

# Ondas de Água no 2º Grau?

Fernando de Souza-Barros

[fsbarros@if.ufrj.br](mailto:fsbarros@if.ufrj.br)

Sala A432- Ext. 7337

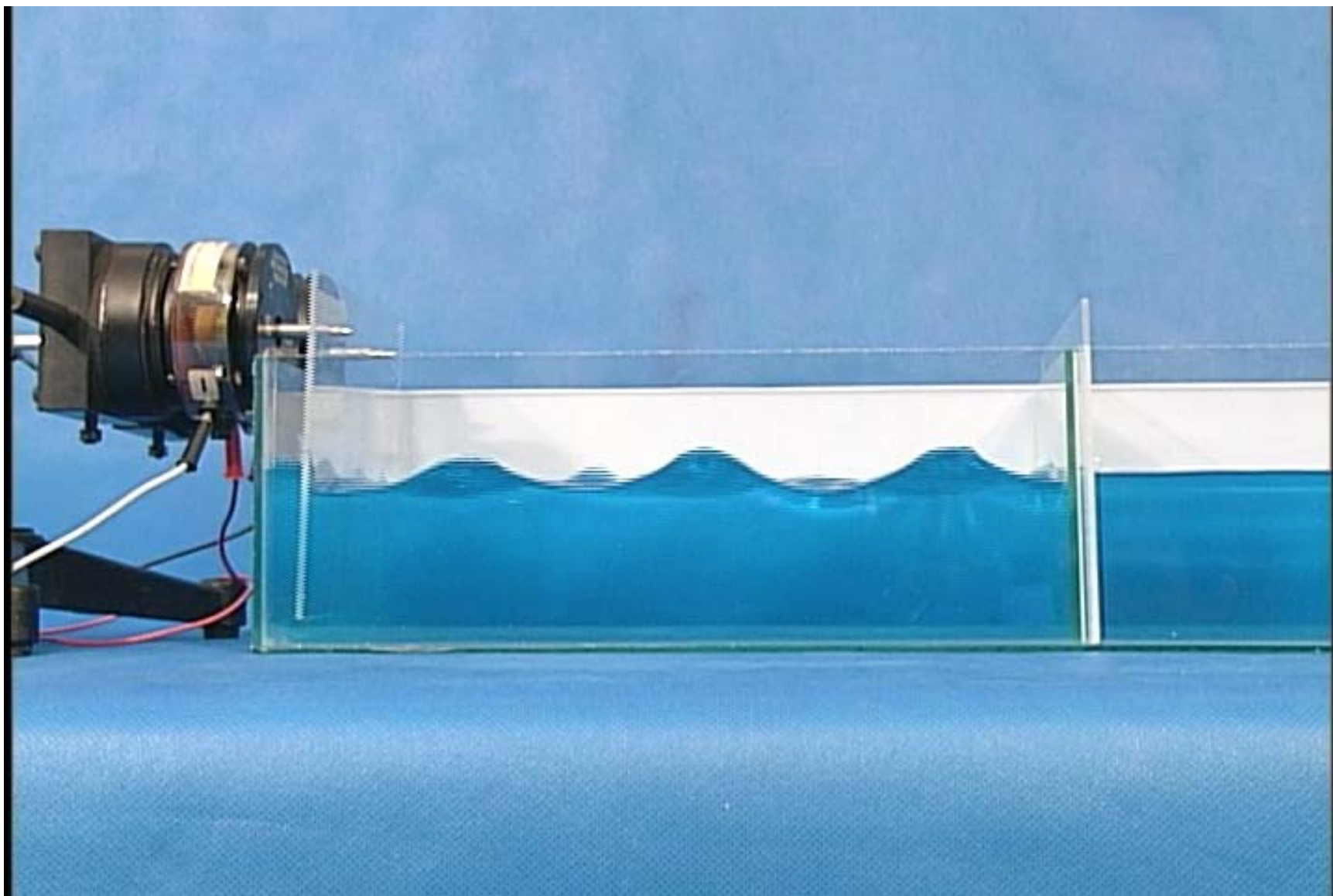
# Porque Ondas de Água?

