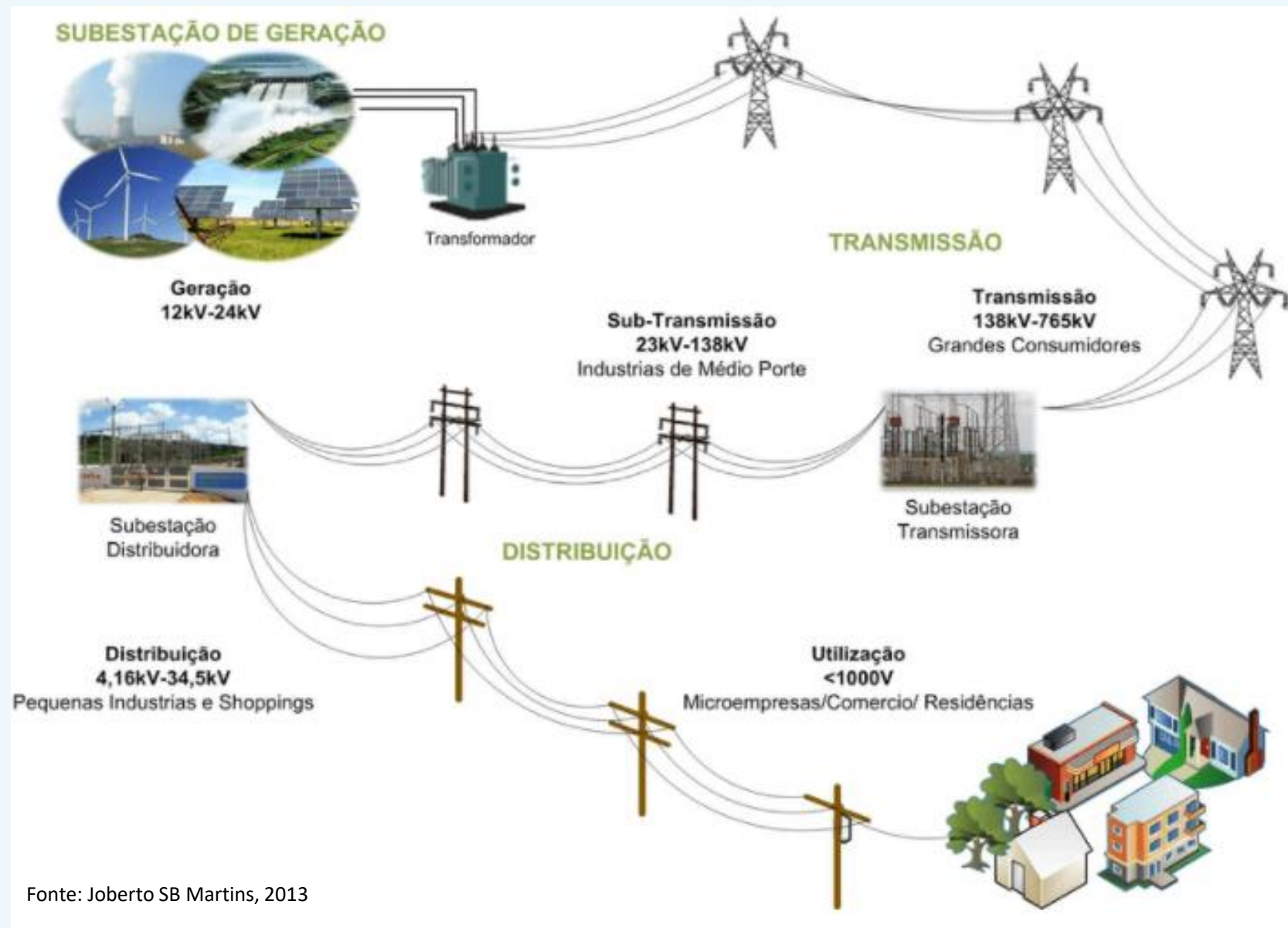


Sistemas Elétricos de Potência I – AULA 02

PROF. LUCAS CLAUDINO

AULA PASSADA

O sistema elétrico
de potência (SEP)



Fonte: Joberto SB Martins, 2013

CONCEITOS

A transformação no
setor elétrico
atualmente



A transformação no setor elétrico atualmente

Oferta de
energia
descentralizada

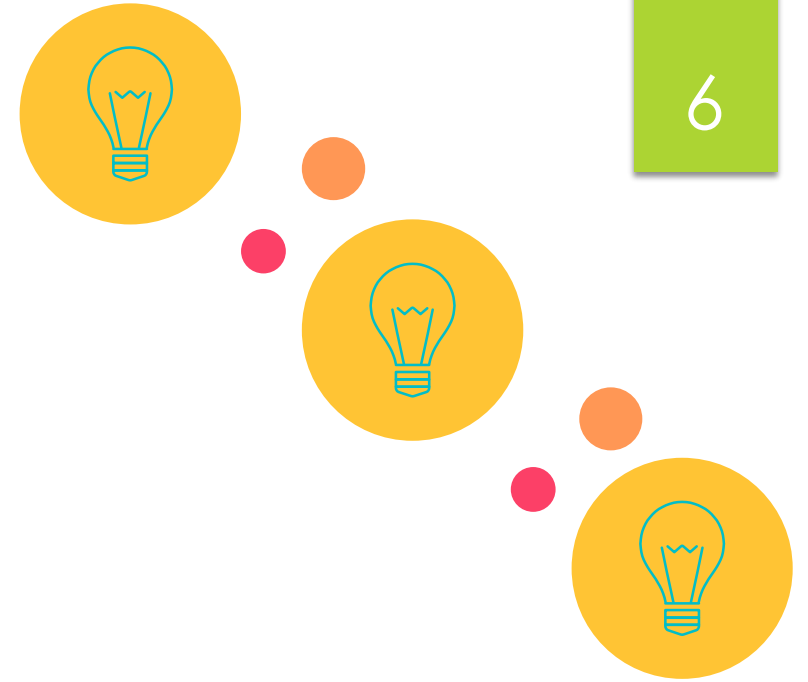
Fortalecimento
do consumidor

Inovação
tecnológica

Tecnologia da
informação

Fonte: elaborada pelo autor.

Exercício





Um tema muito atual e que afeta diretamente o setor elétrico é o tema da sustentabilidade, fortemente endossado pela redução dos custos de implementação das fontes de energia renovável, com destaque para a energia fotovoltaica. Isso significa que o controle do sistema elétrico como um todo deve prever não somente a operação do sistema interligado, mas também das possíveis microrredes.

Assinale a alternativa correta em relação às microrredes.

- a) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar isolada do sistema de distribuição da concessionária, sendo atendido por fontes de geração distribuída
- b) O conceito de microrredes é uma rede de transmissão que pode operar conectada ao sistema interligado com um número limitado de barras.
- c) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar conectada ao sistema de transmissão somente quando existe um gerador centralizado.
- d) Os aspectos econômicos e regulatórios para implantação dessas redes já foram amplamente consolidados no contexto dos sistemas de energia.
- e) Ainda não é claro qual o grau de controle que deve ser atribuído às microrredes uma vez que as conexões e desconexões junto à rede elétrica convencional não é um problema.



Um tema muito atual e que afeta diretamente o setor elétrico é o tema da sustentabilidade, fortemente endossado pela redução dos custos de implementação das fontes de energia renovável, com destaque para a energia fotovoltaica. Isso significa que o controle do sistema elétrico como um todo deve prever não somente a operação do sistema interligado, mas também das possíveis microrredes.

Assinale a alternativa correta em relação às microrredes.

- ☒ a) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar isolada do sistema de distribuição da concessionária, sendo atendido por fontes de geração distribuída
- b) O conceito de microrredes é uma rede de transmissão que pode operar conectada ao sistema interligado com um número limitado de barras.
- c) O conceito de microrredes é uma rede de distribuição que pode operar conectada ao sistema de transmissão somente quando existe um gerador centralizado.
- d) Os aspectos econômicos e regulatórios para implantação dessas redes já foram amplamente consolidados no contexto dos sistemas de energia.
- e) Ainda não é claro qual o grau de controle que deve ser atribuído às microrredes uma vez que as conexões e desconexões junto à rede elétrica convencional não é um problema.

CONCEITOS

Equipamentos elétricos utilizados em SEP





Introdução

Estudamos alguns aspectos teóricos da formação do sistema elétrico desde seus primórdios até aos dias atuais.

- ▶ Vimos que o SEP é uma máquina extremamente complexa, de forma que é necessário saber modelar os sistemas de estudo adequadamente, utilizando os modelos dos equipamentos utilizados no sistema.
- ▶ Nesta seção, iremos dar seguimento aos estudos do SEP, aprofundando alguns aspectos relativos aos equipamentos presentes no sistema, como a forma de obter os parâmetros das linhas e transformadores para descrever corretamente um sistema que será posteriormente analisado.
- ▶ Também iremos conhecer alguns aspectos relevantes sobre a proteção dos sistemas elétricos de potência.



Contextualização

O sistema elétrico de potência é formado essencialmente por três subsistemas: a geração, transmissão e distribuição de energia (MONTICELLI, 2011).

Estes sistemas são interconectados por linhas de transmissão e outros equipamentos de forma a transmitir a energia gerada até o consumidor final.

Passaremos agora a analisar alguns equipamentos essenciais para o devido funcionamento do sistema elétrico de potência.



