



Roteiro Aula Prática

COMPATIBILIDADE E INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 1

NOME DA DISCIPLINA: COMPATIBILIDADE E INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

Unidade: U1_INTRODUÇÃO À COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

Aula: A3_TÉCNICAS DE MEDIÇÃO E ANÁLISE

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Simular e analisar o espectro de frequência de um sinal com ruído, compreendendo o conceito de emissão conduzida e a eficácia de um filtro passa-baixas simples.

SOLUÇÃO DIGITAL:

Octave

O Octave é um software livre amplamente utilizado para cálculos numéricos, simulações matemáticas e análises de dados, com uma sintaxe compatível com o MATLAB. Ele é ideal para estudantes e profissionais de engenharia, matemática e ciências, oferecendo ferramentas poderosas para processamento de sinais, solução de equações diferenciais, otimização e modelagem de sistemas. Por ser de código aberto, o Octave permite flexibilidade na personalização e uso em diferentes plataformas, incluindo Windows, macOS e Linux. Seu ambiente interativo e rico em bibliotecas faz dele uma escolha acessível e eficiente para quem busca realizar análises computacionais avançadas sem custos de licenciamento. Para obter o software, acesse o link oficial de download: <https://octave.org/download>.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Análise espectral de ruído em sinal de tensão

Atividade proposta: gerar um sinal senoidal puro, adicionar um ruído de alta frequência para simular uma interferência, visualizar o espectro de frequência de ambos os sinais (puro e ruidoso) e, por fim, aplicar um filtro para atenuar o ruído.

Procedimentos para a realização da atividade:

Abra o software Octave. Na janela de comando (tela inicial), copie e cole o código abaixo. Após colar, pressione "Enter" para executar o script. Você também pode fazer esse processo criando um script utilizando o atalho 'ctrl+N', colando o código e executando com a tecla 'F5'.

```
% Parâmetros dos sinais
Fs = 1000; % Frequência de amostragem
T = 1/Fs; % Período de amostragem
L = 1500; % Comprimento do sinal
t = (0:L-1)*T; % Vetor de tempo

% Gerar o sinal original (ex: 50 Hz)
f_sinal = 50;
sinal_puro = 0.7*sin(2*pi*f_sinal*t);

% Gerar um ruído de alta frequência (ex: 250 Hz)
f_ruído = 250;
ruído = 1.5*sin(2*pi*f_ruído*t);
sinal_ruidoso = sinal_puro + ruído;

% Plotar os sinais no domínio do tempo
figure(1);
plot(t(1:100), sinal_puro(1:100), 'b', 'LineWidth', 1.5);
hold on;
plot(t(1:100), sinal_ruidoso(1:100), 'r');
title('Sinal Original vs. Sinal com Ruído');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Amplitude');
legend('Sinal Puro', 'Sinal Ruidoso');
grid on;

% Calcular a Transformada de Fourier do sinal puro
Y_puro = fft(sinal_puro);
P2_puro = abs(Y_puro/L);
P1_puro = P2_puro(1:L/2+1);
P1_puro(2:end-1) = 2*P1_puro(2:end-1);
f = Fs*(0:(L/2))/L;
```

```

% Plotar o espectro do sinal puro
figure(2);
plot(f, P1_puro);
title('Espectro de Frequência do Sinal Puro');
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('|P1(f)|');
grid on;

% Calcular a Transformada de Fourier do sinal ruidoso
Y_ruidoso = fft(sinal_ruidoso);
P2_ruidoso = abs(Y_ruidoso/L);
P1_ruidoso = P2_ruidoso(1:L/2+1);
P1_ruidoso(2:end-1) = 2*P1_ruidoso(2:end-1);

% Plotar o espectro do sinal ruidoso
figure(3);
plot(f, P1_ruidoso);
title('Espectro de Frequência do Sinal com Ruído');
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('|P1(f)|');
grid on;

```

O software irá gerar três janelas de gráfico distintas: a primeira mostrará o sinal original e o sinal com ruído sobrepostos no domínio do tempo; a segunda apresentará a transformada de Fourier (espectro) do sinal original; e a terceira exibirá o espectro do sinal com ruído, evidenciando os picos de frequência do sinal e da interferência.

Avaliando os resultados:

Salve os gráficos gerados e responda às perguntas a seguir em um relatório para ser entregue.

1. Observe o primeiro gráfico. Descreva a diferença visual entre o sinal original (azul) e o sinal ruidoso (vermelho).
2. No segundo gráfico, identifique a frequência do sinal original. Em que frequência (em Hz) o pico de energia está localizado?
3. No terceiro gráfico, identifique a frequência do sinal e a frequência do ruído. Qual o impacto da adição do ruído no espectro de frequência?
4. O procedimento simula uma forma de "emissão conduzida". Com base nos conceitos estudados na disciplina explique por que analisar o espectro de frequência é fundamental para diagnosticar problemas de interferência.

Checklist:

- ✓ Abrir o software Octave.
- ✓ Copiar o código-fonte completo fornecido no procedimento.
- ✓ Colar o código na janela de comando do Octave.
- ✓ Executar o script.
- ✓ Visualizar e salvar os três gráficos gerados.
- ✓ Responder às questões da seção "Avaliando os resultados".

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

Resultados de Aprendizagem:

Ao concluir esta prática, espera-se que você, aluno, seja capaz de traduzir o conceito abstrato de interferência eletromagnética em uma representação visual e quantificável. Você aprenderá a utilizar a Transformada Rápida de Fourier (FFT) como uma ferramenta de diagnóstico essencial para identificar as frequências que compõem um sinal, distinguindo o sinal de interesse do ruído indesejado. Esta atividade consolidará sua compreensão sobre como a emissão conduzida se manifesta no domínio da frequência e demonstrará, de forma prática, por que a análise espectral é o primeiro passo para a solução de problemas de compatibilidade eletromagnética em sistemas reais.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 2

NOME DA DISCIPLINA: COMPATIBILIDADE E INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

Unidade: U3_PROPAGAÇÃO DE ONDAS GUIADAS

Aula: A1_PRINCÍPIOS BÁSICOS DE PROPAGAÇÃO EM GUIAS DE ONDA RETANGULARES

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Calcular a frequência de corte para o modo dominante (TE_{10}) de um guia de onda retangular e entender como a frequência do sinal afeta sua capacidade de se propagar.

SOLUÇÃO DIGITAL:

Octave

O Octave é um software livre amplamente utilizado para cálculos numéricos, simulações matemáticas e análises de dados, com uma sintaxe compatível com o MATLAB. Ele é ideal para estudantes e profissionais de engenharia, matemática e ciências, oferecendo ferramentas poderosas para processamento de sinais, solução de equações diferenciais, otimização e modelagem de sistemas. Por ser de código aberto, o Octave permite flexibilidade na personalização e uso em diferentes plataformas, incluindo Windows, macOS e Linux. Seu ambiente interativo e rico em bibliotecas faz dele uma escolha acessível e eficiente para quem busca realizar análises computacionais avançadas sem custos de licenciamento. Para obter o software, acesse o link oficial de download: <https://octave.org/download>.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Cálculo da frequência de corte de um guia de onda

Atividade proposta: Utilizar o Octave para criar um script que calcula a frequência de corte de um guia de onda retangular com base em suas dimensões e, em seguida, analisar se diferentes sinais podem ou não se propagar por ele.

Procedimentos para a realização da atividade:

Abra o software Octave. Na janela de comando, copie e cole o código abaixo, que define as dimensões de um guia de onda, calcula sua frequência de corte para o modo dominante (TE_{10}) e verifica se três sinais de teste podem se propagar. Pressione "Enter" para executar o script e

observe a saída de texto que será gerada no console, indicando a frequência de corte e o resultado para cada sinal testado. Você também pode fazer esse processo criando um script utilizando o atalho 'ctrl+N', colando o código e o executando com a tecla 'F5'.

```
% Limpa a tela e as variáveis
clc;
clear;

% Constantes
c = 3e8; % Velocidade da luz em m/s

% Dimensões do Guia de Onda Retangular (em metros)
a = 0.03; % Dimensão larga (3 cm)
b = 0.015; % Dimensão estreita (1.5 cm)

% Cálculo da frequência de corte para o modo dominante TE10
% Para TE10, m=1 e n=0
m = 1;
n = 0;
fc = (c / 2) * sqrt((m/a)^2 + (n/b)^2);

% Exibe a frequência de corte
fprintf('Dimensão do guia (a): %.2f cm\n', a*100);
fprintf('Frequência de corte (fc) para o modo TE10: %.2f GHz\n\n',
fc/1e9);

% Frequências de teste para análise
freq_teste = [3e9, 5e9, 10e9]; % 3 GHz, 5 GHz, 10 GHz

% Analisa cada frequência
for i = 1:length(freq_teste)
    f_atual = freq_teste(i);
    fprintf('Analisando sinal com frequência de %.2f GHz...\n',
f_atual/1e9);
    if f_atual > fc
        fprintf(' -> Resultado: O sinal SE PROPAGA.\n');
    else
        fprintf(' -> Resultado: O sinal é CORTADO (atenuado).\n');
```

end

end

Avaliando os resultados:

Entregue seu relatório com as respostas das perguntas a seguir:

1. Qual foi a frequência de corte calculada para o guia de onda com a dimensão $a = 3$ cm?
2. Com base na saída do programa, quais das três frequências de teste (3 GHz, 5 GHz e 10 GHz) se propagaram pelo guia? E qual foi cortada?
3. Explique, com base na teoria da Unidade 3, por que um sinal com frequência abaixo da frequência de corte não se propaga em um guia de onda.
4. Modifique o valor da variável a no script para 0.05 (5 cm) e execute-o novamente. Qual é a nova frequência de corte? Como a mudança na dimensão do guia afetou sua frequência de corte? Apresente o código modificado em seu relatório.

