

# Onda Plana em Meio Dissipativo

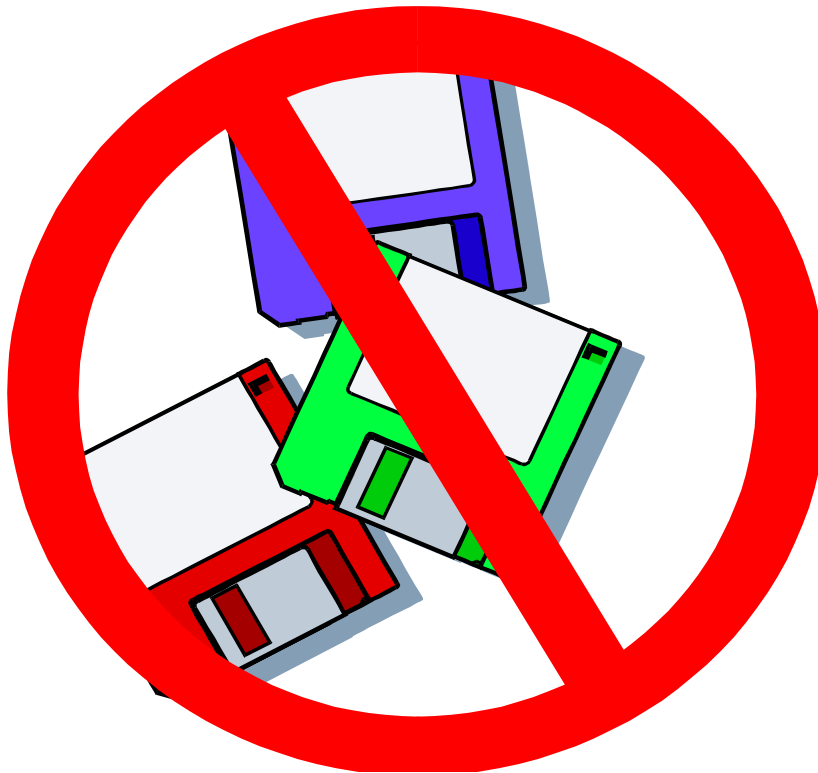
## Água do mar

SEL 413 Telecomunicações

Amílcar Careli César  
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP

# Atenção!

---



- ✓ Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de **SEL-413: Telecomunicações**, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia aeronáutica.
- ✓ Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- ✓ solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

# Água do mar-1

$$\sigma = 4 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}; \quad \varepsilon = 81\varepsilon_0 \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}; \quad \mu = \mu_0 \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\varepsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}; \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}; \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$$

