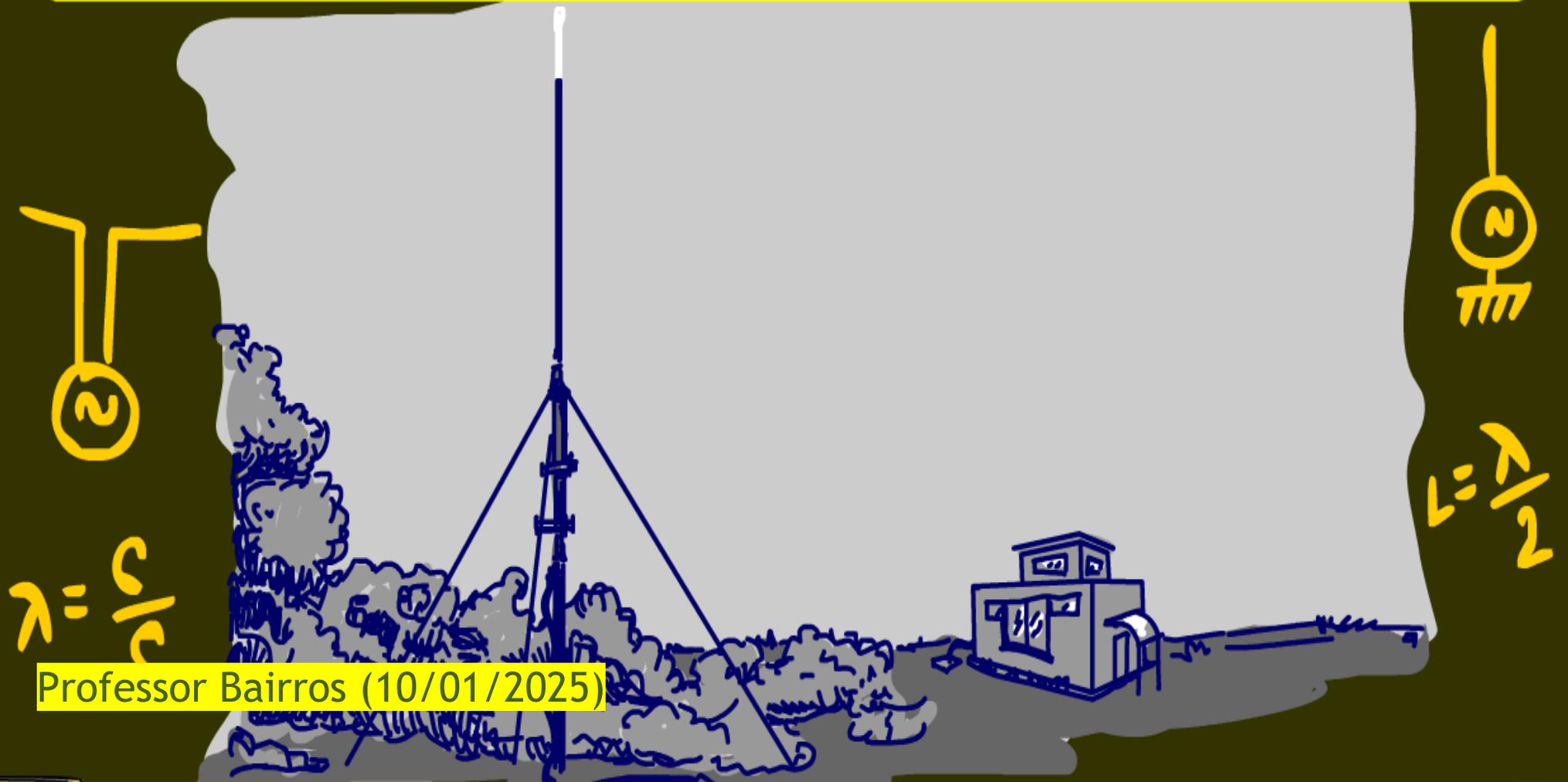


# Conheça os fundamentos do rádio: A antena!



# TÍTULO DO MODELO DE TUTORIAL



The screenshot shows the homepage of the website 'bairrospd'. The header includes the logo and the text 'BAIRROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a navigation menu with links for 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABE?', and 'CONTATO'. The main content area features a section titled 'APRENDA A LER RESISTORES' with an illustration of a person working on a circuit board. Below this, there is a search bar and a section titled 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência'. At the bottom, there is a blue button that says 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIRROS?' and a 'CLIQUE AQUI' link.

**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)  
Professor Bairros

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

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIRROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.  
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

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

<https://www.youtube.com/@professorbairros>

## Sumário

1. Introdução. ....	4
2. O conceito. ....	5
3. A linha de transmissão. ....	6
4. A linha não ressonante ..... 17	17
5. A linha ressonante e a reflexão..... 22	22
6. Ondas estacionárias. .... 27	27
7. A impedância da linha. .... 32	32
8. A antena dipolo. .... 39	39
9. A antena um quarto de onda..... 49	49
10. O casamento das impedâncias. .... 55	55
11. Conclusão. .... 59	59
12. Créditos..... 60	60

Título do modelo de tutorial

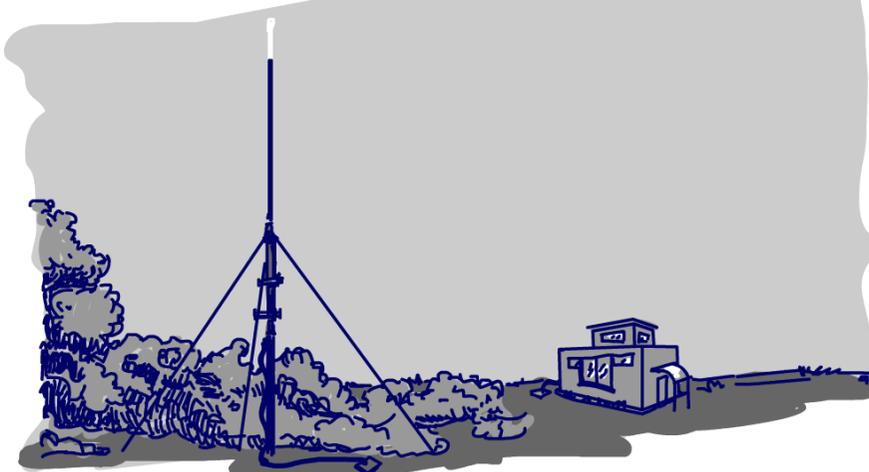
Título do modelo de tutorial



YOUTUBE: <https://youtu.be/K8L87iqnm2w>

## 1. Introdução.

### **Conheça os fundamentos do rádio: A antena!**



Conheça os fundamentos do rádio: A antena!

Um sistema de transmissão de rádio demonstra uma maneira de transmitir energia elétrica e convertê-la em outra forma de energia, as ondas de rádio, para isso tem que haver um casamento perfeito entre o transmissor, a linha de transmissão e a antena é sobre isso que nós vamos falar nesse tutorial, vamos lá?

Figura 1

## 2. O conceito.

2.0 conceito.

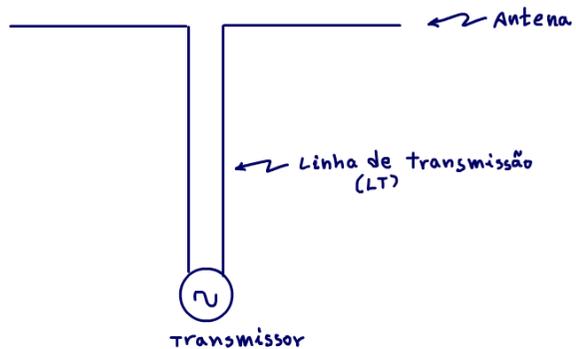


Uma antena ligada no gerador através de uma linha de Transmissão não é muito diferente de uma luminária ligada na tomada, a luminária irradia luz da mesma forma que a antena irradia ondas de rádio, o fio ligando a luminária a tomada, tem a mesma função da linha de Transmissão e o transmissor tem a mesma função do gerador de energia elétrica ligado a tomada, agora tudo ficou mais simples não é mesmo?

Figura 2

### 3. A linha de transmissão.

3.A linha de transmissão.

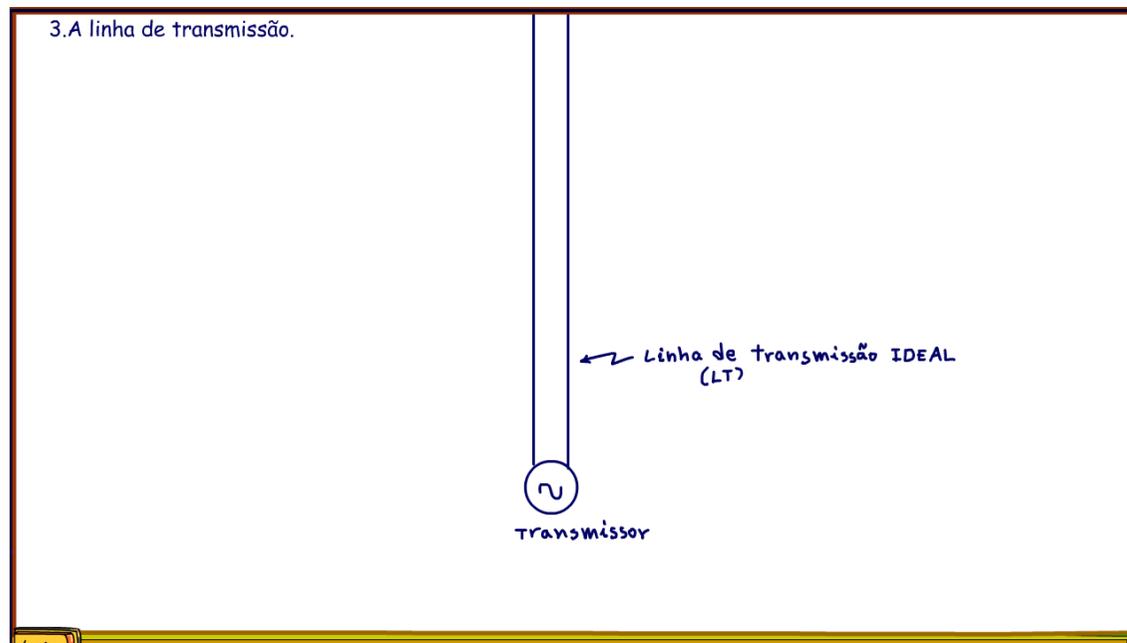


A linha de Transmissão é simplesmente dois condutores isolados e em paralelo, que conecta o transmissor a antena.

Para entender o funcionamento da linha de transmissão, vamos partir do estudo de uma linha de transmissão ideal.

Figura 3

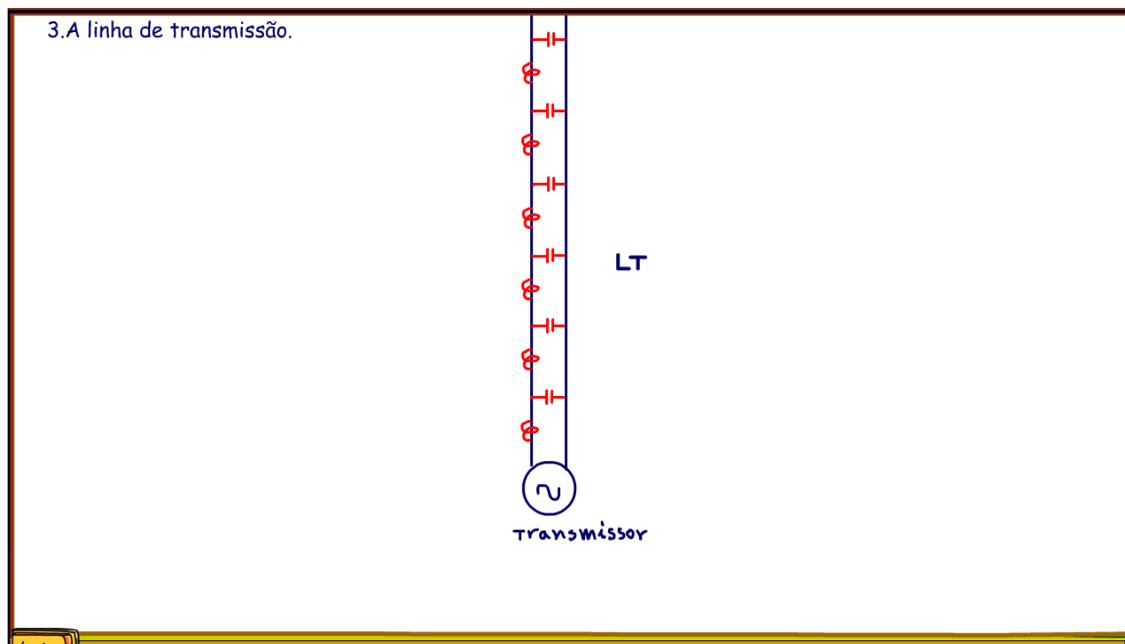
## Título do modelo de tutorial



A linha de transmissão ideal teria um comprimento infinito e por ser construída com 2 fios isolados em paralelo,

Figura 4

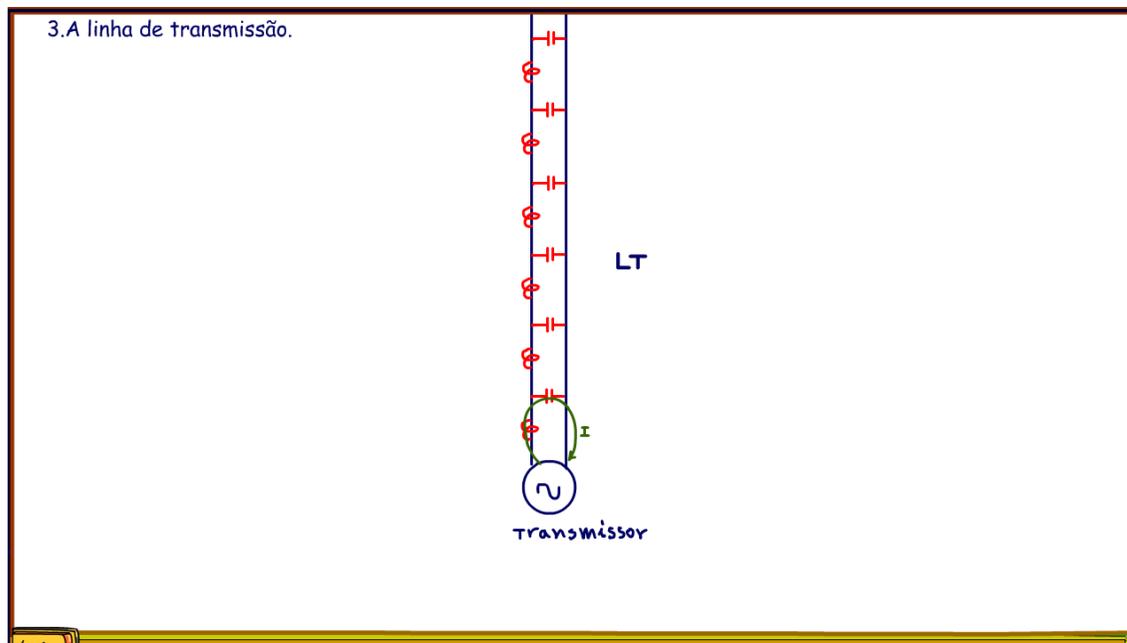
## Título do modelo de tutorial



Eletricamente a linha de Transmissão se comporta como um conjunto de capacitores ligados em paralelo e indutores ligados em série.

