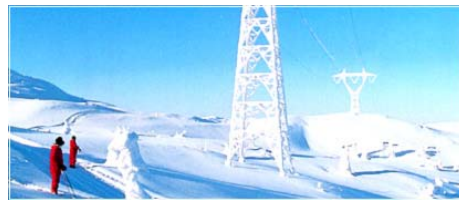
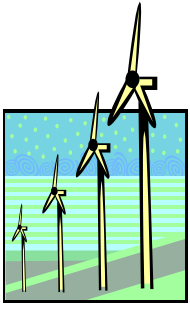


# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

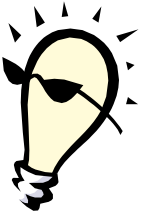


## Linhas de Transmissão



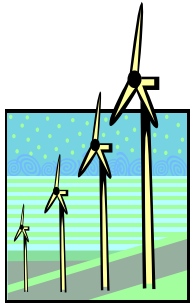


# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

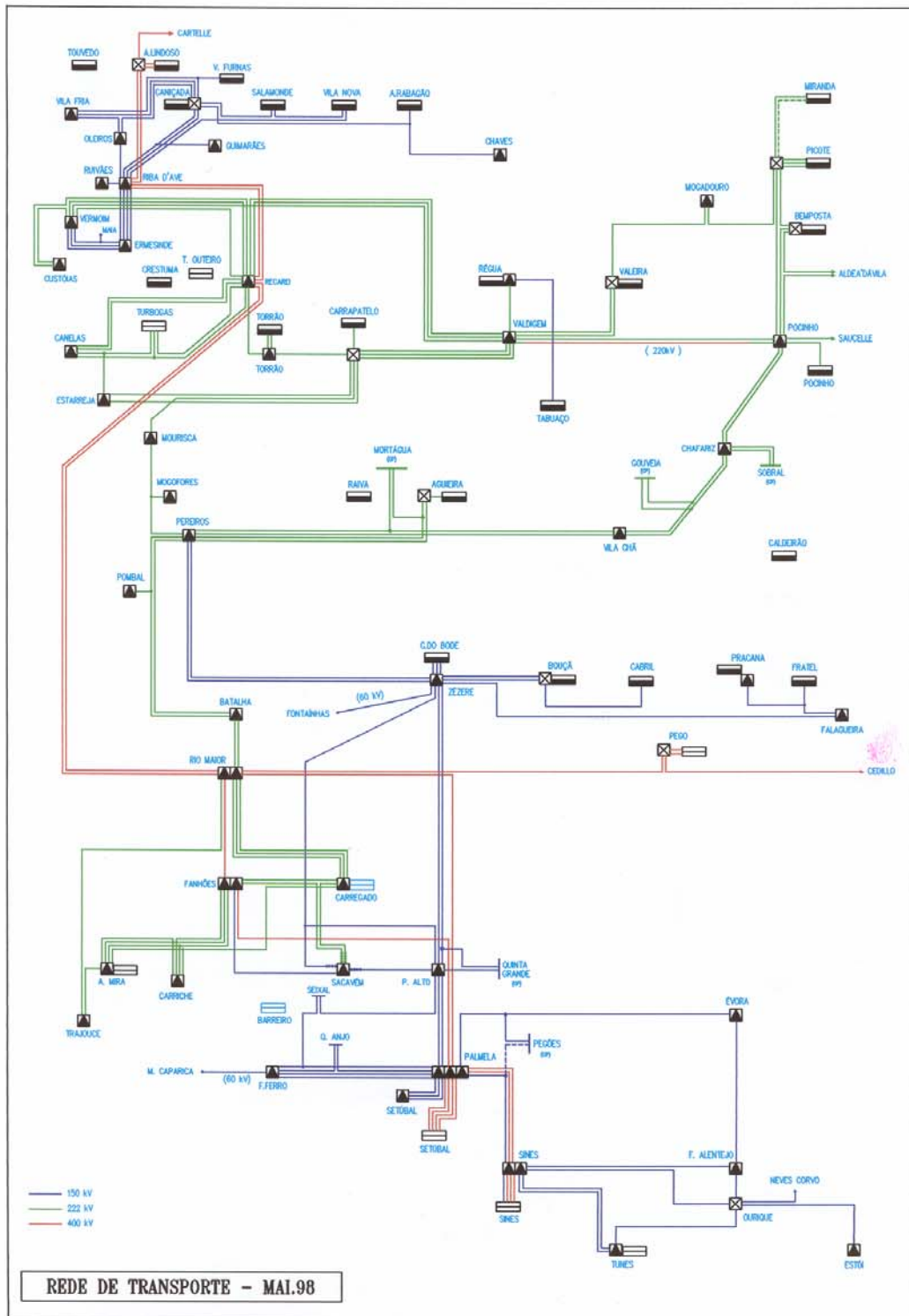


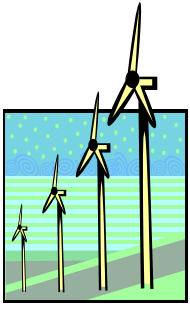
## TÓPICOS:

- ❖ Linhas de transmissão de energia? Porquê?
- ❖ Qual a tensão de serviço que se deve escolher para uma linha?
- ❖ Qual o tipo de corrente?
- ❖ Devo optar por uma linha aérea ou por um cabo subterrâneo?



