

Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

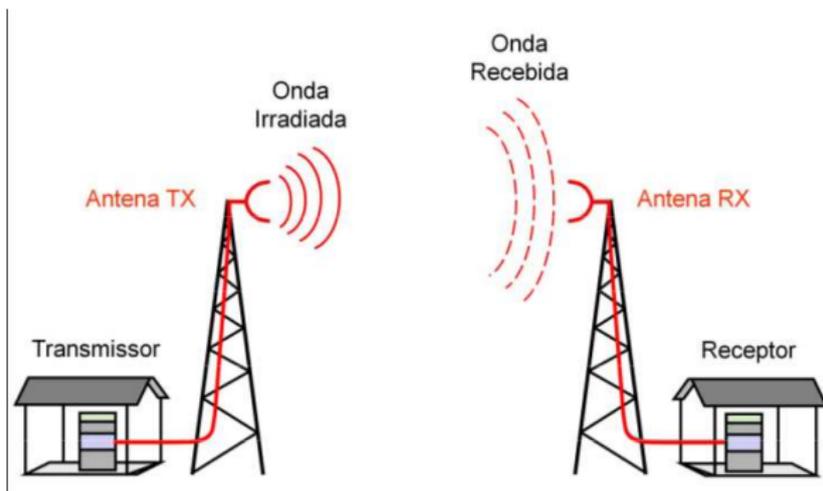
Aula 03
Ondas Eletromagnéticas

“A morte é o sinal de igual na equação da vida.” (Malba Tahan)

O que Aprenderemos?

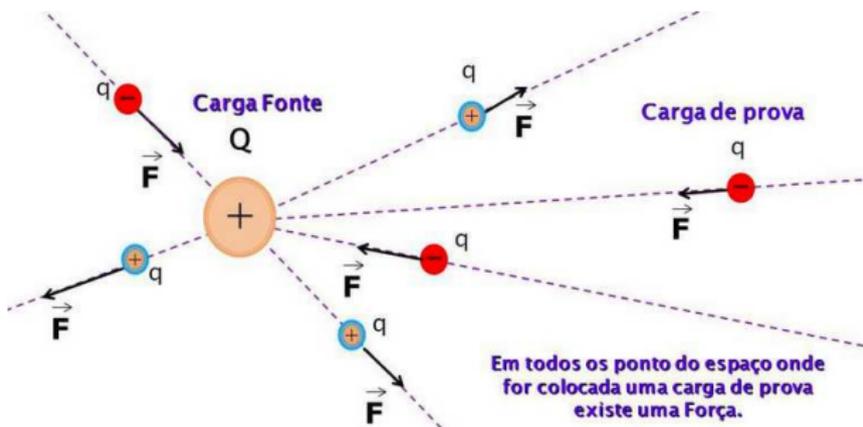
- O conceito de campo elétrico;
- O conceito de campo magnético;
- O que são as ondas eletromagnéticas;
- As características e a geração de ondas eletromagnéticas.

Em transmissão sem fio utilizamos ondas eletromagnéticas para transportar as informações. Uma onda eletromagnética é uma combinação de campo elétrico e campo magnético que se propagam se realimentando através do espaço, transportando energia (informação).



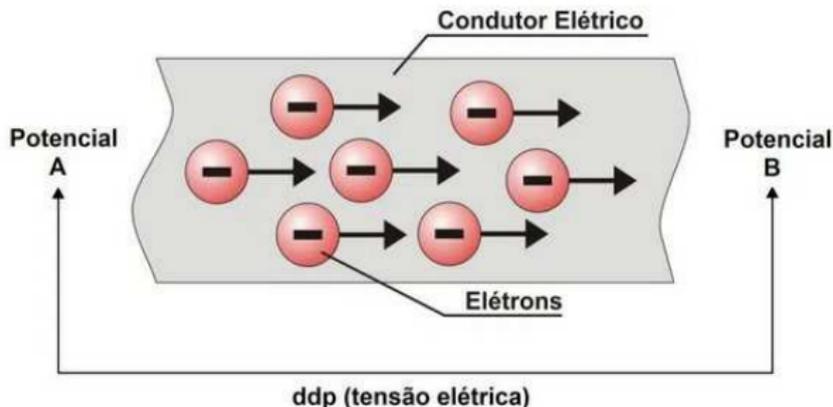
Campo Elétrico

Toda carga elétrica apresenta um campo elétrico que representa a influência que esta carga produz em seus arredores. Quanto mais próximas estiverem duas cargas, maior será a força elétrica (atração ou repulsão) entre elas.