Equipamentos elétricos utilizados em SEP

Dentre os principais equipamentos existentes nos SEPs, podemos destacar:

1. As linhas de transmissão e distribuição de energia, e equipamentos associados;
2. Os transformadores de potência;
3. Os bancos de capacitores e reguladores;
4. Transformadores de instrumentação;
5. Equipamentos de proteção (reles, disjuntores, religadores, fusíveis e chaves).



$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

1. linhas de transmissão e distribuição

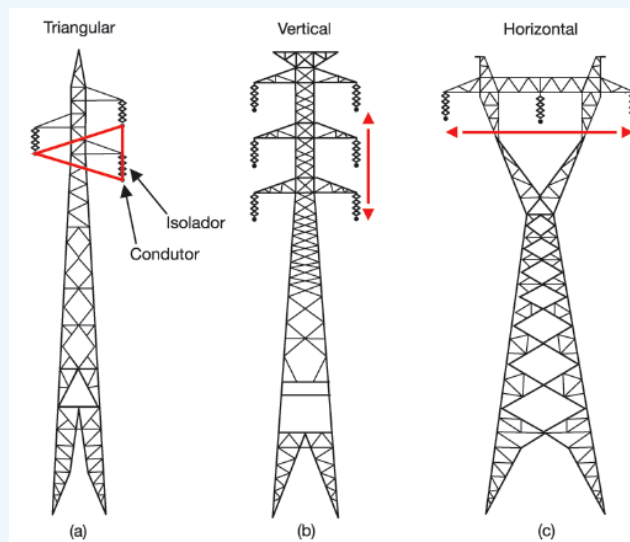
- As linhas de **transmissão** e **distribuição** de energia consistem em condutores elétricos construídos especificamente para cada nível de tensão do SEP.
- As **linhas de transmissão** são mais longas e possuem níveis de tensão mais altos (138kV 230kV, 500kV), exigindo assim condutores com maior seção.
- As **linhas de distribuição** geralmente são mais curtas e possuem níveis de tensão abaixo de 69kV.

Tabela 1.1 - Tensões usuais em sistemas de potência			
Tensão (kV)		Campo de Aplicação	Área do sistema de potência
Padronizada	Existente		
0,220/0,127	0,110	Distribuição Secundária (BT)	Distribuição
0,380/0,220	0,230/0,115		
13,8	11,9	Distribuição Primária (MT)	
34,5	22,5		
34,5	88,0	Subtransmissão (AT)	
69,0			
138,0			
138,0	440,0 750,0	Transmissão	Transmissão
230,0			
345,0			
500,0			



As linhas de transmissão são construídas basicamente conectando subestações de alta tensão por meio de cabos trifásicos.

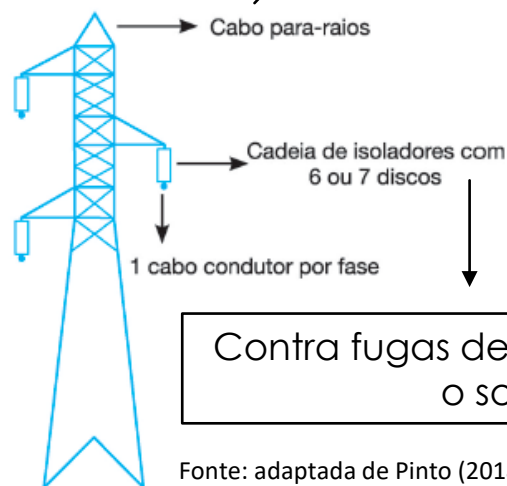
- Quando a linha de transmissão é do tipo aérea, estes cabos possuem basicamente três disposições: triangular, vertical ou horizontal.
- Estas disposições são construídas por meio da forma como as linhas são posicionadas nas torres de transmissão



Configurações típicas de torres de transmissão de energia elétrica (a) triangular (b) vertical e (c) horizontal

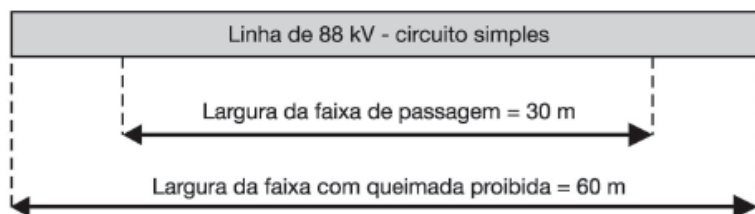
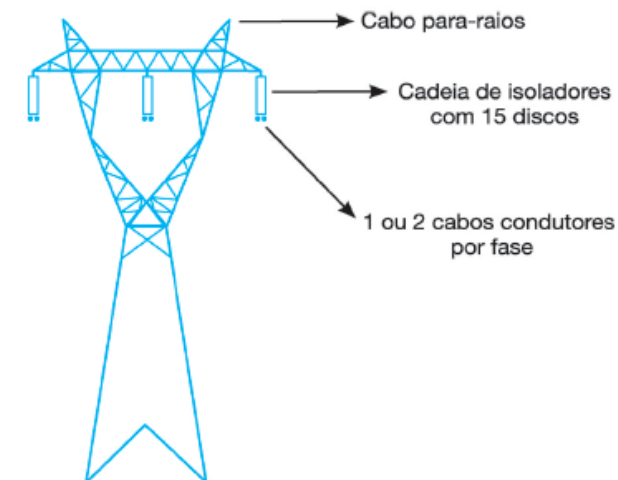
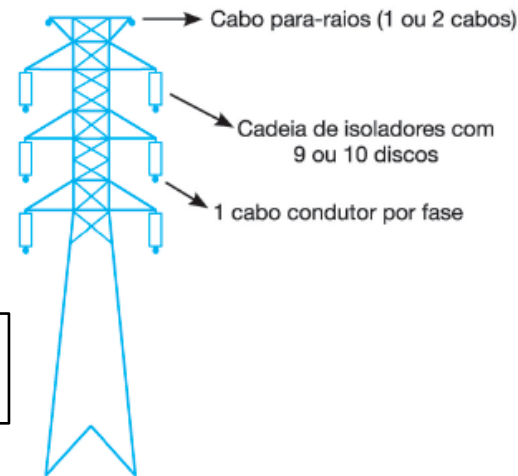


Contra descargas atmosféricas

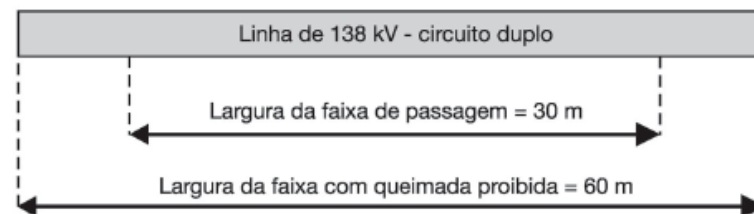


Contra fugas de corrente para o solo

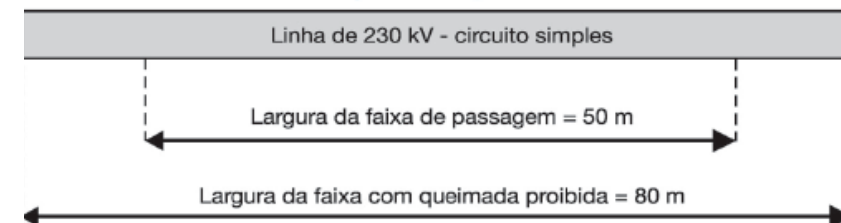
Fonte: adaptada de Pinto (2018, [s.p.]).



Torre triangular



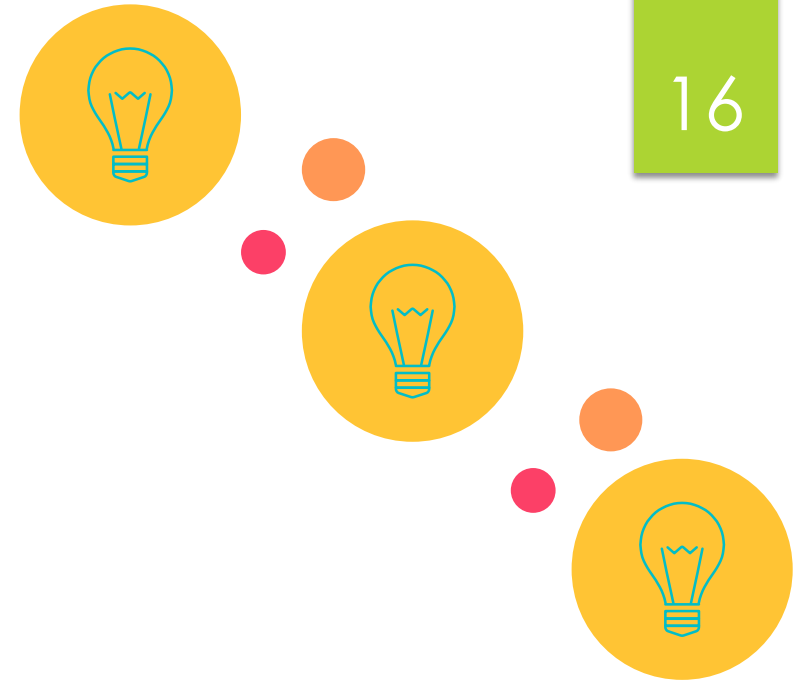
Torre vertical



Torre horizontal

As disposições triangular e horizontal apresentam a possibilidade de posicionamento de 3 cabos condutores enquanto a disposição vertical possibilita 6 cabos condutores. O que ocorre é que para as disposições triangular e horizontal, as linhas são do tipo simples (apenas um cabo). Enquanto que para a disposição vertical, ela é do tipo dupla (PINTO, 2018).

