

PTC3314 - Ondas e Linhas

2º Exercício de Simulação Computacional

Guilherme Fortunato Miranda, Nº USP: 13683786

João Pedro Dionizio Calazans, Nº USP: 13673086

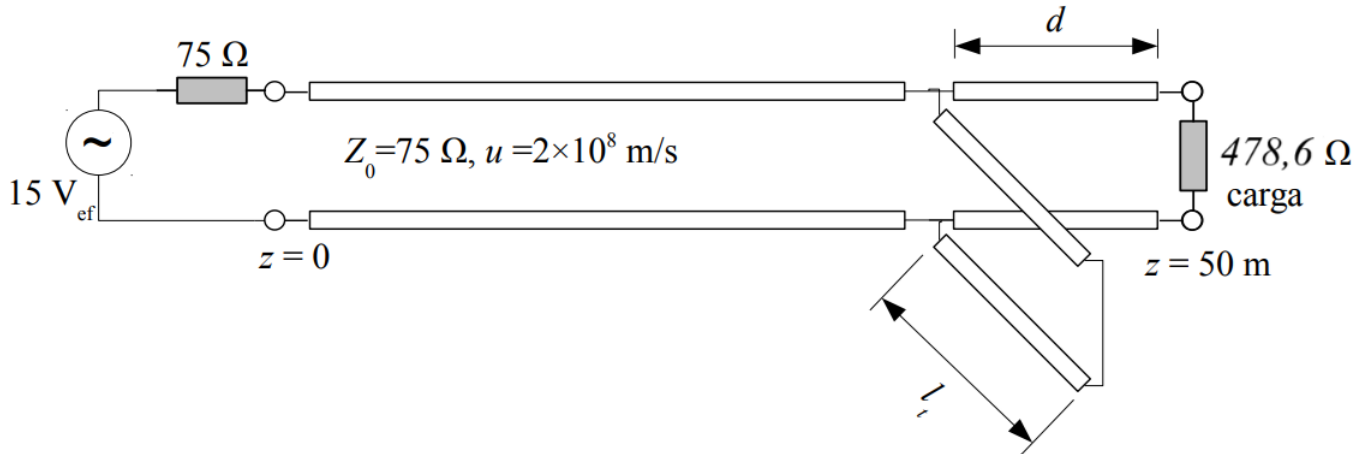
Thomas de Castro Hess, Nº USP: 11806090

Turma 02 – Grupo B

27 de Outubro de 2024

A tabela de respostas é apresentada ao final do documento, anexadas.

1.



As simulações, gráficos e cálculos para este item foram feitas através do software Octave.

a) $P_d = \frac{E_g^2}{4R_g} = 0,75 \text{ W}$

b) $d_{min} = 0,380 \text{ m}$

$$\rho_d = \rho_L e^{-j\frac{4\pi}{\lambda}d}, \quad \rho_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$y_d = \frac{Z_0}{Z_d}, \quad Z_d = Z_0 \frac{1 + \rho_d}{1 - \rho_d}$$

c) $b = 2,13$

$$y_d = 1 + jb = 0,9998 + j 2,1300 \approx 1 + j 2,13$$

d) $l_t = 0,1397 \text{ m}$

$$\text{Entrada do toco: } Z_t = \frac{Z_0}{-jb}, \quad \rho_t = \frac{Z_t - Z_0}{Z_t + Z_0} = \frac{\frac{1}{-jb} - 1}{\frac{1}{-jb} + 1}$$

$$\text{Final do toco (curto): } Z_{l_t} = 0, \quad \rho_{l_t} = 1 \angle 180^\circ$$