Figura 5

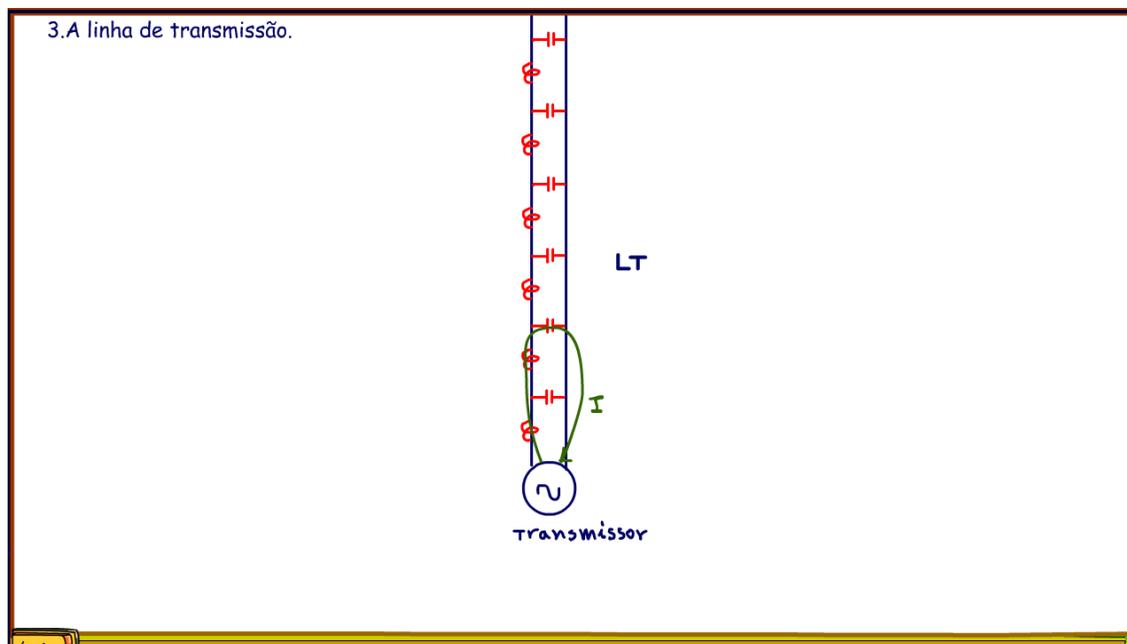
## Título do modelo de tutorial



Quando o transmissor manda um sinal para antena através da linha de Transmissão, uma corrente elétrica circula pelos condutores e vai carregando os capacitores.

Figura 6

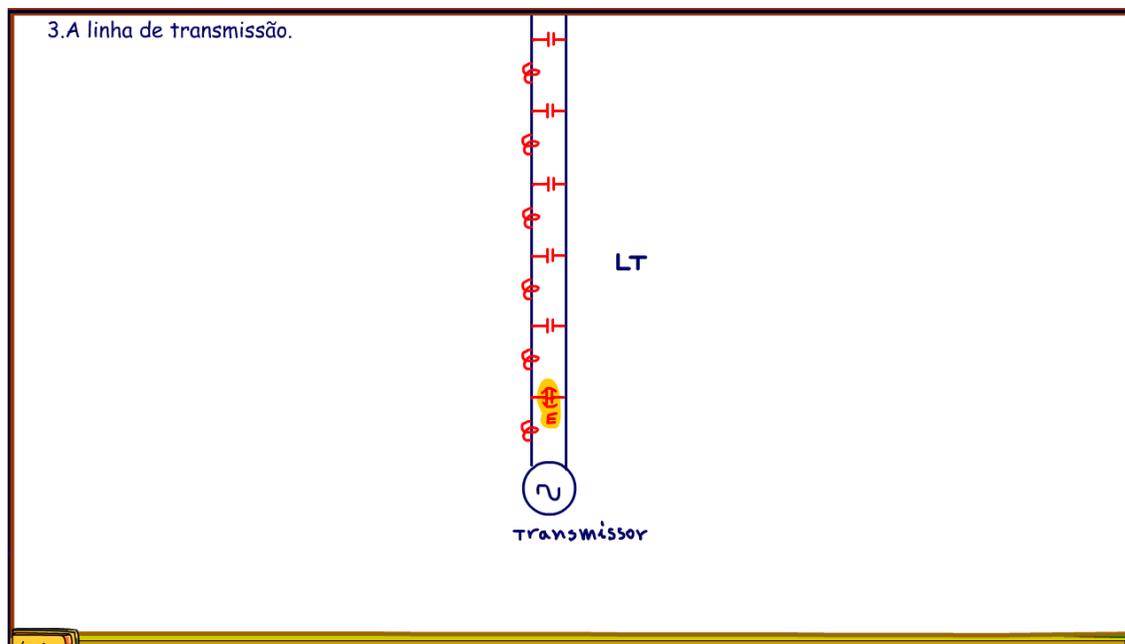
## Título do modelo de tutorial



Os capacitores vão sendo carregados um de cada vez.

Figura 7

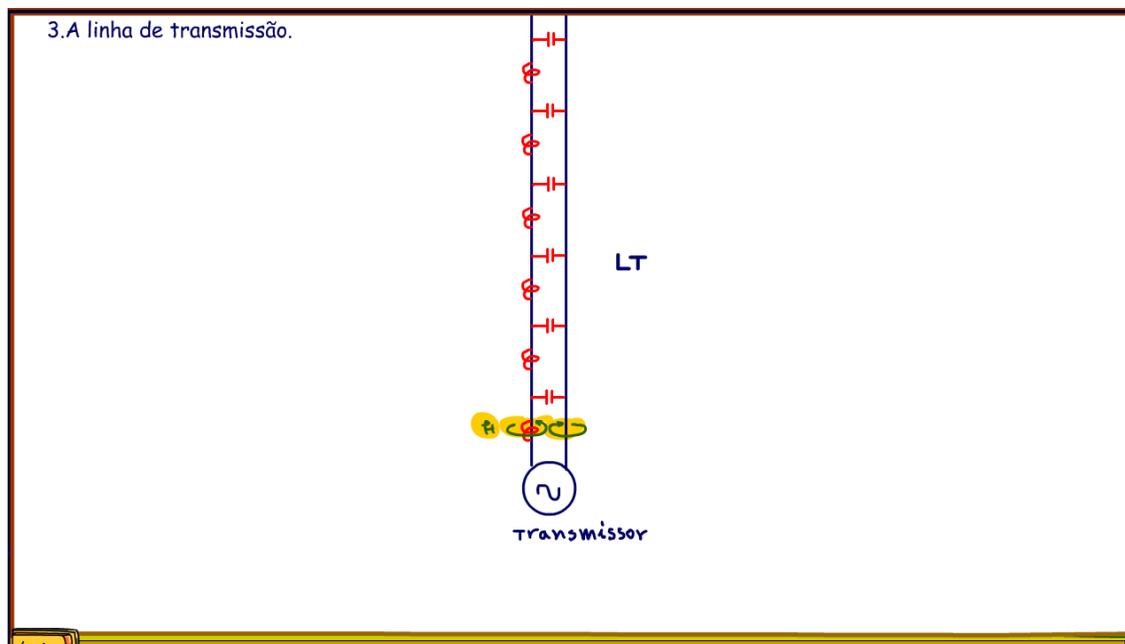
## Título do modelo de tutorial



Ao carregar os capacitores uma corrente elétrica circula pelos condutores carregando os capacitores que criam entre as armaduras um campo elétrico  $E$ .

Figura 8

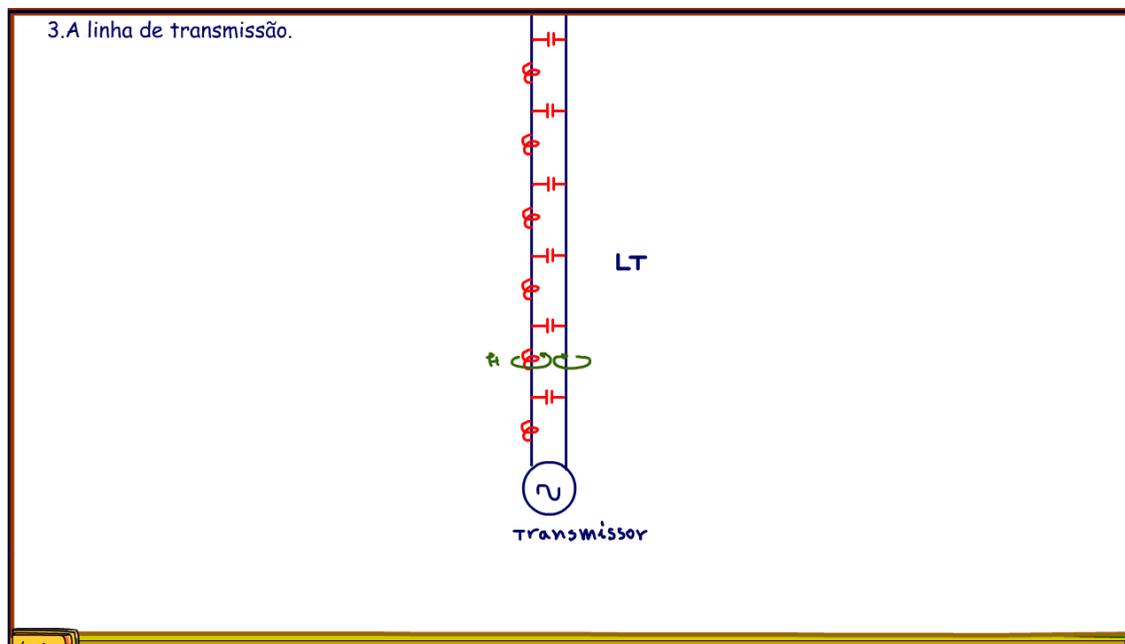
## Título do modelo de tutorial



Já a corrente elétrica cria ao redor dos condutores um Campos magnéticos H.

Figura 9

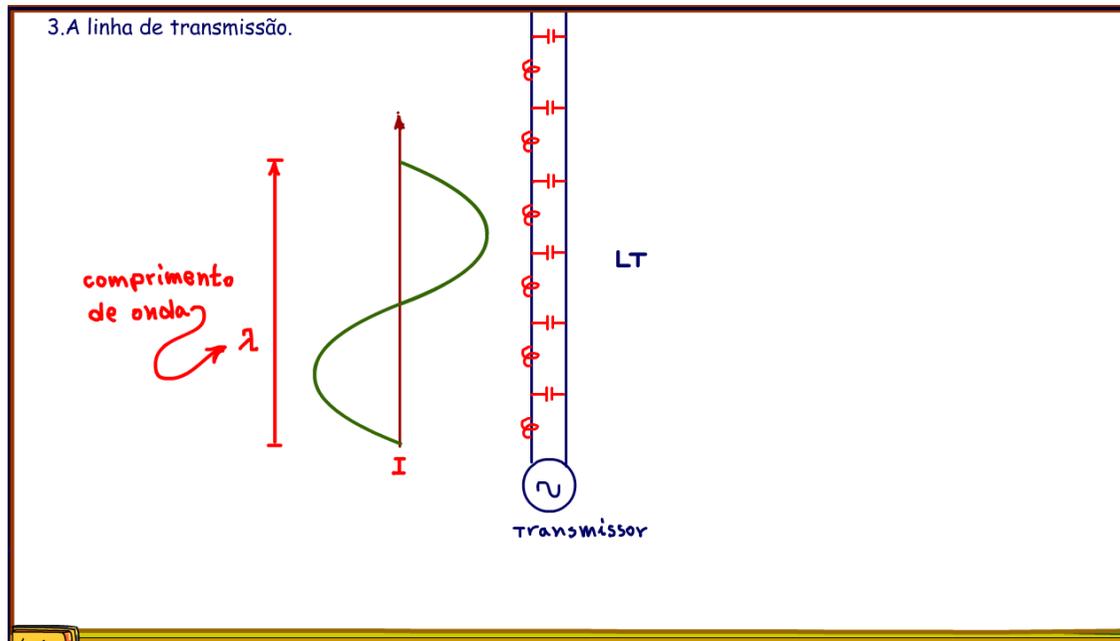
## Título do modelo de tutorial



Os campos magnéticos se deslocam ao longo dos condutores conforme vão carregando os capacitores.