EXERCÍCIOS





- **Exercício** – Para a análise de sistemas elétricos, deve se considerar o tipo de ligação do transformador, a impedância e a relação de transformação. O tipo de conexão normalmente depende do tipo de aplicação do transformador, considerando isso considere as duas colunas a seguir:

I - $\Delta - \Delta$	A - Harmônicas presentes nessa ligação podem ser corrigidas pelo aterramento do neutro
II - Y - Δ	B - Permite ligação V prevendo aumento de carga
III - $\Delta - Y$	C - Normalmente transformador elevador
IV - Y - Y	D - Normalmente transformador abaixador

Assinale a alternativa que relaciona corretamente as colunas.

a) I – A; II – C; III – D; IV – B.

b) I – B; II – D; III – C; IV – A.

c) I – B; II – C; III – D; IV – A.

d) I – A; II – D; III – B; IV – C.

e) I – B; II – D; III – A; IV – C.



Exercício - As linhas de transmissão são construídas basicamente conectando subestações de alta tensão por meio de cabos trifásicos. Tendo como base a forma de conexão das linhas de distribuição, avalie a sentença a seguir preenchendo suas lacunas:

Quando a linha de transmissão é do tipo aérea, estes cabos possuem basicamente três disposições: _____ , _____ ou _____. Estas disposições são construídas por meio da forma como as linhas são posicionadas nas torres de transmissão.

A seguir assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

Escolha uma:

a.estrela / vertical / horizontal

b.triangular / estrela / vertical

c.triangular / vertical / horizontal

d.triangular / horizontal / diagonal

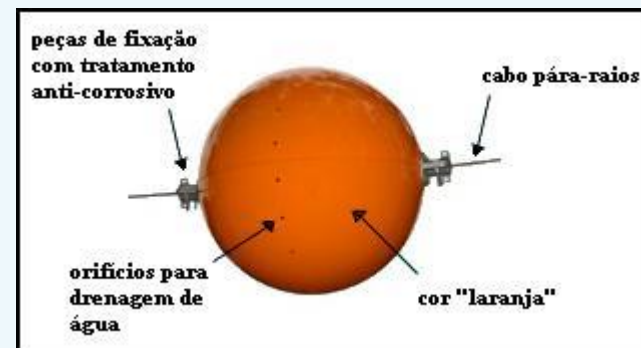
e.triangular / estrela / horizontal



Você sabe para que serve aquelas esferas laranja, presente nas LT?



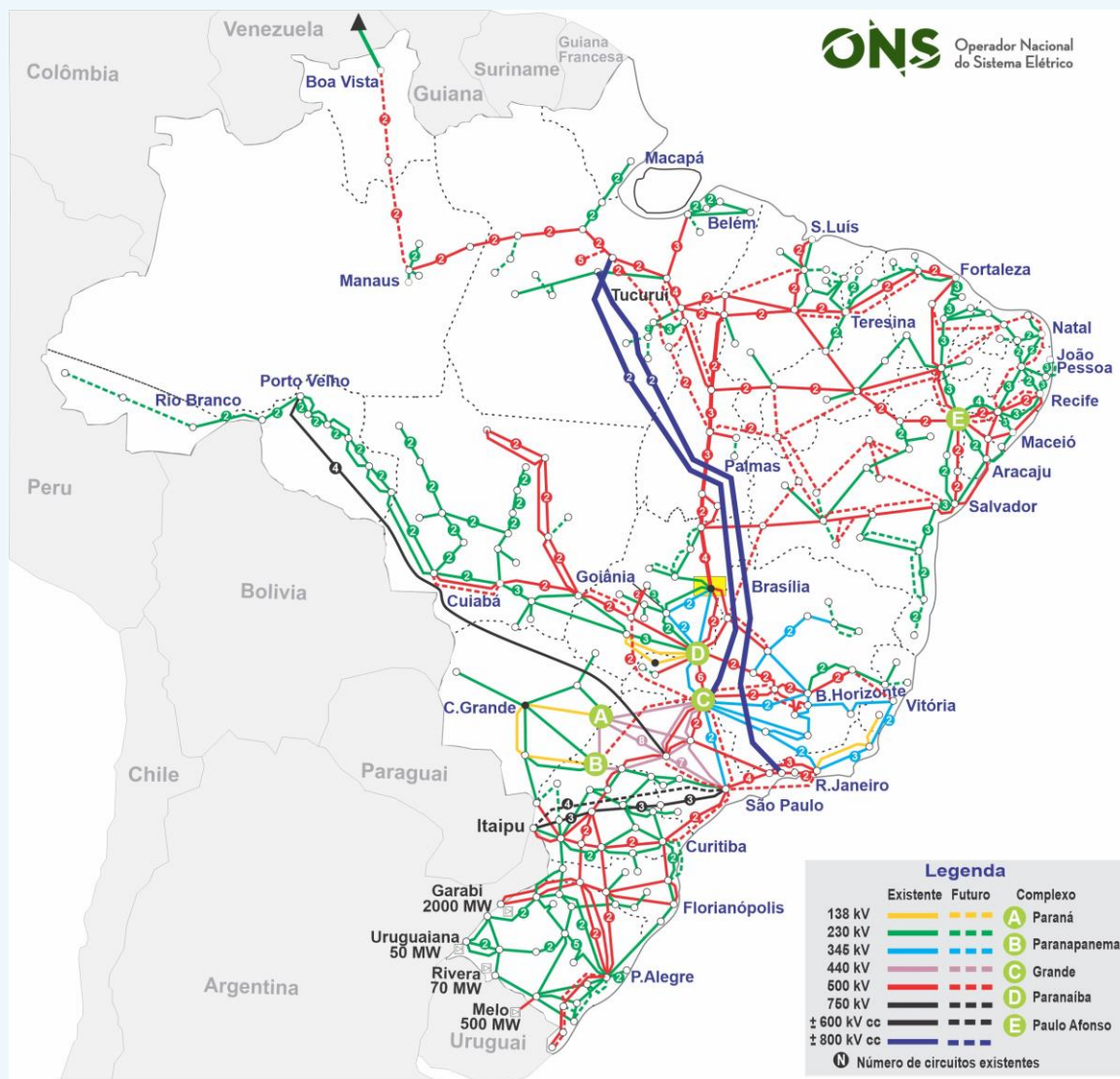
Fonte: João Horta, 2021



Fonte: João Horta, 2021

São instaladas nas redes de alta tensão, são esferas de fibra de vidro usadas para indicar a existência dos fios à pilotos de aeronaves que possam sobrevoar a área. São tecnicamente chamadas de esferas dissipadoras eletro-geométricas, servem também para atrair os raios.

as esferas evitam que eles possam atingir os fios e os transfere pelo cabo de uma esfera para a outra, até que a corrente elétrica chegue à estrutura metálica das torres, e atinja o solo.



800 kV CC	2020 9.204 km	2025 9.204 km
750 kV	2020 1.722 km	2025 1.722 km
600 kV CC	2020 9.544 km	2025 9.544 km
500 kV	2020 53.214 km	2025 76.220 km
440 kV	2020 6.911 km	2025 7.130 km
345 kV	2020 9.551 km	2025 11.131 km
230 kV	2020 55.454 km	2025 69.193 km
TOTAL	145.600 km	184.054 km



No Brasil, a REN 414/2010 estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, definindo seis subgrupos:

Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;

Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;

Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;


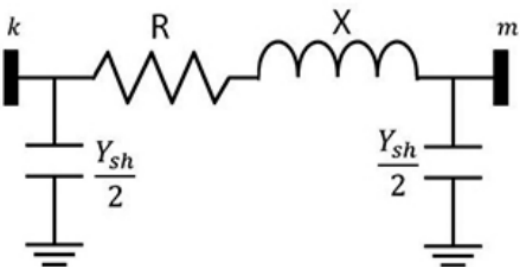
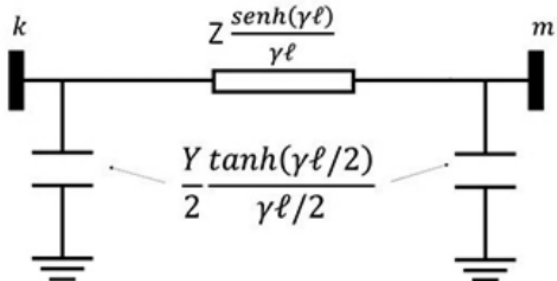
Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;

Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;

Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição.



Podemos definir os modelos equivalentes das linhas como os modelos de linhas curtas, médias e longas, baseadas no modelo π da linha. Neste modelo são consideradas as impedâncias da linha, dados pelos parâmetros de **resistência** e **reatância** de dispersão (R e X) e as **capacitâncias shunt**.

Modelo de linhas curtas	Modelo de linhas médias	Modelos de linhas longas
		
Comprimento até 80km	Comprimento entre 80 e 240 km	Comprimento acima de 240 km

Para linhas curtas, as capacitâncias shunt podem ser desprezadas, e então teremos um modelo baseado somente nos parâmetros série.