## Motivações

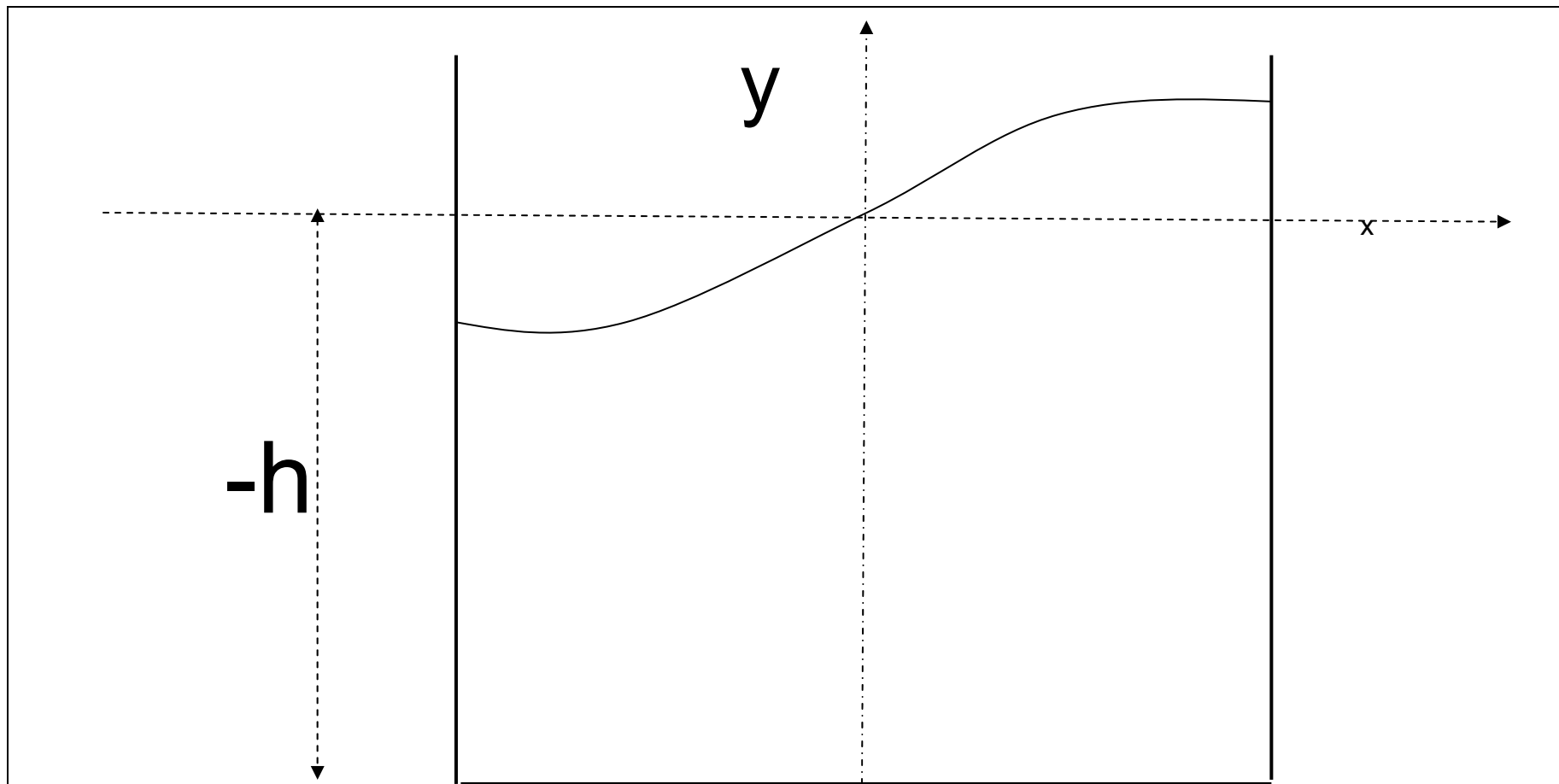
- Didáticas:
  - O perfil da lamina de água:  $v_g (gh)^{1/2}$
  - Calhas de PVC e secadores de cabelo
- Ecológicas:
  - Mudanças Climáticas e Diques Naturais
  - Tsunami e Manguezais
  - O ataque das ondas - Atafona!
- Tecnológicas:
  - Ondas do Mar & Energia
- Históricas: Projeto Final de Curso de Almir Guedes dos Santos (2007)



Porque as ondas do mar quebram antes de chegar na praia ?



Como se movem as gotículas de água dentro da onda cuba?