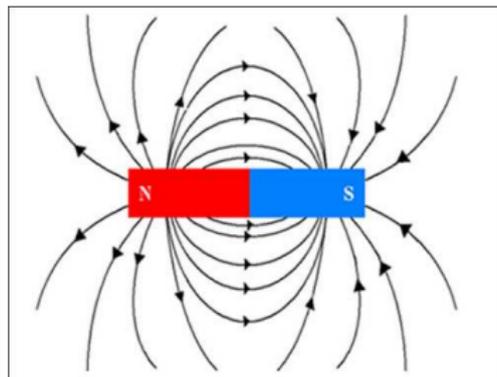
Corrente Elétrica

Cargas elétricas, como os elétrons, em movimento formam a chamada corrente elétrica. A corrente elétrica acontece no interior de diferentes materiais condutores, em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico. Em outras palavras, a corrente elétrica é uma grandeza física que nos permite conhecer qual é a quantidade de carga que atravessa a secção transversal de um condutor a cada segundo.



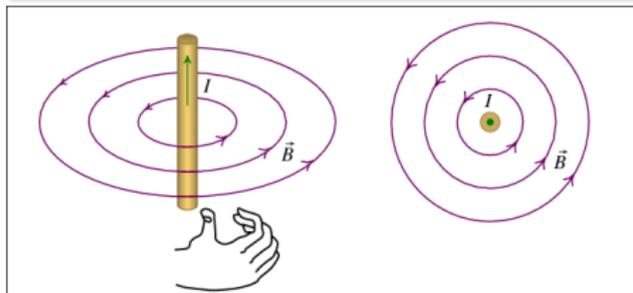
Campo Magnético

Campo Magnético é a concentração de magnetismo que é criado em torno de uma carga magnética, por exemplo, ímã, solenoide ou um condutor com corrente elétrica.



Campo Magnético

Um condutor percorrido por uma corrente elétrica gera um campo magnético ao seu redor. Quanto maior a corrente maior será o campo magnético, e quanto mais distante for a medição menor será o campo magnético.

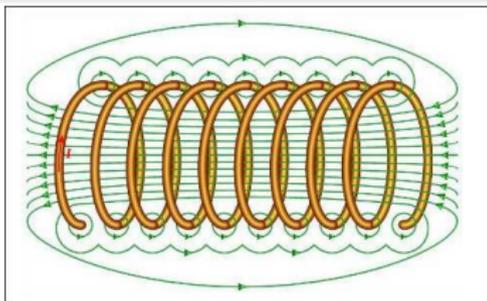


$$\vec{B} = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

onde, B é o vetor campo magnético, μ é a permeabilidade magnética, i é a corrente elétrica e r é o raio do condutor.

Campo Magnético

Um solenóide é um condutor enrolado de modo helicoidal percorrido por uma corrente i . A intensidade do vetor campo magnético no interior de um solenoide é determinada pela seguinte equação:



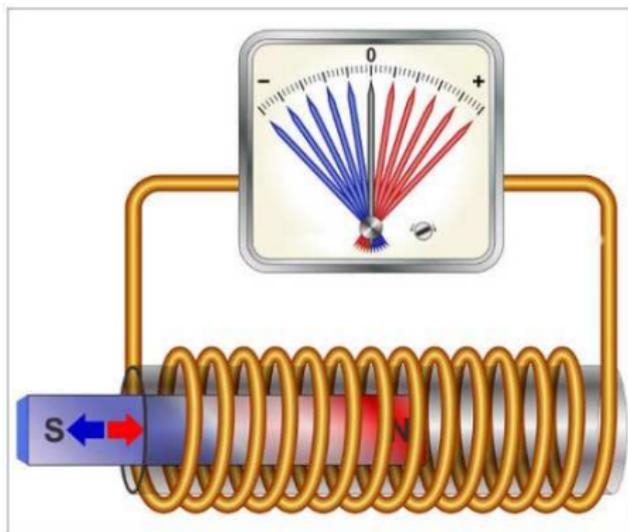
$$\vec{B} = \mu \cdot \frac{N}{L} \cdot i$$

onde: N/L representa o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide.