$$\arg\{\rho_t\} = \arg\{\rho_{l_t}\} - \frac{4 \times 180^\circ}{\lambda} l_t$$

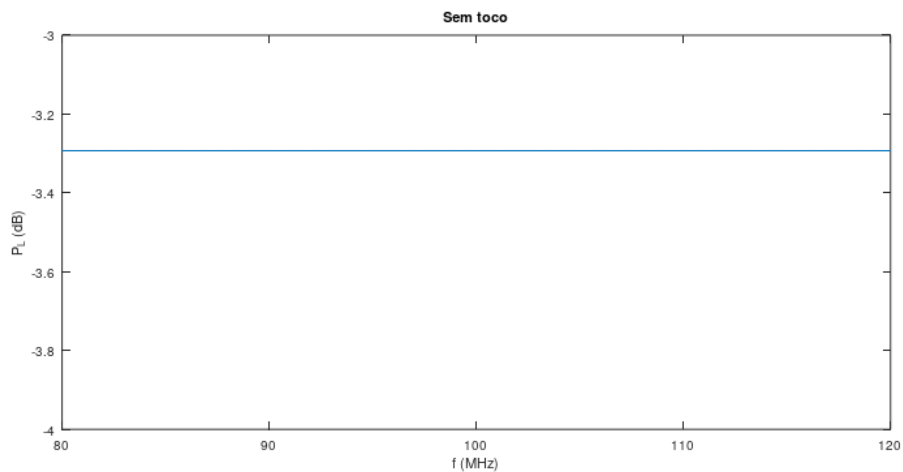
$$l_t = \frac{\lambda}{4} \left(1 - \frac{\arg\{\rho_t\}}{180^\circ} \right)$$

e) i - Linha sem toco paralelo

$$\rho_{ent} = \rho_L e^{-j \frac{4\pi}{\lambda} L}, \quad Z_{ent} = Z_0 \frac{1 + \rho_{ent}}{1 - \rho_{ent}}$$

$$I_{ent} = \frac{E_g}{Z_{ent} + R_g}$$

$$P_L = P_{ent} = |I_{ent}|^2 R_{ent}$$



$$P_{max} = P_L (cte) = 0,35137 \text{ W} = -3,29297 \text{ dB e BW} = 0$$

e) ii - Toco localizado em d_{min}

Antes do toco:

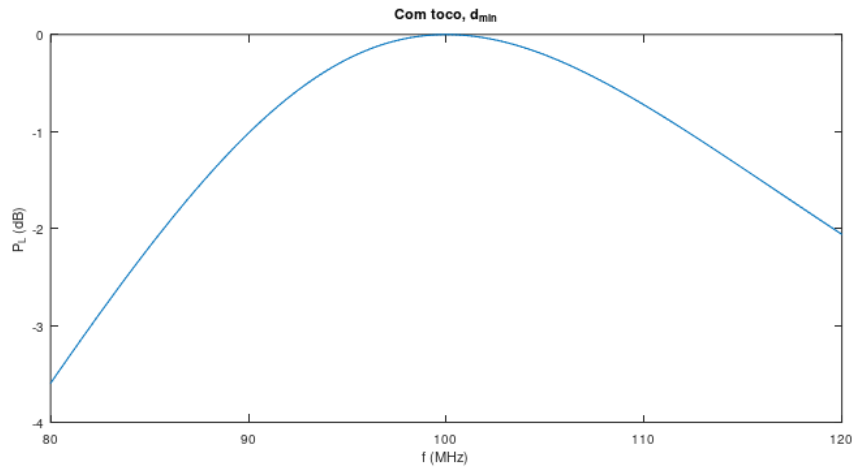
$$\rho_d^- = \rho_L e^{-j\frac{4\pi}{\lambda}d_{min}}$$

Após o toco:

$$Y_d = \frac{1}{Z_0} \cdot \frac{1 - \rho_d}{1 + \rho_d} - j \frac{b}{Z_0}$$

$$\rho_d^+ = \frac{\frac{1}{Y_d} - Z_0}{\frac{1}{Y_d} + Z_0}$$

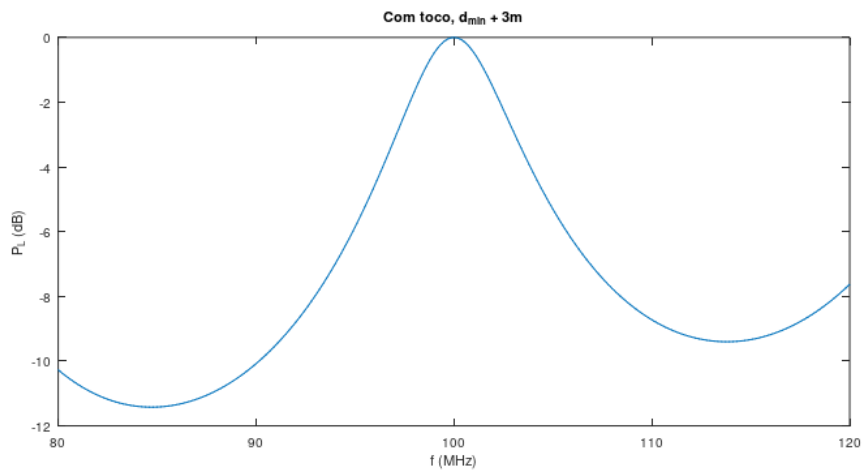
$$\rho_{ent} = \rho_d e^{-j\frac{4\pi}{\lambda}(L-d)}$$