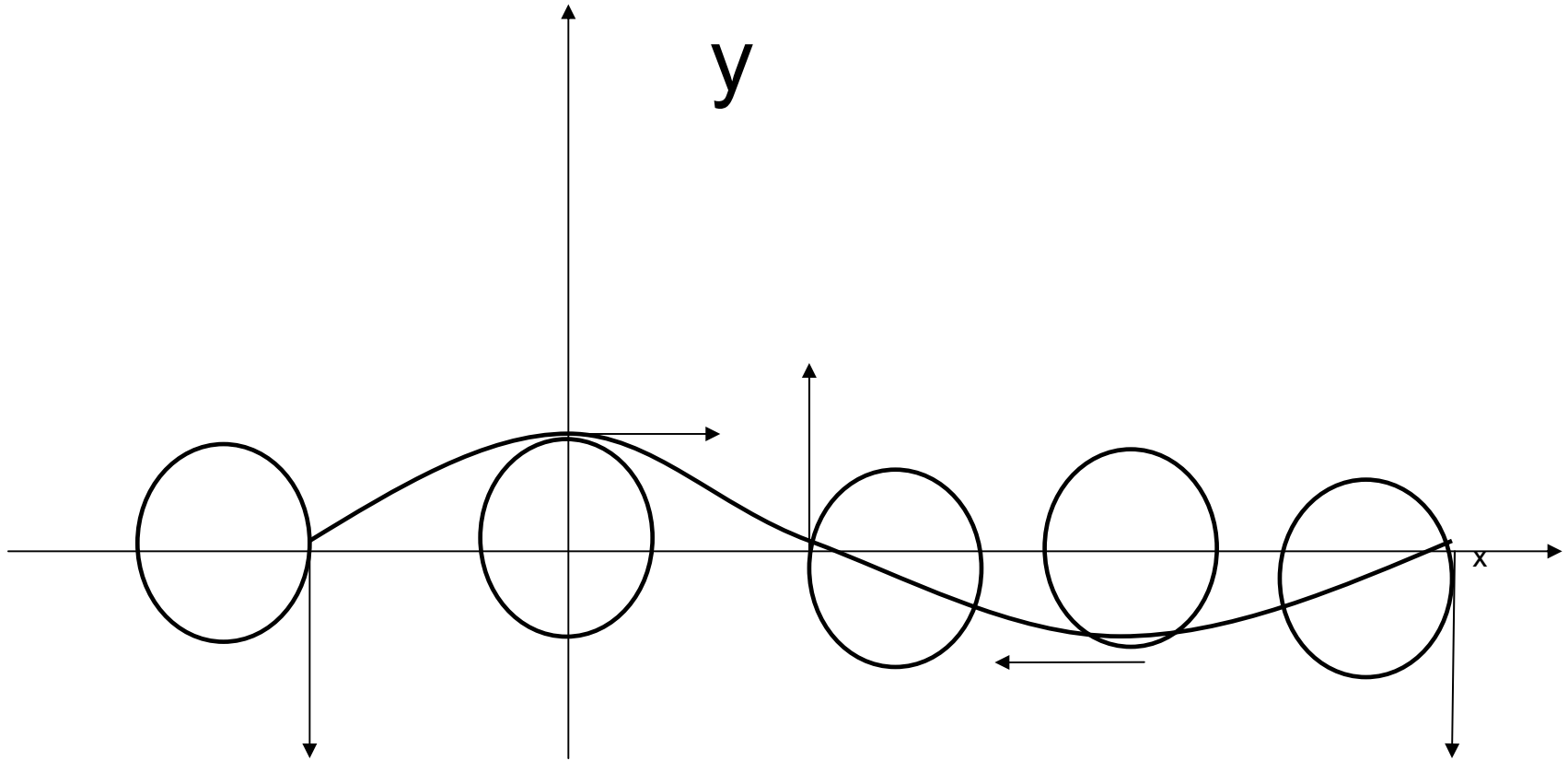


$x = -L/2$

$x = +L/2$

Onda Estacionária: Quantas

Fases



A oscilação coletiva do movimento circular local das gotículas

## Formalismo

- Fase dos graus de liberdade:  $\Psi_x$  &  $\Psi_y$
- $\Psi_x(x,y,t) = f(y) \cos(\omega t) \cos(kx)$
- $\Psi_y(x,y,t) = g(y) \cos(\omega t) \sin(kx)$

$f(y)$  &  $g(y)$ ?

$$h \gg \lambda \quad f(y) \approx g(y) \sim \exp(ky)$$

$$h \approx \lambda \quad f(y) = \text{const.}; \quad g(y) = ky + h$$

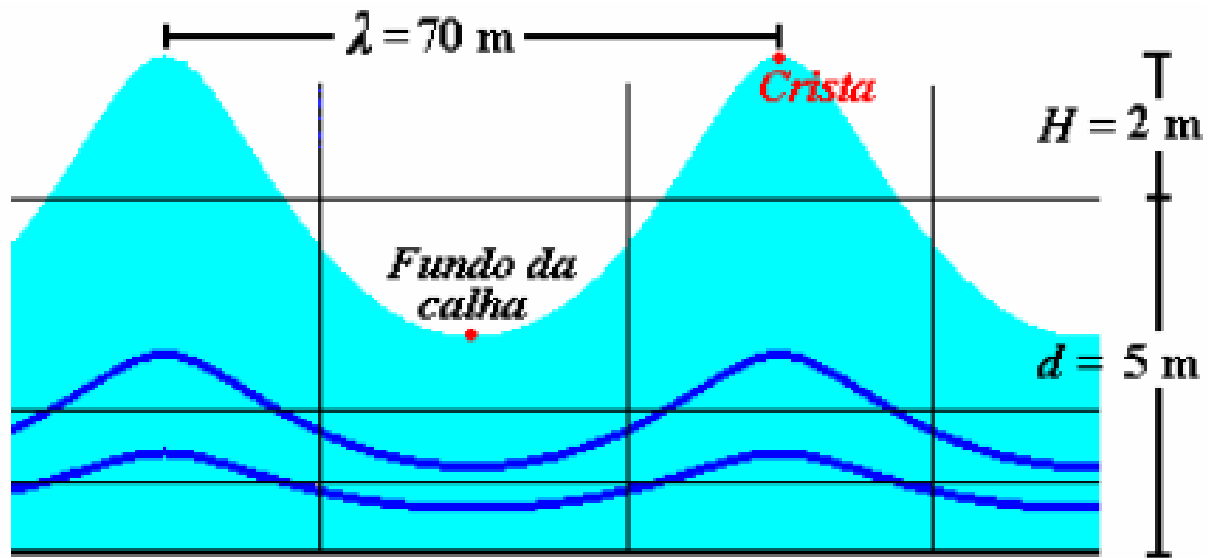
Os dois limites das soluções de  $f(y)$   
e de  $g(y)$

Lâminas de Água $h$	Relação de Dispersão	Velocidade de Grupo
$\lambda \ll h$	$\omega^2 = (gk)^{1/2}$	$v = (g\lambda/2\pi)$
$\lambda \sim h$	$\omega^2 = (gh)^{1/2}$	$v = (gh)^{1/2}$

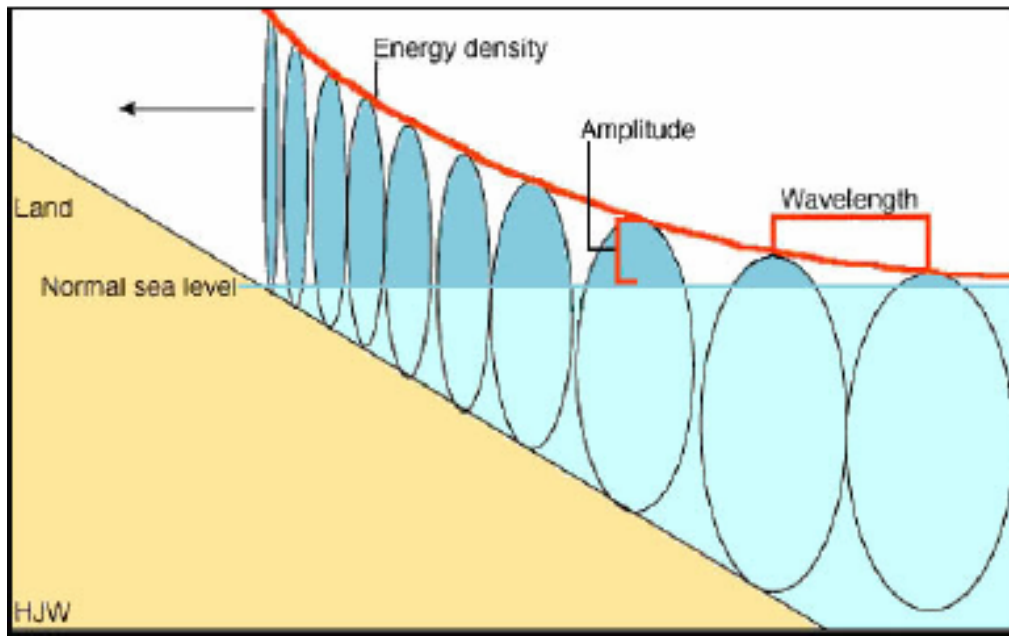
Águas rasas ( $\lambda \sim h$ )