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



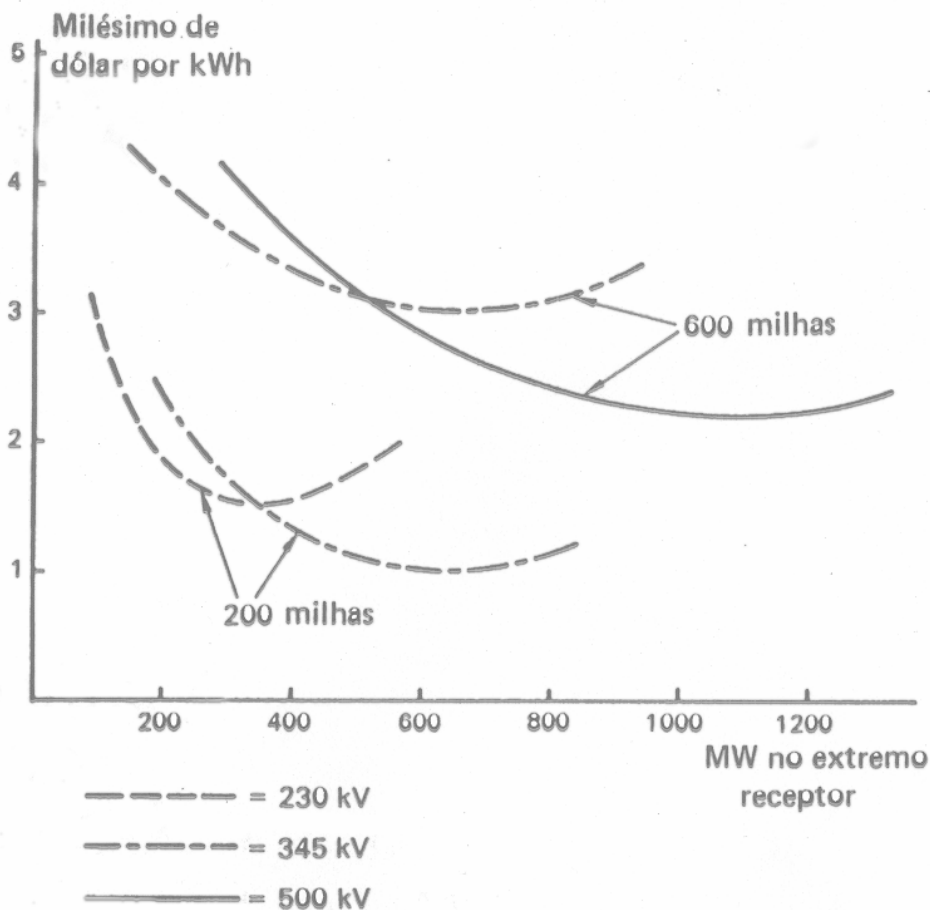


# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

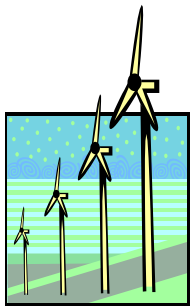


## *Tensão de serviço*

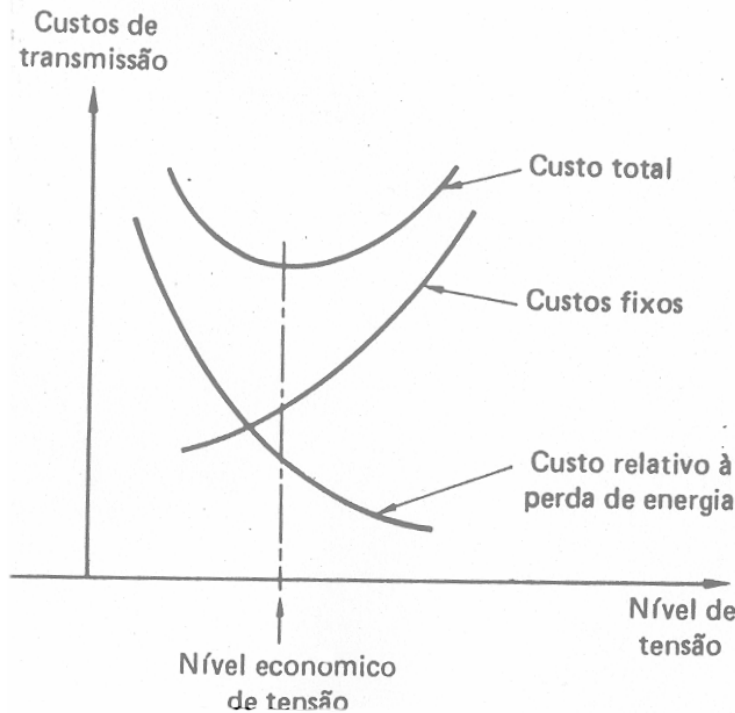
Custo do transporte de energia em função da potência na recepção, do nível de tensão e do comprimento da linha



*O óptimo económico (tensão) cresce com o comprimento da linha e com a potência a transmitir*



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

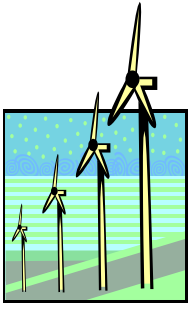


**Custos fixos** → postes, isoladores, condutores, equipamento terminal, direitos de passagem.

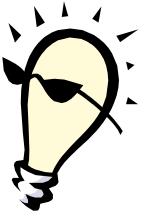
## Custos relativos a perda de energia

Potência=150MW Distância=300km Secção 400mm<sup>2</sup>

Tensão (kV)	Intensidade (A)	Perdas Joule (kW)	Rendimento (%)
$U_2$	$I = P_2 / (\sqrt{3} U_2)$	$3RI^2 = R (P_2 / U_2)^2$	$\eta = (P_2 / (P_2 + R(P_2 / U_2)^2)) * 100$
15	5774	2647641	5,4
30	2887	661910	18,5
60	1443	165478	47,5
150	577	26476	85,0
220	394	12308	92,4
400	217	3723	97,6



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Outros factores a considerar

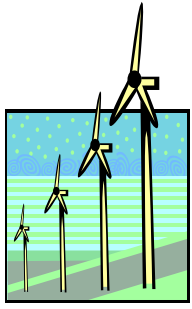
- normalização
- limites técnicos
- segurança

### *Corrente*

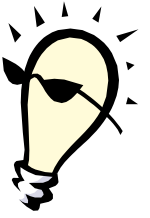
- Corrente contínua
- Corrente alternada

### *Tipo de Linha*

- ✓ Linha aérea
- ✓ Cabo subterrâneo



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



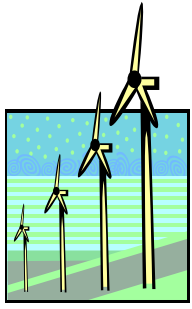
## Linhas aéreas



Que material utilizar para os condutores?

Platina    Ouro    Cobre    Alumínio    Aço

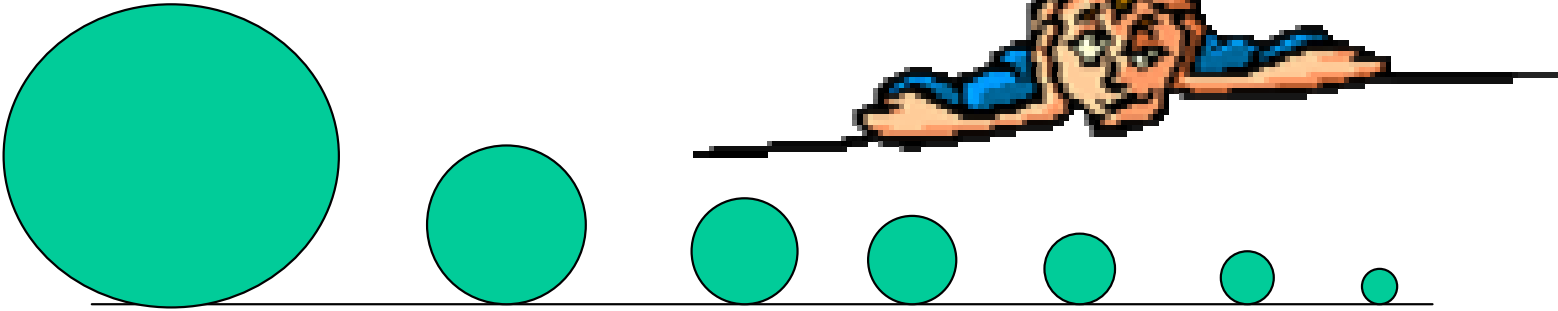
Almelec    Outras ligas



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



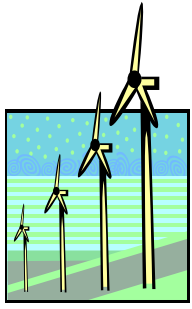
## Escolha da Secção



Considerar:

- Intensidade admissível em regime permanente
- Queda de tensão
- Características mecânicas dos condutores
- Intensidade de curto-circuito admissível
  - esforços térmicos
  - esforços electrodinâmicos
- Efeito coroa
- Aparelhagem de protecção
- Normalização
- Condições de segurança
- Condições regulamentares
- Perdas de energia
- Preço

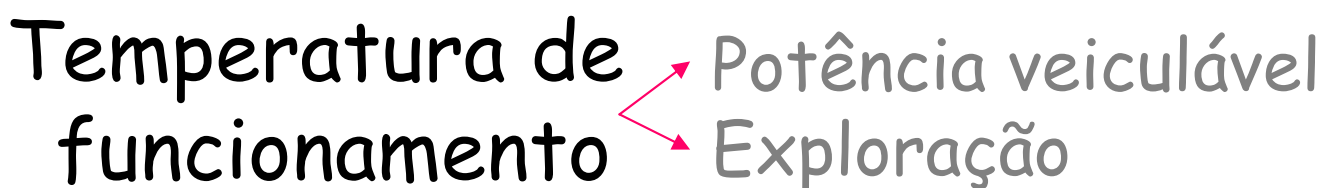
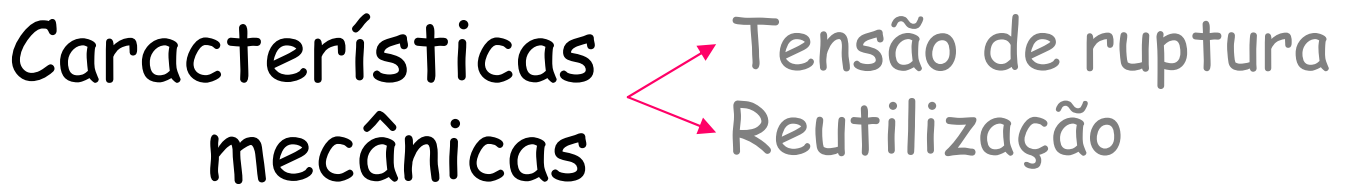
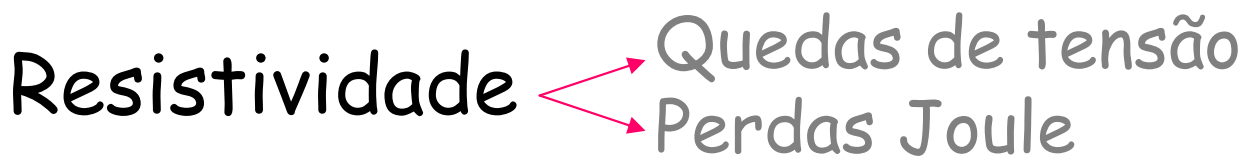


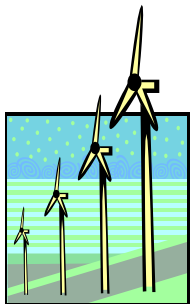


# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## *Factores a considerar*





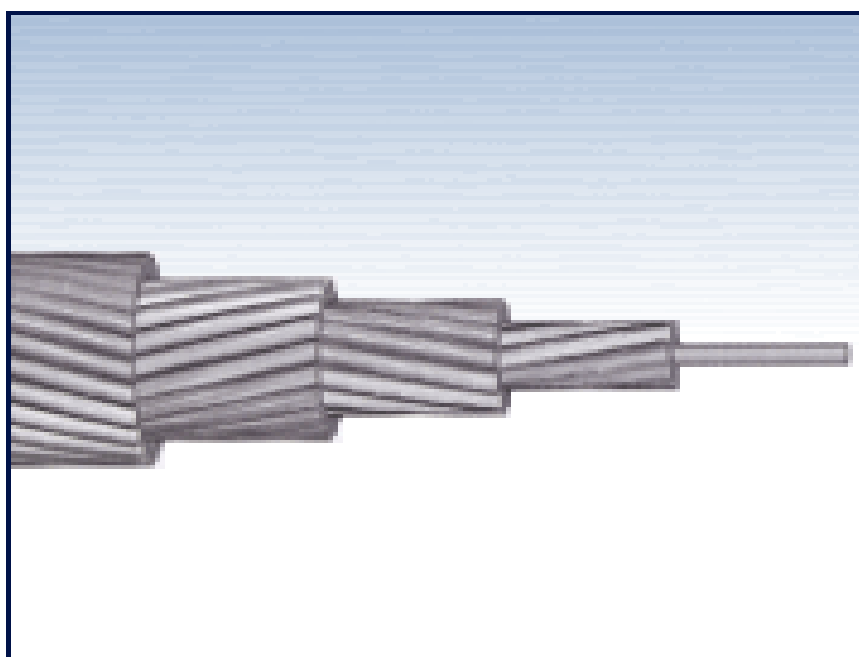
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

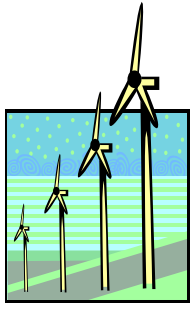


## Comparações ...

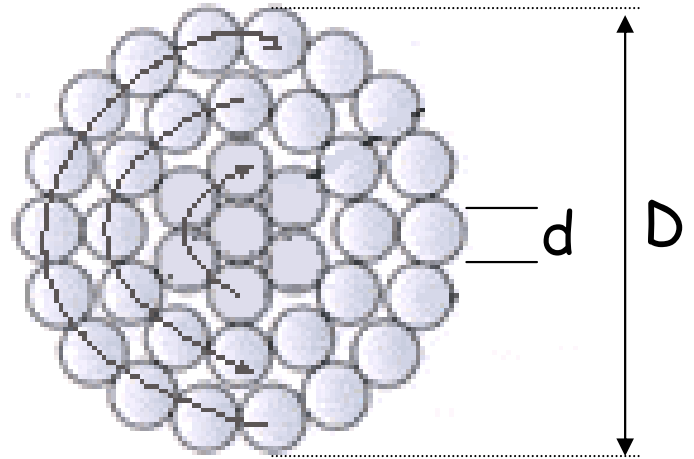
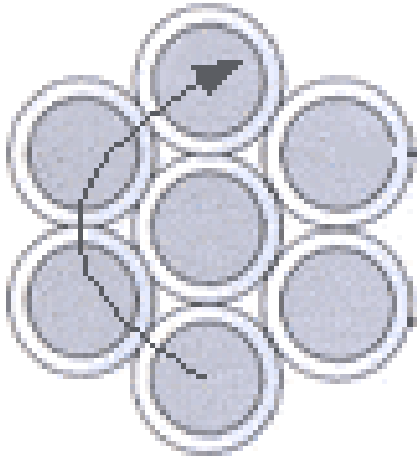
	COBRE RECOZIDO	COBRE DURO	ALUMÍNIO	ALMELEC	UNID
RESISTIVIDADE A 20°C	0,01724	0,0176	0,02828	0,0326	$\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$
COEF. TEMP.	0,0039	0,0039	0,004	0,0036	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
TENSÃO DE RUPTURA	24	40	18	35	$\text{kgfcm}^{-2}$
PESO ESPECÍFICO	8,9	8,9	2,7	2,7	$\text{gcm}^{-3}$

## Condutores em Cabos





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



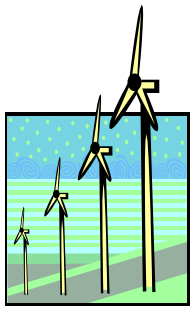
Os fios estão enrolados em sentidos contrários. Porquê?