Figura 10

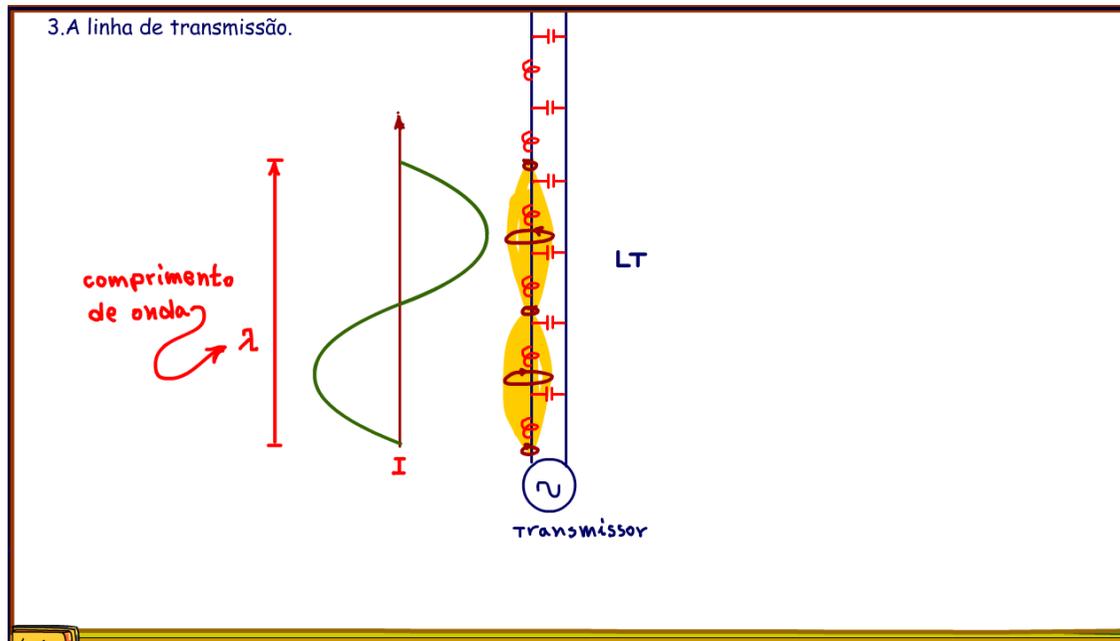
## Título do modelo de tutorial



Para simplificar o estudo vamos imaginar que o transmissor está mandando um sinal perfeitamente senoidal de uma frequência fixa ao longo da linha de Transmissão, depois de um ciclo completo da senoide, o campo magnético ao redor da linha de Transmissão, assume o padrão mostrado na figura.

Figura 11

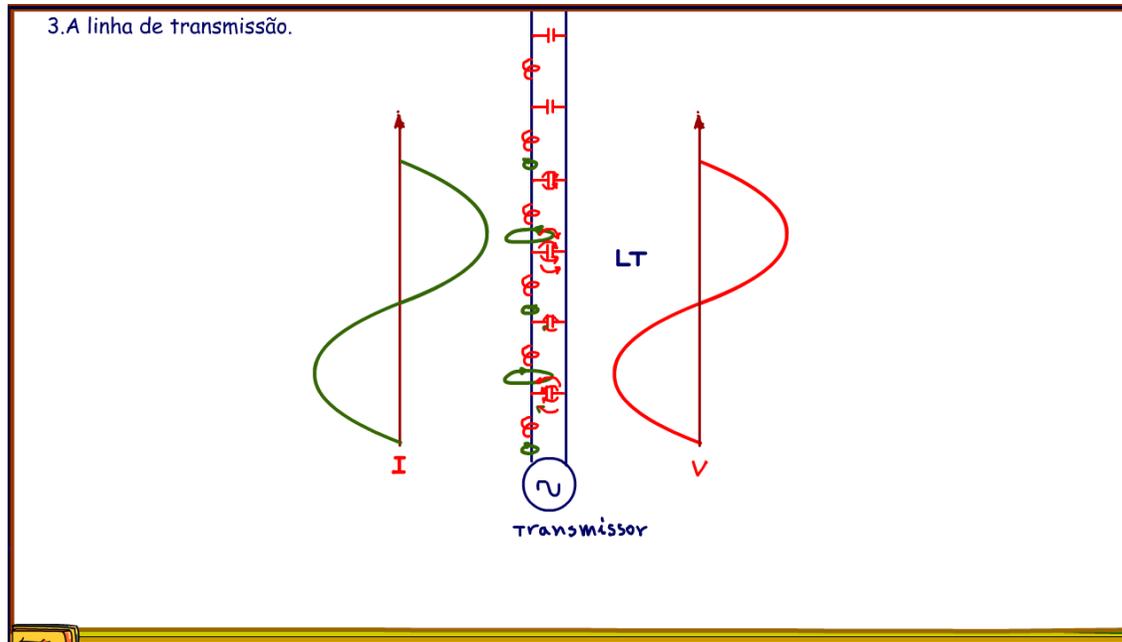
## Título do modelo de tutorial



Neste padrão o campo magnético terá uma intensidade passando por máximos e mínimos e passando por zero, formando uma onda senoidal que se desloca ao longo da linha de Transmissão, esse padrão será função da corrente circulando pelas linhas de Transmissão.

Figura 12

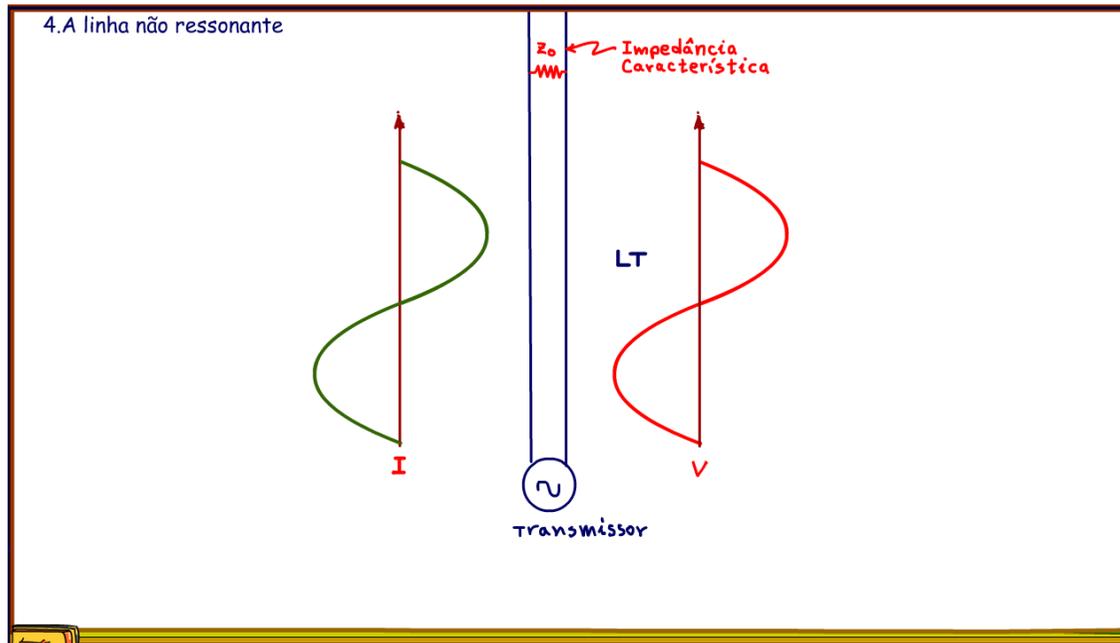
## Título do modelo de tutorial



Entre os dois condutores da linha de Transmissão também é criado um campo elétrico, exatamente como na placa de um capacitor, aqui a intensidade do campo elétrico também vai variar como uma senoide, que vai se propagar ao longo da linha de Transmissão.

Figura 13

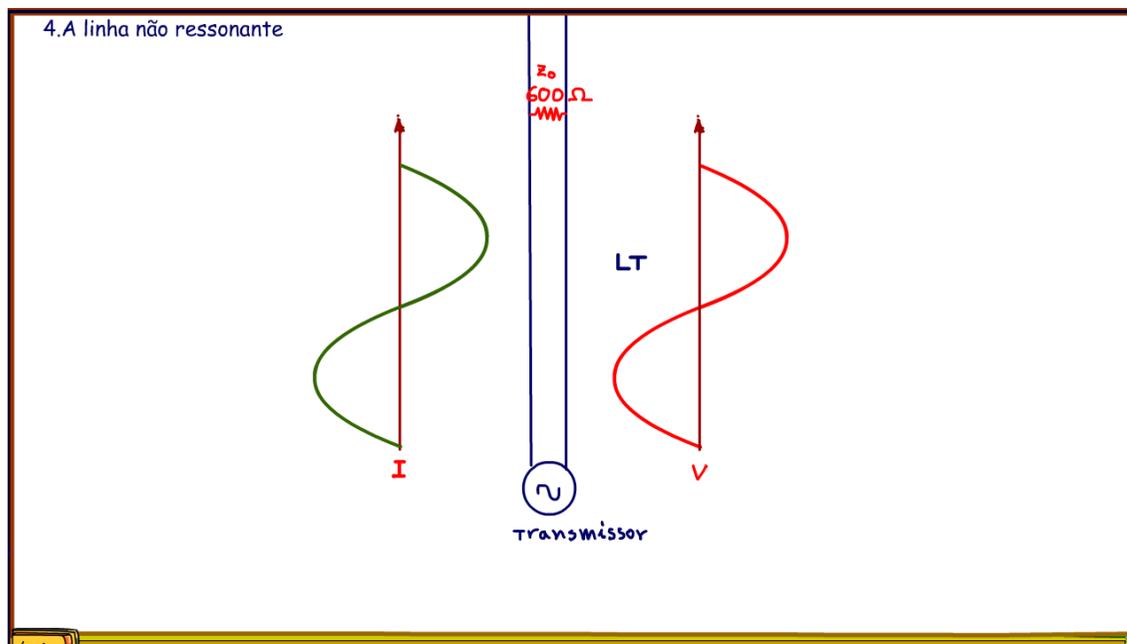
## 4. A linha não ressonante



Observando a senoide da corrente e a senoide da tensão para uma linha de Transmissão ideal infinita às duas senoides estariam em fase, então a linha de Transmissão se comportaria como uma resistência pura, essa resistência é chamada de impedância característica da linha de Transmissão, descrita como  $z$  zero.

Figura 14

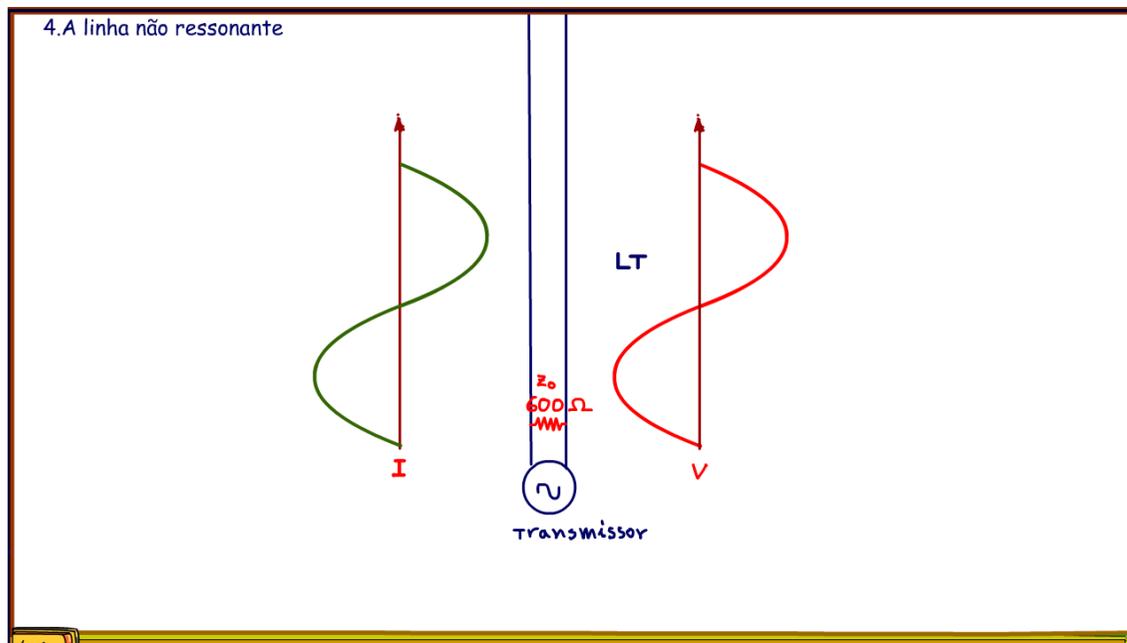
## Título do modelo de tutorial



Para o transmissor essa linha tem o mesmo comportamento de uma linha ligada a uma resistência com o valor exatamente igual a impedância característica da linha de transmissão, como exemplo, vou usar uma resistência de 600 OHM, como a resistência da impedância característica da linha de Transmissão.

Figura 15

## Título do modelo de tutorial

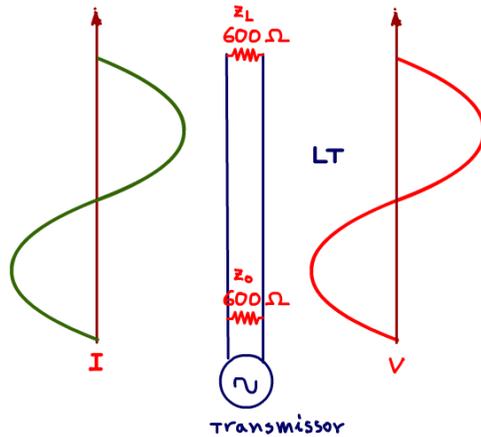


E não importa onde esteja a resistência, ou ainda a frequência do sinal enviado pelo transmissor, o transmissor sempre vai enxergar uma resistência equivalente a 600 OHM, a impedância característica da linha de Transmissão.