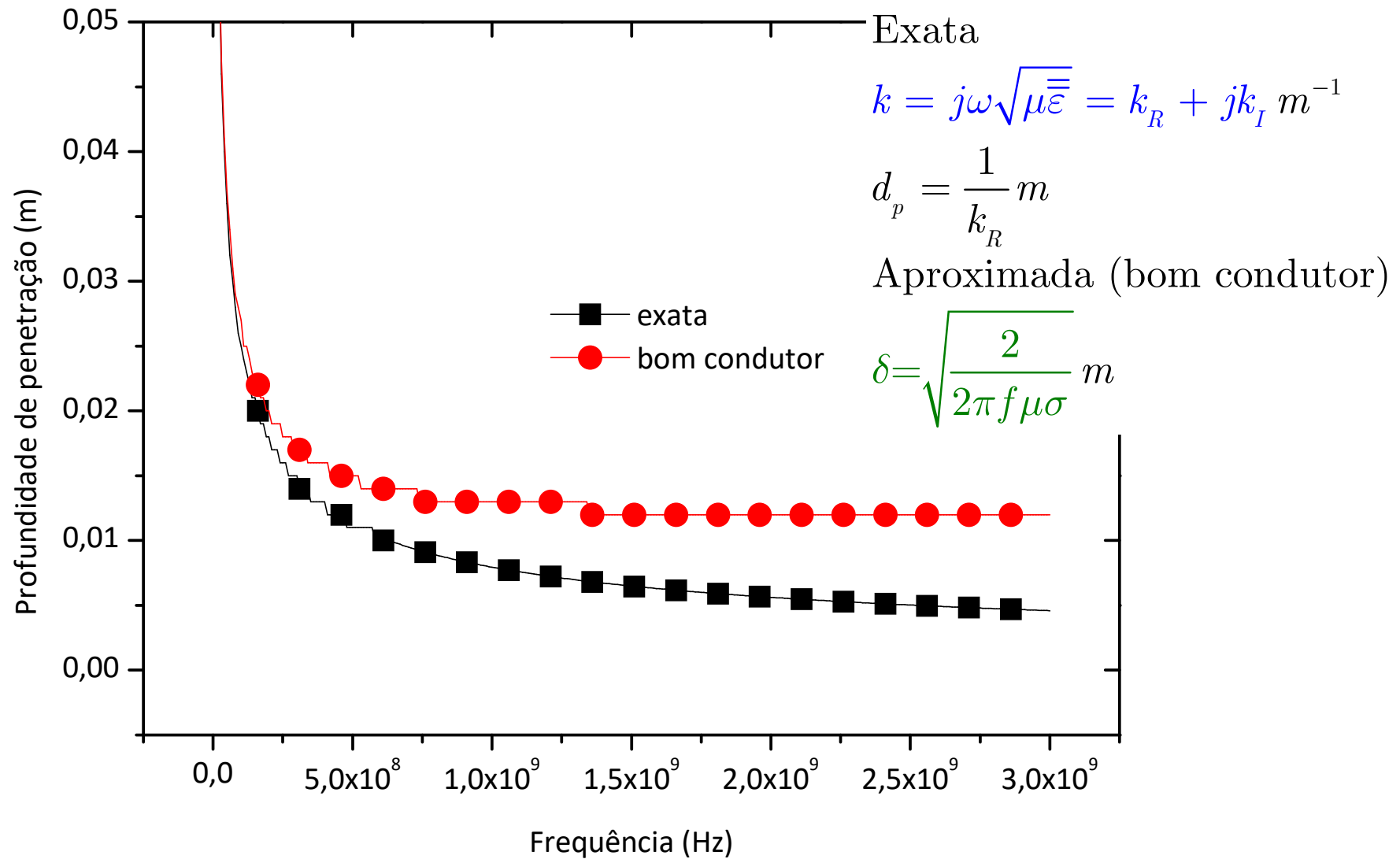
$$\varepsilon_{rc} = \varepsilon_r - j \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_0}; \quad k = j\omega \sqrt{\mu \varepsilon} = k_R + jk_I \text{ m}^{-1}; \quad d_p = \frac{1}{k_R} \text{ m}^{-1}$$