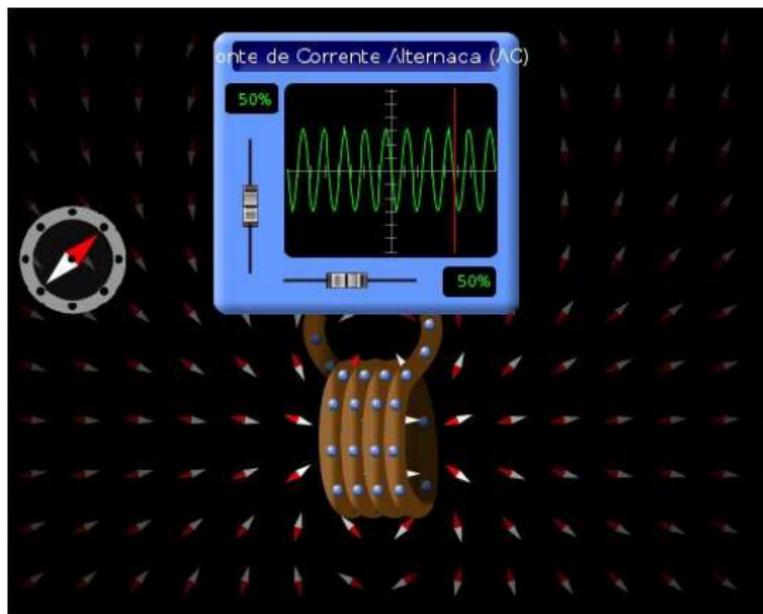
Campo Elétrico Induzido

Lei de Faraday

A variação no fluxo de campo magnético através de materiais condutores induz o surgimento de uma corrente elétrica.



Simulador de Campo Elétrico e Magnético



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday>

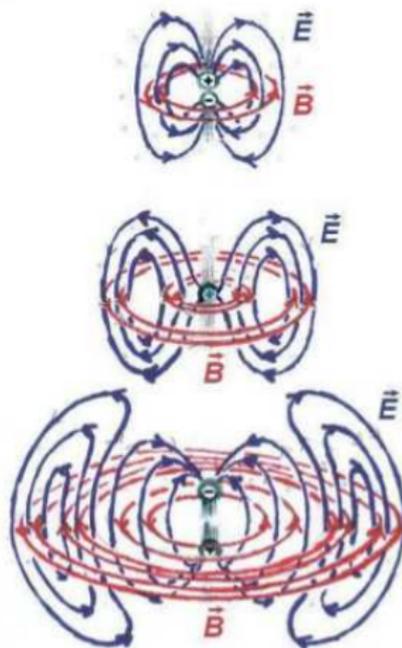
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/faradays-law>

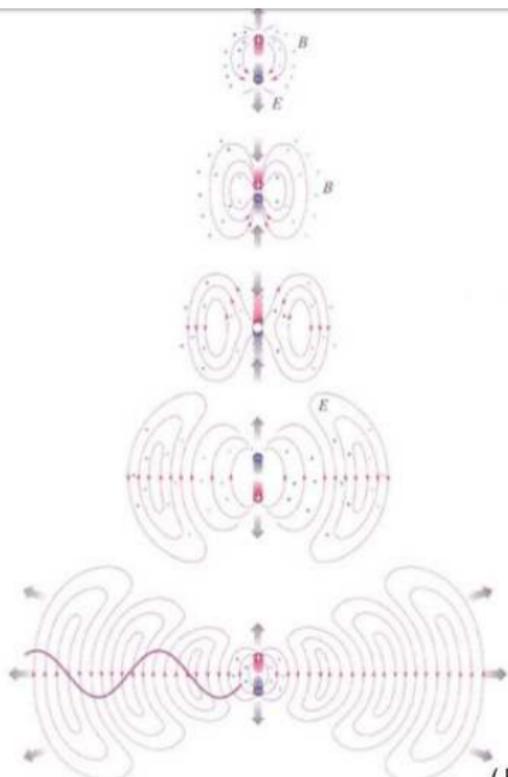
https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt



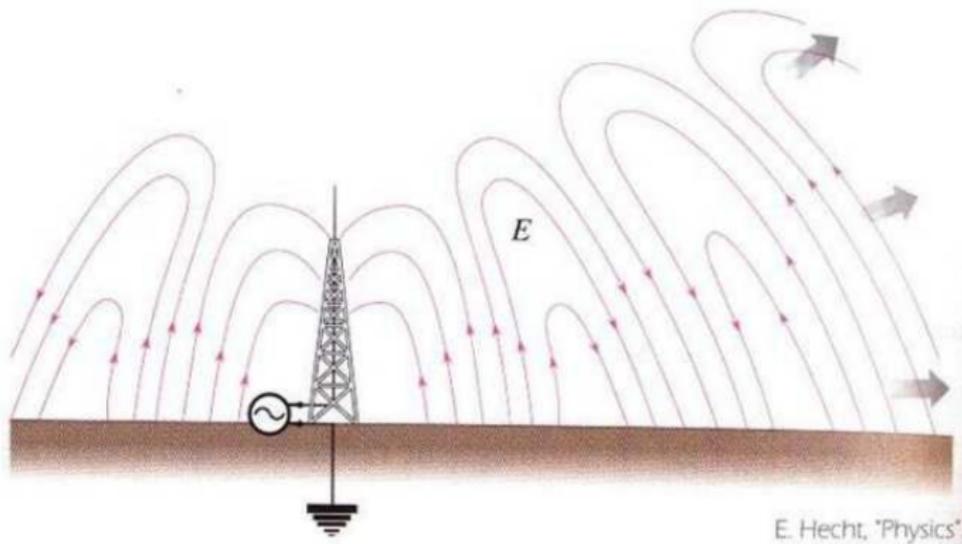
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO GRANDE RIO DE JANEIRO

Vimos que quando há **variação de um campo magnético surge um campo elétrico induzido**, que também é variável. Por outro lado, há **variação de um campo elétrico resulta num campo magnético variável**, de tal forma que esse fenômeno se repete constantemente formando as ondas eletromagnéticas. Em telecomunicações iremos produzir circuitos que gerem estas ondas eletromagnéticas de forma a carregar as informações.