$$P_{max} = P_d = 0,75 W = 0 dB$$

$$BW = \text{de } 85,8 \text{ MHz a } 119,6 \text{ MHz} = 33,8 \text{ MHz}$$

e) iii - Toco localizado em $d_{min} + 3m$



$$P_{max} = P_d = 0,75 W = 0 dB$$

$$BW = \text{de } 97,8 \text{ MHz a } 102,4 \text{ MHz} = 4,6 \text{ MHz}$$

f) Para valores maiores de d , a largura de banda diminui de valor, em uma taxa menor. Porém, caso o aumento se dê no valor específico do comprimento de onda de cada frequência da amostragem, o valor deve se manter igual ao sem esta parcela múltipla.

3 m, por exemplo, tem comportamento equivalente a $(3 + \frac{\lambda}{2})$ m, ou até a $(3 + 9\frac{\lambda}{2})$ m. Simulações extras para casos condizentes estão apresentadas a seguir.

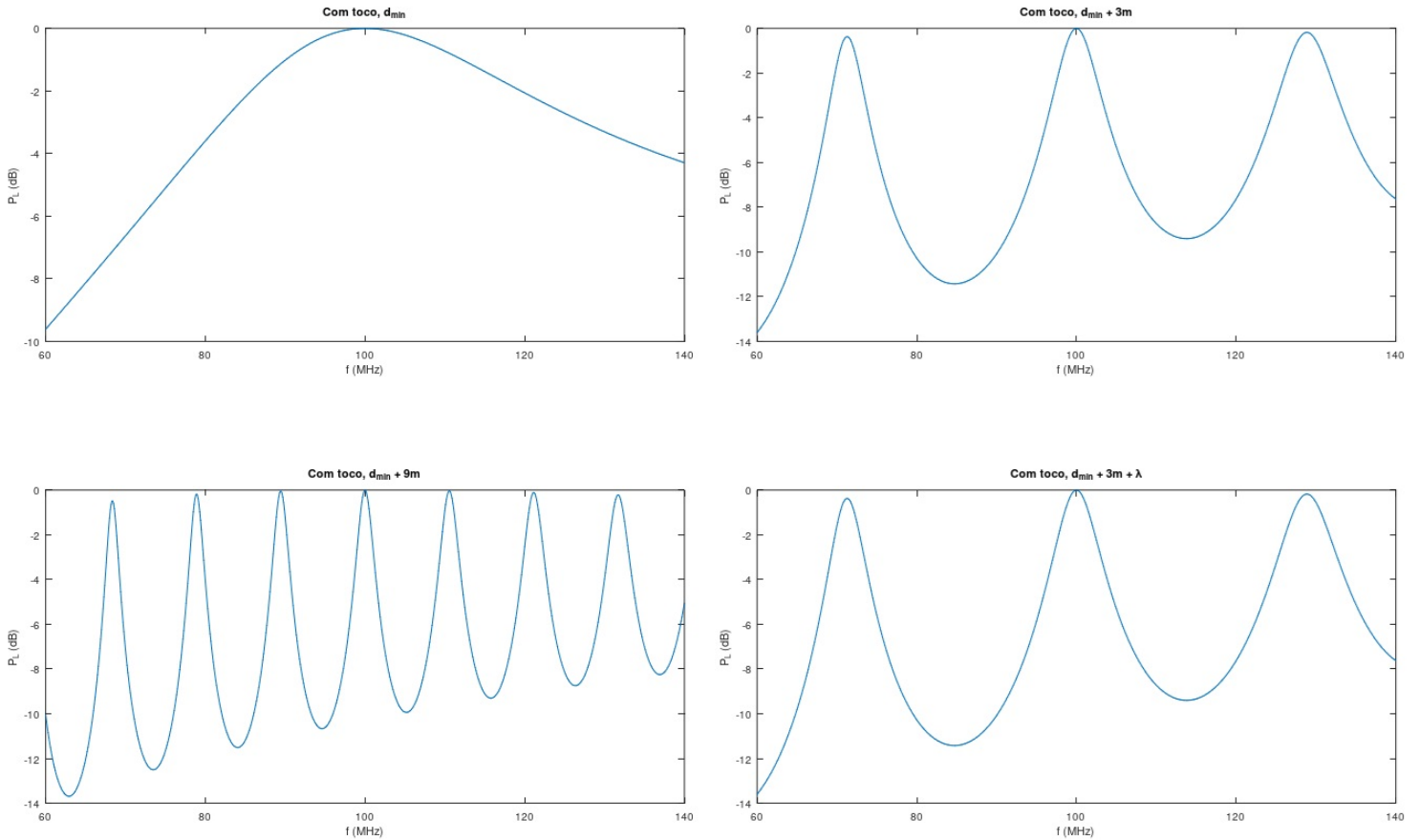
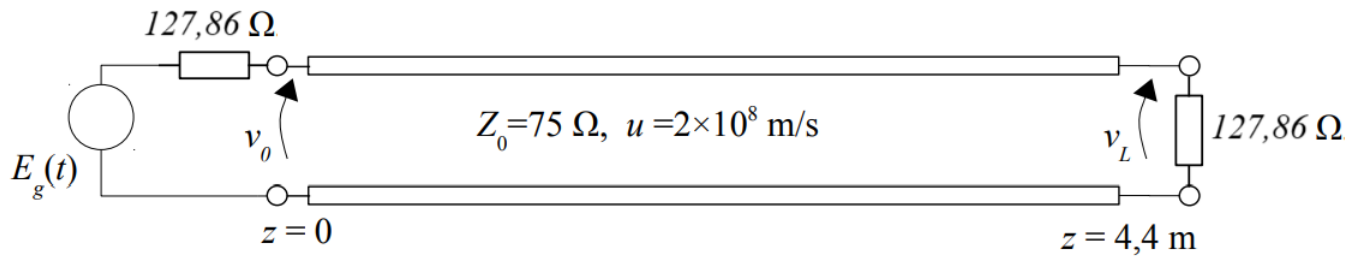