Qual a vantagem de utilização de condutores multifilares?

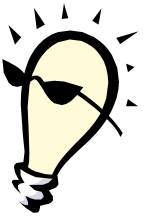
## Cabos Homogéneos

1+6	1+6+12	1+6+12+18	1+6+12+18+24
7	19	37	61 fios
D=3d	D=5d	D=7d	D=9d

*Fios do mesmo diâmetro*

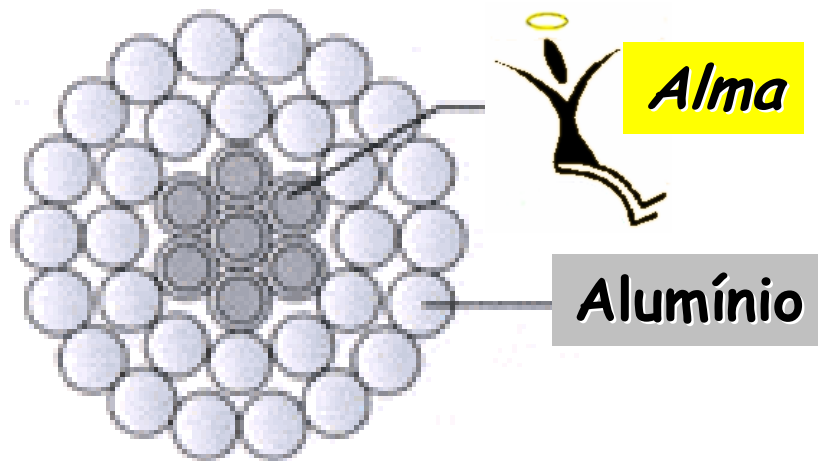


# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



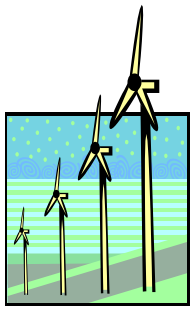
## Cabos Mistos

Caso típico → Alumínio-aço

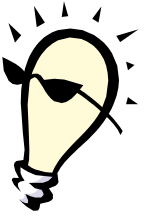


O cabo de alumínio-aço comparado com o cabo homogéneo de cobre com a mesma resistência tem ...

- **Maior diâmetro** - pode ser vantagem ou desvantagem
- **Menor peso** - vantagem
- **Maior resistência mecânica** - vantagem



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



Condutores

Simplex?

Ocos?

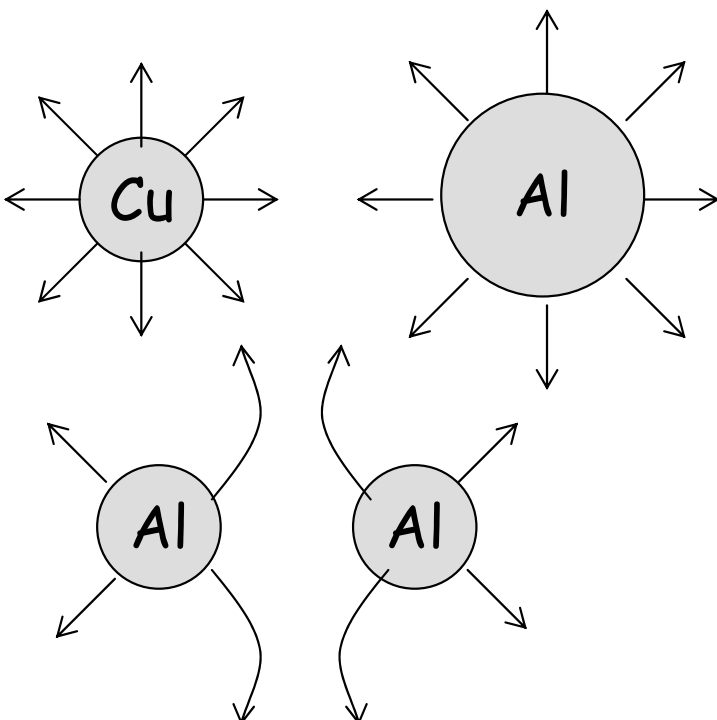
Múltiplos?

Porquê?

Tensões > 220kV

uso de condutores múltiplos

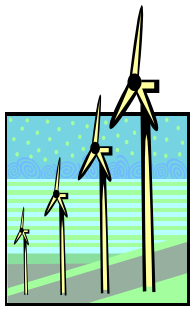
Mais uma vez o efeito coroa



Agora percebi!!!  
Porque é que  
aumentar a secção  
é uma vantagem



E o oco?



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Projecto de uma linha aérea

### Cálculo mecânico

#### *VENTO*

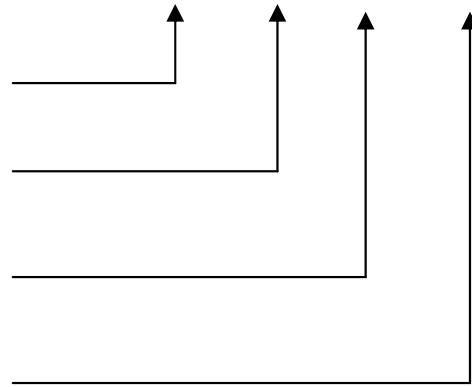
*Coef. redução*

*Coef. Forma*

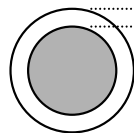
*Pressão dinâmica*

*Área exposta*

$$F = \alpha \cdot c \cdot q \cdot S$$



#### *GELO*



10 mm



### *Outros Cálculos ...*

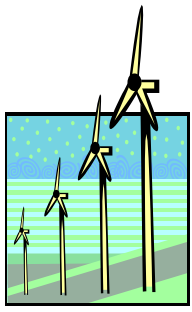
**Aquecimento**

**Vibrações**

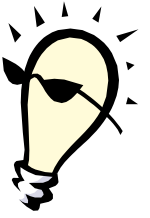
**Resistência mecânica - Flechas; tensão de tracção, ...**

**Protecção contra contactos accidentais**

distância a: edifícios,  
solo, árvores,...



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Isoladores



### *Função?*

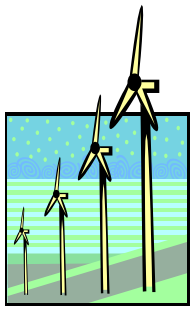
Evitar a passagem de corrente do condutor ao apoio ou suporte e sustentar mecanicamente os cabos, barramentos, ...

Mas será que o isolador cumpre sempre a função para que foi criado?

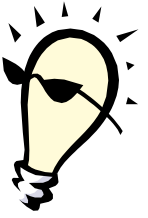
Que fenómenos podem ocorrer? Quais os mais graves?

Como poderemos evitá-los?