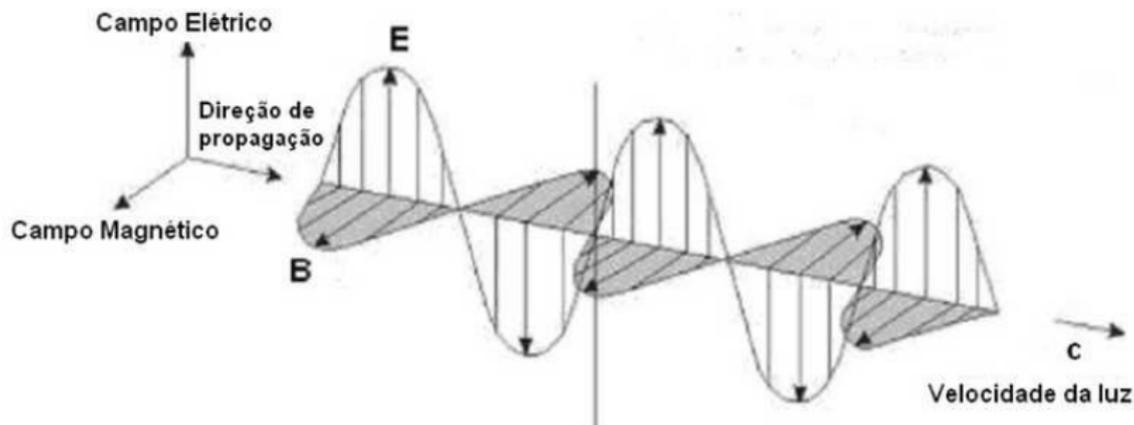




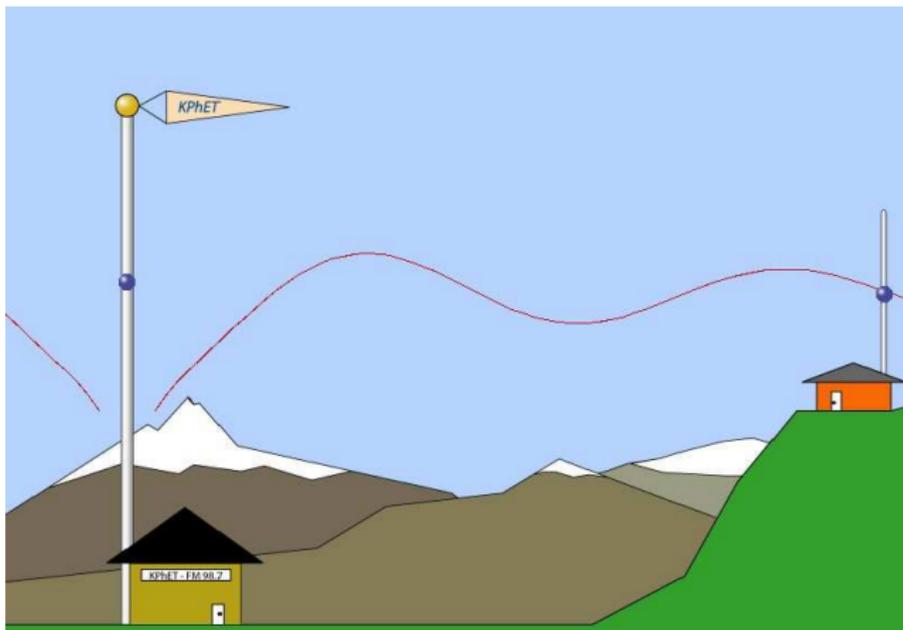
(Eugene Hecht, "Physics", 1998)



Ondas eletromagnéticas



Ondas Eletromagnéticas



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/radio-waves>

Ondas Eletromagnéticas

Características das ondas eletromagnéticas:

- São formadas pela combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis;
- O campo elétrico, o campo magnético e a direção de propagação são perpendiculares entre si;
- A velocidade de propagação dessas ondas no vácuo é a velocidade da luz ($3 \cdot 10^8$ m/s);
- Ao propagar em meios materiais a velocidade obtida é menor do que quando a propagação ocorre no vácuo. Quanto mais denso o meio, menor é essa velocidade máxima. Por exemplo, a velocidade da luz no cobre é de aproximadamente $2 \cdot 10^8$ m/s.

Leis de Maxwell

As equações básicas que permitem calcular o campo eletromagnético são conhecidas como equações de Maxwell. As equações de Maxwell representam a generalização e unificação entre as Leis de Gauss, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday.

Leis de Maxwell

Lei de Gauss

Descreve a relação entre um campo elétrico, as cargas elétricas geradoras do campo e o meio. Cargas elétricas produzem campos elétricos.

$$\oint E \cdot dA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

onde: E é o campo elétrico, q é a quantidade de carga elétrica, ϵ_0 é a permissividade elétrica e dA é o elemento vetorial diferencial da superfície "A".

Leis de Maxwell

Lei de Gauss para o magnetismo

As linhas de campo magnético são contínuas, ao contrário das linhas de força de um campo elétrico que se originam em cargas elétricas positivas e terminam em cargas elétricas negativas. Não existem monopolos magnéticos.

$$\oint B \cdot dA = 0$$

onde: B é o campo magnético, dA é o elemento vetorial diferencial da superfície "A".

Leis de Maxwell

Lei de Ampère

Descreve a relação entre um campo magnético, a corrente elétrica que o origina e o meio. Ela estabelece que um campo magnético é sempre produzido por uma corrente elétrica ou por um campo elétrico variável. Uma corrente elétrica produz um campo magnético.

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 \cdot i$$

onde: B é o campo magnético, μ_0 é a permeabilidade magnética, i é a corrente elétrica dl é o elemento vetorial diferencial do comprimento tangencial à curva.