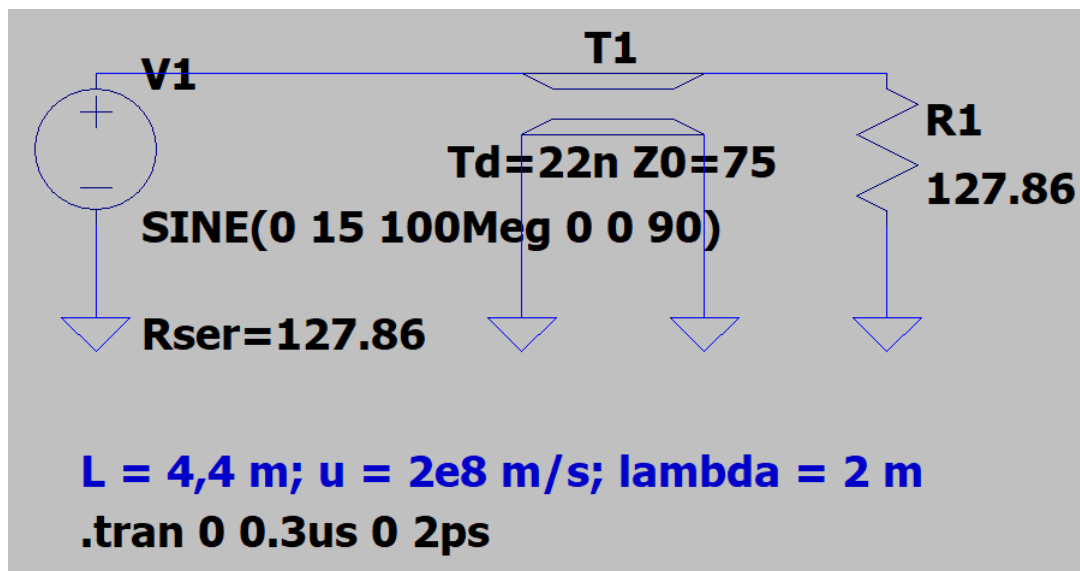
Figura 1: Simulações adicionais da questão 1

2.