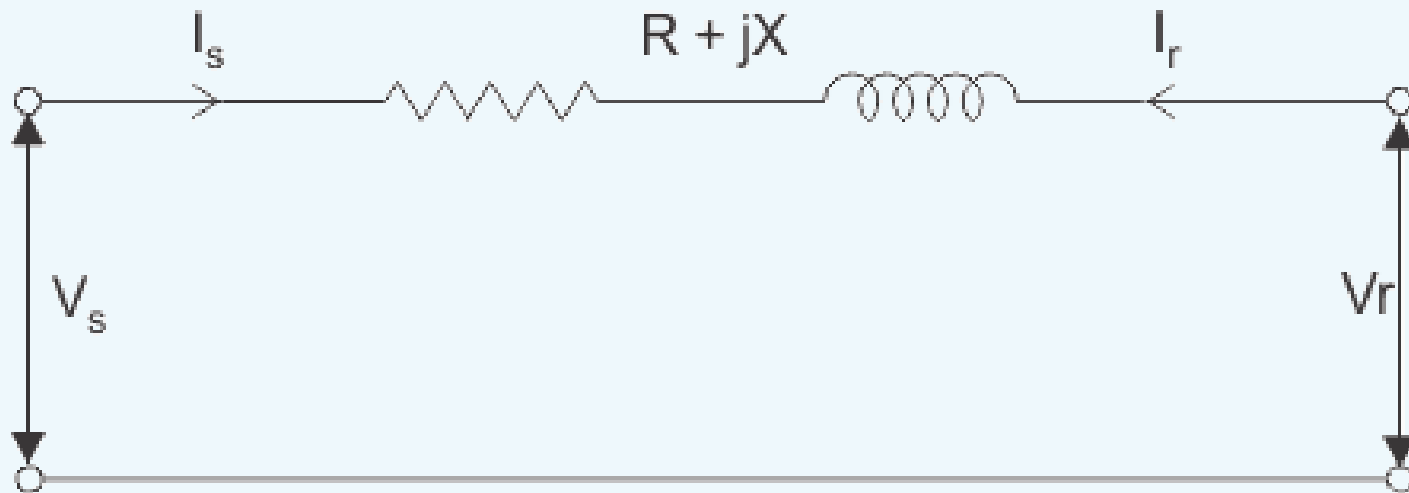


Modelagem de LT

► Impedância da LT

- **Resistência (R)** e **Reatância (X)** de dispersão, **Capacitância shunt**.

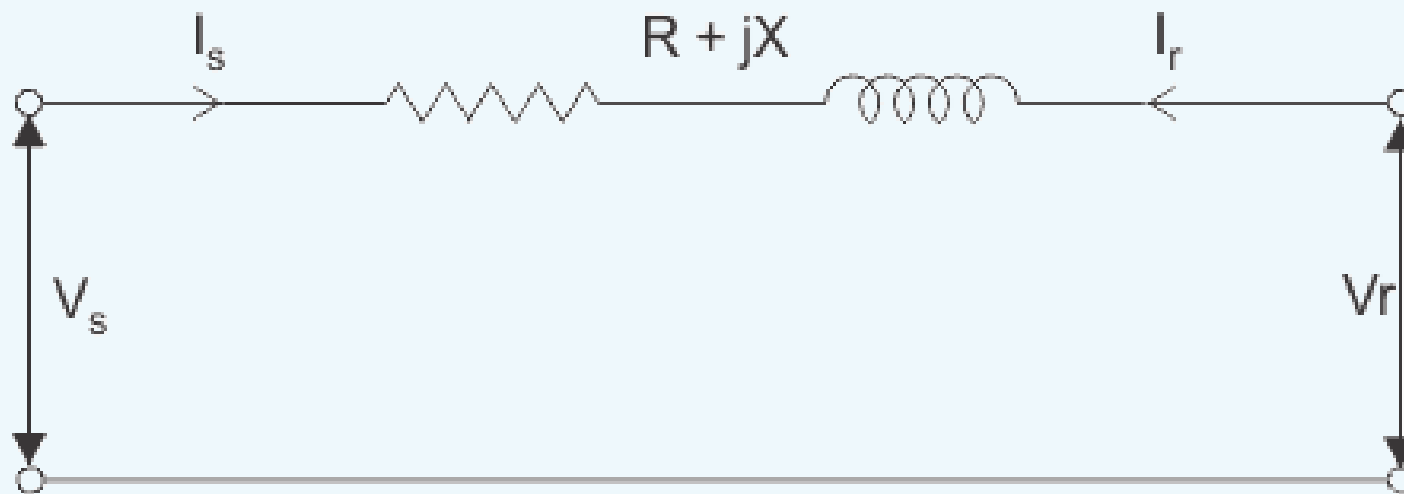
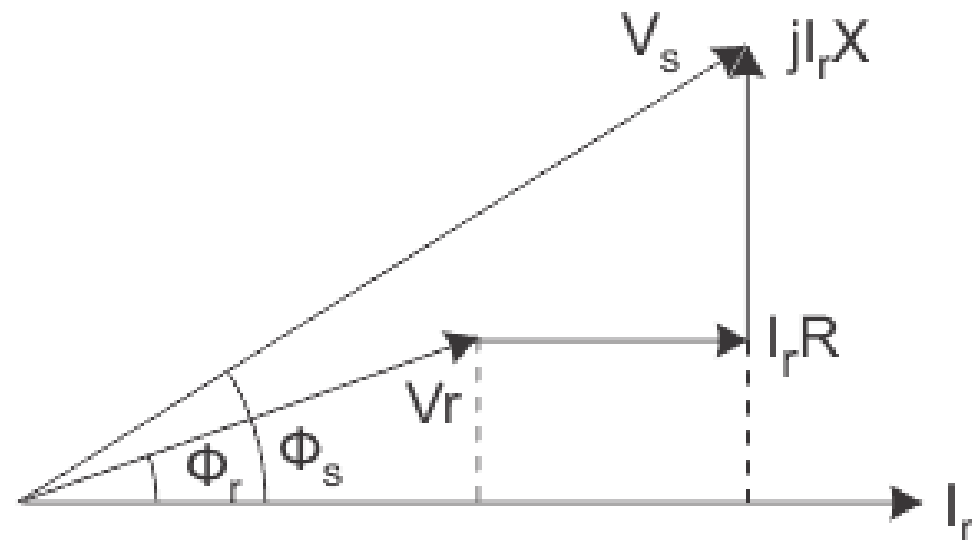
MODELO DE LT CURTA



Fonte: disponível em <<https://bit.ly/2SFsjqe>>.
Acesso 18 fev 2020.




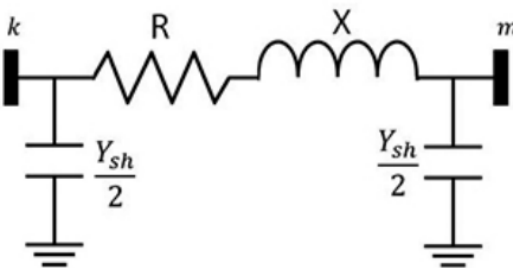
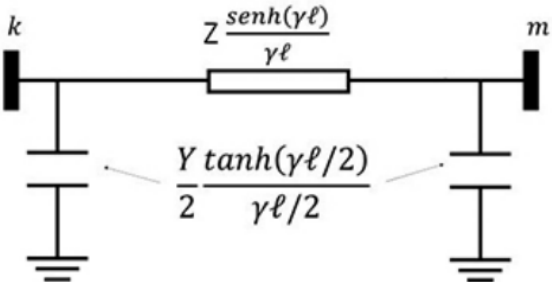
LT Curta – diagrama vetorial



Fonte: disponível em <<https://bit.ly/2SFsjqe>>.
Acesso 18 fev 2020.



Podemos definir os modelos equivalentes das linhas como os modelos de linhas curtas, médias e longas, baseadas no modelo π da linha. Neste modelo são consideradas as impedâncias da linha, dados pelos parâmetros de **resistência** e **reatância** de dispersão (R e X) e as **capacitâncias shunt**.

Modelo de linhas curtas	Modelo de linhas médias	Modelos de linhas longas
		
Comprimento até 80km	Comprimento entre 80 e 240 km	Comprimento acima de 240 km

As linhas médias são modeladas por meio de sua admitância, sendo conectada de forma concentrada nos extremos da linha, tendo metade do valor total em cada extremo

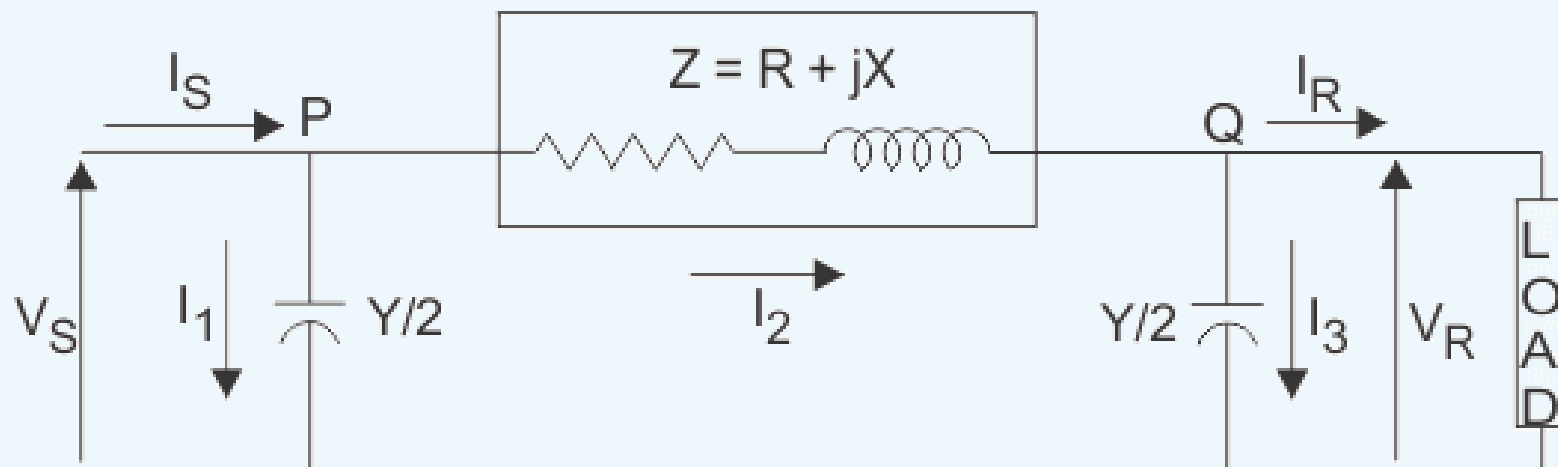


Modelagem de LT

MODELO DE LT MÉDIA

Considerar corrente de carregamento!