Águas Profundas ( $\lambda \ll h$ )  
(ondas dispersivas;  $v \propto \lambda$ )



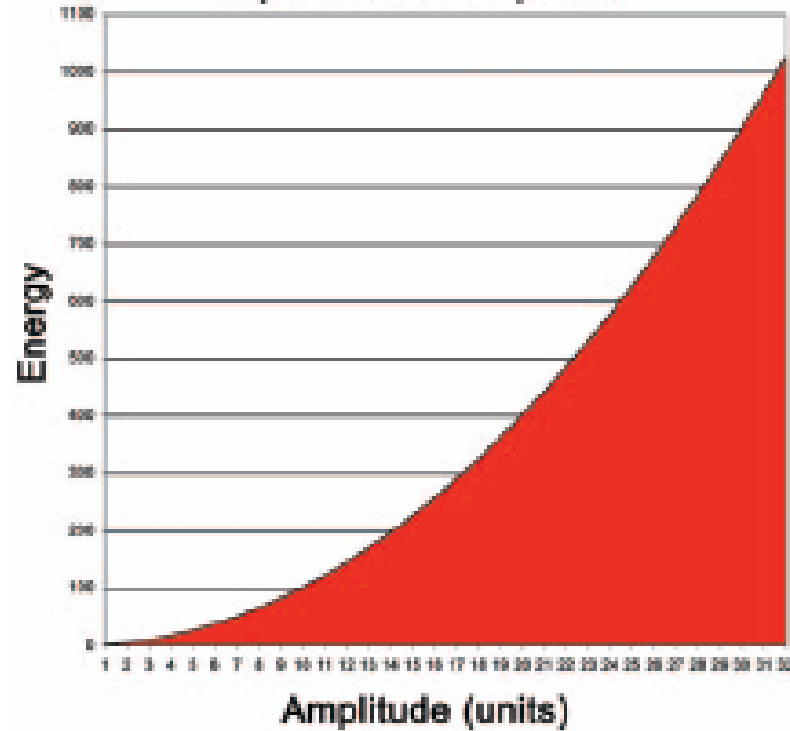


O efeito da profundidade: Atenuação exponencial



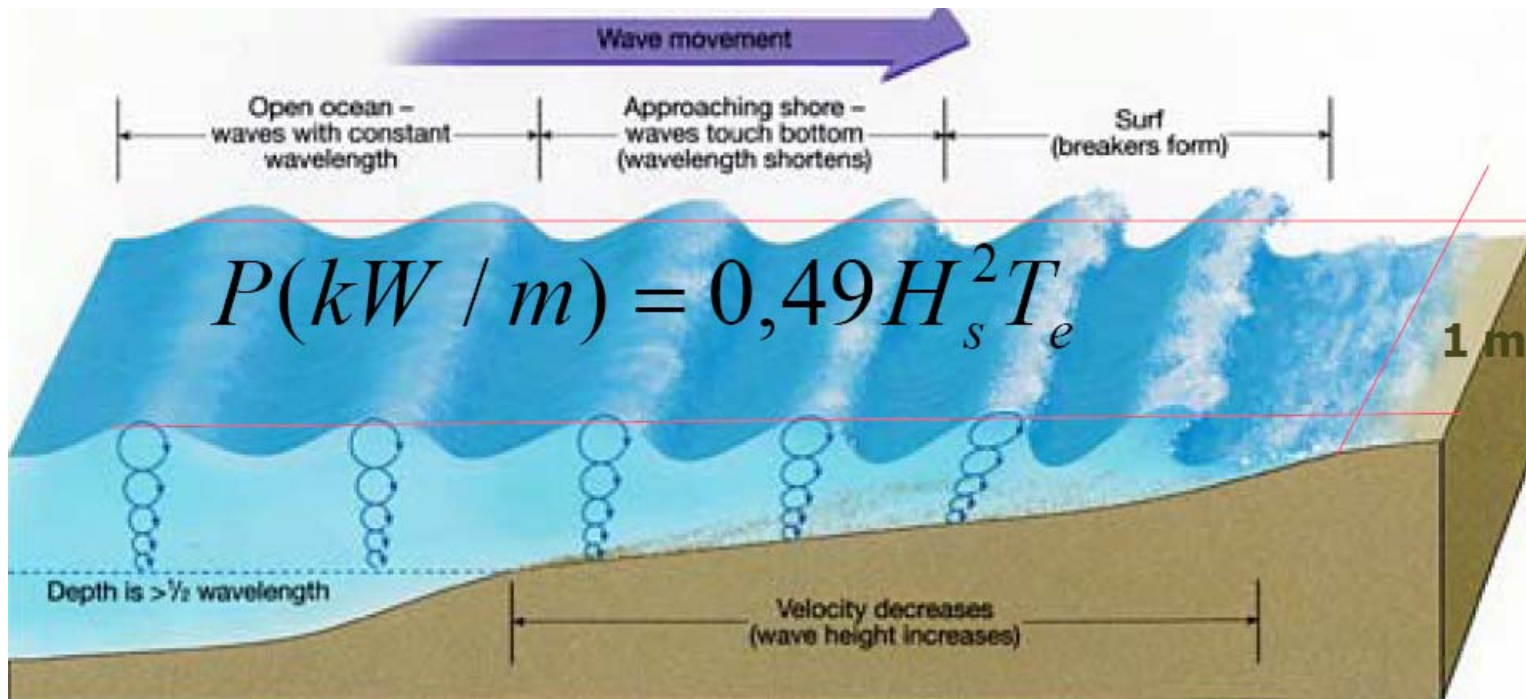
O efeito do perfil da  
praia

Energy is proportional to the square of the amplitude



A energia cresce com o quadrado da amplitude da onda

