



Universidade de São Paulo
Instituto de Física

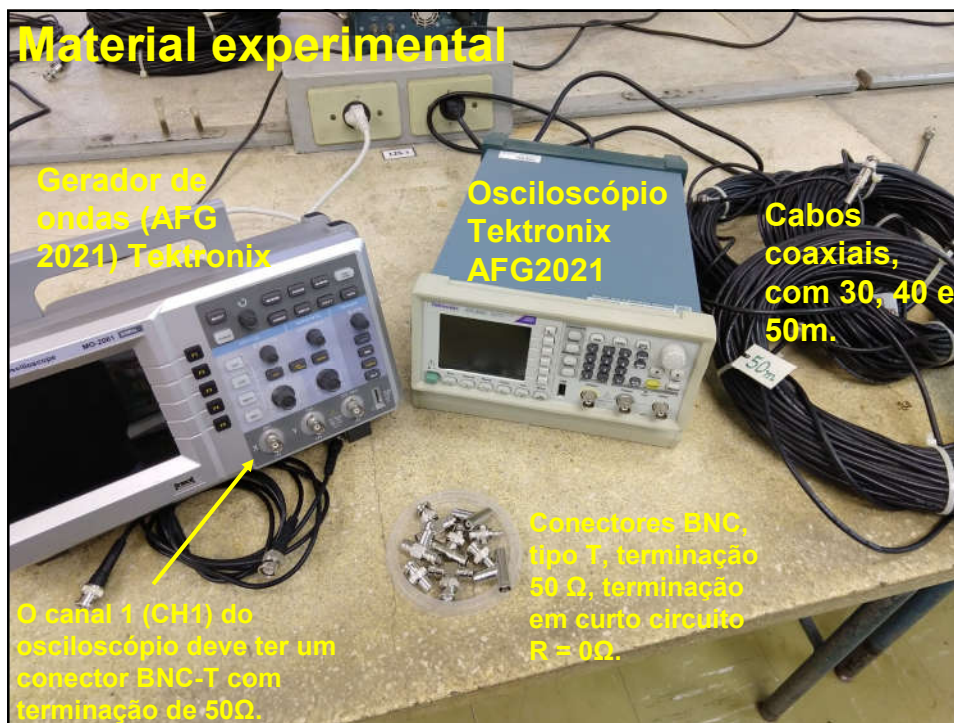
4323202 Física Experimental B

Linhas de Transmissão (cabos coaxiais)

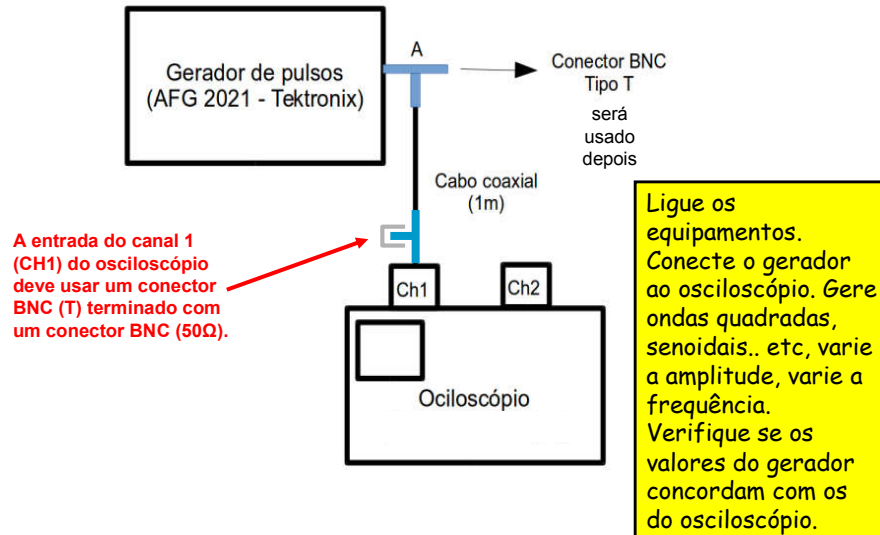
OBJETIVOS:

1. Medir a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética em uma linha de transmissão (cabo coaxial).
2. Estudar os efeitos da impedância de terminação em uma linha de transmissão (cabo coaxial).

IFUSP 4323202 MHT (2018)

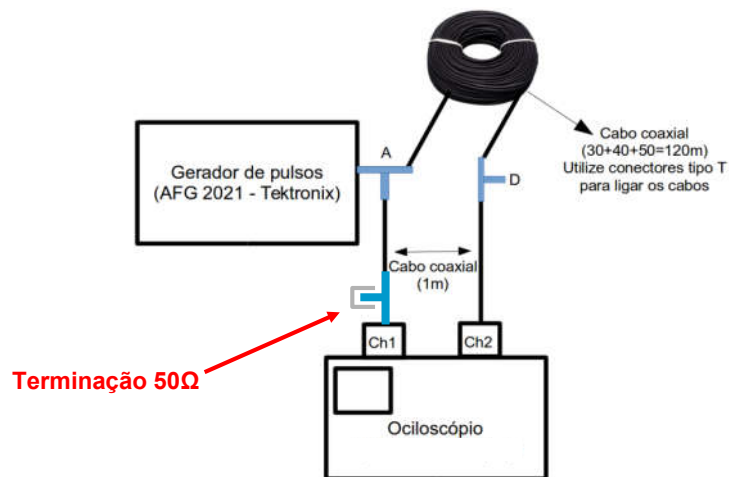


Familiarização com os equipamentos



NÃO USE O BOTÃO AUTOSET (AUTO – no osciloscópio)!!!!)

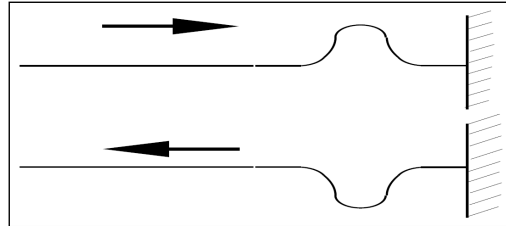
Medindo atraso na linha



Medida de dois sinais obtidos em distintos pontos de uma linha de transmissão (cabo coaxial), sob distintas condições de medida.

Analogia com uma corda estendida

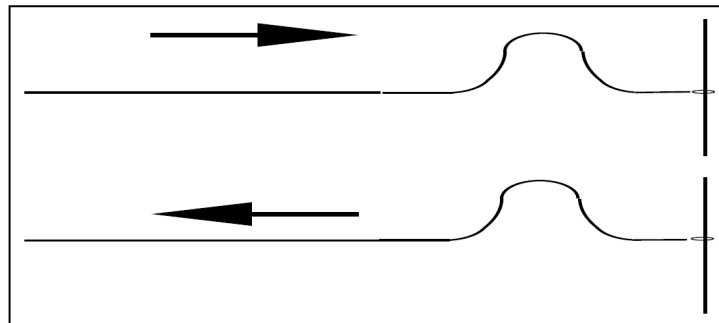
Todo obstáculo no caminho de uma **onda** gera algum tipo de **reflexão**.



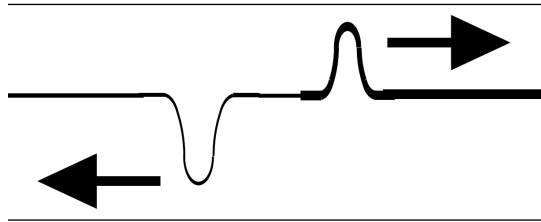
Numa **corda com a extremidade fixa**, o **pulso de onda refletido** mantém todas as características iniciais, porém com **inversão de fase de 180°**.

Reflexão aberta (ponta livre)

Numa **corda com a extremidade movel**, o **pulso de onda refletido** mantém todas as características iniciais, sem **inversão de fase**.



Emendas

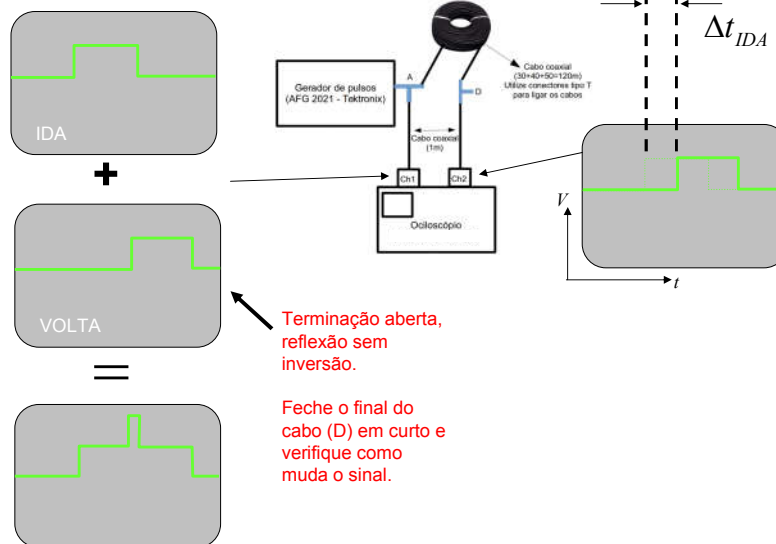


Um pulso de uma corda de menor densidade de massa, é parcialmente refletido e parcialmente transmitido numa emenda com mudança de densidade.

Na mudança para densidade maior a reflexão ocorre com inversão de fase. Na mudança de densidade maior para menor a reflexão terá mesma fase.

O pulso transmitido mantém a fase do pulso incidente, qualquer que seja o caso.

Medindo atraso na linha



Tratamento e análise dos dados experimentais

Determine a velocidade de propagação de onda no cabo coaxial.

$$100 \left(\frac{v_{\text{exp}} - v_{\text{nom}}}{v_{\text{nom}}} \right)$$

Compare com o valor fornecido pelo fabricante:

$$v_{\text{nominal}} = 0.66 \cdot c$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo:

$$299\,792\,458 \text{ m / s}$$

Índice de refração “n” de um meio é dado por:

$$n = \frac{c}{v}$$

Verificando o acordo com valores nominais

Supondo a permeabilidade magnética do material isolante (polietileno) igual a do vácuo

$$\mu = \mu_0$$

Seja constante dielétrica k definida pelo quociente entre as permissividades do polietileno e do vácuo:

$$\left(k = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \right)$$

Determine k a partir da velocidade de propagação medida.

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \cdot \epsilon}}$$

A velocidade da onda no meio com permeabilidade magnética μ e permissividade elétrica ϵ é dada por:

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

$$\frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\mu \cdot \epsilon}{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \Rightarrow \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} = \sqrt{k}$$

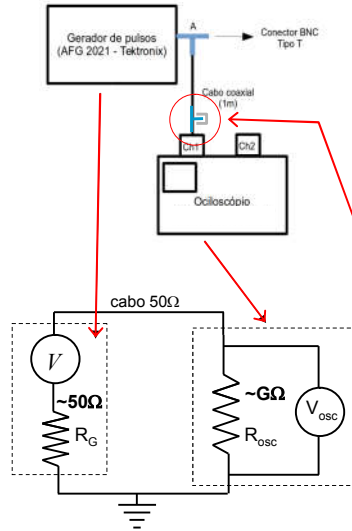
$$\begin{aligned} v_{\text{nominal}} &= 0,66 \cdot c \\ \Rightarrow k_{\text{nominal}} &\approx 2,3 \end{aligned}$$

Porque a tensão medida no osciloscópio é o dobro da saída do gerador ?

Teorema de Thévenin:

Uma fonte real pode ser representado como uma fonte de tensão ideal $R=0$, em série com uma impedância.

Um voltímetro real pode ser representado como um voltímetro ideal $R=\infty$ em paralelo com uma resistência interna.



Em geral a impedância de saída de uma fonte é baixa $\sim 50\Omega$ e a de entrada do osciloscópio é alta $\sim G\Omega$.

O sinal AC do gerador que transita no cabo "vê" o osciloscópio como uma terminação quase aberta, portanto reflete em fase e dobra a voltagem. (Isso não acontece em circuitos DC)

Quando a impedância de entrada do osciloscópio é casada com a do cabo $\sim 50\Omega$, não há reflexão e $V_G = V_{osc}$. Por isso se usa **terminar o cabo com um resistor de 50Ω** .

Pontas de prova de osciloscópios são projetadas para medirem a tensão corretamente e com alta impedância.