.**

# **ISOLADORES E FERRAGENS**





# Isoladores e ferragens

- **Cabos são suportados pelas estruturas através de isoladores que os mantêm isolados eletricamente das mesmas**
- **Devem resistir às solicitações**
  - **Mecânicas**
    - **Forças verticais – peso dos condutores**
    - **Forças horizontais axiais – tensão mecânica dos cabos**
    - **Forças horizontais transversais – vento**
  - **Elétricas**
    - **Tensão normal e sobretensões em frequência industrial**
    - **Surtos de manobra de curta duração – 3 a 5 vezes a tensão fase-terra normal**
    - **Sobretensões de origem atmosférica**

# Isoladores e ferragens

- **Requisitos**
  - Não produzir radio-interferência – corona
  - Robustez
  - Duráveis
  - Resistir bem a choques térmicos
- **Material**
  - Porcelana vitrificada
  - Vidro temperado
  - Poliméricos – distribuição



# Isoladores e ferragens

- **Tipos de isoladores**

- **Pino**

- **Fixados à estrutura através de um pino de aço**
    - **Montagem rígida vertical (ou horizontal) em cruzeta ou diretamente no poste**
    - **Tensões nominais de 7,2 kV até 72,5 kV**

- **Pilar**

- **Vantagem adicional de sua imperfurabilidade (corpo maciço)**
    - **Maior resistência mecânica à flexão para pinos curtos, tipo parafuso prisioneiro**





# Isoladores e ferragens

- **Tipos de isoladores**

- **De suspensão**

- **Cadeia de isoladores: Um ou mais elementos conectados em cadeia, com a finalidade de suportar, de modo flexível, condutores de linhas aéreas e submetidos principalmente a esforços de tração**



# Isoladores e ferragens

- **Ferragens e acessórios**
  - **Conjunto de peças que devem suportar os cabos e ligá-los às cadeias de isoladores e estas às estruturas**
  - **Seu desenho é de extrema importância – evitar corona e radiointerferência**

# Isoladores e ferragens

- **Ferragens e acessórios**
  - **Dispositivos antivibrantes**
    - **Armaduras antivibrantes**
    - **Festões**
    - **Amortecedores stockbridge**
    - **Grampos de suspensão armados**





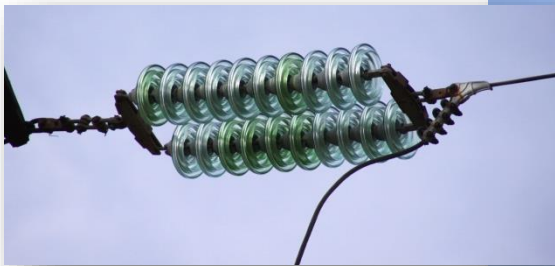
# Isoladores e ferragens

- **Ferragens e acessórios**
  - **Cadeias de suspensão**



# Isoladores e ferragens

- **Ferragens e acessórios**
  - **Cadeias de ancoragem**
    - **Suportam, além dos esforços que devem suportar as cadeias de suspensão, também os esforços devidos ao tracionamento dos cabos**



# Isoladores e ferragens

- **Normas**

- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5032: Isoladores para linhas aéreas com tensões acima de 1 000 V - Isoladores de porcelana ou vidro para sistemas de corrente alternada. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

# **ESTRUTURAS DAS LTs**



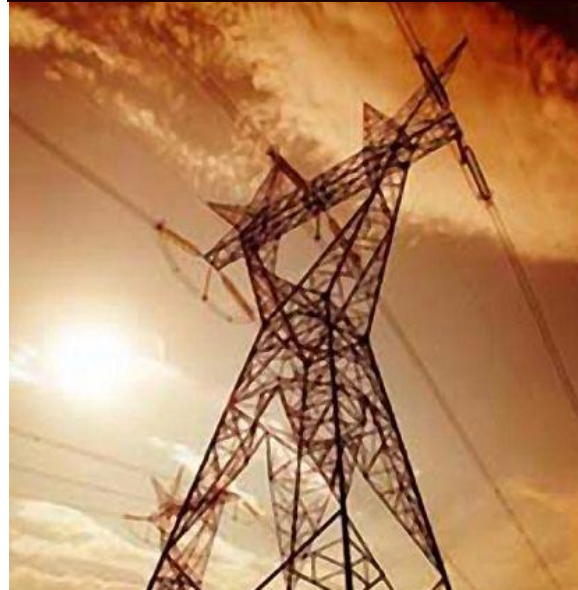


# Estruturas das LTs

- **São os elementos de sustentação dos condutores das linhas de transmissão**
- **Dimensão e forma depende de**
  - **Disposição dos condutores**
  - **Distância entre condutores**
  - **Dimensões e formas de isolamento**
  - **Flechas dos condutores**
  - **Altura de segurança**
  - **Função mecânica**
  - **Materiais estruturais**
  - **Número de circuitos**