Figura 16

## Título do modelo de tutorial

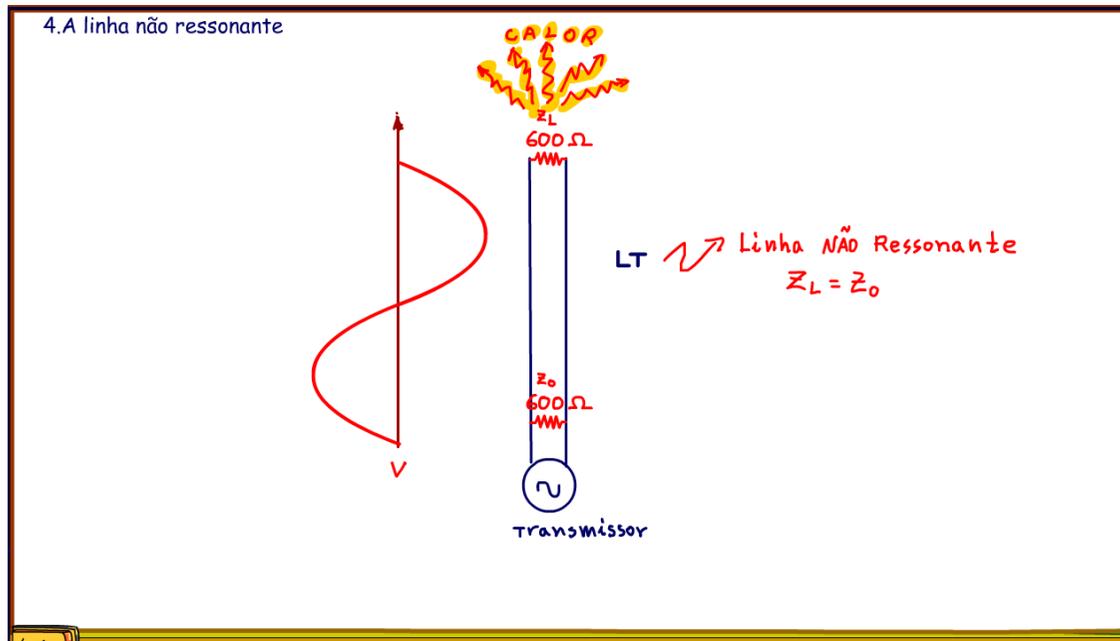
### 4.A linha não ressonante



Colocando uma resistência no final da nossa linha de Transmissão, os padrões de corrente tensão continuam os mesmos, mas agora a nossa linha não é mais infinita, agora temos uma linha de Transmissão prática.

Figura 17

## Título do modelo de tutorial



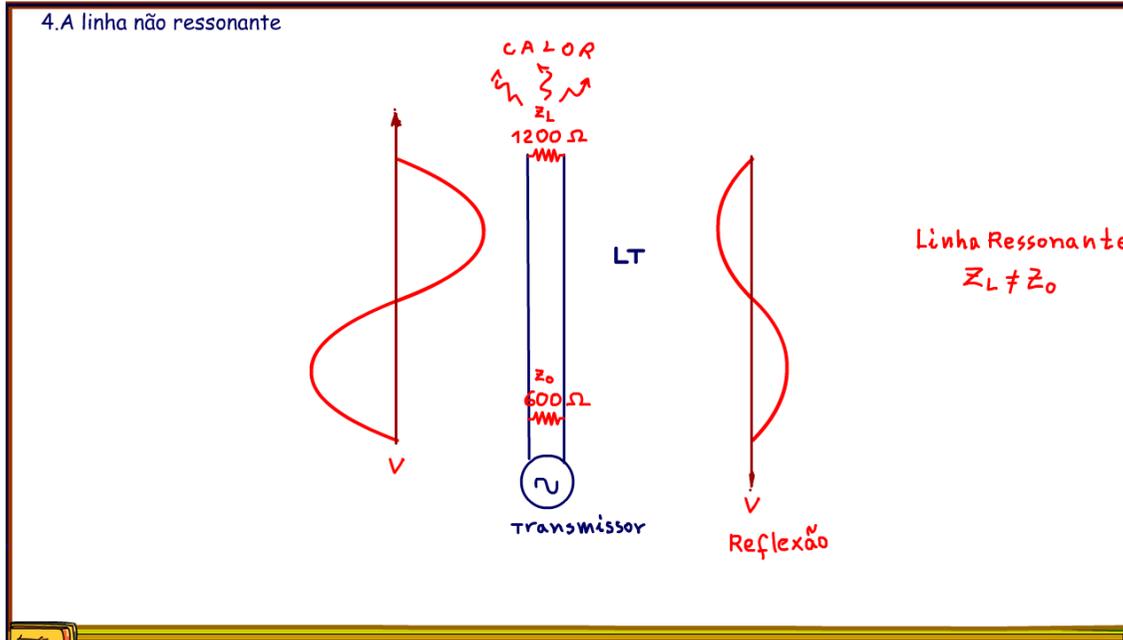
Para simplificar o estudo vamos olhar somente para a senoide do campo elétrico, a senoide da tensão.

Quando a resistência é colocada no final da linha de Transmissão, toda a energia enviada pelo transmissor é transformada em calor pela resistência, essa resistência será descrita como impedância do final da linha  $Z_L$ .

Essa linha de Transmissão em que a impedância característica da linha de Transmissão casa perfeitamente com o valor da resistência no final da linha é chamada de linha não ressonante.

Figura 18

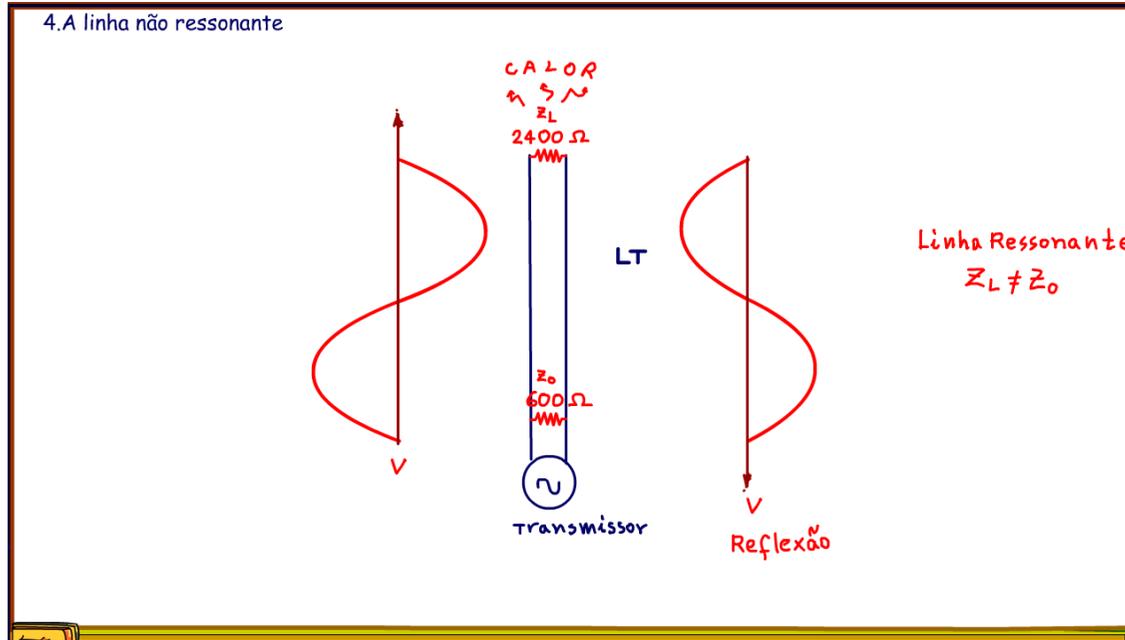
### 5. A linha ressonante e a reflexão.



Mas, se agora a resistência alterar de valor, por exemplo para 1200 OHM, nem toda a energia vai ser transformada em calor, assim parte da energia retorna para o transmissor na forma de uma senoide caminhando no sentido contrário da senoide enviada pelo transmissor, essa energia de retorno é chamada de energia refletida esse fenômeno é chamado de reflexão e essa linha com reflexão é chamada de linha ressonante.

Figura 19

## Título do modelo de tutorial

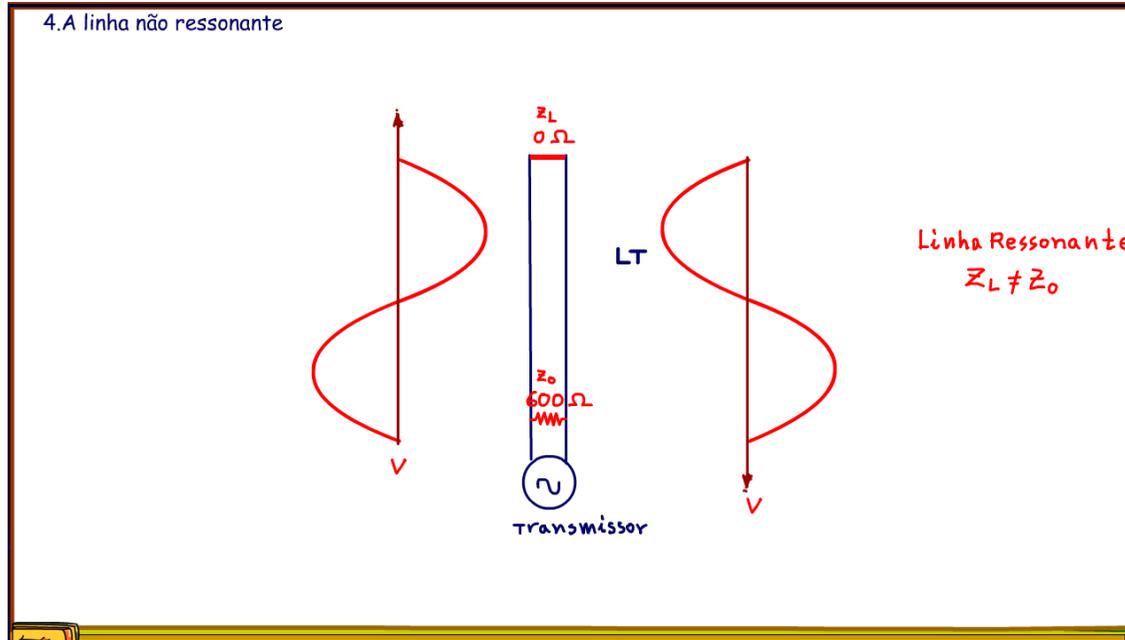


Quanto maior o valor da resistência no final da linha mais a energia é refletida, maior a amplitude da senoide, isso vai ocorrer também se o valor da resistência no final da linha for menor do que a impedância característica da linha de Transmissão.

Agora vamos estudar os extremos, se no final da linha tivermos um curto-circuito o que vai acontecer?

Figura 20

## Título do modelo de tutorial

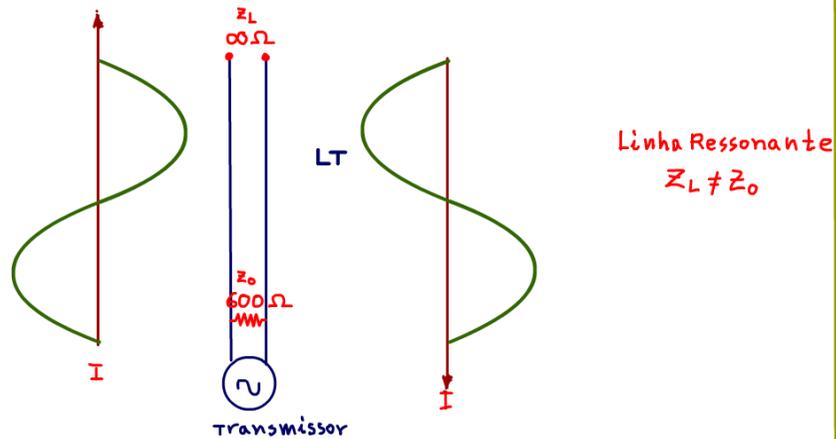


Teremos a máxima reflexão, a linha irá terminar em uma resistência igual a zero OHM, e não irá dissipar calor algum, quando a impedância característica da linha de Transmissão não casa com a resistência no final da linha, a gente diz que a linha não está casada.

Figura 21

## Título do modelo de tutorial

## 4.A linha não ressonante

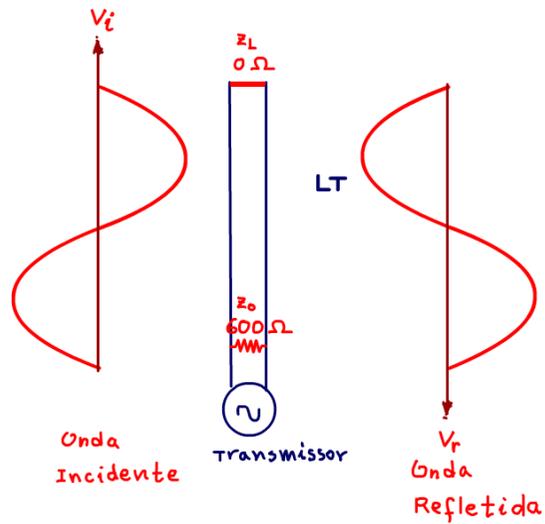


O mesmo vai ocorrer se ao final da linha de Transmissão ela estiver aberta, nesse caso a corrente será zero, e também teremos a máxima reflexão!

Figura 22

## Título do modelo de tutorial

## 4.A linha não ressonante

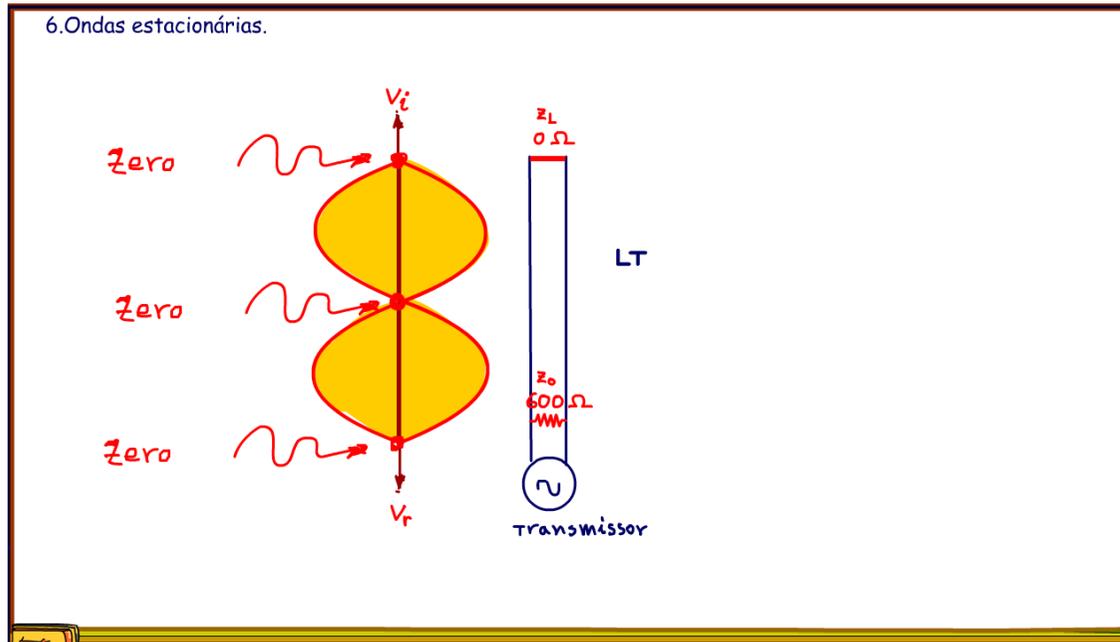


A onda senoidal enviada pelo transmissor é chamada de onda incidente e a onda refletida é chamada de onda refletida, agora vamos observar a interação entre a onda incidente e a onda refletida em uma linha de Transmissão em curto.