Considerar capacitância shunt!



Fonte: disponível em <<https://bit.ly/2SFsjqe>>. Acesso 18 fev 2020.



LKC no nó P $\rightarrow I_s = I_1 + I_2$ **(1)**

LKC no nó Q $\rightarrow I_2 = I_3 + I_R$ **(2)**

(2) Em (1) $\rightarrow I_s = I_1 + I_3 + I_R \therefore I_s = \frac{Y}{2} V_s + \frac{Y}{2} V_R + I_R$ **(3)**

LKV no circuito $\rightarrow V_s = V_R + Z I_2 = V_R + Z \left(V_R \frac{Y}{2} + I_R \right) =$
 $\left(Z \frac{Y}{2} + 1 \right) V_R + Z I_R$ **(4)**

(4) Em (3) $\rightarrow I_s = \frac{Y}{2} \left[\left(Z \frac{Y}{2} + 1 \right) V_R + Z I_R \right] + \frac{Y}{2} V_R + I_R$
 $= Y \left(\frac{Y}{4} Z + 1 \right) V_R + \left(\frac{Y}{2} Z + 1 \right) I_R$ **(5)**



Comparando (4) e (5) com as equações de parâmetros ABCD:

$$V_S = AV_R + BI_R$$

$$I_S = CV_R + DI_R$$

$$A = \frac{Y}{2}Z + 1$$


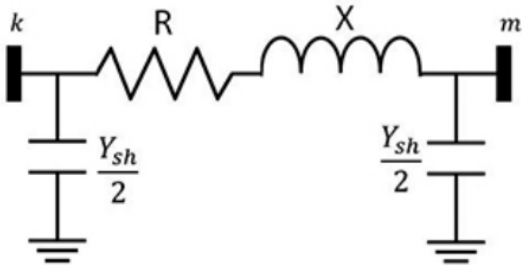
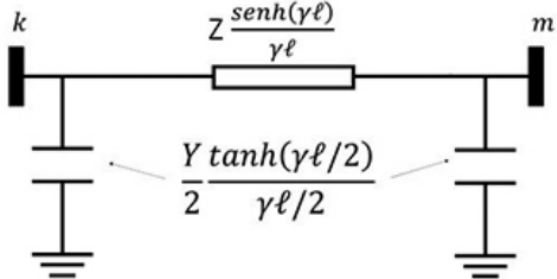
$$B = Z$$

$$C = Y \left(\frac{Y}{4}Z + 1 \right)$$

$$D = \frac{Y}{2}Z + 1$$


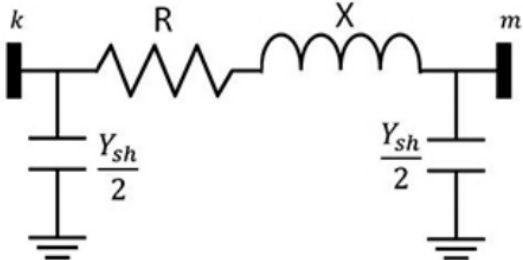
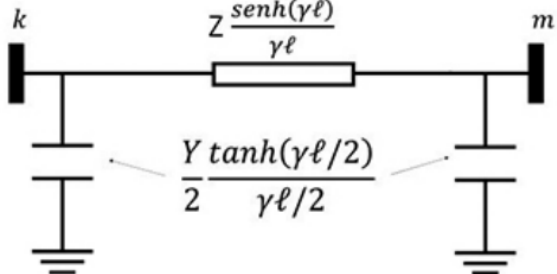


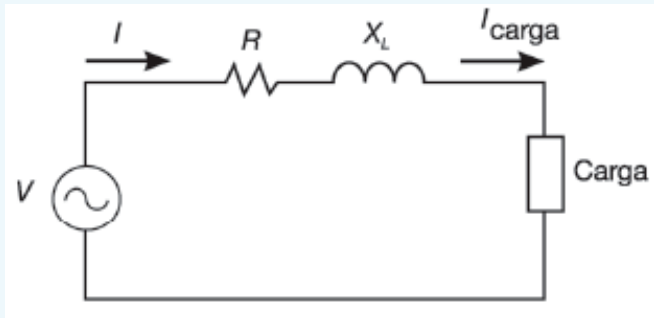
Podemos definir os modelos equivalentes das linhas como os modelos de linhas curtas, médias e longas, baseadas no modelo π da linha. Neste modelo são consideradas as impedâncias da linha, dados pelos parâmetros de **resistência** e **reatância** de dispersão (R e X) e as **capacitâncias shunt**.

Modelo de linhas curtas	Modelo de linhas médias	Modelos de linhas longas
		
Comprimento até 80km	Comprimento entre 80 e 240 km	Comprimento acima de 240 km

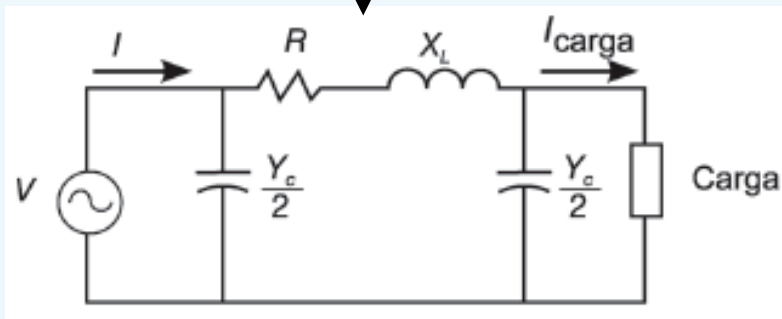
Para as linhas longas, tanto a impedância da linha quanto as admitâncias shunt, são calculadas de acordo com dois parâmetros: a constante de propagação na linha (γ) e o comprimento da mesma (l)



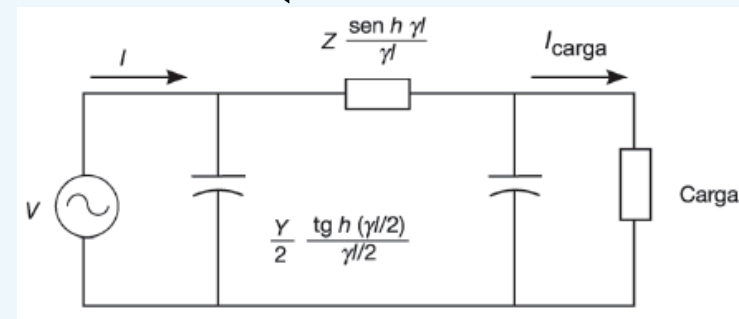
Modelo de linhas curtas	Modelo de linhas médias	Modelos de linhas longas
		