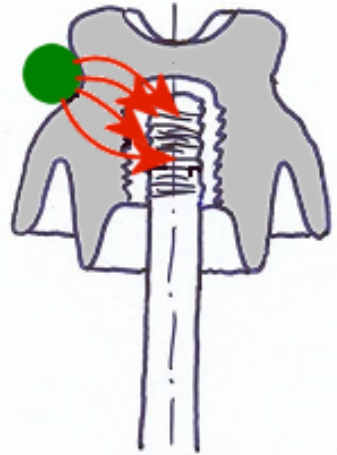
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Os fenómenos ...

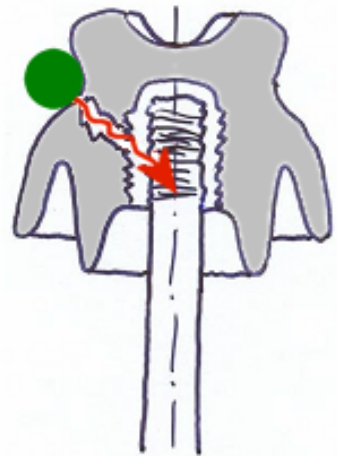
Condutividade da massa do  
isolador

O seu valor é insignificante  
→ **DESPREZAR**

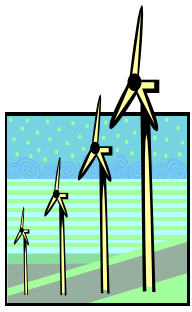


Perfuração da massa do  
isolador

Incidente grave, com probabilidade  
crescente de ocorrência à medida  
que aumenta o nível de tensão







# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

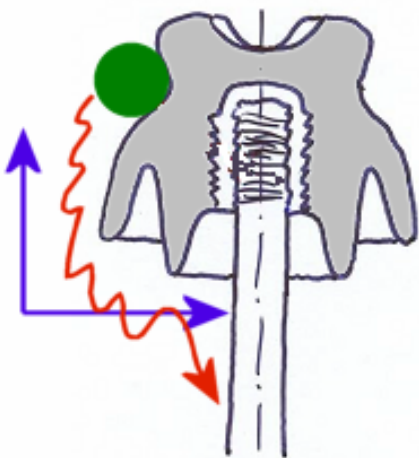
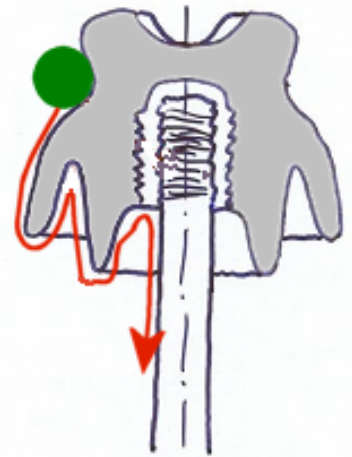


## Condutividade superficial

Poeiras e sais depositados +  
humidade  $\implies$  condução de  
corrente



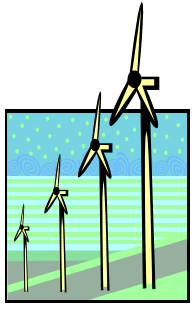
- ✓ Alongar a linha de fuga (forma do isolador)
- ✓ Aumentar o número de saias
- ✓ Proceder à limpeza (manutenção)
- ✓ Agradecer à chuva



## Descarga disruptiva e contornamento

Arco entre o condutor e as partes metálicas dos suportes.  
Causas:

- Rigidez dieléctrica do ar
- Sobretensões nas linhas



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Tipos de Isoladores

### Isoladores de suspensão de Porcelana

#### *Rígidos*

isoladores bastão



isoladores pino

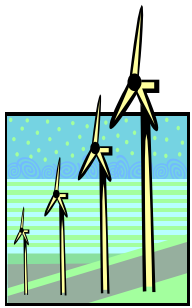


isoladores pilar



isoladores roldana





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## *Suspensos*

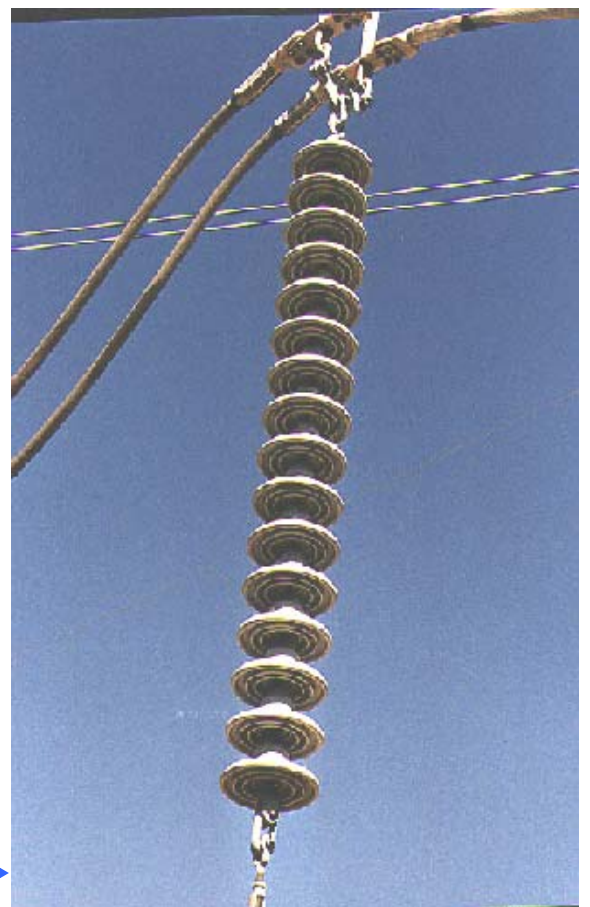
Isoladores de  
campânula simples

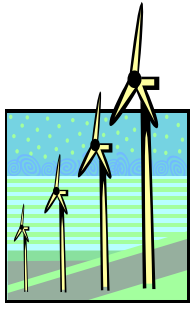


Isoladores de  
campânula simples  
anti-poluição

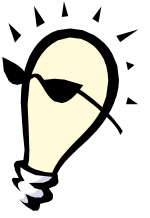


Cadeia de isoladores →





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



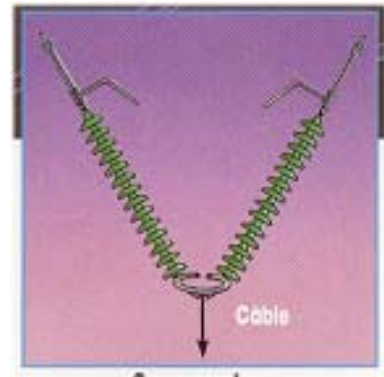
## Alguns exemplos ...

Suspensão simples

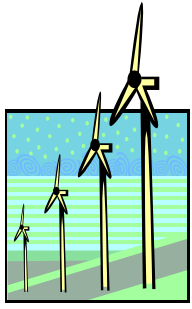


Amarração simples

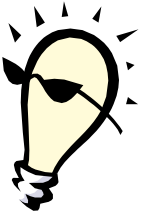
Suspensão dupla em V



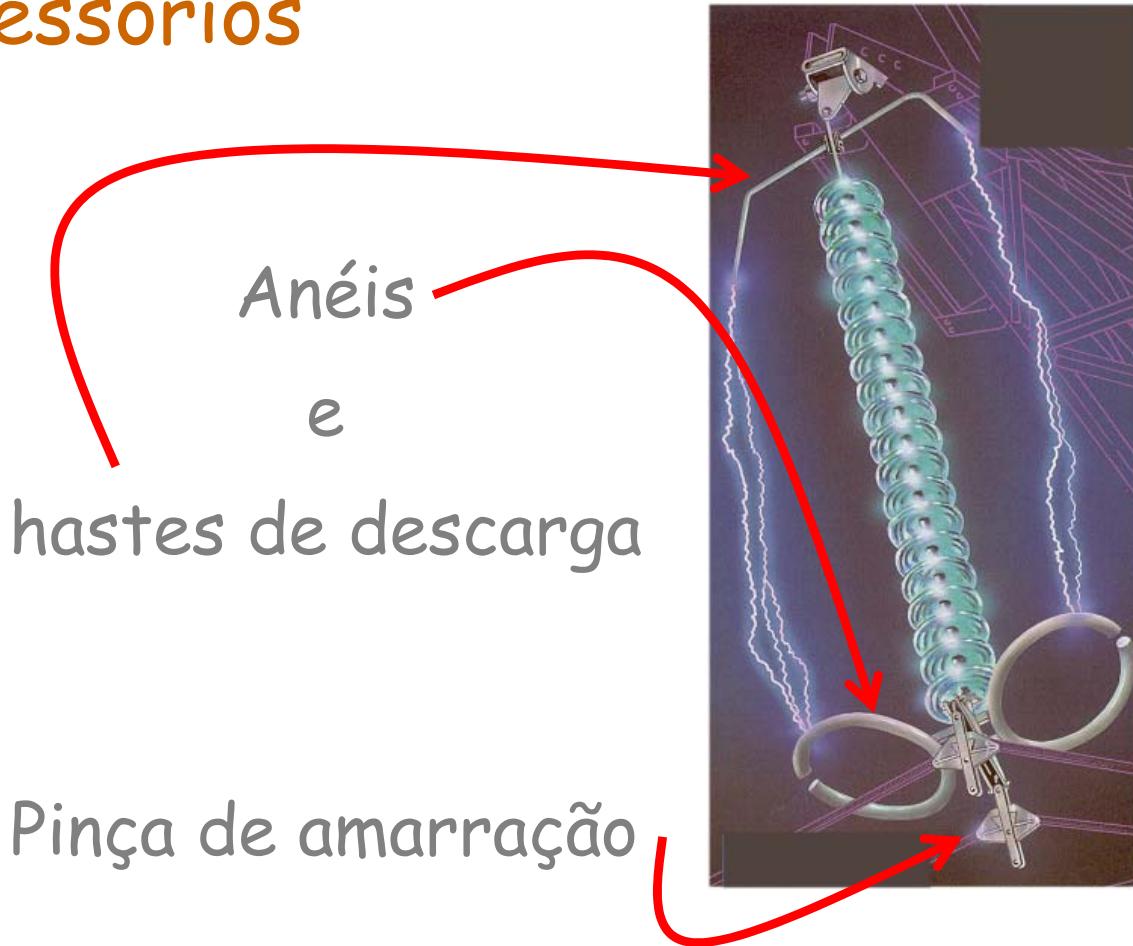
Amarração Dupla



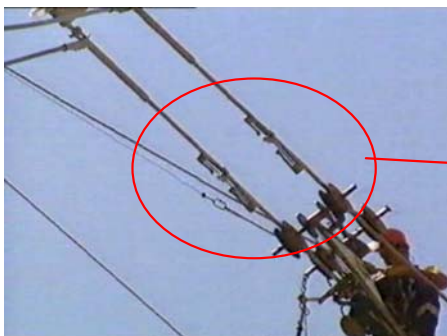
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

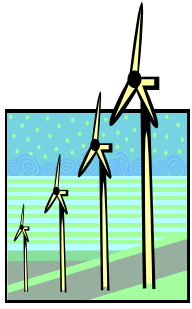


## Accesórios

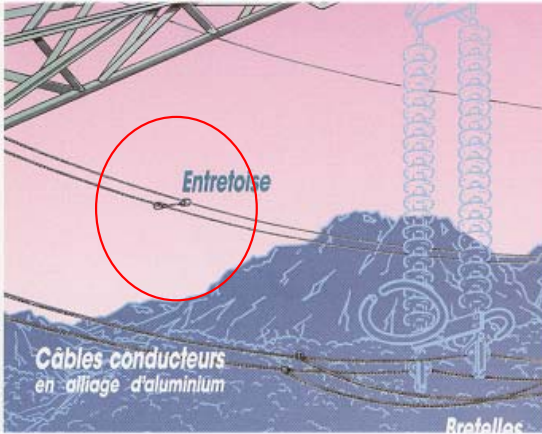


Amortecedores  
"Stock bridge"

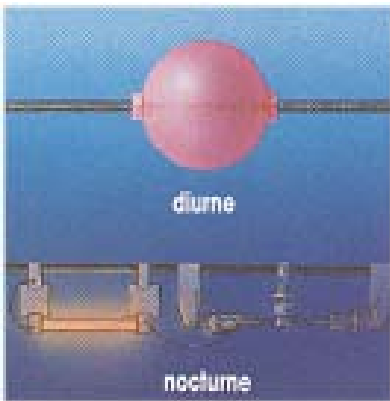
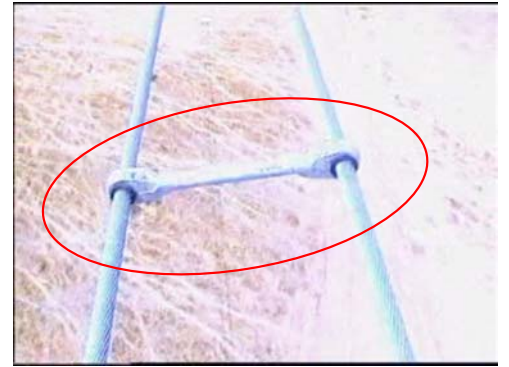




# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

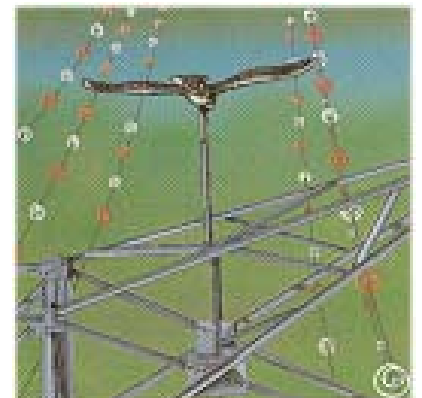


Separadores de feixe

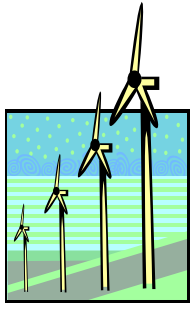


Avisos à navegação

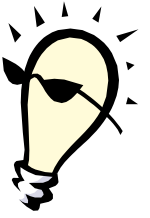
Protecção de aves



Trabalhos em tensão

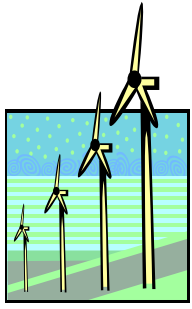


# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



Trabalhos  
em  
tensão





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



Lavagem das  
linhas

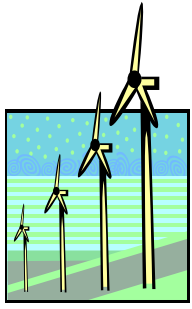


Lavagem das  
linhas

Suportes  
especiais para  
ninhos







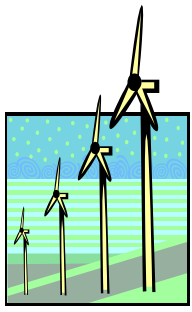
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



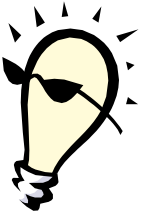
Suportes  
especiais  
para ninhos



Ninho e o  
Silva



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Ensaaios de isoladores

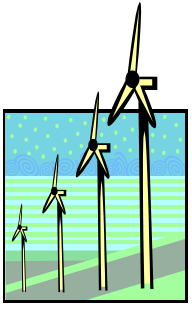
Quanto à natureza

Eléctricos { Frequência industrial  
Choque

Mecânicos



Térmicos

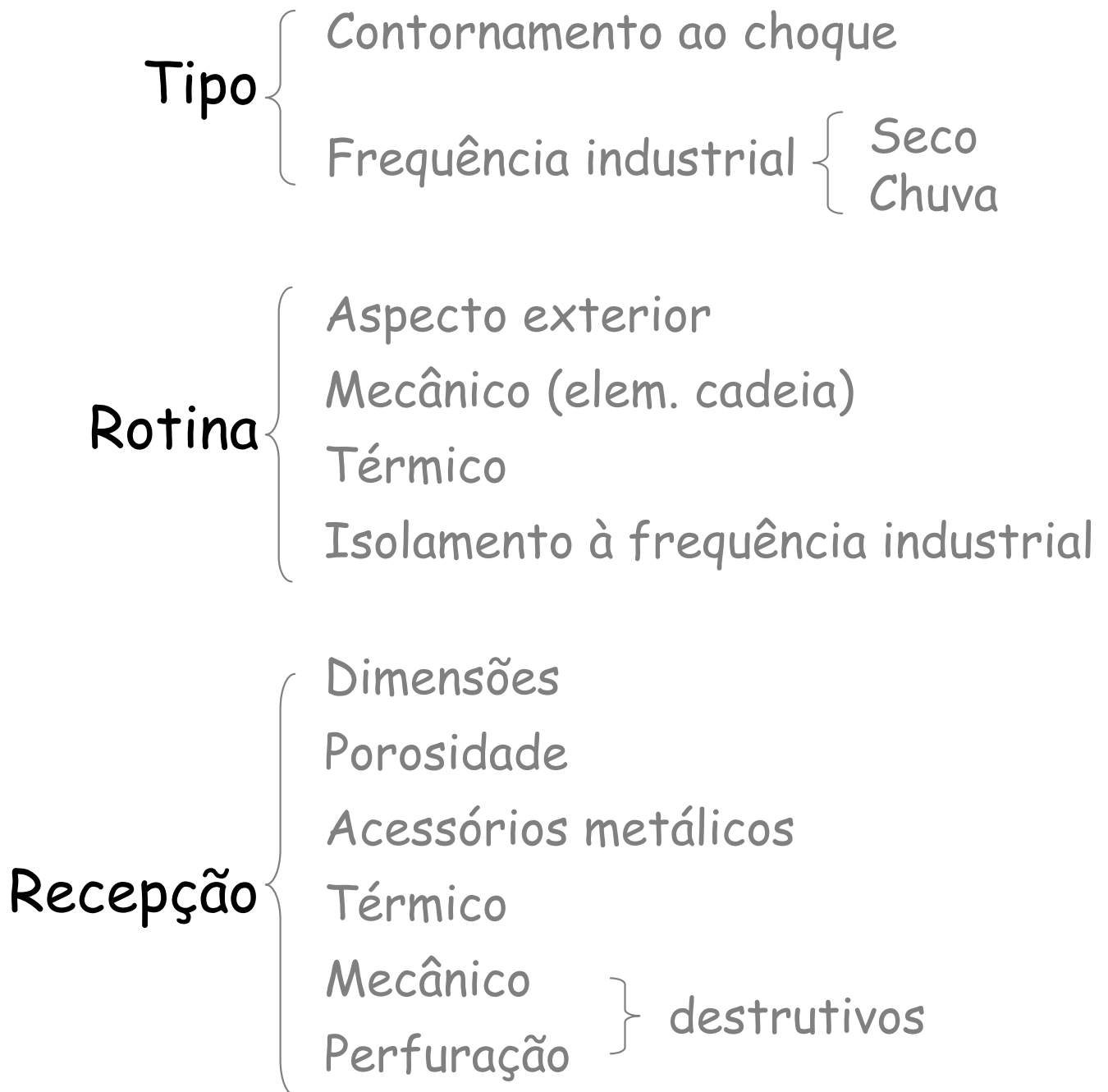


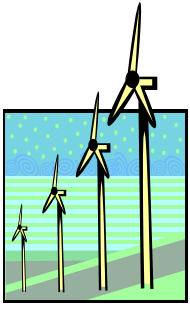
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Ensaaios de isoladores

### Quanto às condições





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

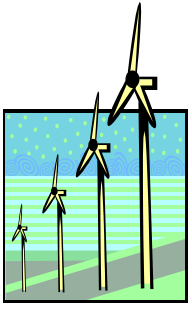


## Apoios

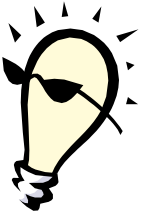
Um apoio para linha aérea é constituído pelo poste e respectiva fundação e ainda pelos elementos que suportam os condutores (travessas)

Material {  
  Madeira  
  Metálicos  
  Betão armado

Fundações {  
  Madeira {  
    Solo  
    Bases (betão, ferro,...)  
    Maciços  
  Betão — Solo  
  Metálicos {  
    Solo  
    Maciços



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



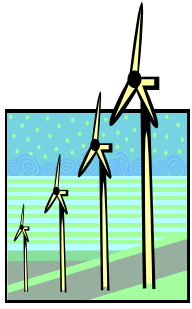
## Apoios

Ligação  
à terra

Apoios (metálicos e betão)  
Caixas de fim de cabo e  
bainhas dos cabos  
Interruptores e seccionadores  
aéreos

Tipos de  
esforços

Verticais  
Transversais  
Longitudinais



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



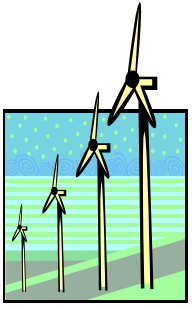
## Apoios

### Classificação dos apoios

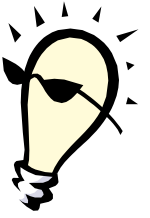
Apoio de alinhamento



Apoio de ângulo



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

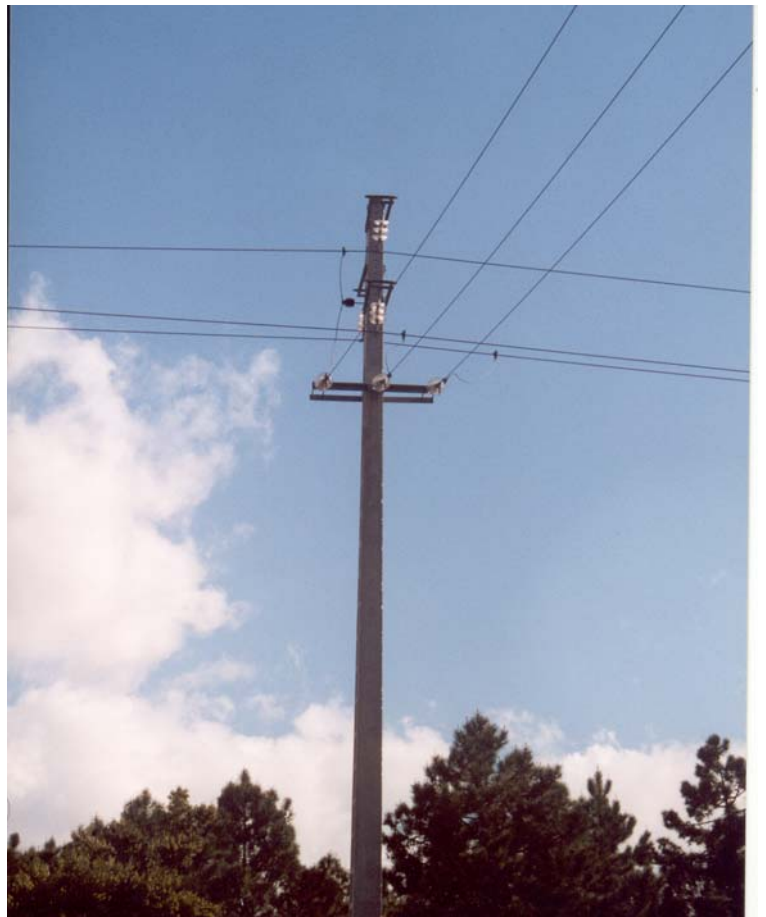


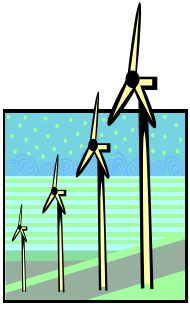
## Apoios

### Classificação dos apoios



Apoios de derivação





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Apoios

### Classificação dos apoios

Apoios de travessia

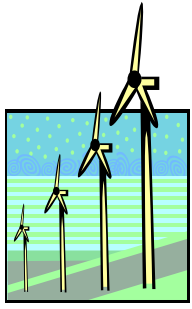
Apoios de cruzamento

Apoios fim de linha

Apoios de reforço  
(alinhamento, ângulo,  
derivação)







# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

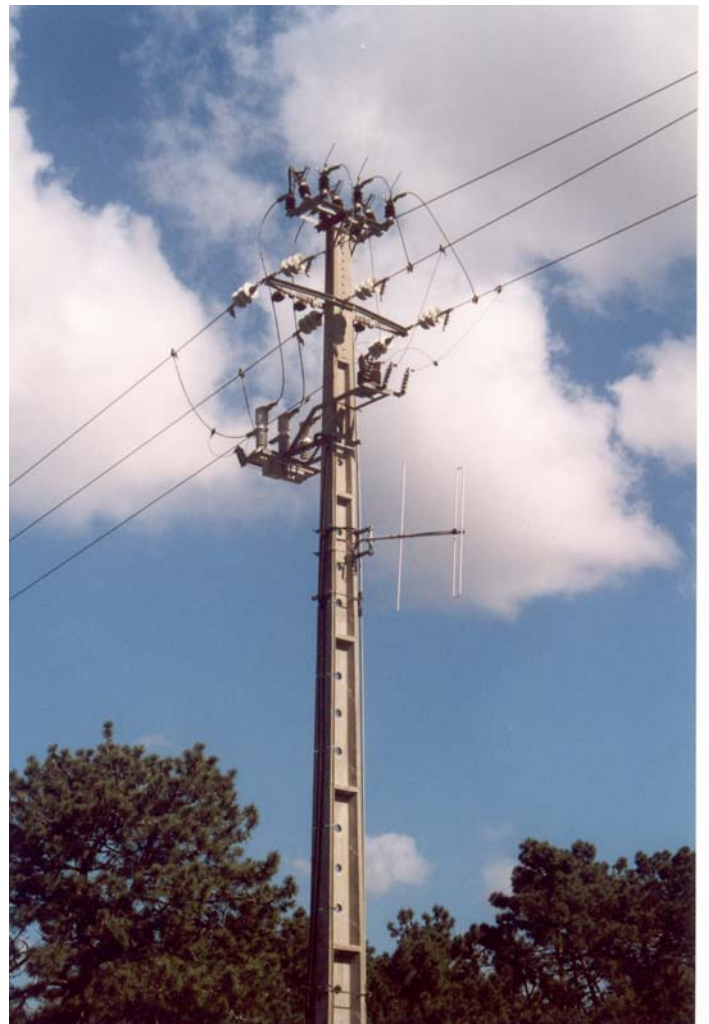


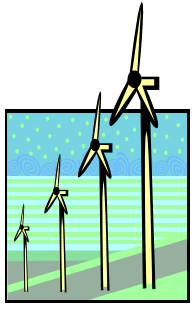
## Apoios



Apoio com aparelhos  
de corte e  
seccionamento .....

... telecomandados





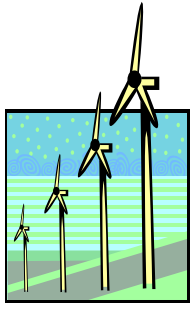
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Integração das linhas aéreas na paisagem

De uma maneira geral os apoios metálicos, usados em linhas AT e MAT, são galvanizados, tendo um aspecto brilhante. Em certos casos, é possível reduzir o impacto ambiental pintando os postes com uma escolha de cores que se harmonize com o local.





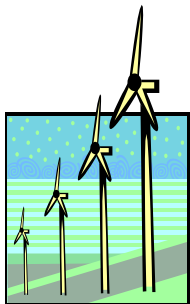
# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Integração das linhas aéreas na paisagem

No meio rural  
pode-se escolher  
um pintura que  
integre o apoio  
no meio ambiente





# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I

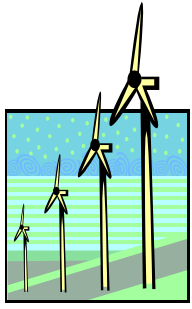


## Integração das linhas aéreas na paisagem

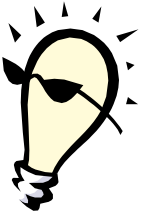
Ou então ...



De aviso à  
navegação  
aérea



# SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA I



## Integração das linhas aéreas na paisagem



Quanto?  
Não! Daqui  
não saio..