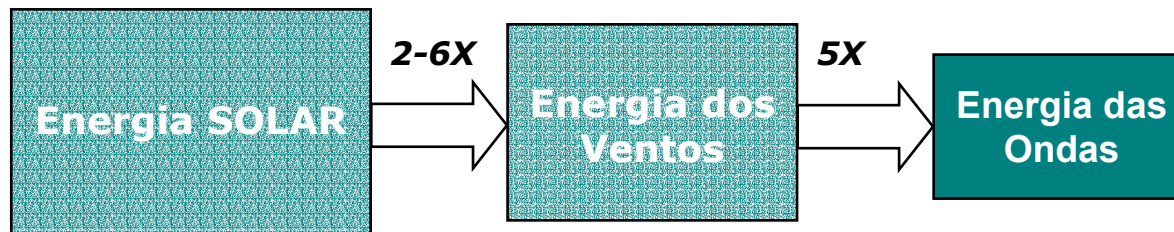
Energia Solar → Ventos → Ondas do Mar



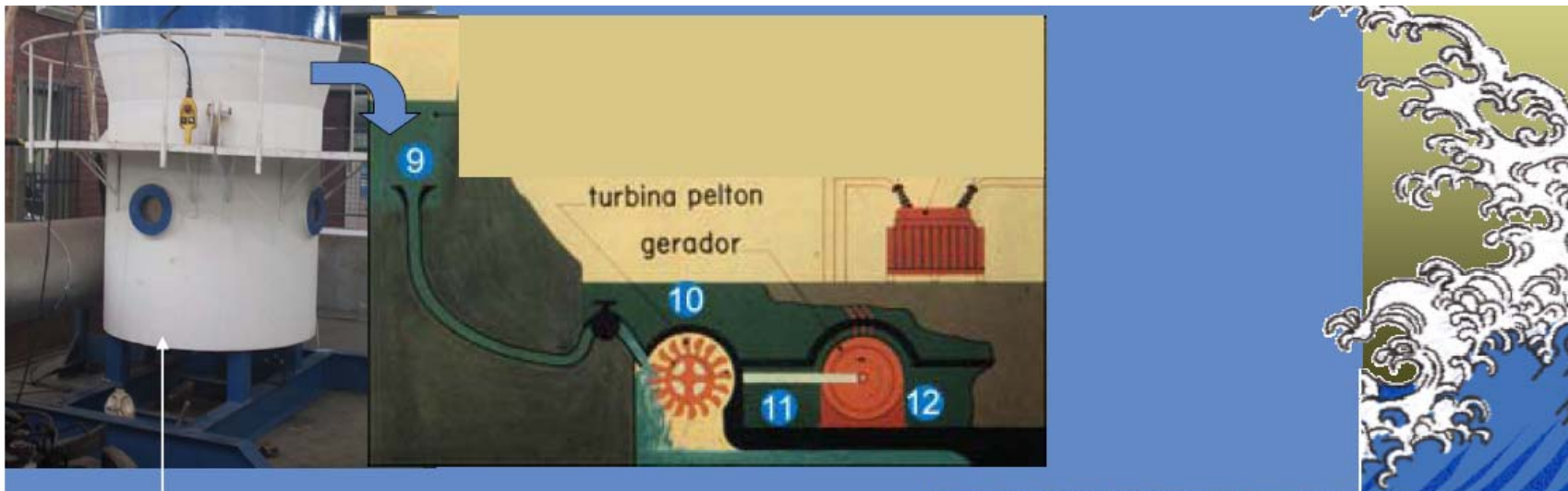
Porque as ondas “desabam” na praia?

# Energia das Ondas

- Potencial global entre  $10^{12}$ - $10^{13}$  Joules (1-10TW) - mesma ordem de grandeza do consumo elétrico mundial.
- Ondas geradas pelo ventos apresentam maior concentração de energia:

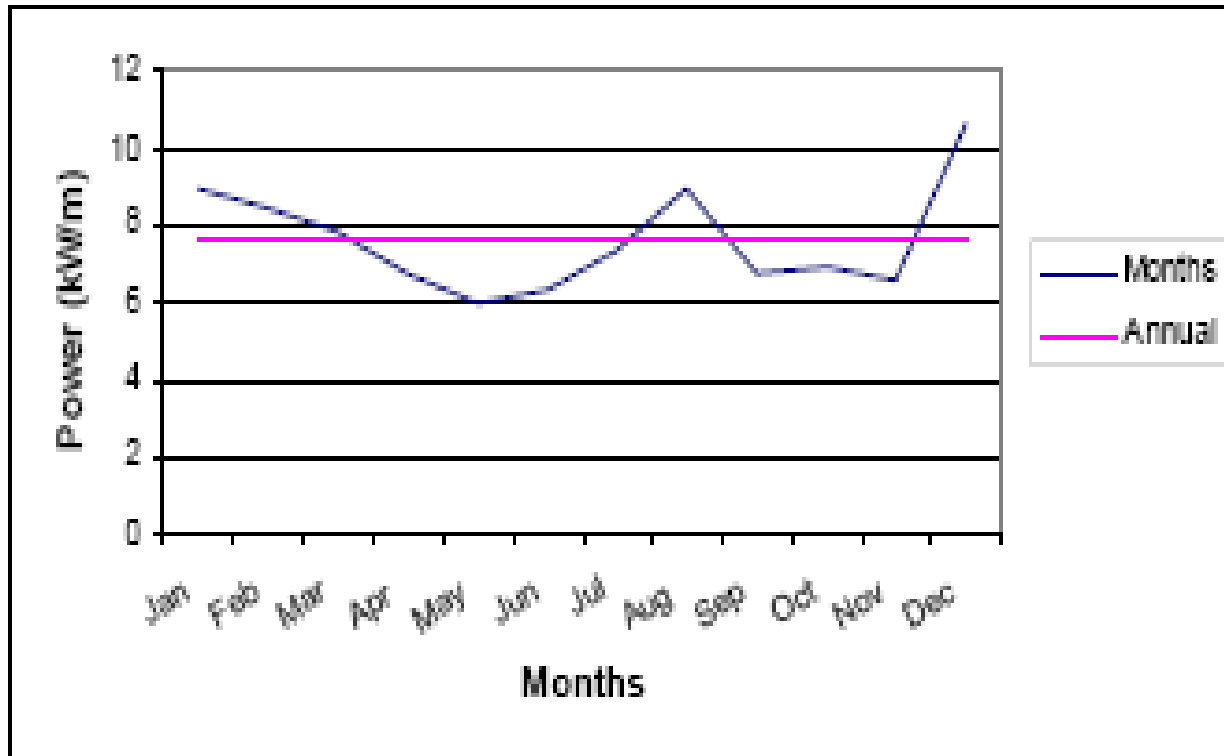


- Maior concentração de energia, menor espaço para conversão.
- Energia é proporcional ao quadrado da altura das ondas e ao período:  $P \sim Hs^2 \times Tp$
- Variados tipos e conceitos de conversores, para aplicações oceânicas e costeiras.



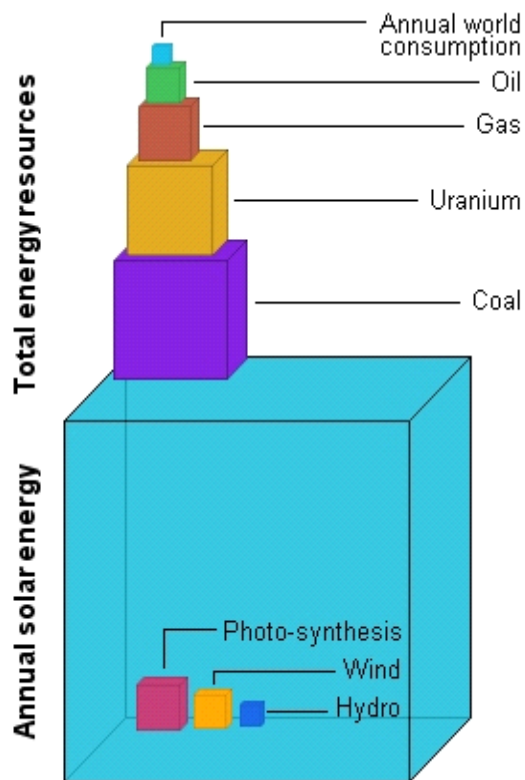
## Concepção de Usina das Ondas em Teste na COPPE

Laboratório de Tecnologia Submarina – LTS –  
COPPE/UFRJ



**Figure 5: Mean power per month**

# Recursos Energéticos

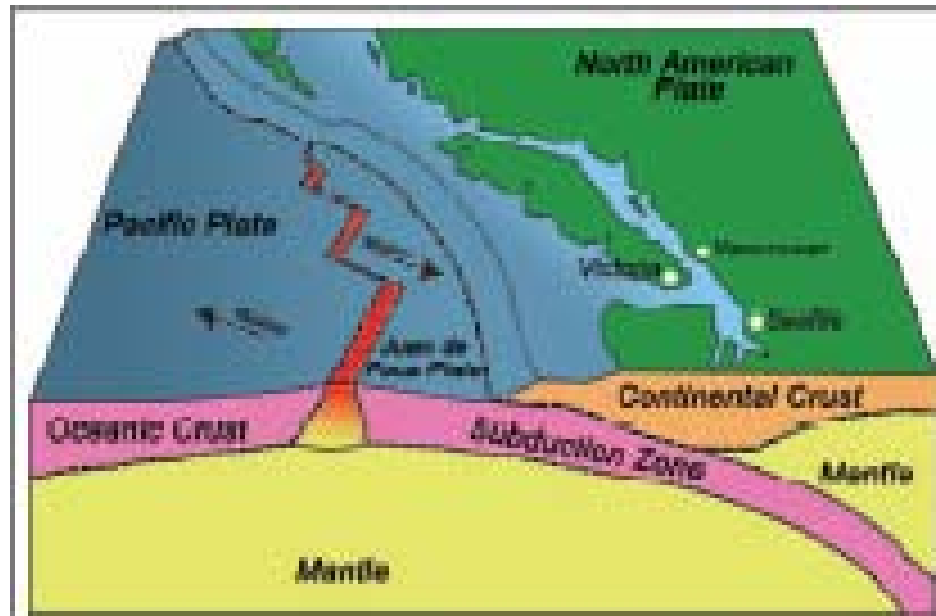


- Biomassa, vento e hidráulica são formas concentradas da energia solar
- Energia Solar é 10.000 vezes o consumo anual.  
Utilização em larga escala limitada por:
  - Baixa densidade (energia/área).
  - Variabilidade geográfica.
- Duração das Reservas (razão R/P):
  - Petróleo ~ 40 years
  - Gás Natural ~ 60 years
  - Carvão ~ 200 years



# Tsunami(s)

- Origens & características
- Eventos na época moderna
- E o Brasil?
  - Não temos tsunamis mas sabemos destruir nossas costas (Atafona) !

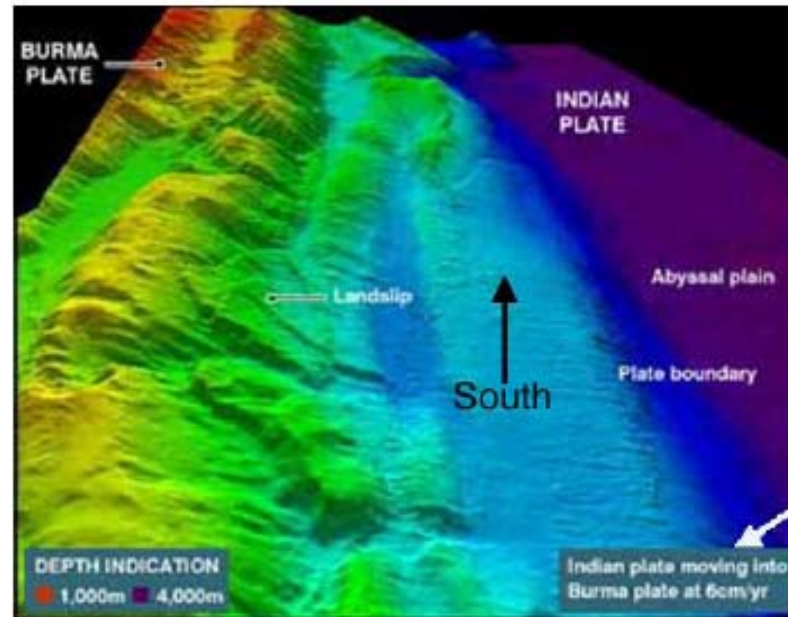


Based on an image from Natural Resources Canada,  
<http://www.pgc.nrcan.gc.ca/geodynamics/cadia.htm>

The entire west coast is subject to earthquakes, because it lies over a subduction zone, where the oceanic Juan de Fuca plate is slipping under the continental North American plate.

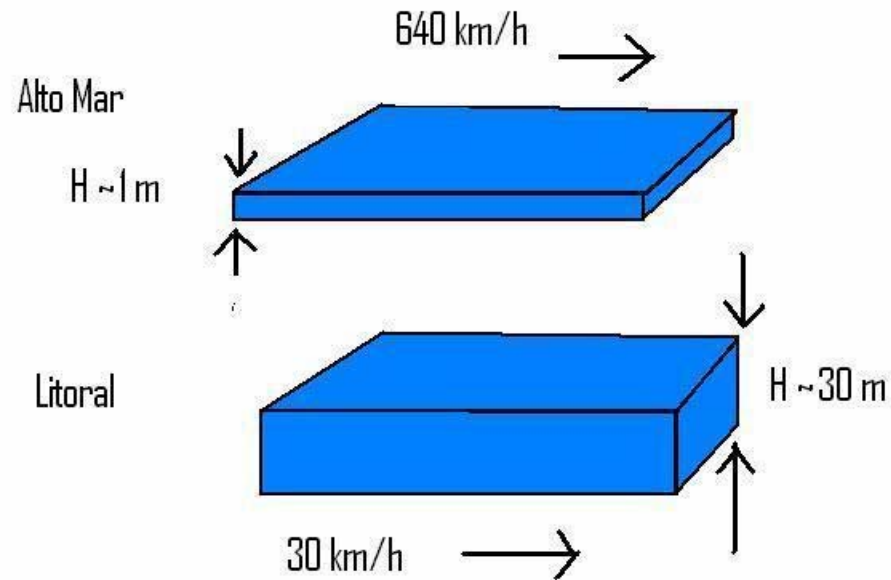
As “fontes” de tsunamis: as “costuras” das placas tectônicas

O terremoto com epicentro de Sumatra de 2004.

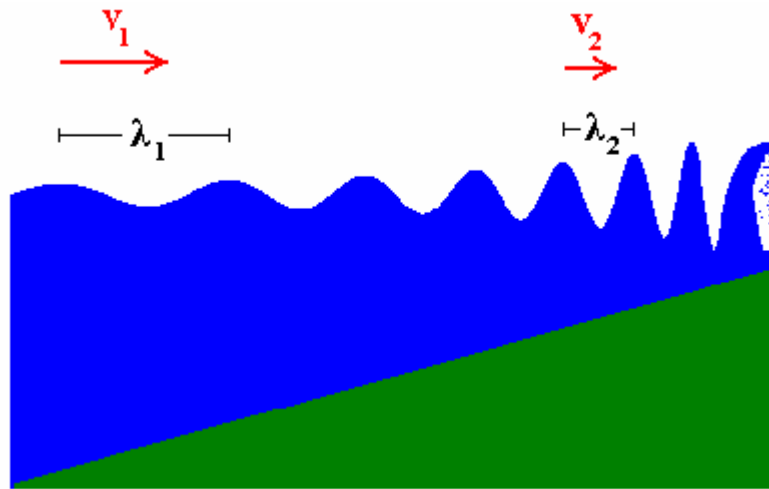


A costura no Mar da Índia: Centenas de terremotos registrados durante cinco anos: O epicentro de Sumatra de 2004.