Figura 23

## 6. Ondas estacionárias.

6. Ondas estacionárias.

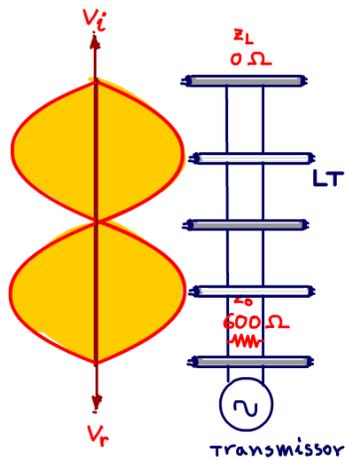


O resultado dessa interação é outra onda senoidal chamada de onda estacionária, a sua amplitude vai ficar variando no tempo, mas os seus pontos de zeros não vão mudar de posição, estarão sempre no mesmo ponto ao longo da linha de Transmissão.

Figura 24

## Título do modelo de tutorial

6. Ondas estacionárias.

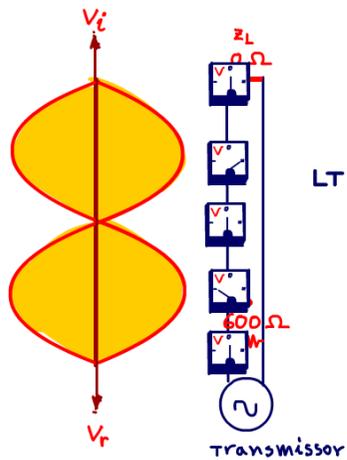


Uma forma de observar esse fenômeno é usando uma lâmpada fluorescente, deslocando essa lâmpada sobre a linha de Transmissão vamos ver pontos onde a lâmpada vai acender no máximo e outros pontos onde a lâmpada está apagada, ou com o brilho mínimo, estes são os pontos de zeros.

Figura 25

## Título do modelo de tutorial

6. Ondas estacionárias.

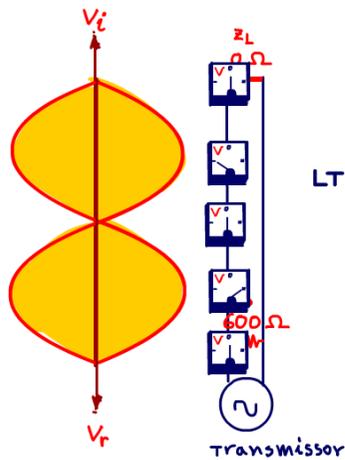


Se eu invés da lâmpada fluorescente tivesse um voltímetro mágico que medisse a intensidade da onda estacionária parada no tempo veríamos o ponteiro do voltímetro alternar do valor máximo ao valor mínimo passando pelo zero.

Figura 26

## Título do modelo de tutorial

6. Ondas estacionárias.



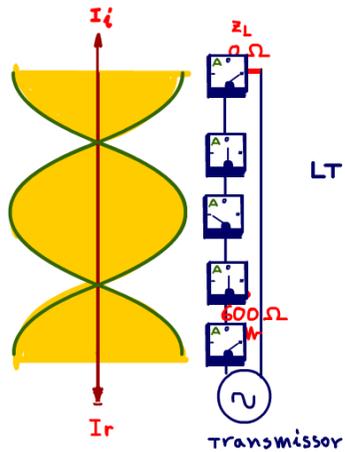
Se medíssemos num segundo momento, os máximos e mínimos poderiam estar alterados, mas os pontos de zeros não, esse é o ponto chave das ondas estacionárias, o zeros não mudam.

A distância entre dois zero é exatamente igual a metade do comprimento da onda.

Figura 27

## Título do modelo de tutorial

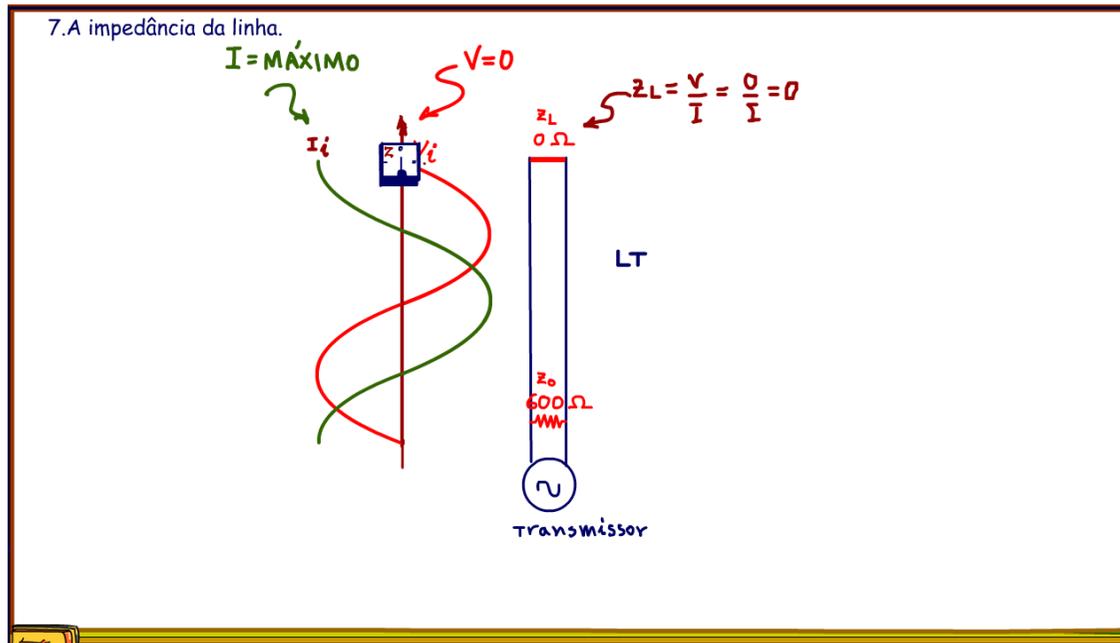
6. Ondas estacionárias.



Se também tivéssemos um amperímetro mágico, e fizéssemos a mesma medição para a onda de corrente, obteríamos uma forma de onda similar ao da figura, a posição dos máximos e mínimos poderiam mudar, mas os zeros não.

Figura 28

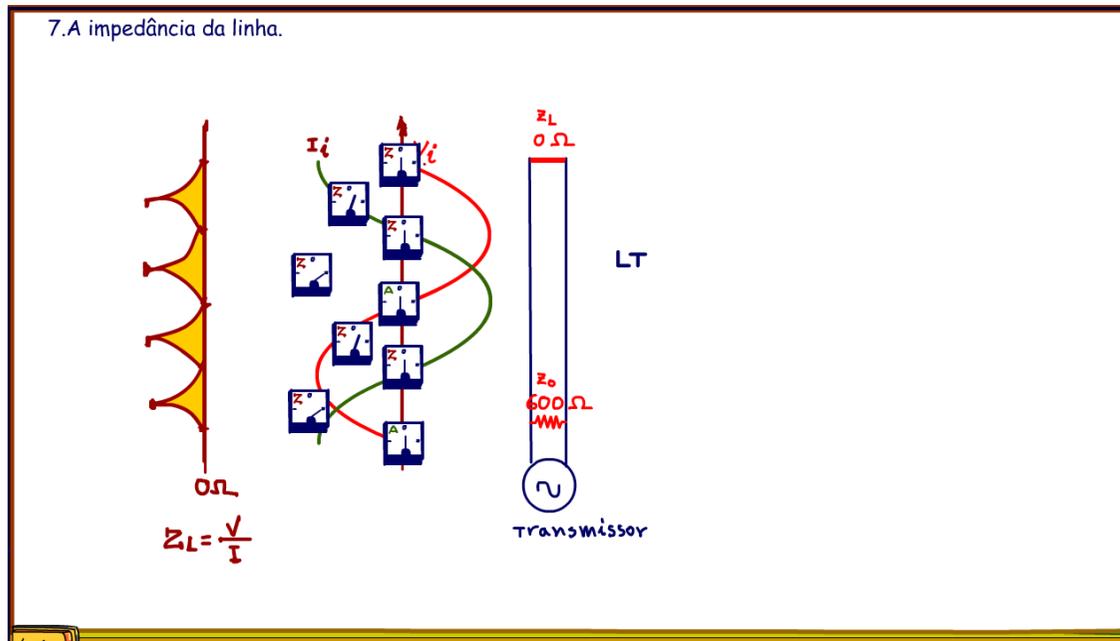
## 7. A impedância da linha.



Se agora colocássemos as duas medições lado a lado, e se medíssemos a impedância em todos os pontos da linha de transmissão com reflexão, aqui vou simplificar e mostrar somente a onda incidente, teríamos a menor impedância no fim da linha, pois devido ao curto-circuito a corrente é máxima nesse ponto e a tensão é zero.

Figura 29

## Título do modelo de tutorial

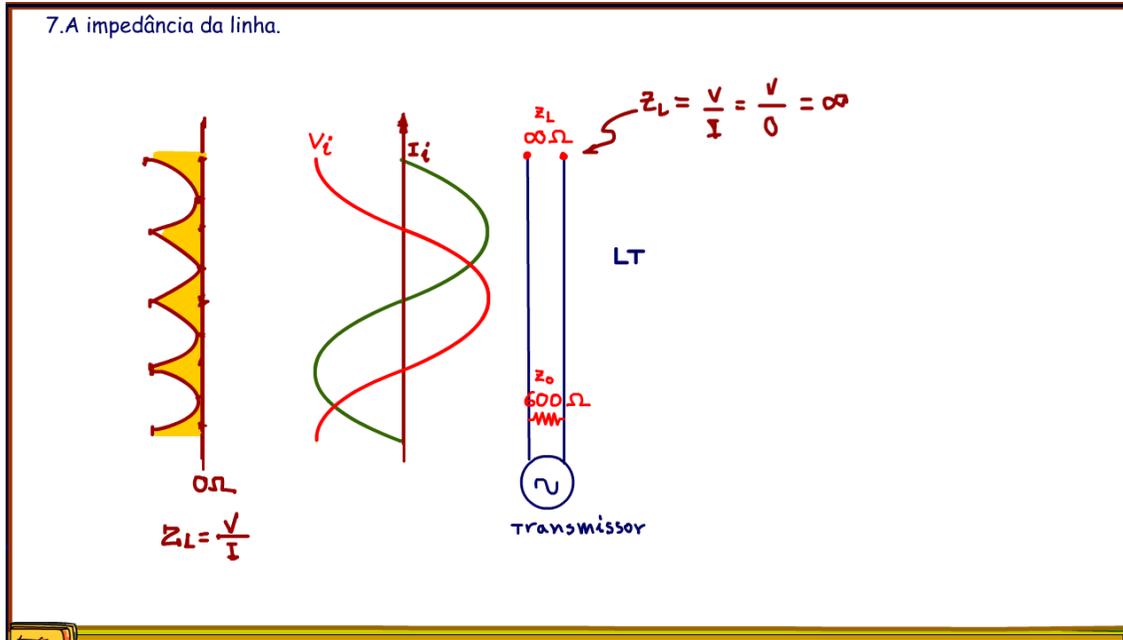


Fazendo o mesmo para todos os pontos da linha de Transmissão obteríamos o gráfico da figura com a impedância no final da linha igual a zero e picos de valores máximos ao longo de toda a linha.

Note que a impedância da linha é a divisão da tensão pela corrente, por isso ela é positiva quando a tensão é negativa e a corrente é negativa.

Figura 30

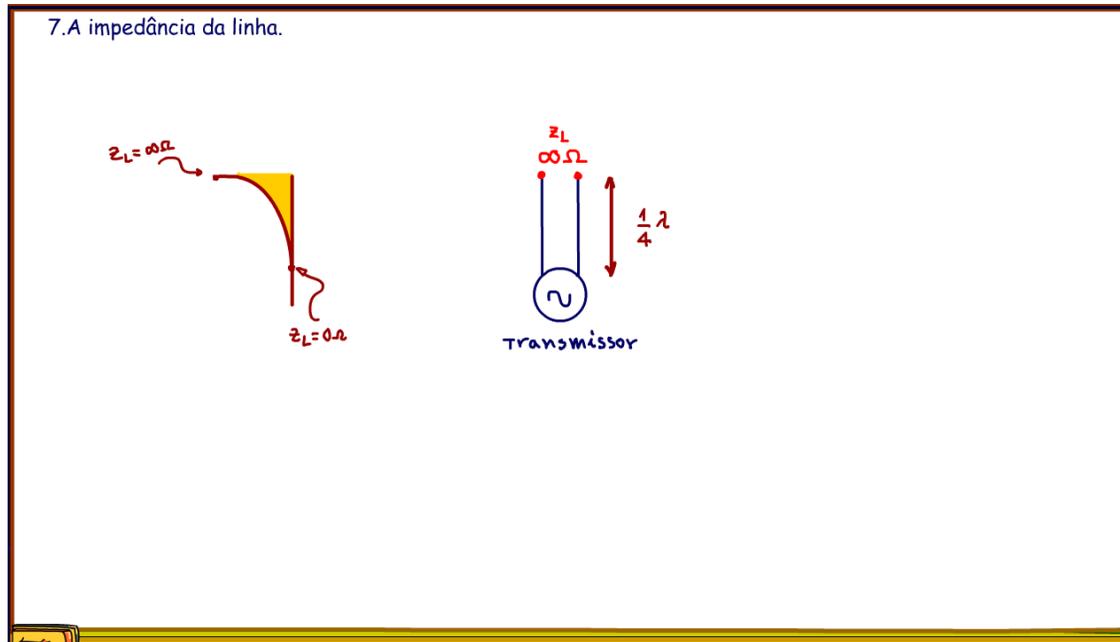
Título do modelo de tutorial



Se agora medirmos a impedância de uma linha de Transmissão aberta, teríamos uma forma de onda com os valores opostos, no final a impedância seria a máxima, A corrente é zero mas a tensão é a máxima.