Leis de Maxwell

Lei de Faraday

Descreve as características do campo elétrico originando um fluxo magnético variável. Os campos magnéticos originados são variáveis no tempo, gerando assim campos elétricos do tipo rotacionais. Um fluxo magnético variável produz um campo elétrico.

$$\oint E \cdot dl = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

onde: E é o campo elétrico, ϕ_B é o fluxo magnético e dl é o elemento vetorial diferencial do comprimento tangencial à curva..

Leis de Maxwell

A velocidade de propagação (c) das ondas eletromagneticas depende do meio:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

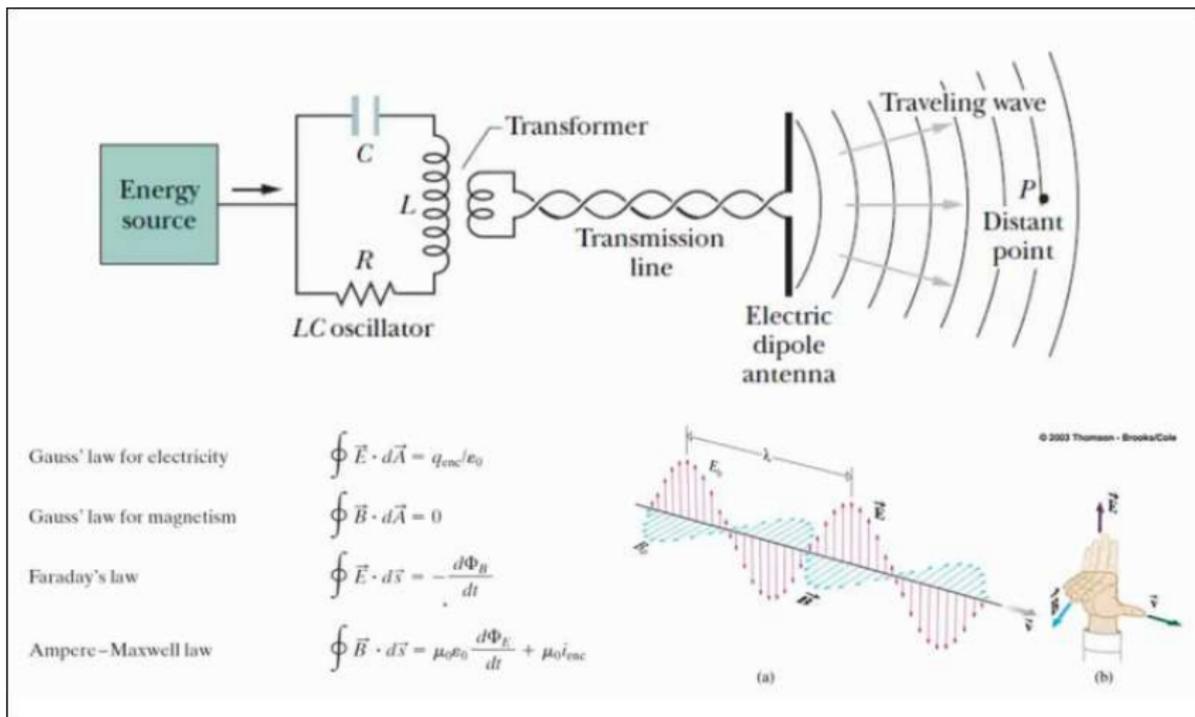
onde: μ_0 é a permeabilidade magnética ($1,26 \cdot 10^{-6} \text{ T.m/A}$ no vácuo), e ϵ_0 corresponde a permissividade elétrica ($8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ no vácuo).

Geração de Ondas Eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas podem ser geradas:

- Núcleos de átomos radioativos, como urânio, rádio e outros materiais;
- Transições entre níveis de energia dos elétrons, por exemplo, materiais fosforescentes. Quando os elétrons caem de um estado de energia mais alto para um nível inferior, ondas eletromagnéticas são geradas;
- Impacto de elétrons dotados de altas velocidades em um anteparo metálico (por exemplo, tubo de TV e de raios x);
- **Por processos eletrônicos controlado, como osciladores, e emitidas a partir de um dispositivo de irradiação (antena). Estas podem ser usadas para transmitir informações.**

Geração de Ondas Eletromagnéticas



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE