

# INSTITUTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Laboratório de Eletromagnetismo (4300373)  
2º SEMESTRE DE 2013

Grupo: .....

.....

.....

(nomes completos)

Prof(a): ..... Diurno ( ) Noturno ( )

Data : \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## **Experiência 8**

### **LINHA DE TRANSMISSÃO**

#### **1. Introdução**

Neste laboratório estudaremos o transporte de energia eletromagnética por cabos longos. A ideia central é verificar como se modifica o sinal (pulsos quadrados enviados com frequência de kHz) ao se propagar ao longo de um par de fios (linha de transmissão) de acordo com as condições de contorno: ponta da linha aberta, fechada, com resistência. Faremos também a medida da velocidade de propagação da onda eletromagnética na linha.

Linhas de transmissão são empregadas para carregar corrente alternada ou radiofrequência entre pontos distantes, com o mínimo de perdas. Há vários formatos de fios empregados para essa transmissão, e vamos trabalhar com um cabo coaxial (veja ilustração na Figura 1). Trata-se de um cabo cilíndrico com um fio condutor central, recoberto por um isolante (em geral plástico), e um condutor externo, na forma de uma malha, que recobre o conjunto. Há ainda uma capa externa para proteção do cabo. No interior dos condutores não há campo elétrico, mas no interior do dielétrico sim. A onda se propaga na direção do eixo do cilindro, com os campos elétrico e magnético oscilando perpendicularmente a essa direção.

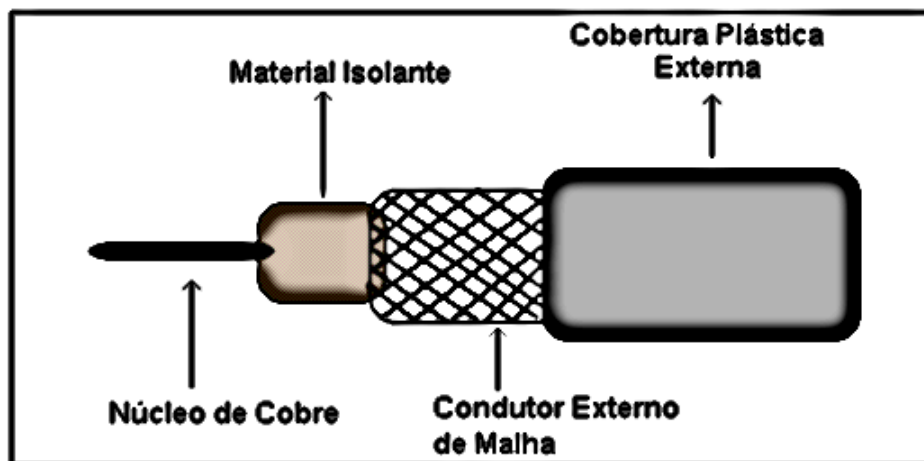


Figura 1: Esquema de cabo axial descrevendo seus componentes ([http://penta2.ufrgs.br/tp951/c\\_base.html](http://penta2.ufrgs.br/tp951/c_base.html))

## 2. Material Utilizado

- :: Cabos coaxiais de 30, 40 e 50 m, e de ~0,5 m com conectores tipo BNC;
- :: Conectores BNC tipo T;
- :: Conectores BNC com carga resistiva ( $50 \Omega$ );
- :: Conectores BNC tipo terminador (em curto circuito);
- :: Gerador de ondas quadradas;
- :: Osciloscópio;

## 3. Roteiro de Montagem

Nossa linha de transmissão está esquematizada na Figura 2: são utilizados conectores BNC tipo T, entre os três segmentos de cabos coaxiais para formar uma linha de transmissão de 120 m.

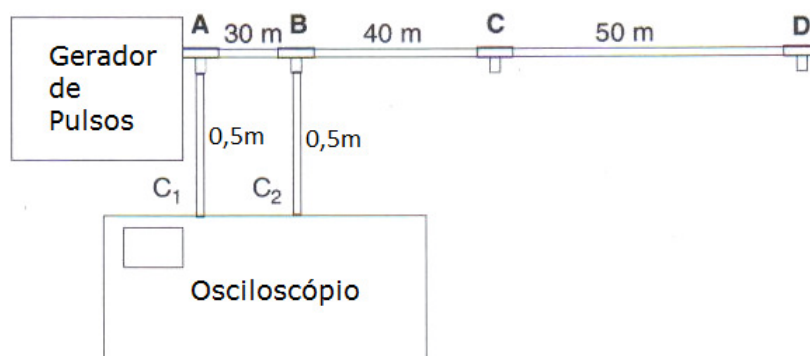
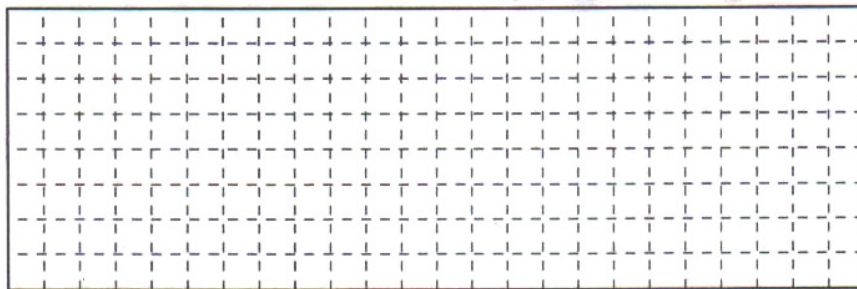


Figura 2: Montagem da linha de transmissão de 120 m.

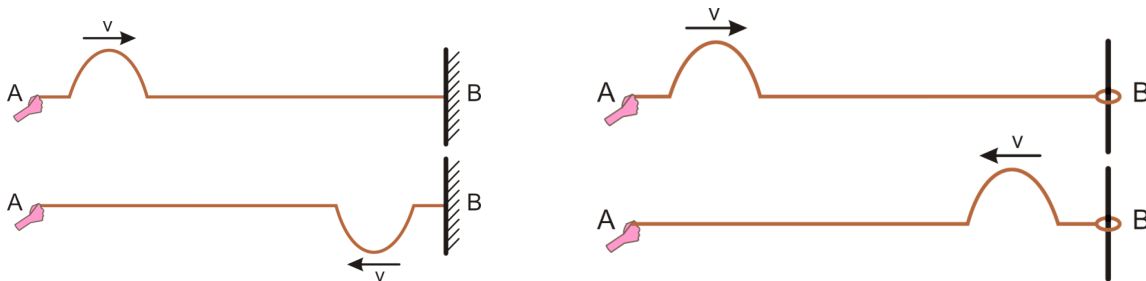
Comece o experimento com o cabo de 30 m somente. Use um conector T na saída do gerador de onda (frontal – impedância de  $50 \Omega$ ) e ligue numa ponta dele o cabo de 30 m e na outra o cabo curto. Conecte o cabo curto ao Canal 1 do osciloscópio e o final do

cabo de 30 m ao canal 2 (usando outro cabo curto para isso, ligado no BNC T). Ajuste o osciloscópio para medidas em escala de tempo menor que  $1 \mu\text{s}$ . Prepare-o para ser disparado em modo NORMAL com o sinal do canal 1 como referência

Ligue o gerador e ajuste-o para fornecer uma onda quadrada com frequência de alguns kHz e amplitude de aproximadamente 10 V pico a pico. Observe o começo da onda quadrada, com uma escala de tempo bem expandida (você deve conseguir perceber sinais de dezenas a centenas de ns). Faça um esboço das formas de onda observadas na saída do gerador (ponto A), quando este está desconectado e conectado à linha de transmissão. Verifique esse sinal com os três cabos longos.



Compare as curvas obtidas e comente as diferenças, observando o comportamento de ondas em uma corda, conforme as figuras abaixo (Ponta aberta: montanha volta como montanha – na ponta deve dobrar a amplitude! Ponta fechada (curto circuito, refletor) a montanha volta como vale).




---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

## 4. Tomada de Dados

### 4.1 Análise qualitativa dos sinais

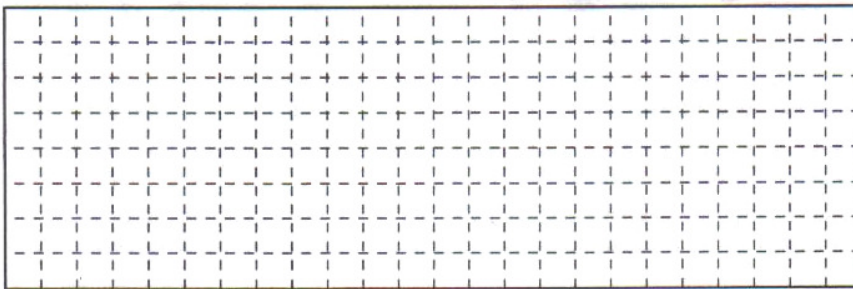
Com a linha de transmissão conectada ao gerador de sinais, observe simultaneamente os sinais nos canais 1 (ponto A) e 2 (sucessivamente nos pontos B, C e D) em três situações diferentes:

- Com a extremidade da linha em aberto,
- Com a extremidade da linha em curto-circuito,
- E com terminação de  $50 \Omega$ .

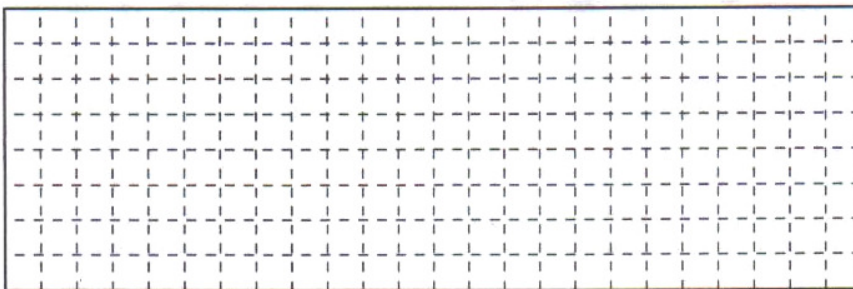
Use sempre o canal 1 do osciloscópio (ponto A) como referência no tempo.

Para os pares de sinais observados (A-B, A-C e A-D) anote: as escalas usadas, as tensões medidas e os intervalos de tempo,  $\Delta t$ , entre os sinais, e salve as telas do osciloscópio em um pendrive para todas as situações. Utilize o cursor do osciloscópio para as medidas. Se preferir, esboce nos quadros abaixo os pares, anotando também as escalas.

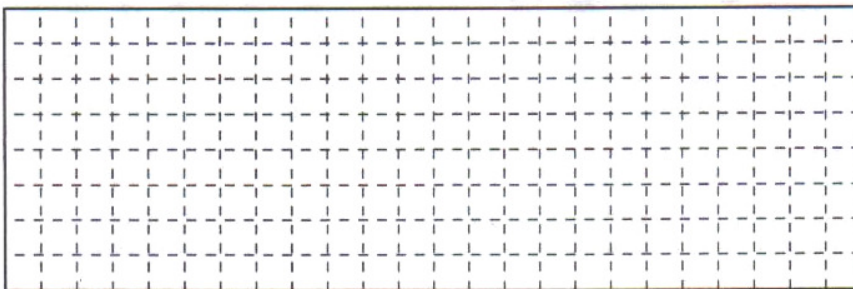
- a) Linha em aberto



- b) Linha em curto-circuito



- c) Linha com carga de  $50 \Omega$





Faça um gráfico de  $\Delta x \times \Delta t$ , verifique se o comportamento é linear. Ajuste então uma reta ao conjunto de dados e Determine a velocidade de propagação do pulso na linha de transmissão.

$$v_{exp} = \text{_____} \pm \text{_____}$$

Compare o seu resultado com o fornecido pelo fabricante, que é de  $v = 0,66 c$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

---

---

---

---

---

---

---

## 5. Questões para o relatório

1. Supondo que a permeabilidade magnética do material isolante (polietileno) seja igual à do vácuo  $\mu \approx \mu_0$  calcule a constante dielétrica  $\kappa = \epsilon/\epsilon_0$  (também conhecida como permitividade relativa) desse meio a partir da velocidade de propagação que você mediu, lembrando que:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \approx \frac{1}{\sqrt{\kappa\epsilon_0\mu_0}} = \frac{c}{\sqrt{\kappa}}$$

Nesse cálculo está embutida a hipótese de que a permeabilidade magnética é a mesma no vácuo e no material isolante do cabo coaxial. Comente a respeito.

2. O que você espera que aconteça com o valor da velocidade de propagação determinada experimentalmente, se você utilizar uma onda com frequência 5 vezes maior?

**O GRUPO deve entregar esta guia ao professor no final da aula.**