Checklist:

- ✓ Abrir o software Octave.
- ✓ Copiar e colar o código fornecido no procedimento.
- ✓ Executar o script e anotar a saída.
- ✓ Responder às perguntas 1, 2 e 3.
- ✓ Modificar a variável a no código e executá-lo novamente.
- ✓ Anotar a nova frequência de corte e responder à pergunta 4.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

Resultados de Aprendizagem:

Ao final desta atividade, você terá adquirido uma compreensão fundamental sobre a natureza seletiva de frequência dos guias de onda. O principal resultado de aprendizagem é a habilidade de calcular a frequência de corte de um guia de onda retangular e, a partir dela, prever se um sinal de uma dada frequência será propagado ou atenuado. Você entenderá a relação direta entre as dimensões físicas do guia e suas propriedades de transmissão, percebendo-o não apenas como um condutor, mas como um filtro passa-altas intrínseco. Esta prática reforça o conceito de que, em altas frequências, as características geométricas dos componentes são tão cruciais quanto suas propriedades elétricas.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA 3

NOME DA DISCIPLINA: COMPATIBILIDADE E INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

Unidade: U3_PROPAGAÇÃO DE ONDAS GUIADAS

Aula: A4_SISTEMA DE COMUNICAÇÃO POR FIBRAS ÓPTICAS

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Compreender o princípio da reflexão interna total, fundamental para a propagação da luz em fibras ópticas, e identificar o ângulo crítico.

SOLUÇÃO DIGITAL:

PhET Interactive Simulations – Desvio da Luz

A simulação “Desvio da Luz” apresenta de forma interativa os fenômenos de refração e reflexão, permitindo que o estudante manipule um raio laser e observe como a luz se comporta ao atravessar diferentes meios, aplicando a Lei de Snell para compreender a relação entre ângulos de incidência e refração, além de visualizar a mudança na velocidade e no comprimento de onda da luz em função do material atravessado; também é possível explorar como essas variações influenciam o ângulo de refração e observar a dispersão da luz em prismas, formando um arco-íris, o que torna a ferramenta especialmente útil em aulas práticas de graduação em óptica, pois proporciona uma experiência dinâmica e experimental que facilita a compreensão dos conceitos fundamentais de propagação da luz.

Para acessar a simulação, utilize o link: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Investigando a Reflexão Interna Total

Atividade proposta: simular a passagem de um feixe de luz de um meio mais refringente (núcleo da fibra) para um menos refringente (casca), determinar o ângulo crítico e observar o fenômeno da reflexão interna total.