Figura 31

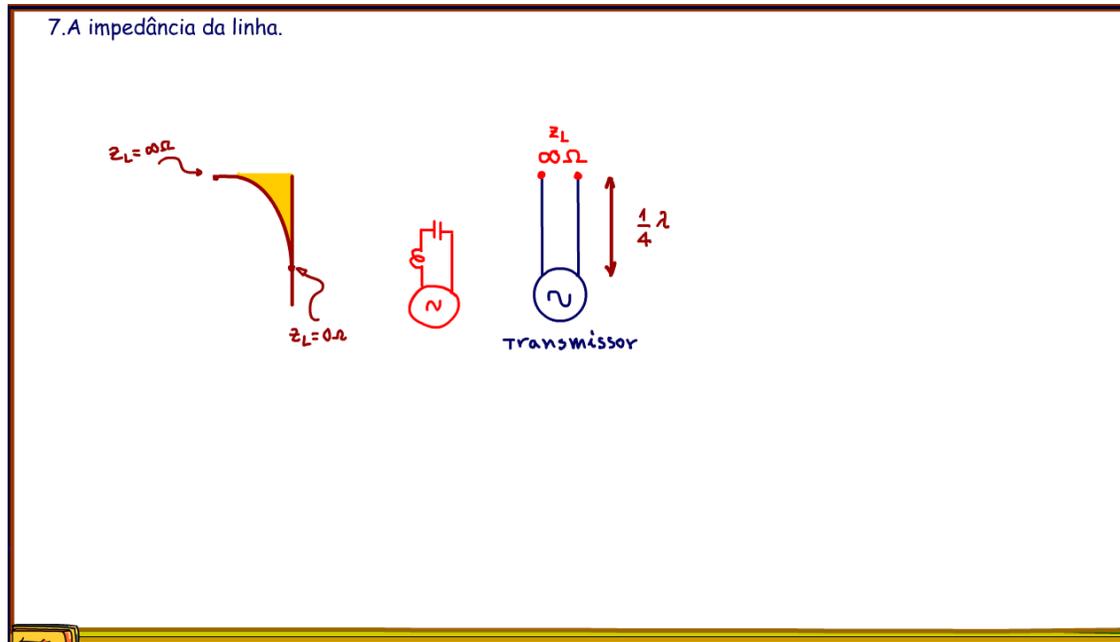
## Título do modelo de tutorial



Agora vamos recortar a nossa linha de Transmissão aberta, vamos fazer uma linha de Transmissão com um quarto do comprimento de onda, veja como fica o gráfico da impedância para essa situação, note que a impedância no final da linha é muito alta, mas para o gerador a impedância é muito baixa.

Figura 32

## Título do modelo de tutorial



O gerador enxerga a linha de Transmissão como um circuito ressonante em série.

É como você levantar a resistência equivalente de um circuito vista pela fonte, a fonte enxerga zero ohm.

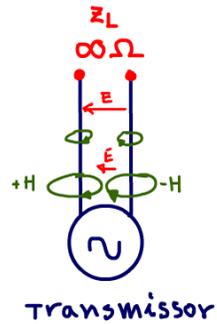
Como a linha de transmissão é um circuito composto por indutâncias e capacitâncias, quando a impedância total é zero, isso significa que o circuito LC se comporta como um circuito ressonante em série.

A corrente entregue pelo transmissor será a máxima.

Figura 33

## Título do modelo de tutorial

7.A impedância da linha.

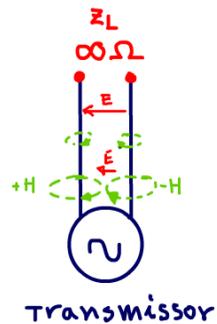


Pois é exatamente dessa forma que é construída a nossa antena, veja como fica o campo magnético e o campo elétrico ao longo dessa linha de Transmissão, o campo magnético é mais intenso bem na saída do transmissor, já o campo elétrico é mais intenso no final da linha de Transmissão.

Figura 34

## Título do modelo de tutorial

7.A impedância da linha.



A tensão é maior no fim da linha de transmissão, mas os Campos magnéticos em paralelo se cancelam, estão girando em sentidos opostos, isso porque a corrente está transitando num sentido em um dos condutores e no outro sentido no outro condutor.

Figura 35

## 8. A antena dipolo.

A antena dipolo.

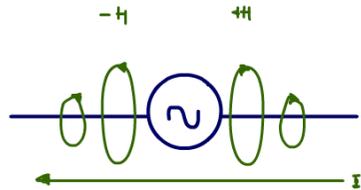


Agora veja o milagre da antena acontecendo, para construir uma antena é só dobrar a linha de Transmissão em dois condutores alinhados, esse tipo de antena é chamado de dipolo.

Figura 36

## Título do modelo de tutorial

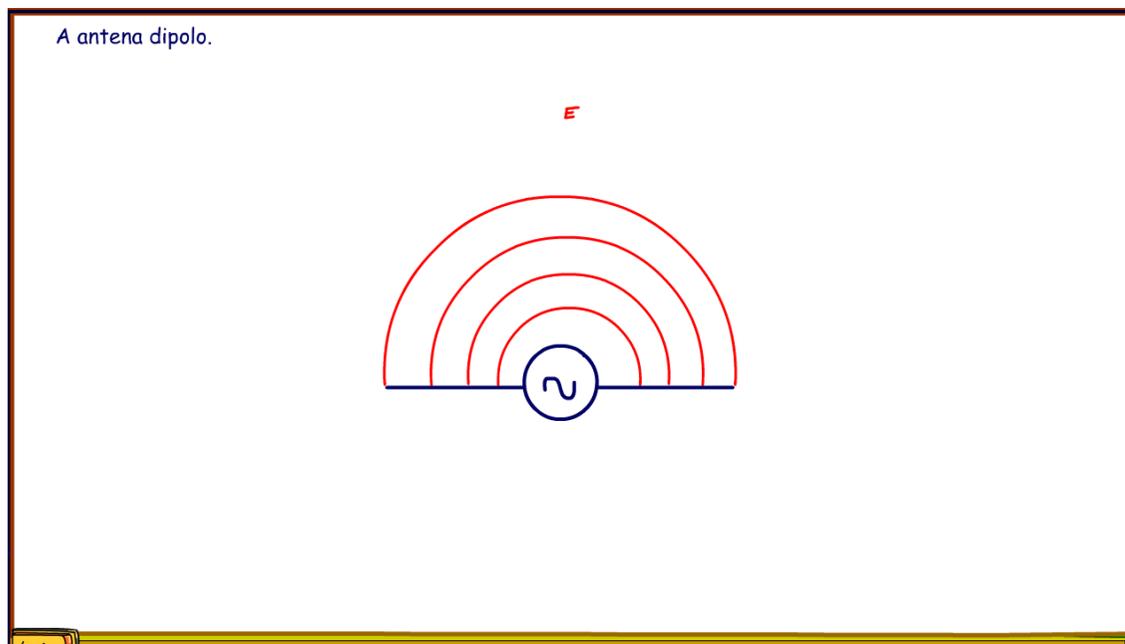
A antena dipolo.



Veja que o no dipolo, as Correntes agora não se anulam, teremos uma corrente circulando ao longo de todo o dipolo, e mais ainda, elas se reforçam.

Figura 37

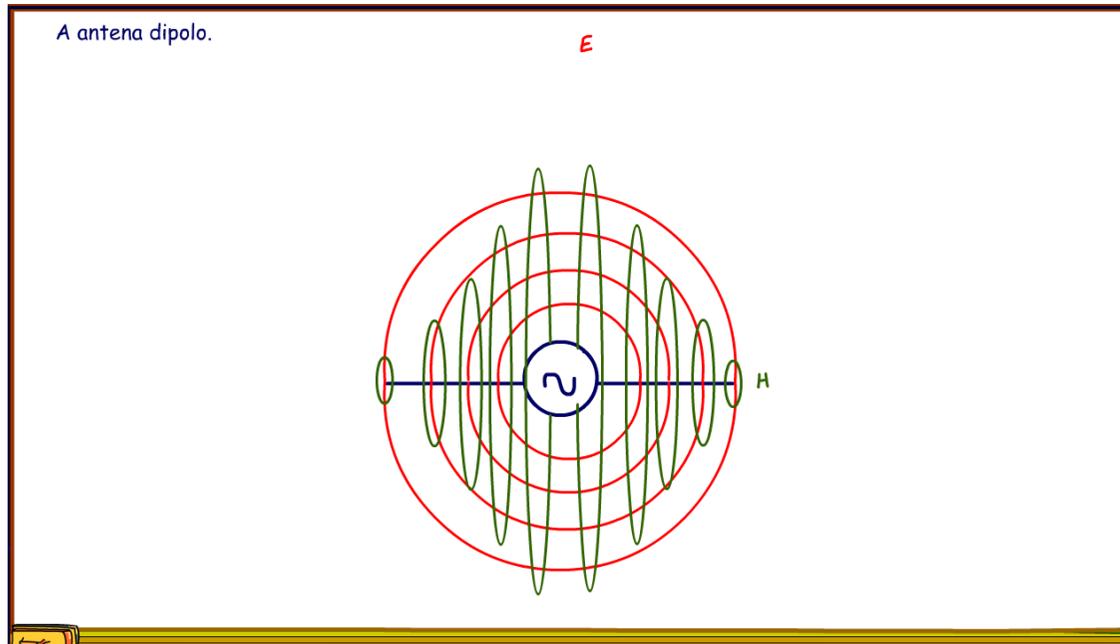
## Título do modelo de tutorial



já o campo elétrico se distribui entre os dois condutores formando um padrão de semicircunferência, fantástica essa antena.

Figura 38

## Título do modelo de tutorial

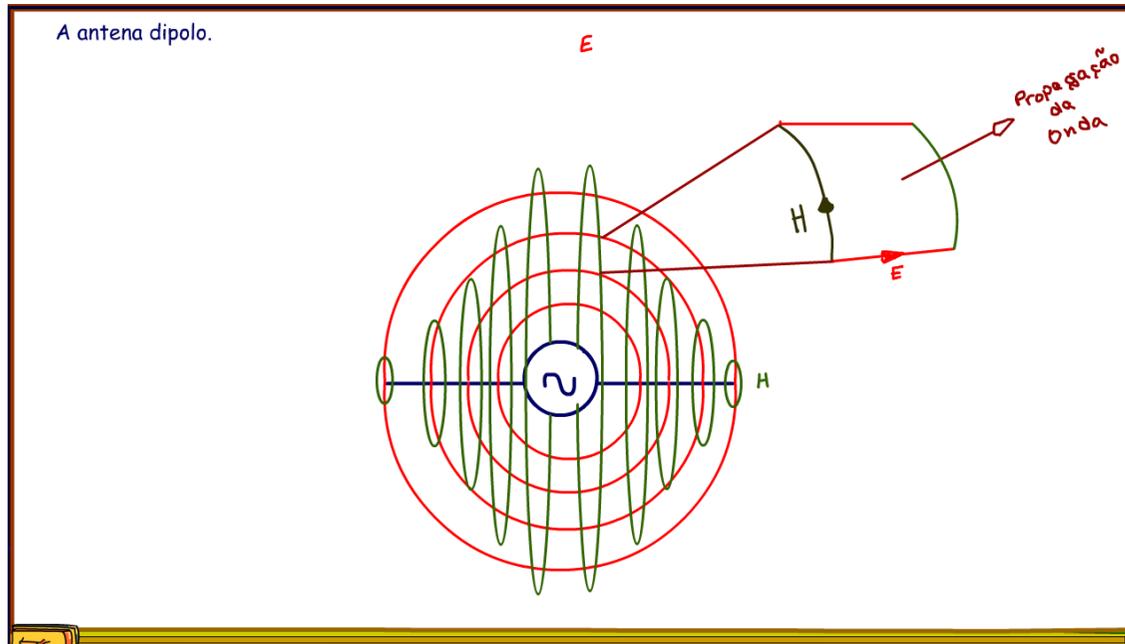


Veja como fica o desenho de uma onda de rádio emitida por um dipolo montada como na figura, perpendicular a terra.

O campo magnético criado pela corrente tem o formato de círculos ao redor dos condutores, perpendiculares a antena, e o campo elétrico formam linhas horizontais paralelas a antena e ao terra.

Figura 39

## Título do modelo de tutorial

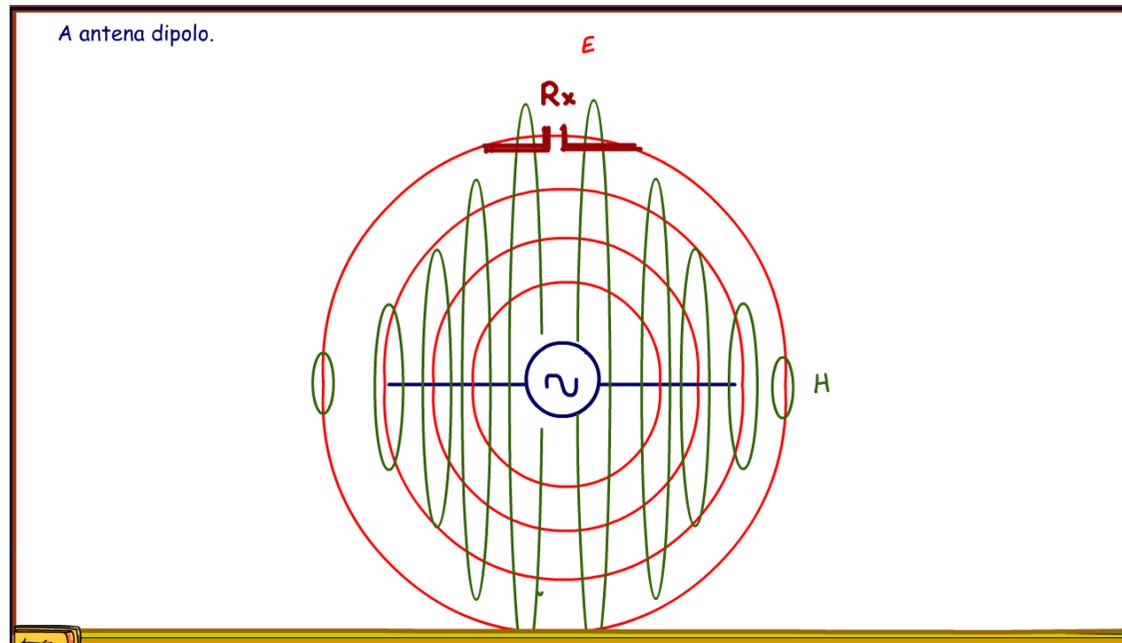


Essa onda de rádio ou se propagar vai se distanciando da antena, numa região distante da antena, veríamos o campo magnético e o campo elétrico como dois vetores perfeitamente perpendiculares, o vetor do campo elétrico estaria perpendicular a antena transmissora, perpendicular a Terra.

Disse que esse tipo de onda está polarizada horizontalmente.

Figura 40

## Título do modelo de tutorial

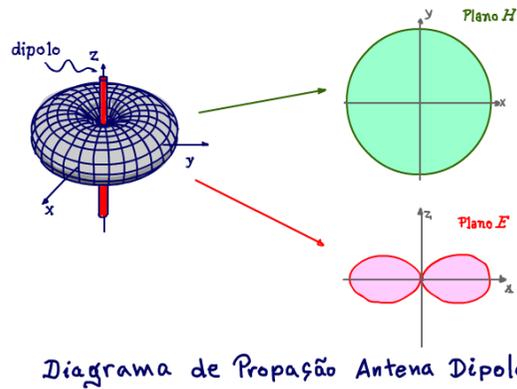


Uma antena receptora também deverá estar colocada na mesma posição, ela deverá ficar paralela a terra, de forma que as ondas do campo magnético cortem a antena receptora na vertical.

Figura 41

## Título do modelo de tutorial

A antena dipolo.

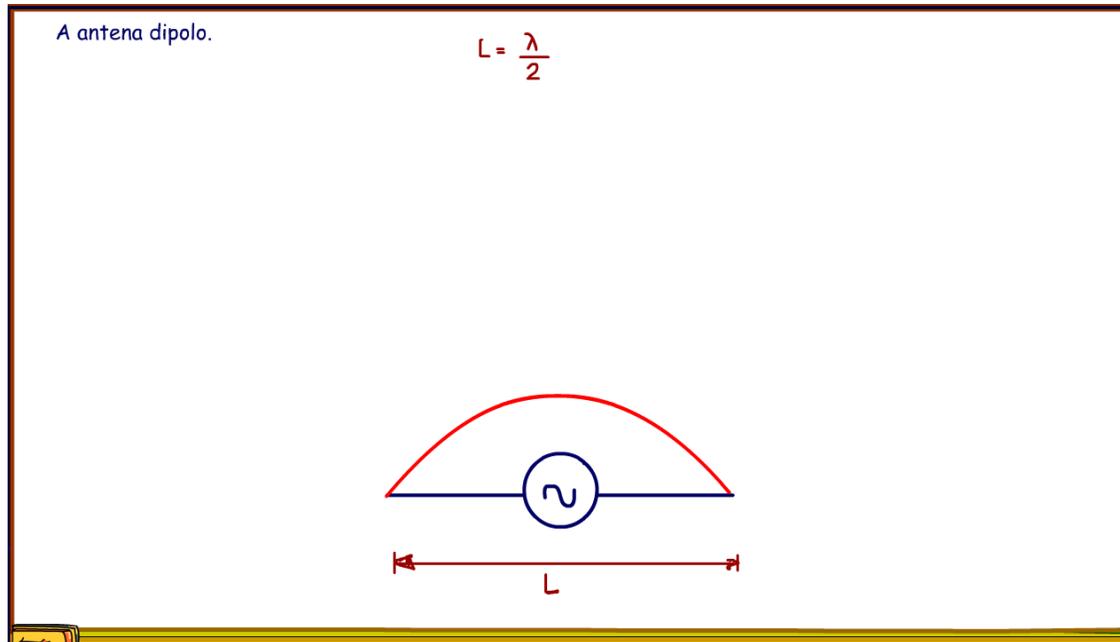


mas uma antena dipolo não transmite com toda intensidade em todas as direções, ela tem um padrão de emissão similar a uma rosquinha, existem regiões onde a intensidade da onda é nula.

A antena receptora deverá ser colocada dentro da região com maior intensidade, a melhor recepção se dará quando antena receptora ficar perfeitamente paralela a antena do transmissor.

Figura 42

## Título do modelo de tutorial



Note que nesse tipo de antena o comprimento da antena é função da frequência do sinal a ser transmitido, já que ela deverá ser construída do tamanho de meio comprimento da onda.

Figura 43

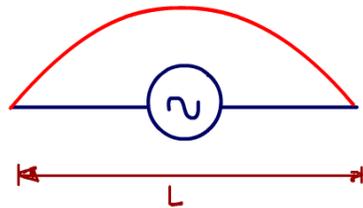
## Título do modelo de tutorial

A antena dipolo.

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$\lambda$  = comprimento da onda.  
 $c$  = velocidade de propagação.  
 $f$  = frequência.



O comprimento da onda é igual a velocidade de propagação da onda que é aproximadamente a velocidade da luz dividido pela frequência.

Figura 44

## Título do modelo de tutorial

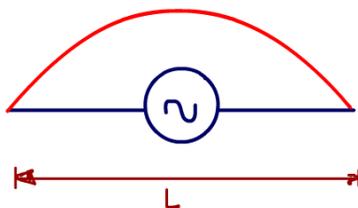
A antena dipolo.

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$\lambda$  = comprimento da onda.  
 $c$  = velocidade de propagação.  
 $f$  = frequência.

$$\lambda = \frac{300\,000 \text{ Km/s}}{1596 \text{ kHz}} = 188 \text{ m}$$

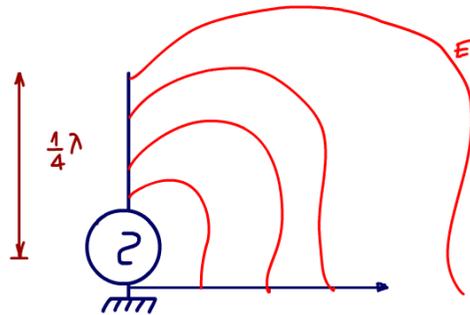
$$L = \frac{188 \text{ m}}{2} \cong 94 \text{ m}$$


Por exemplo, o comprimento de onda para uma frequência de 1596 kHz é de 188m, então a antena dipolo teria que ter o comprimento de 94 m, bem grande.

Figura 45

## 9. A antena um quarto de onda.

9.A antena um quarto de onda.

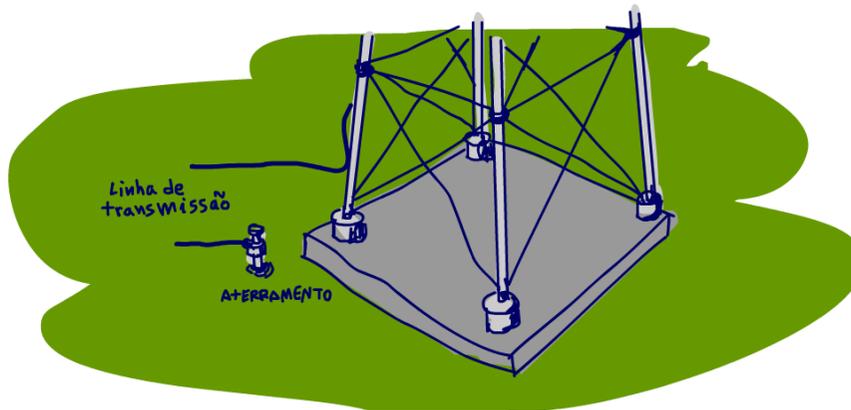


Mas, tem uma forma de diminuir esse comprimento, é só aterrar um dos condutores da linha de transmissão e erguer o outro condutor na vertical, veja como fica o padrão das ondas do campo elétrico, ficaram um pouco distorcidos, mas compensa, porque a antena ficou igual a um quarto do comprimento de onda, por isso esse tipo de antena é chamado de antena de  $\frac{1}{4}$  de onda.

Figura 46

## Título do modelo de tutorial

9.A antena um quarto de onda.

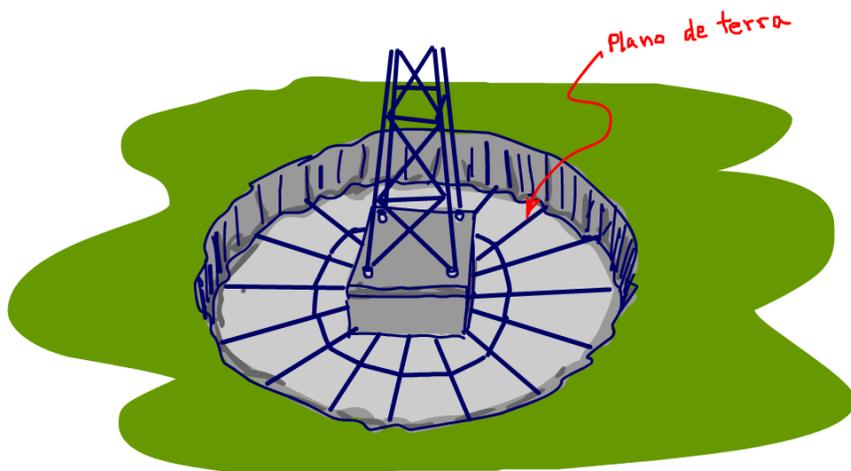


Esse tipo de antena funciona muito bem mas vai depender muito do aterramento, vai depender do local onde ela está montada, se for numa região úmida ela vai funcionar muito melhor, basta um aterramento simples como aquele usado nas residências, feito bem junto da antena e pronto.

Figura 47

## Título do modelo de tutorial

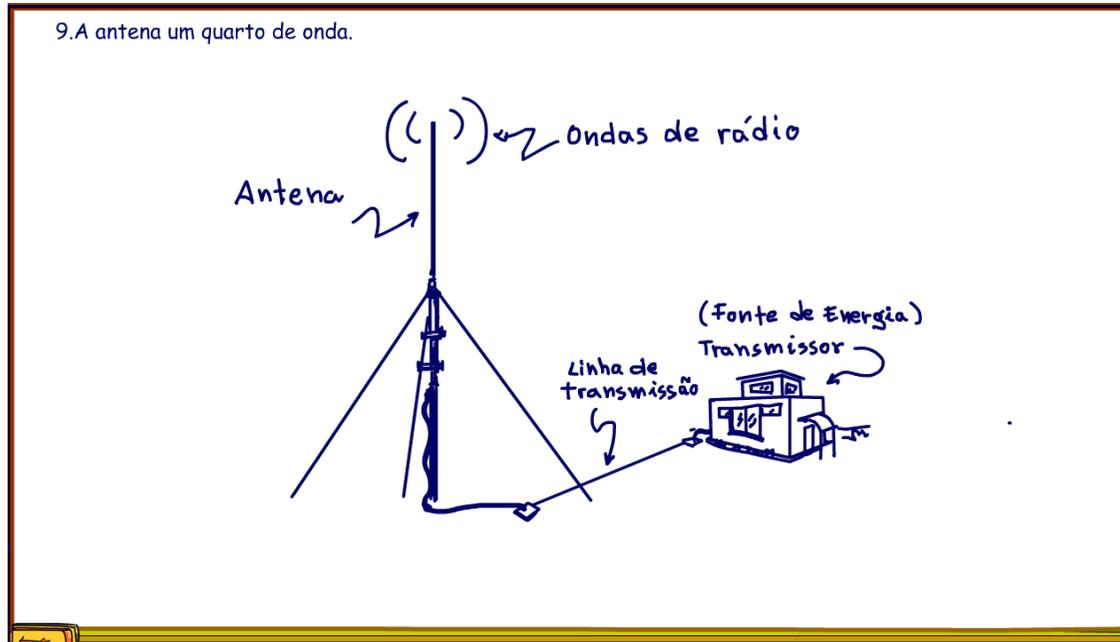
9.A antena um quarto de onda.



Se for numa região mais seca o aterramento deverá ser reforçado através de uma grade de fiação, um plano de terra, que pode estar aterrada ou não, quanto mais úmido menor a grade.

Figura 48

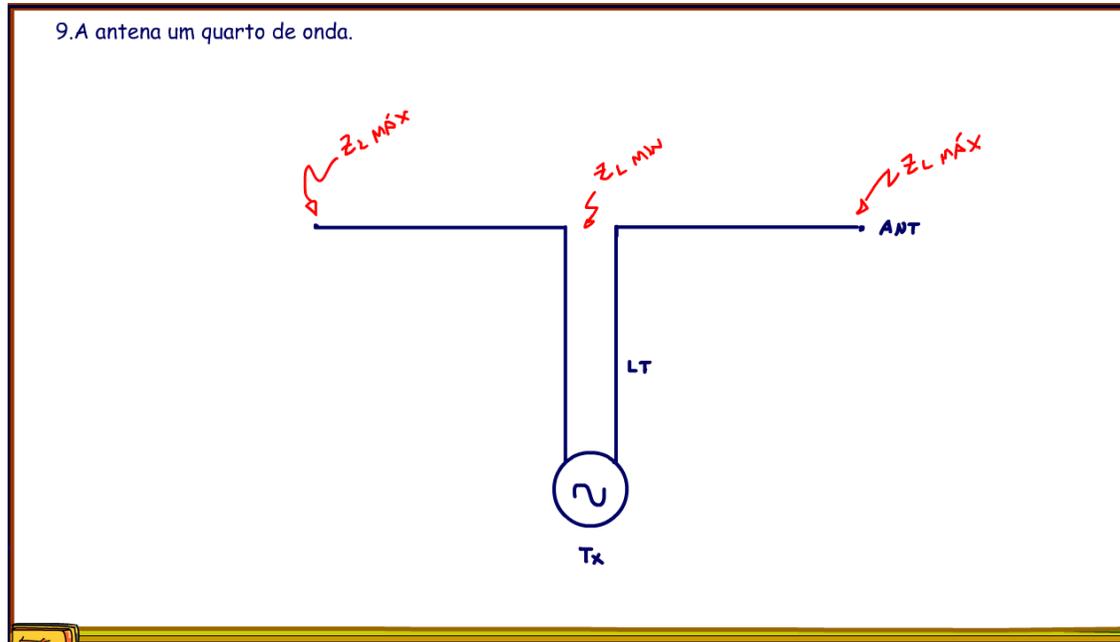
## Título do modelo de tutorial



Agora observe o gerador ligado a antena através da linha de transmissão, observe a posição do transmissor em relação à antena, o transmissor deverá estar posicionado a uma boa distância da antena, para não interferir no padrão de propagação, com isso a linha de Transmissão fica bem longa e tem um papel muito importante nesse esquema todo, isso tudo porque a linha de Transmissão tem que casar a impedância com a antena ligada no fim da linha.