$$E_g(t) = 15 H(t) \cos(2\pi f_0 t) \text{ V} \quad f_0 = 100 \text{ MHz}$$

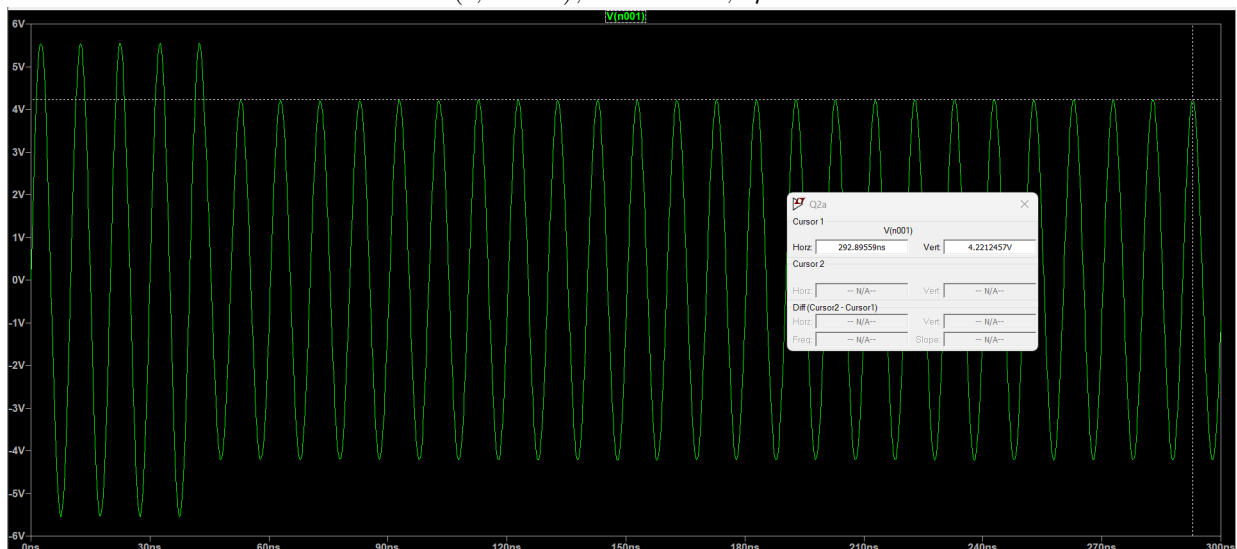
$$Z_g = Z_L = 127,86 \Omega$$



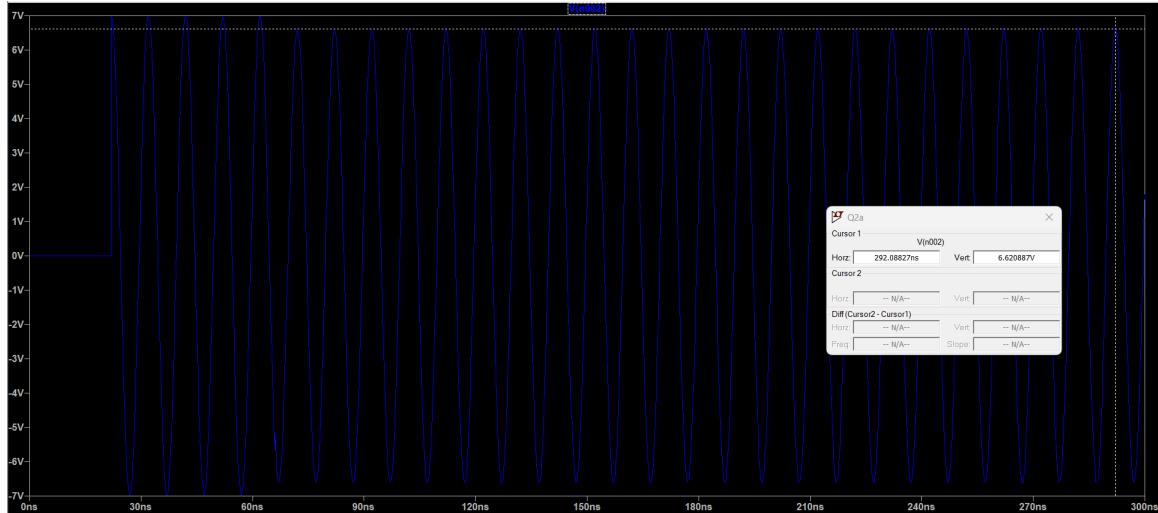
Linha simulada através do software LTspice

a)

$$v(t, z = 0), \quad 0 < t < 0,3 \mu s$$



$$v(t, z = L), 0 < t < 0,3\mu s$$



Observados do gráfico:

$$V(z = 0)_{regime} = 4,213149 \text{ V}$$

$$V(z = L)_{regime} = 6,620887 \text{ V}$$

Valores esperados:

$$\rho_{ent} = \rho_L e^{-j\frac{4\pi}{\lambda}L}, Z_{ent} = Z_0 \cdot \frac{1 + \rho_{ent}}{1 - \rho_{ent}}$$

$$V(z = 0) = E_g \cdot \frac{Z_{ent}}{Z_{ent} + R_g}$$

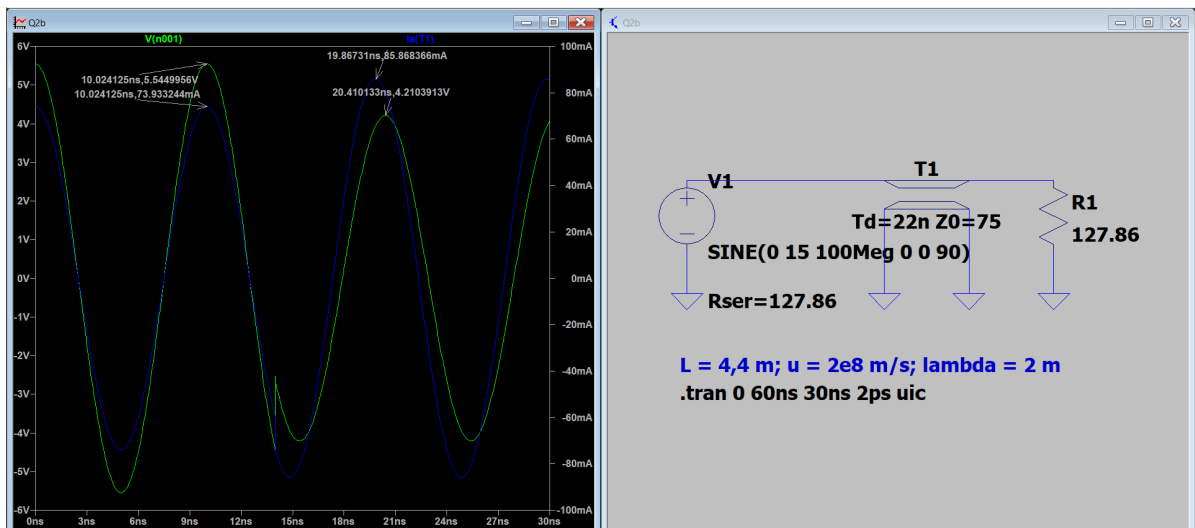
$$V(z = L) = V^+(0)(1 + \rho_L) e^{-j\frac{4\pi}{\lambda}L} = V(0) \cdot \frac{1 + \rho_L}{1 + \rho_{ent}} \cdot e^{-j\frac{4\pi}{\lambda}L}$$

$$V(z = 0)_{regime} = 4,2231 \text{ V}$$

$$V(z = L)_{regime} = 6,6220 \text{ V}$$

b)

$$v(t, z = 0), i(t, z = 0), 30 \text{ ns} < t < 60 \text{ ns}$$



$$Z_{t < 44 \text{ ns}} = \frac{5,5449956 \text{ V}}{73,933244 \text{ mA}} = 75,0 \angle 0 \Omega$$

$$Z_{t > 44 \text{ ns}} = \frac{4,2103913 \text{ V}}{85,868366 \text{ mA}} = 49,033 \angle -16,542^\circ \Omega = (46,20872 - j 16,40116) \Omega$$

Calculados a partir de valores retirados dos gráficos.