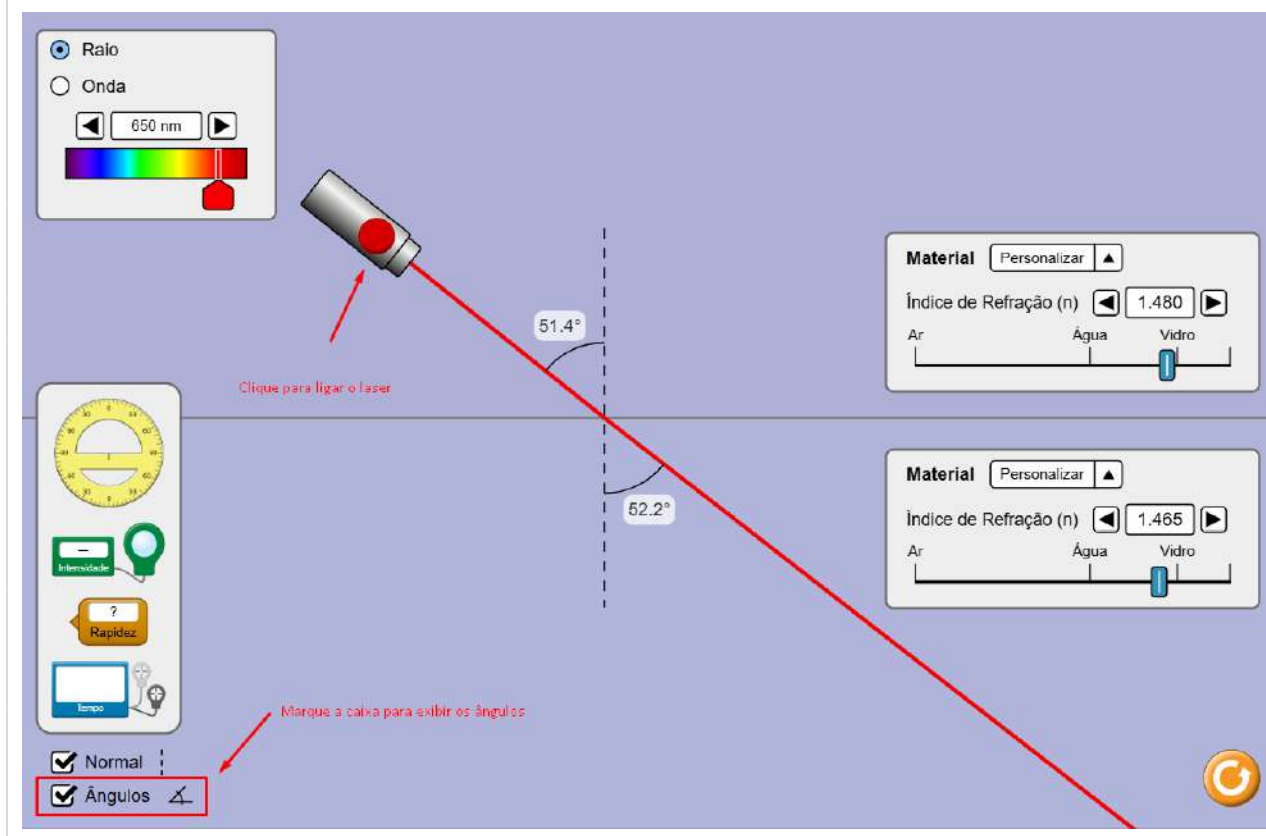
Procedimentos para a realização da atividade:

Acesse a simulação "Desvio da Luz" no site do PhET

(https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html). Ao abrir a página, selecione a opção 'Mais Ferramentas'.



Na interface, configure o ambiente para simular uma fibra óptica: altere o material do "Meio 1" (superior) para 'Personalizar' e ajuste o índice refração para 1.480, simulando o núcleo da fibra óptica. Ajuste o índice refração do "Meio 2" (inferior) para 1.465, também em 'Personalizar', que é o valor comum encontrado para a casca da fibra. Ligue o laser clicando no botão vermelho. Para facilitar a simulação, marque a caixa 'Ângulos' no canto inferior esquerdo.



Com o mouse, mova a fonte de luz para variar o ângulo de incidência (indicado na simulação). Observe o que acontece com o raio refratado (que passa para a casca) e o raio refletido (que volta para o núcleo) à medida que você aumenta o ângulo de incidência.

Encontre o ângulo em que o raio de luz refratado desaparece, ficando rasante à interface (ângulo de refração de 90°). Este é o ângulo crítico.

Avaliando os resultados:

Entregue seu relatório com as respostas das perguntas a seguir e uma captura de tela da simulação mostrando um ângulo de incidência maior que o ângulo crítico, onde ocorre apenas a reflexão.

1. Qual o valor do índice de refração adotado para o núcleo e a casca da fibra na simulação?
2. Qual foi o valor do ângulo crítico de incidência (medido a partir da normal) para o qual o raio refratado ficou exatamente a 90° ?
3. O que acontece com o feixe de luz quando o ângulo de incidência se torna maior que o ângulo crítico que você encontrou?
4. Com base nos conceitos da disciplina e na sua observação, explique por que o fenômeno da reflexão interna total é essencial para que a luz se propague por longas distâncias dentro de uma fibra óptica.

Checklist:

- ✓ Acessar a simulação "Desvio da Luz" no site do PhET.
- ✓ Configurar o Meio 1 para simular o núcleo e o Meio 2 para a casca da fibra óptica.
- ✓ Ligar o laser.
- ✓ Aumentar gradualmente o ângulo de incidência.
- ✓ Medir e anotar o ângulo crítico.
- ✓ Observar o fenômeno da reflexão interna total.
- ✓ Capturar a tela do resultado.
- ✓ Responder às questões da seção "Avaliando os resultados".

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

Resultados de Aprendizagem:

Após a realização desta simulação, você terá visualizado e compreendido o princípio físico que viabiliza as comunicações ópticas modernas. O resultado de aprendizagem central é a capacidade de definir e identificar experimentalmente o ângulo crítico em uma interface dielétrica, e, mais importante, de explicar a condição para a ocorrência da reflexão interna total. Você conectará a teoria dos índices de refração ($n_1 > n_2$) com o comportamento prático da luz, solidificando o entendimento de que é este fenômeno que confina o sinal luminoso ao núcleo da fibra óptica, permitindo sua propagação por longas distâncias com perdas mínimas.