Comprimento até 80km	Comprimento entre 80 e 240 km	Comprimento acima de 240 km



Circuito equivalente LT curta



Circuito equivalente LT média

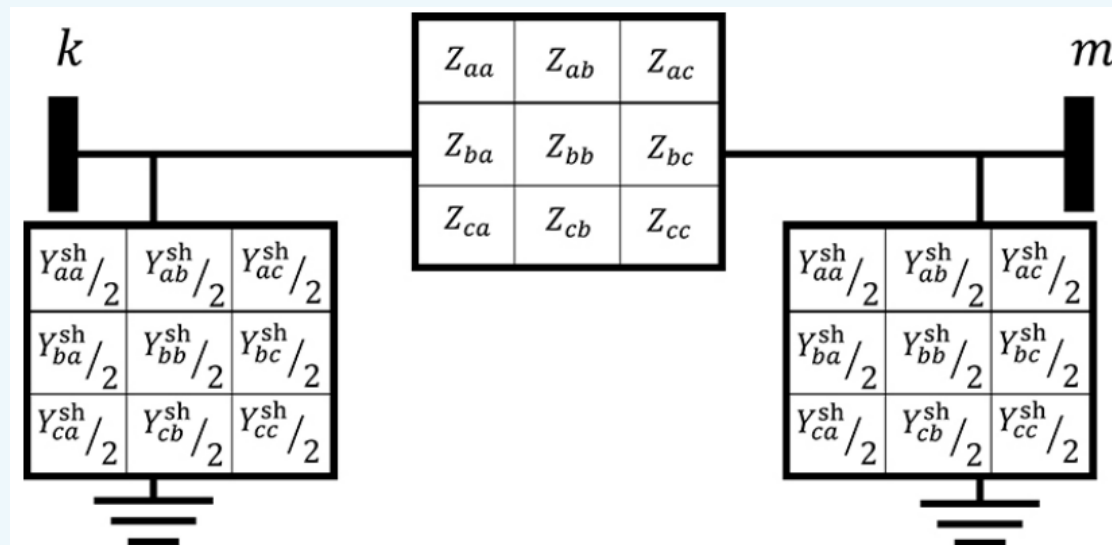


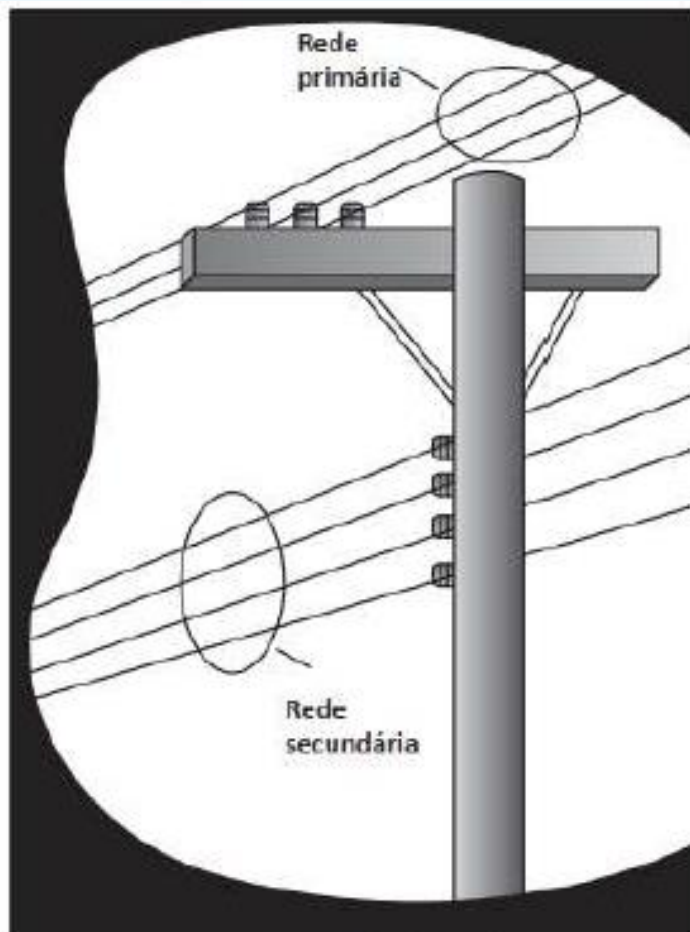
Circuito equivalente LT longa



- Quando consideramos as linhas de transmissão de energia, devido ao equilíbrio presentes nos parâmetros das linhas e das cargas do sistema, estas linhas podem ser modeladas apenas para uma **única fase**.
- Contudo, em linhas cujos parâmetros e/ ou cargas se apresentam de forma desequilibrada, é mais adequado analisar a característica de uma linha trifásica utilizando os parâmetros correspondentes.

Podemos observar que as impedâncias e admitâncias podem ser representadas por meio de matrizes com dimensão 3x3, onde cada linha/coluna da matriz esta relacionada a uma das fases da linha.





Fonte: Gedra, Barros e Borelli (2014, p. 29).



Alta tensão
13,8kV
(3 fios)

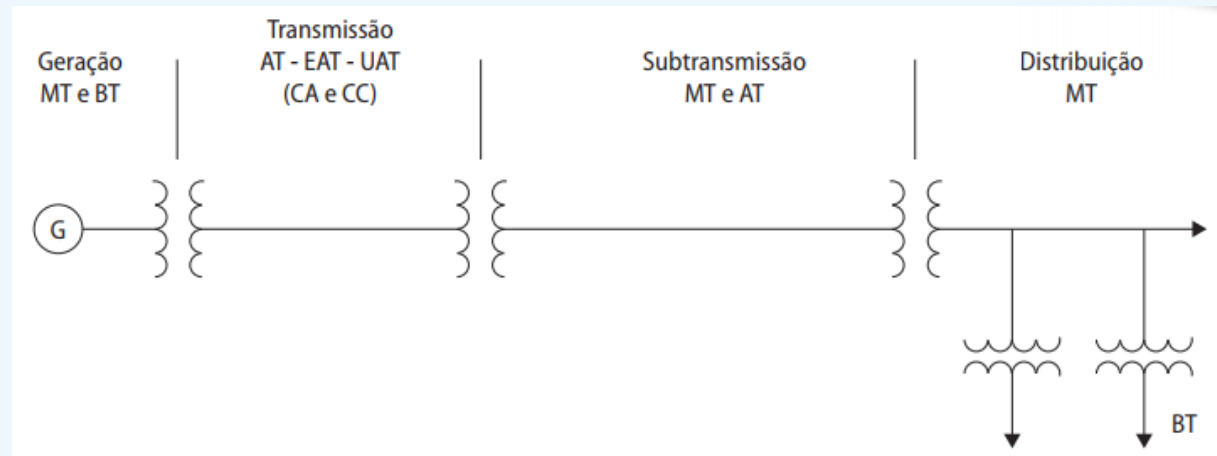
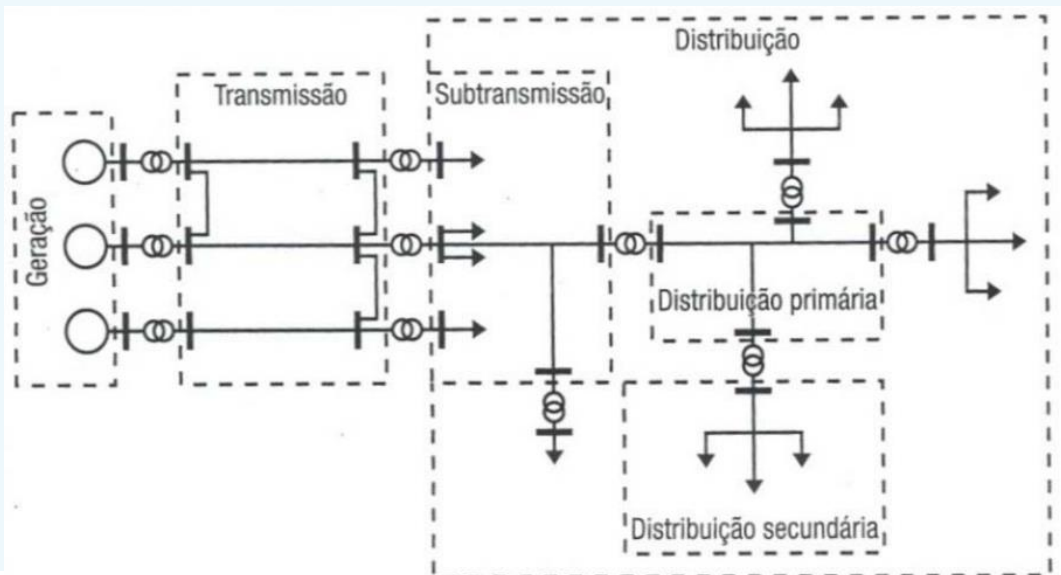
Transformador
13,8kV – 127/220V