# Estruturas das LTs

- **Disposição dos condutores**
  - **Vertical**
    - Circuitos duplos
  - **Horizontal**
    - Circuito simples
    - Estrutura larga
    - Menor altura
  - **Triangular**
    - Circuitos duplos



# Estruturas das LTs

- **Dimensões das estruturas**
  - **Tensão**
  - **Sobretensões previstas**
  - **Flecha dos condutores**
  - **Forma de sustentação dos condutores**
  - **Diâmetro dos condutores**
- **Classificação das Estruturas**
  - **Funções das Estruturas nas LTs**
    - **Estruturas de suspensão**
    - **Estruturas de ancoragem**
    - **Estruturas para ângulos**
    - **Estruturas para derivação**
    - **Estruturas para transposição de fases**



# Estruturas das LTs





# Estruturas das LTs

- **Forma de resistir das estruturas**

- **Autoportantes**

- **Transmitem todos os esforços diretamente para as suas fundações**

- **Estaiadas**

- **Estruturas flexíveis ou semirrígidas que são enrijecidas através de tirantes e estais**



# Estruturas das LTs

- **Materiais para estruturas**
  - **Madeiras**
  - **Concreto armado**
  - **Estruturas metálicas**



# **CABOS PARA-RAIOS**





# Cabos para-raios

- **Ocupam a parte superior das estruturas e se destinam a interceptar descargas atmosféricas e descarregá-las para o solo, evitando danos e interrupções no sistema**

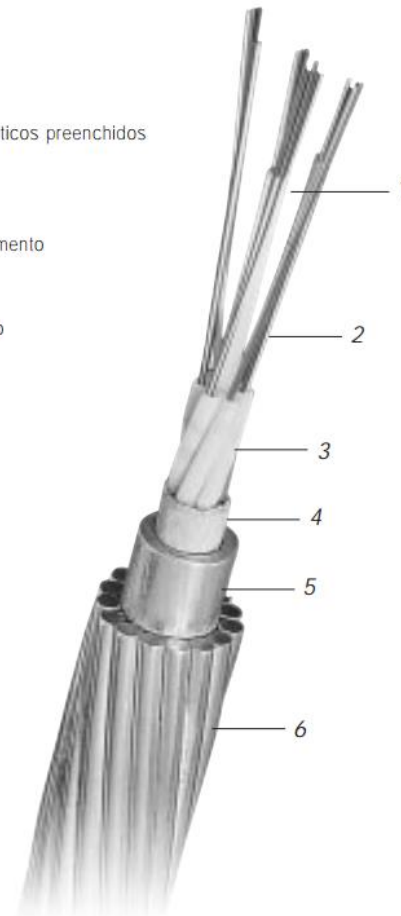


# Cabos para-raios

- **Cabos para-raios OPGW**
  - **Um cabo para-raios com um núcleo de fibra óptica para instalação em LTs de alta tensão**

## CONSTRUÇÃO DO CABO

1. Elemento central dielétrico
2. Fibras ópticas
3. Tubos termoplásticos preenchidos com gel
4. Fitas de enfaixamento
5. Tubo de alumínio
6. Fios metálicos



# Cabos para-raios

- **Normas**

- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14074: Cabos para-raios com fibras ópticas (OPGW) para linhas aéreas de transmissão - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.**



# **E O QUE É ISSO?**

# **Esfera de sinalização**

- **Equipamentos esféricos de coloração alaranjada**
- **Instalados nos fios das torres de transmissão a fim de servirem como sinalização diurna para voos visuais de inspeção**
- **Devem resistir a intempéries e raios ultravioletas (pintura poliuretânica)**
- **Não entrar em atrito com o cabo de força e nem causar eletrólise ou ressonância harmônica durante eventuais vibrações**
- **Feitas de resina de poliéster e reforçadas com fibra de vidro**
- **Cerca de 60 cm de diâmetro e pesando em média 5 kg**



**Obrigado**