Figura 49

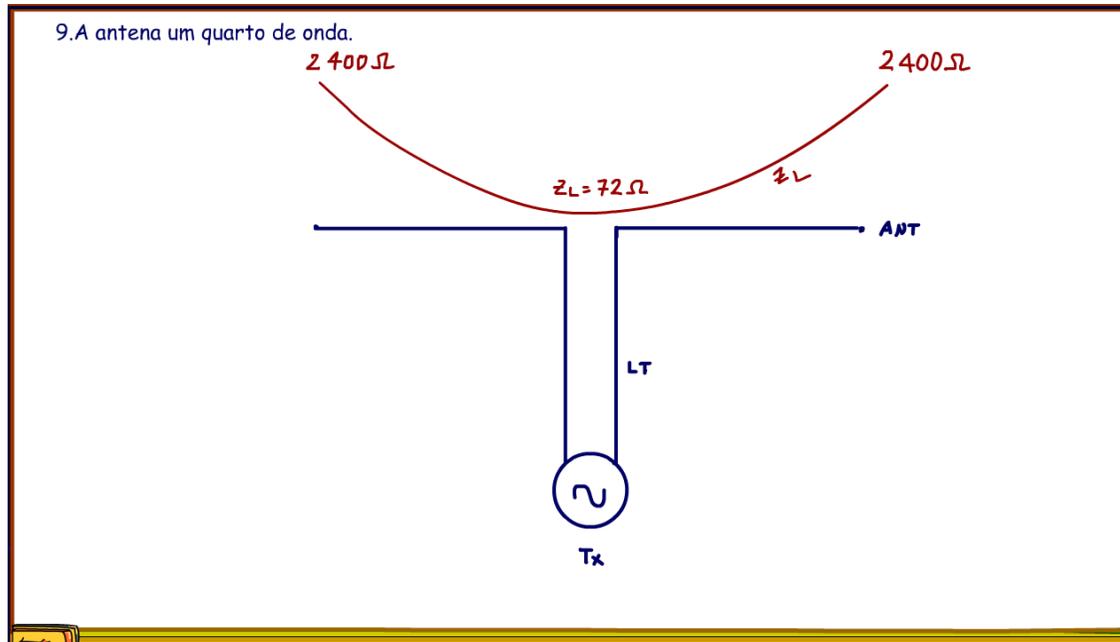
## Título do modelo de tutorial



O padrão de impedância da linha de Transmissão ligada a uma antena dipolo é similar ao padrão da linha de Transmissão aberta, a máxima impedância está na extremidade aberta da antena, e a menor impedância está junto da ligação com a linha de transmissão, bem no centro da antena dipolo.

Figura 50

## Título do modelo de tutorial

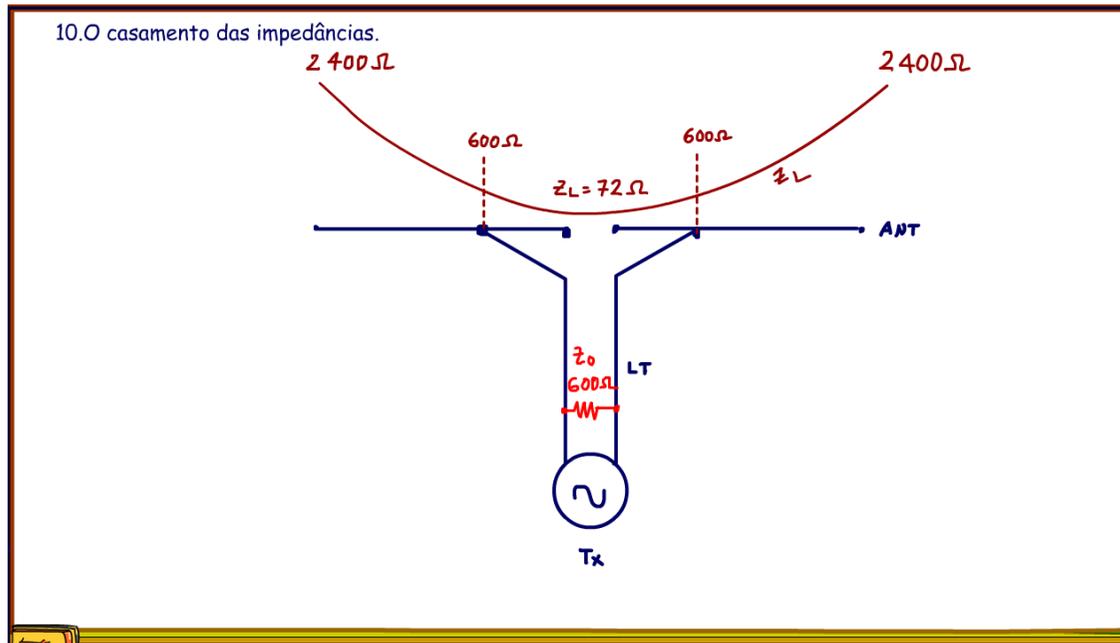


Veja esse padrão de impedância desenhado com a linha de Transmissão transformada em uma antena dipolo, o valor da menor impedância, bem no ponto central da antena dipolo, é de aproximadamente 72 OHM, tudo se passa como se o transmissor estivesse ligado a uma resistência de 72 OHM no fim da linha.

Já impedância das extremidades fica ao redor de 2400 OHM, uma variação bem grande não é mesmo.

Figura 51

## 10. O casamento das impedâncias.

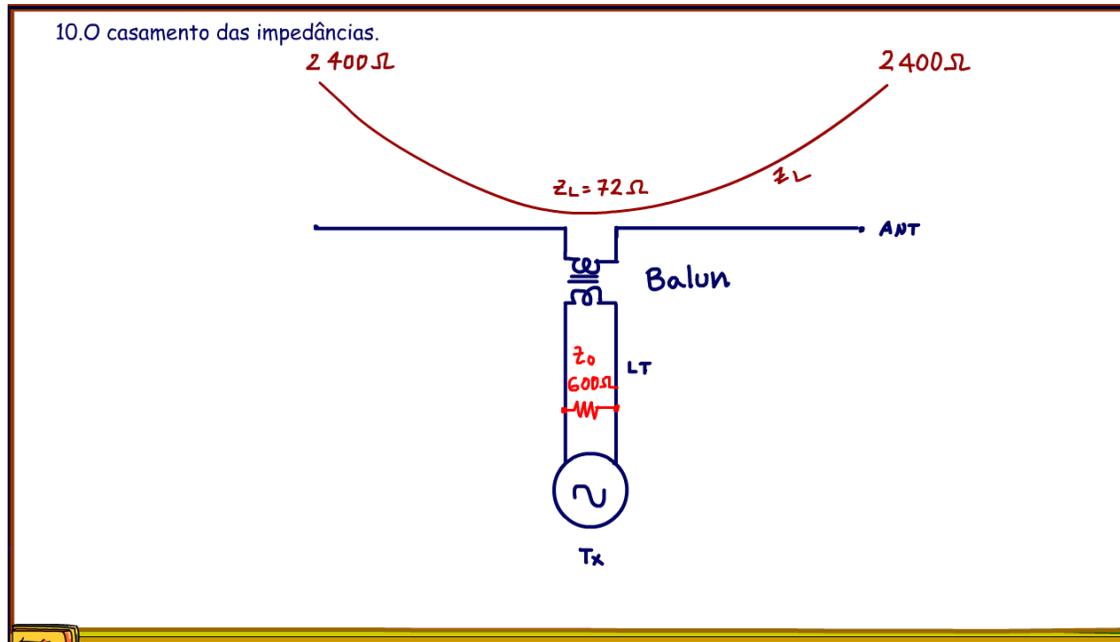


O segredo todo desse sistema de Transmissão está em casar a impedância da linha de Transmissão com a impedância da antena, se por acaso as duas impedâncias forem diferentes, deveremos achar uma forma de casar essas impedâncias.

No nosso exemplo se a impedância característica da linha de transmissão for de 600 OHM, então o sistema de transmissão não está casado e teremos perda de energia na transmissão, teremos energia voltando para o transmissor e por aí vai.

Figura 52

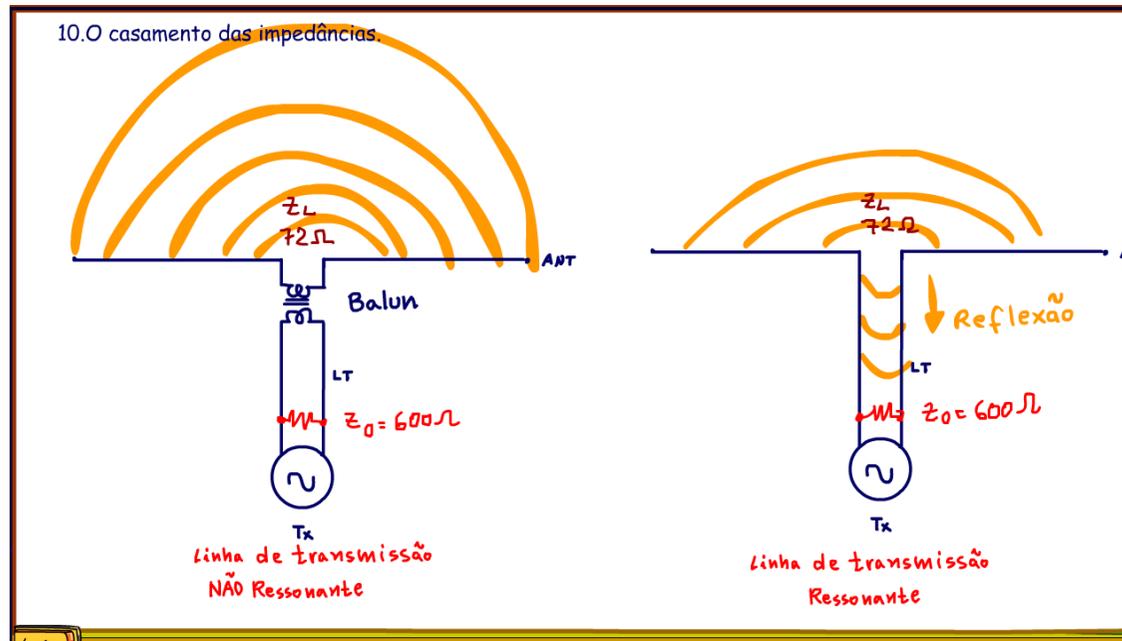
## Título do modelo de tutorial



Uma forma conhecida como casamento Delta, nesse sistema de casamento de impedâncias a conexão da linha de Transmissão é deslocada até casar com a impedância da antena, quando isso acontece teremos a menor reflexão possível da onda, e a máxima energia sendo transmitida pela antena.

Figura 53

## Título do modelo de tutorial



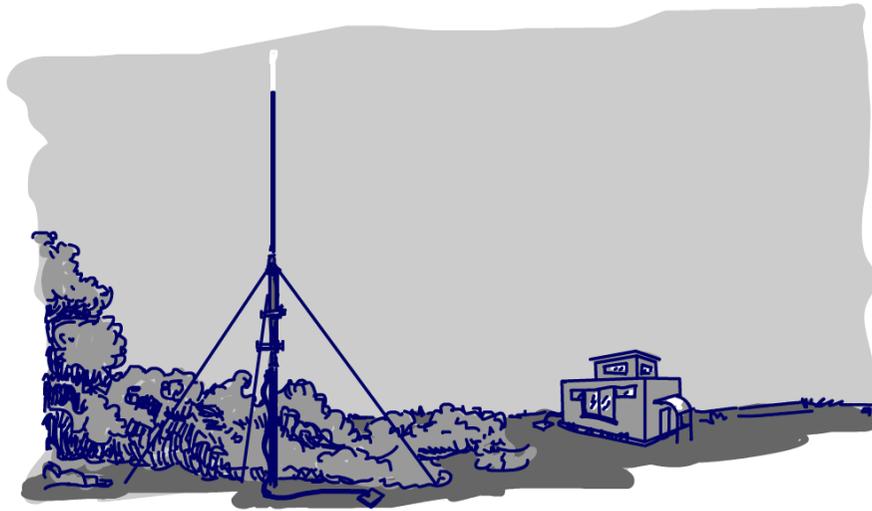
Uma outra forma de casar as impedâncias é usando transformadores para casar as impedâncias, esses transformadores são chamados de balun, e funcionam exatamente como o transformador para casar impedância do alto-falante, assim conseguimos aumentar a impedância de 72 OHM da antena para uma impedância de 600 OHM da linha de Transmissão.

O nome balun vem do fato desse tipo de transformador ligar uma linha não balanceada com uma linha balanceada, do inglês balanced AND unbalanced.

Figura 54

## Título do modelo de tutorial

11. Conclusão.



Quando a linha de Transmissão não está casada ela é do tipo ressonante e aparecem as ondas refletidas perdendo energia, e quando estiver casada é do tipo não ressonante, sem ondas refletidas, toda a energia vai para a antena.

Figura 55

## 11. Conclusão.

Pronto, demonstramos os requisitos básicos para um sistema que irá converter energia elétrica em ondas de rádio tal sistema usaria um transmissor uma linha de transmissão não ressonante um dispositivo de casamento de impedância e uma antena, esses são os fundamentos de um sistema de antena de rádio, bom proveito.

## 12. Créditos

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

**Arthurzinho: E não tem site.**

Tem sim é [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com) lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

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

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

Título do modelo de tutorial

20250110 Conheça os fundamentos do rádio A antena

Conheça os fundamentos do rádio: A antena!

Um sistema de transmissão de rádio demonstra uma maneira de transmitir energia elétrica e convertê-la em outra forma de energia, as ondas de rádio, para isso tem que haver um casamento perfeito entre o transmissor, a linha de transmissão e a antena é sobre isso que nós vamos falar nesse tutorial, vamos lá?

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

YOUTUBE: <https://youtu.be/K8L87iqnm2w>

Antena de rádio, linha de transmissão de RF, sistema de transmissão de rádio, casamento de impedâncias,