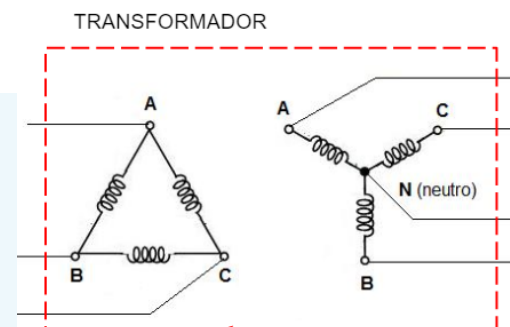
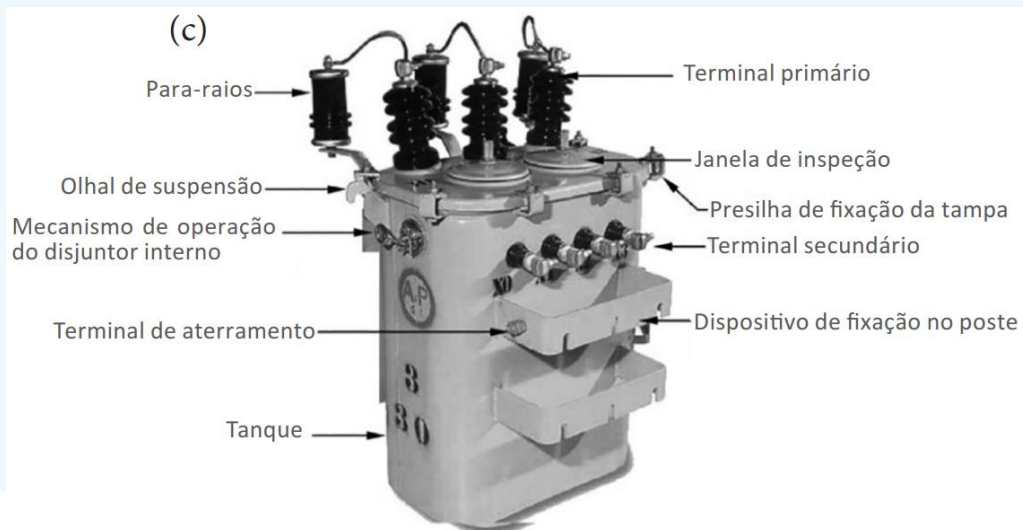
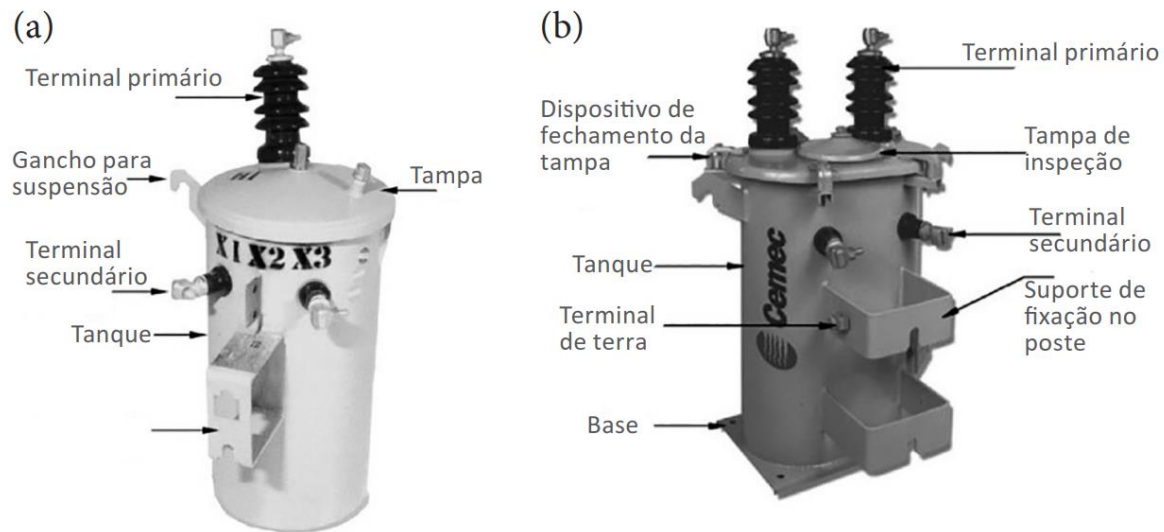
Baixa tensão
127/220V
(4 fios)



2. Transformadores de potência

- Os **transformadores** são capazes de receber uma tensão alternada em um nível de tensão e transformar para um outro nível de tensão.
- O SEP transporta grandes blocos de energia elevando e abaixando a tensão em diferentes pontos por meio dos transformadores de potência (**geralmente trifásicos**).



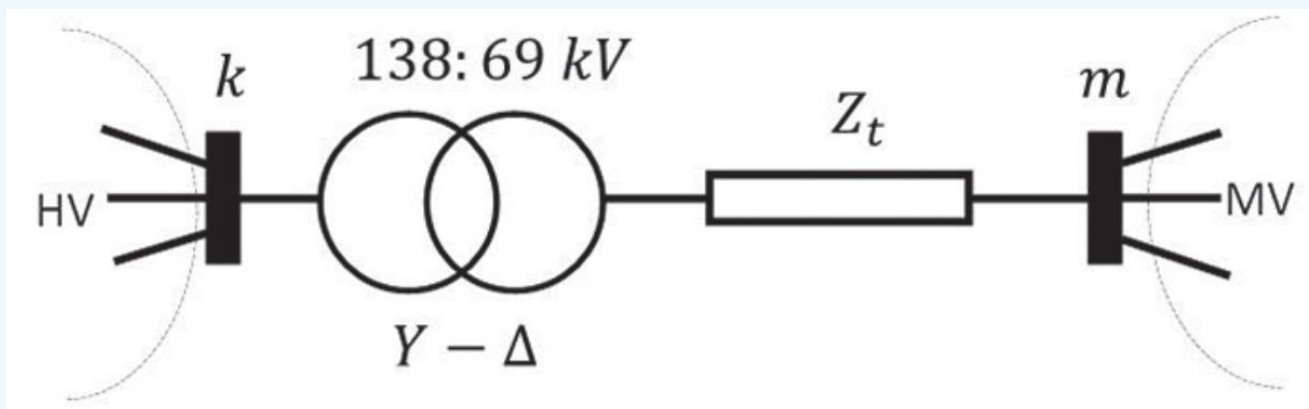


Os transformadores de potência trifásicos podem ter os seus enrolamentos conectados em Estrela (Y) ou Delta (Δ) conforme a seguir:

- Ligação $\Delta - Y$: Normalmente utilizada em transformadores elevadores de tensão.
- Ligação $Y - \Delta$: Normalmente utilizada em transformadores abaixadores de tensão.
- Ligação $\Delta - \Delta$: Esse transformador não apresenta nenhum deslocamento de fase e não tem problemas de cargas desequilibradas ou harmônicas.
- Ligação $Y - Y$: Este tipo de ligação é normalmente utilizado com o neutro da ligação aterrado. Isso porque as terceiras harmônicas das correntes de excitação introduzem distorções no sinal. Pode-se ainda utilizar um terceiro enrolamento que contorna o problema das harmônicas.



- Para a análise de sistemas elétricos, deve-se considerar o **tipo de ligação do transformador**, a **impedância** e a **relação de transformação**.
- De uma forma geral, os transformadores podem ser representados em um diagrama unifilar de um sistema elétrico equilibrado por um transformador ideal em série com uma impedância, conforme mostrado na Figura.



Para transformadores de três enrolamentos, as impedâncias de cada enrolamento devem ser consideradas.

Fonte: Silva, 2019.

Sistema trifásico equilibrado!!!



Sistema de proteção

Um sistema de proteção é formado basicamente pelos transformadores de instrumentação (TPs e TCs), relés e um dispositivo de abertura (disjuntor, religador ou chave seccionadora).

As correntes e tensões são adequadas aos dispositivos do sistema de proteção pelos transformadores de instrumentação e são fornecidas aos relés, que por sua vez tem a função de avaliar se a condição de operação do sistema é normal ou se existe alguma anormalidade.





Ainda em redes tipicamente radiais, a distância entre geração e carga pode causar uma queda de tensão indesejável. Esse é o caso, por exemplo das redes de distribuição convencionais (com pouca penetração de geração distribuída) onde quanto maior for a distância do ponto de carga em relação à subestação, maior será a queda de tensão. Para contornar os problemas de instabilidades de tensão, reguladores de tensão e bancos de capacitores são alocados em pontos estratégicos de forma a retornar as tensões aos patamares aceitáveis.

Os reguladores de tensão são tipicamente transformadores de tap variável, que analisa as tensões de primário e secundário e ajustam os taps para elevar ou abaixar a tensão de forma a mantê-la regulada.

Este ajuste de tap pode ser feito de forma automática ou manual, sendo os reguladores automáticos mais comuns de serem empregados em transformadores de subestações de distribuição.

SITUAÇÃO PROBLEMA

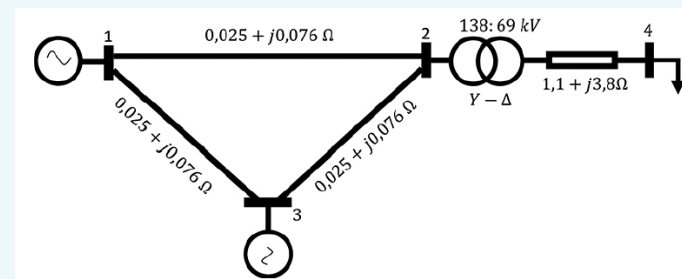
Equipamentos
elétricos utilizados
em SEP



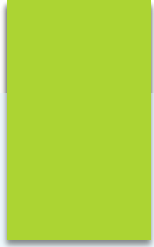
Imagine que foi possível firmar uma parceria com uma empresa de software de análise de sistemas elétricos de potência. Para saber se o software atende às necessidades da análise requerida pela EPE, é necessário fazer um pequeno teste, e neste sentido o seu supervisor enviou uma rede teste cujo cartão de entrada de dados é conforme mostra o quadro a seguir:

Barra início	Barra fim	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Yshunt (S/km)	Comprimento (km)	Tipo
2	4	1,1	3,8	0	-	Trafo 138/69 kV
1	2	0,025	0,076	5×10^4	150	Linha 138 kV
2	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV
1	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV

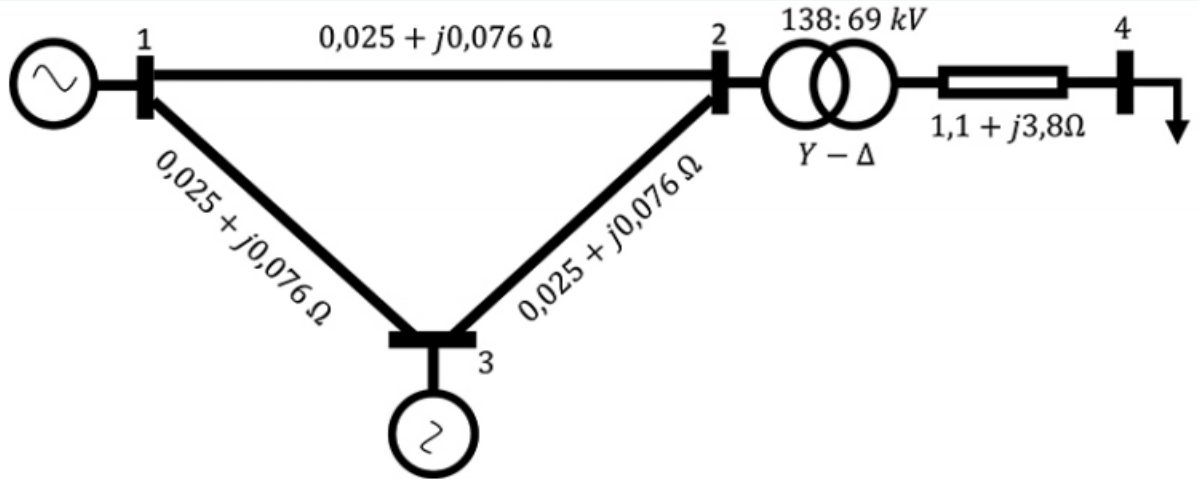
Além disso, sabe-se que a barra 1 é utilizada para o balanço de carga estando conectado a um gerador, a barra 4 possui também um gerador e a barra 5 possui uma carga conectada.