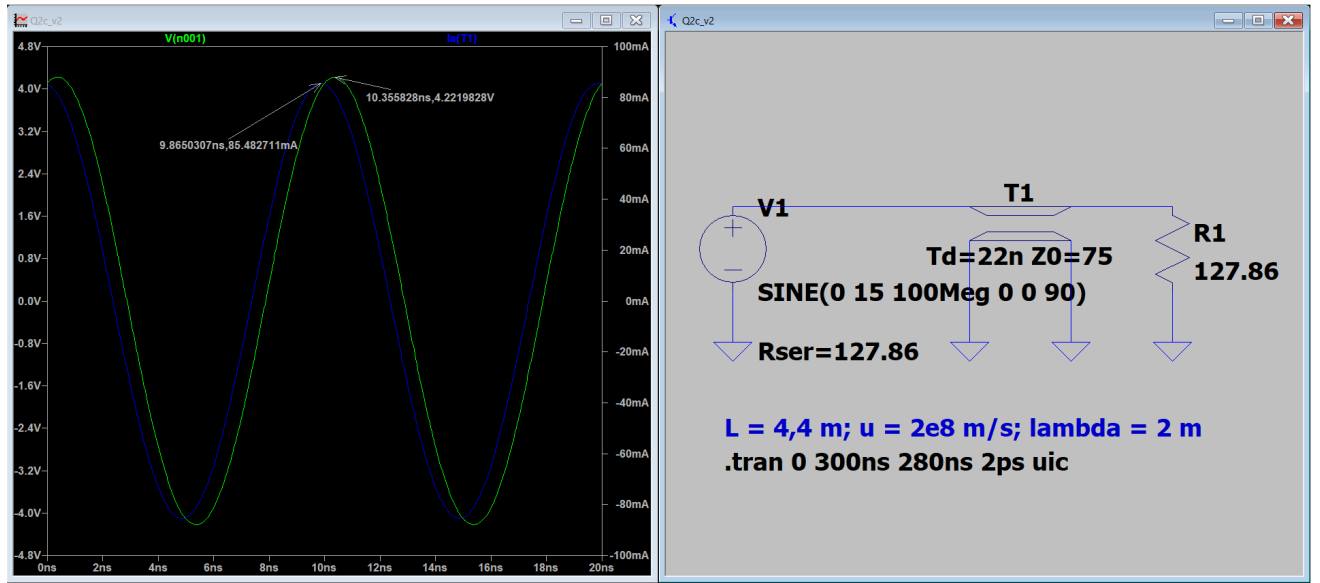
A defasagem foi calculada como:

$$(19,86731 - 20,410133) \text{ ns} \times 360^\circ \times 100 \text{ MHz} = -16,542^\circ$$

E a mesma tem ocorrência devido a mudança decorrida pela reflexão da onda vinda pela carga, que passou a agir neste ponto da linha neste momento, de $t = 44 \text{ ns}$.

c)

$$v(t, z = 0), i(t, z = 0), 0,28 \mu s < t < 0,3 \mu s$$



Valor observado:

$$Z(z = 0) = \frac{4,2219828 \text{ V}}{85,482711 \text{ mA}} = 49,39 \angle -17,669^\circ \Omega = (47,06 - j 14,99) \Omega$$

Valor esperado:

$$Z(z = 0) = 49,403 \angle -18,192^\circ \Omega = (46,933 - j 15,424) \Omega$$

Com uma defasagem de $-0,4908 \text{ ns} = -17,669^\circ$ (a 100MHz), os valores determinados a partir dos encontrados graficamente (através dos cursores) e os teóricos calculados são coerentes, ainda que a simulação não esteja perfeitamente em regime (como foi determinado pelos valores esperados) e a obtenção visual de pontos do gráfico implique em erros intrínsecos.

Anexo - TABELA DE RESPOSTAS

Questão	Parâmetro	Valor
1-a	$P_d =$	0,75 W
1-b	$d_{min} =$	0,38 m
1-c	$b =$	2,13 S/S
1-d	$l_t =$	0,1397 m
1-e-i	P_{max} (sem toco)	-3,29297 dB
ii	$P_{max}(d = d_{min})$	0 dB
ii	$BW (d = d_{min})$	33,8 MHz
iii	$P_{max}(d = 3m + d_{min})$	0 dB
iii	$BW (d = 3m + d_{min})$	4,6 MHz
1-f	Como muda BW?	Para valores maiores de d, a largura de banda diminui de valor. Porém, caso o aumento se dê no valor específico do comprimento de onda de cada frequência do sweep, o valor deve se manter igual ao sem esta parcela múltipla.
2-a	V_0 - esperado	4,2231 V
	V_0 - observado	4,213149 V
	V_L - esperado	6,6220 V
	V_L - observado	6,620887 V
2-b	$Z(z = 0, t < 44ns)$	$75 + j0 \Omega$
	$Z(z = 0, t > 44ns)$	$46,20872 - j 16,40116 \Omega$
2-c	$Z(z = 0; 0,28\mu s < t < 0,3\mu s)$	$47,06 - j 14,99 \Omega$

Tabela 1: Tabela de respostas