água do mar é bom condutor até  $\sim 100$  MHz

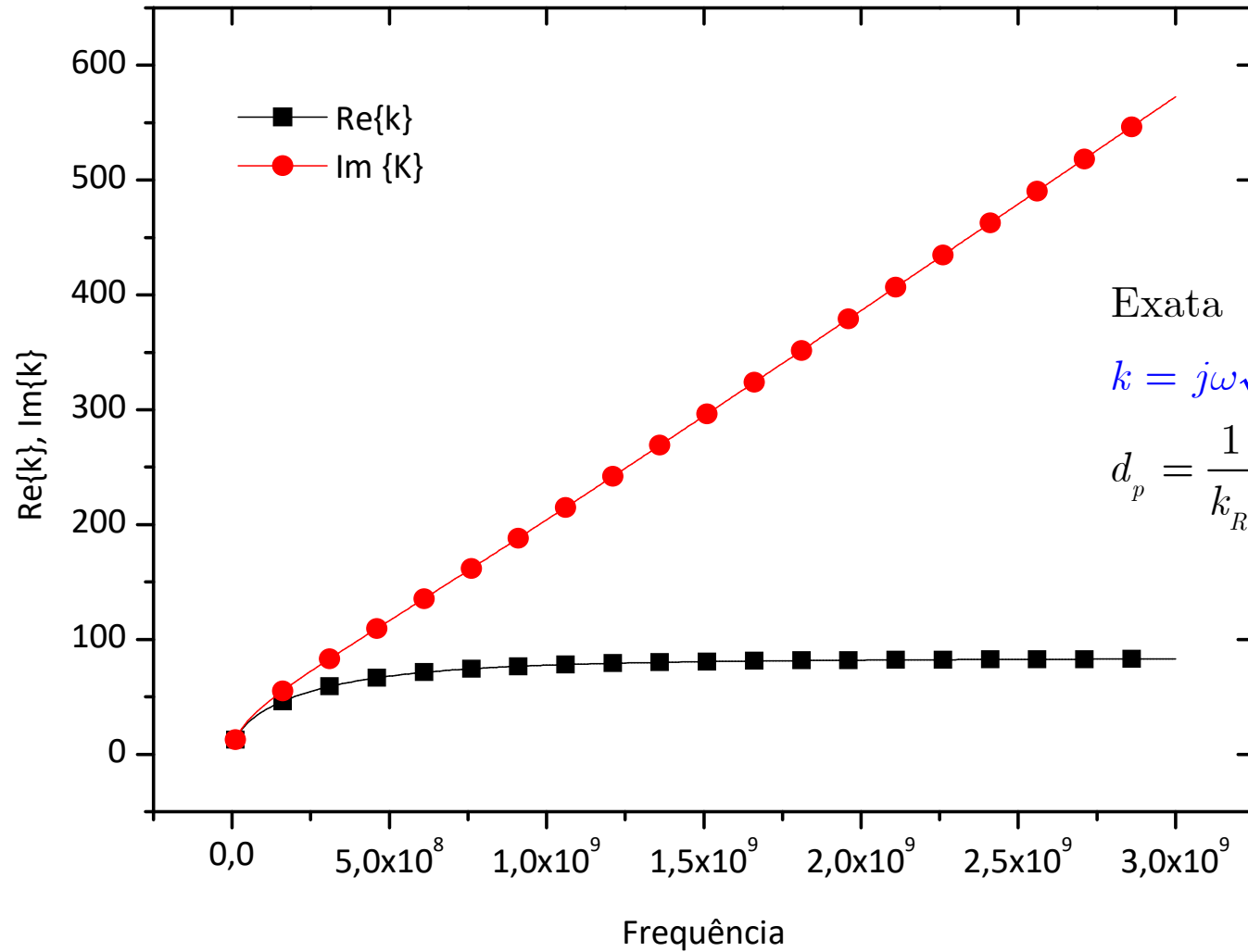
notar pelas partes real e imaginária de  $k$

f (Hz)	$\varepsilon$ (F/m)	$k$ (m <sup>-1</sup> )	$d_p$
60	$7,2 \times 10^{-10} - j0,011$	$0,031 + j0,031$	32,4 m
1 k	$7,2 \times 10^{-10} - j6,4 \times 10^{-4}$	$0,126 + j0,126$	7,95 m
1 M	$7,2 \times 10^{-10} - j6,4 \times 10^{-7}$	$3,98 + j3,98$	25,1 cm
100 M	$7,2 \times 10^{-10} - j6,4 \times 10^{-9}$	$37,6 + j42,1$	27 mm
1 G	$7,2 \times 10^{-10} - j6,4 \times 10^{-10}$	$77,6 + j204,1$	13 mm

# Água do mar-2



# Água do mar-3



Exata

$$k = j\omega\sqrt{\mu\epsilon} = k_R + jk_I \text{ m}^{-1}$$

$$d_p = \frac{1}{k_R} m$$

# Permissividade complexa

---

$$\bar{\epsilon} = \epsilon' - j\epsilon'' = \epsilon_0 (\epsilon'_r - j\epsilon''_r) \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$$

$\epsilon_0$ : permissividade dielétrica do vácuo

Neste site é possível traçar gráfico das partes real e imaginária da permissividade complexa da água do mar em função da temperatura e frequência

[www.random-science-tools.com/electronics/water\\_dielectric.htm](http://www.random-science-tools.com/electronics/water_dielectric.htm)

Refs.:

1. Thomas Meissner and Frank Wentz, "[The Complex Dielectric Constant of Pure and Sea Water from Microwave Satellite Observations](#)"
2. Ellison, W., A. Balana, G. Delbos, K. Lamkaouchi, L. Eymard, C. Guillou, and C. Prigent, "[New permittivity measurements of seawater](#)", Radio Sci., 33(3), doi:10.1029/97RS02223, 1º maio 1998

# Transparência e opacidade

---

- ✓ Água é relativamente **transparente** nas faixas visível, ultravioleta próximo e vermelho distante (a referência é a faixa do visível)
- ✓ Água absorve nas faixas ultravioleta, infravermelho e micro-ondas.
- ✓ Forno de micro-ondas utiliza propriedade de **opacidade** da água em frequências de micro-ondas
- ✓ Absorção na faixa do vermelho faz a água parecer azul (matiz)

# Condutividade da água

---

- ✓ Valores típicos ( $\text{S.m}^{-1}$ )
  - Água muito pura:  $5,5 \times 10^{-6}$
  - Água potável: 0,005 a 0,05
  - Água do mar: 4 a 5



# Faixas de frequências baixas para comunicação

Nome da Faixa (Frequency)	Abreviação	Frequência e Comprimento de Onda (vácuo)	Exemplos de Utilização
Tremendously low	TLF	< 3 Hz > 100,000 km	Natural and artificial electromagnetic noise
Extremely low	ELF	3–30 Hz 100,000 km – 10,000 km	Communication with <b>submarines</b>
Super low	SLF	30–300 Hz 10,000 km – 1000 km	Communication with <b>submarines</b>
Ultra low	ULF	300–3000 Hz 1000 km – 100 km	<b>Submarine</b> communication, Communication within mines
Very low	VLF	3–30 kHz 100 km – 10 km	Navigation, time signals, <b>submarine</b> communication, wireless heart rate monitors, geophysics

[http://en.wikipedia.org/wiki/Radio\\_spectrum](http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_spectrum)

# ALP-365/EL Pinger Technical Specs

Specification	Description
Frequency	25-40 kHz in 0.5 kHz increments (user selectable)
acoustic output: re 1 $\mu$ Pa@1m (acoustic power)	162 dB (0.125W) 168 dB (0.5W) 174 dB (2W) 177 dB (5W)
Pulse length	4ms
Pulse repetition	User selectable: 2 pulse/sec; 1 pulse/sec; 1 pulse/2 sec
Housing	Aluminum
Weight in air	1.0 kg (2.25 lbs)
Dimensions	30.2 cm (11.88 in) length x 5.08 cm (2.0 in) diameter
Power source	Requires six 9V alkaline or six 9V lithium batteries (not included)
Battery life	Pulse repetition dependent: 0.125W: 60-78 days 9V alkaline; 135-180 days 9V lithium 0.5W: 30-60 days 9V alkaline; 60-135 days 9V lithium 2W: 9-30 days 9V alkaline; 18-60 days 9V lithium 5W: 3-12 days 9V alkaline; 6-24 days 9V lithium



[www.benthos.com/](http://www.benthos.com/)

# Voo 447 Air France

---



<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/910477-resgatada-segunda-caixa-preta-do-voo-rio-paris.shtml>  
4/4/2011