Sua tarefa é determinar se a figura representa adequadamente o sistema elétrico com os dados apresentados na tabela de forma a ser realizada a análise do sistema. Como você faria esta análise? Como podemos modelar os elementos da rede baseado nos dados do cartão? Que tipos de modelos de linhas podemos empregar?

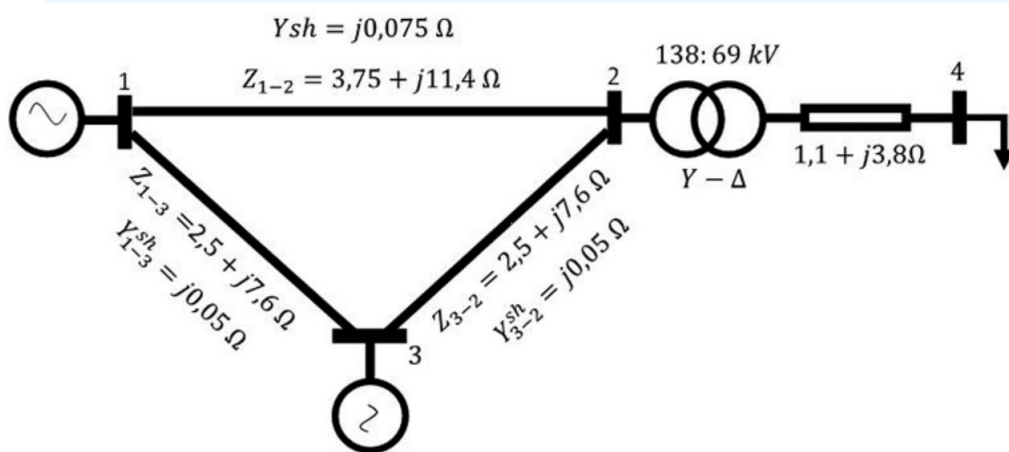


Barra inicio	Barra fim	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Yshunt (S/km)	Comprimento (km)	Tipo
2	4	1,1	3,8	0	-	Trafo 138/69 kV
1	2	0,025	0,076	5×10^4	150	Linha 138 kV
2	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV
1	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV





Barra inicio	Barra fim	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Yshunt (S/km)	Comprimento (km)	Tipo
	4	1,1	3,8	0	-	Trafo 138/69 kV
1	2	0,025	0,076	5×10^4	150	Linha 138 kV
2	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV
1	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV



LT da barra 1 para a barra 2:

$$Z_{1-2} = (0,025 + j0,076) \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 150 \text{ km} = (3,75 + j11,4) \Omega$$

$$Y^{sh}_{1-2} = (j5 \times 10^4) \frac{\text{S}}{\text{km}} \cdot 150 \text{ km} = j0,075 \text{ S}$$

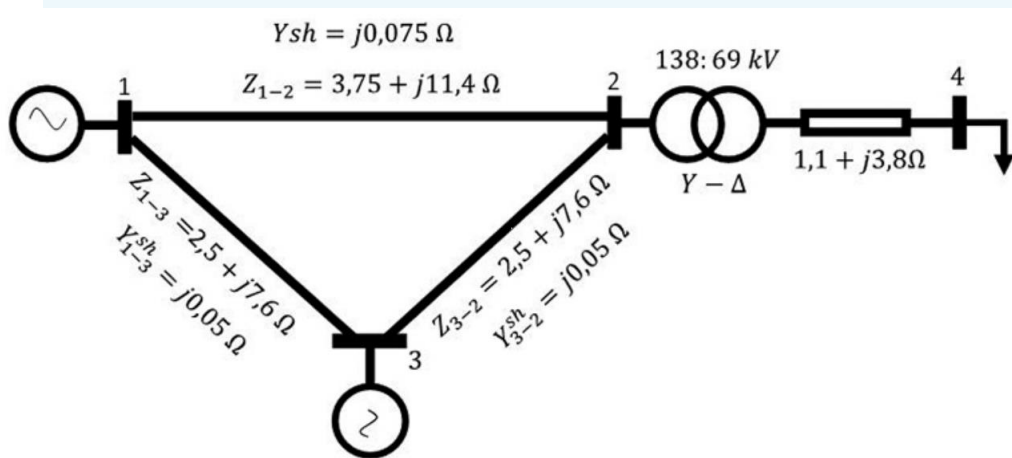
LT da barra 2 para a barra 3:

$$Z_{2-3} = (0,025 + j0,076) \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 100 \text{ km} = (2,5 + j7,6) \Omega$$

$$Y^{sh}_{2-3} = (j5 \times 10^4) \frac{\text{S}}{\text{km}} \cdot 100 \text{ km} = j0,05 \text{ S}$$



Barra inicio	Barra fim	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Yshunt (S/km)	Comprimento (km)	Tipo
2	4	1,1	3,8	0	-	Trafo 138/69 kV
1	2	0,025	0,076	5×10^4	150	Linha 138 kV
2	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV
1	3	0,025	0,076	5×10^4	100	Linha 138 kV



LT da barra 1 para a barra 3:

$$Z_{1-3} = (0,025 + j0,076) \frac{\Omega}{km} \cdot 100 km = (2,5 + j7,6) \Omega$$

$$Y_{1-3}^{sh} = (j5 \times 10^4) \frac{S}{km} \cdot 100 km = j0,05 S$$

EXERCÍCIOS





► **Exercício** - As linhas de transmissão e distribuição de energia são implementadas por meio de condutores elétricos, mas precisamos considerar que as linhas de transmissão e as linhas de distribuição apresentam certas diferenças. Uma das diferenças mais claras está relacionada à distância das linhas: enquanto linhas de transmissão correspondem às linhas mais longas, geralmente, as linhas de distribuição são mais curtas. Uma linha de transmissão tem 100km de comprimento e é dimensionada para uma tensão de 138kV. Esta linha deve ser representada por um modelo de que tipo de linhas?

- a) Linhas curtas com os valores de resistência e reatância série.
- b) Linhas curtas com os valores de resistência, reatância e admitância shunt.
- c) Linhas médias com os valores de resistência, reatância e admitância shunt.
- d) Linhas médias com os valores de resistência e reatância série.
- e) Linhas longas com parâmetros de impedância e admitância dependente do comprimento da linha e da constante de propagação.



Exercício – Nos sistemas de transmissão e distribuição equipamentos de proteção contra falhas no sistema elétrico são essenciais. Elementos de aberturas de circuitos atuam de forma a isolar uma parte do sistema que tenha sido afetada por uma perturbação, podendo essa perturbação ser instabilidade de tensão ou frequência, sobrecargas ou curto-circuitos.

Assinale a alternativa que apresenta os principais componentes de um sistema de proteção do sistema elétrico de potência.

- a) Transformadores de potência, relés, disjuntores e chaves.
- b) Transformadores de instrumento, relés, linhas de transmissão.
- c) Transformadores monobucka, relés, disjuntores e chaves.
- d) Transformadores de instrumento, relés, disjuntores e chaves.**
- e) Transformadores de instrumento, relés, bancos de capacitores.



Exercício - Podemos definir os modelos π equivalentes das linhas como os modelos de linhas curtas, médias e longas. Nesse modelo são consideradas as impedâncias da linha, dadas pelos parâmetros de resistência e reatância de dispersão (R e X) e as capacitâncias Shunt.

Tendo como base o modelo π equivalentes das linhas de transmissão, avalie a sentença a seguir preenchendo suas lacunas:

Para linhas curtas, as capacitâncias Shunt podem ser desprezadas, e então teremos um modelo baseado somente nos _____. Para linhas médias, as capacitâncias Shunt das linhas passam a ser importantes e são modeladas por meio de sua _____ sendo conectada de forma concentrada nos extremos da linha, tendo metade do valor total em cada extremo. Para linhas longas, tanto a impedância da linha quanto as admitâncias shunt são calculadas de acordo com dois parâmetros: _____ e o _____.

Assinale a alternativa que completa corretamente a sentença.

Escolha uma:

- a. parâmetros série / susceptância / constante de propagação da linha / largura da linha
- b. parâmetros série / admitância / constante de propagação da linha / largura da linha
- c. parâmetros paralelos / admitância / constante de propagação da linha / comprimento da linha
- d. parâmetros paralelos / susceptância / constante de propagação da linha / largura da linha
- e. parâmetros série / admitância / constante de propagação da linha / comprimento da linha