# O Tsunami “voa” no Mar!

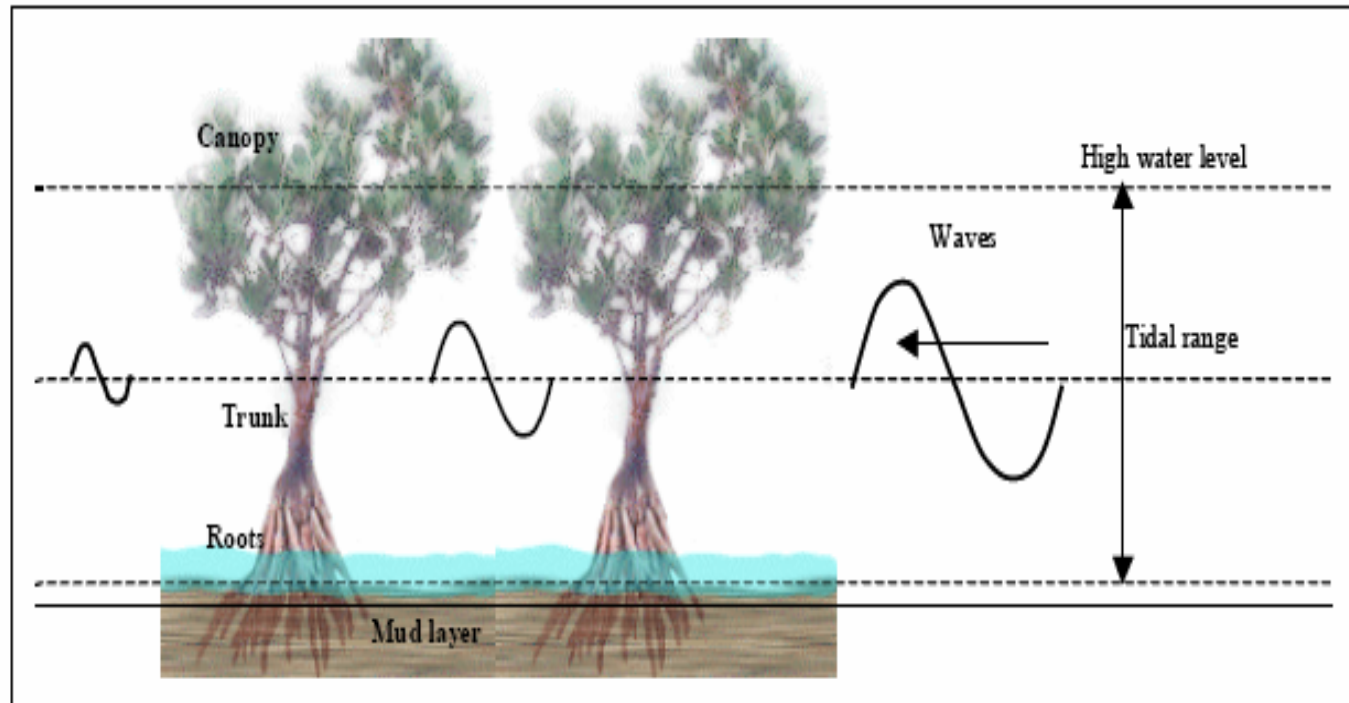


Porque o Tsunami não é visto no alto mar?  
A extensão da onda tem centenas de quilômetros!



O efeito do perfil da costa sobre a onda  
Tsunami.

# **A Resistência da Arvore de Mangue à Passagem das Ondas**



## A Resistência da Arvore de Mangue à Passagem das Ondas

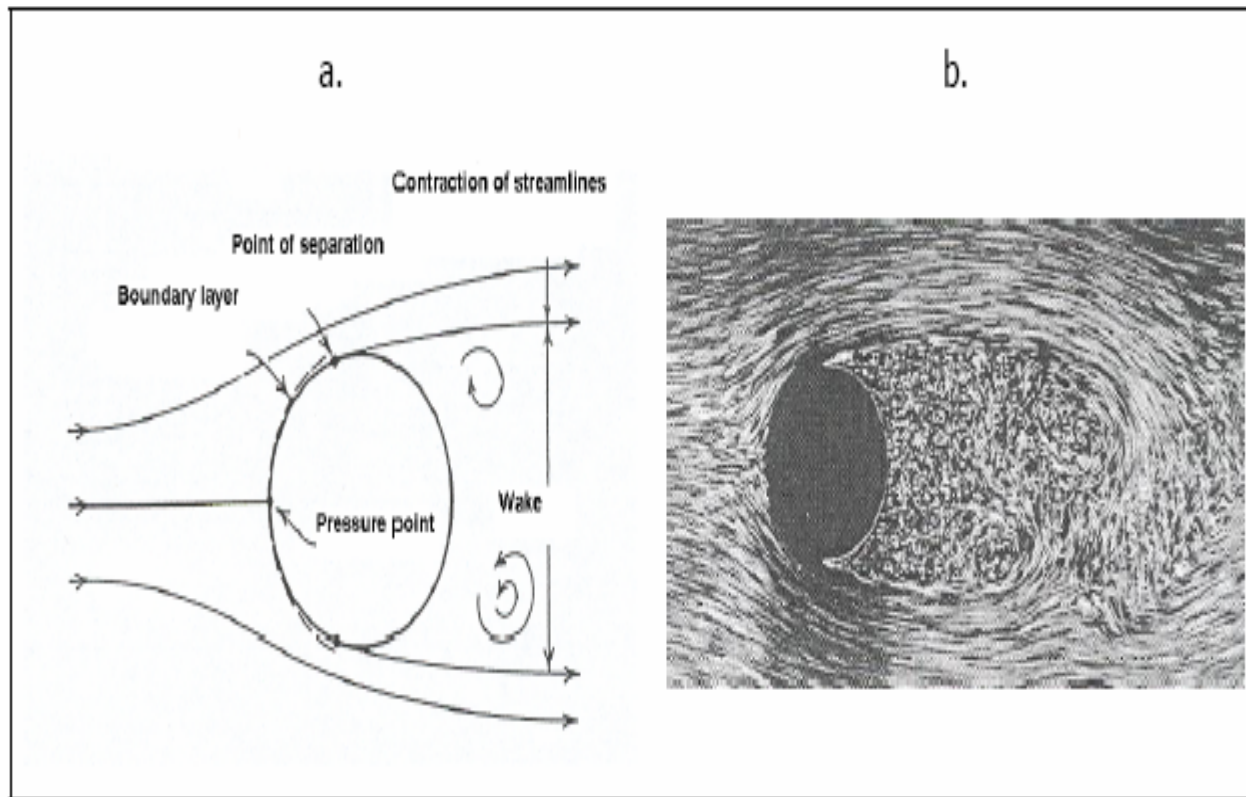


Figure 3-5 Flow around a cylinder for a. theoretical and b. experimental (for  $Re = 2300$ ) (from Battjes (1999))



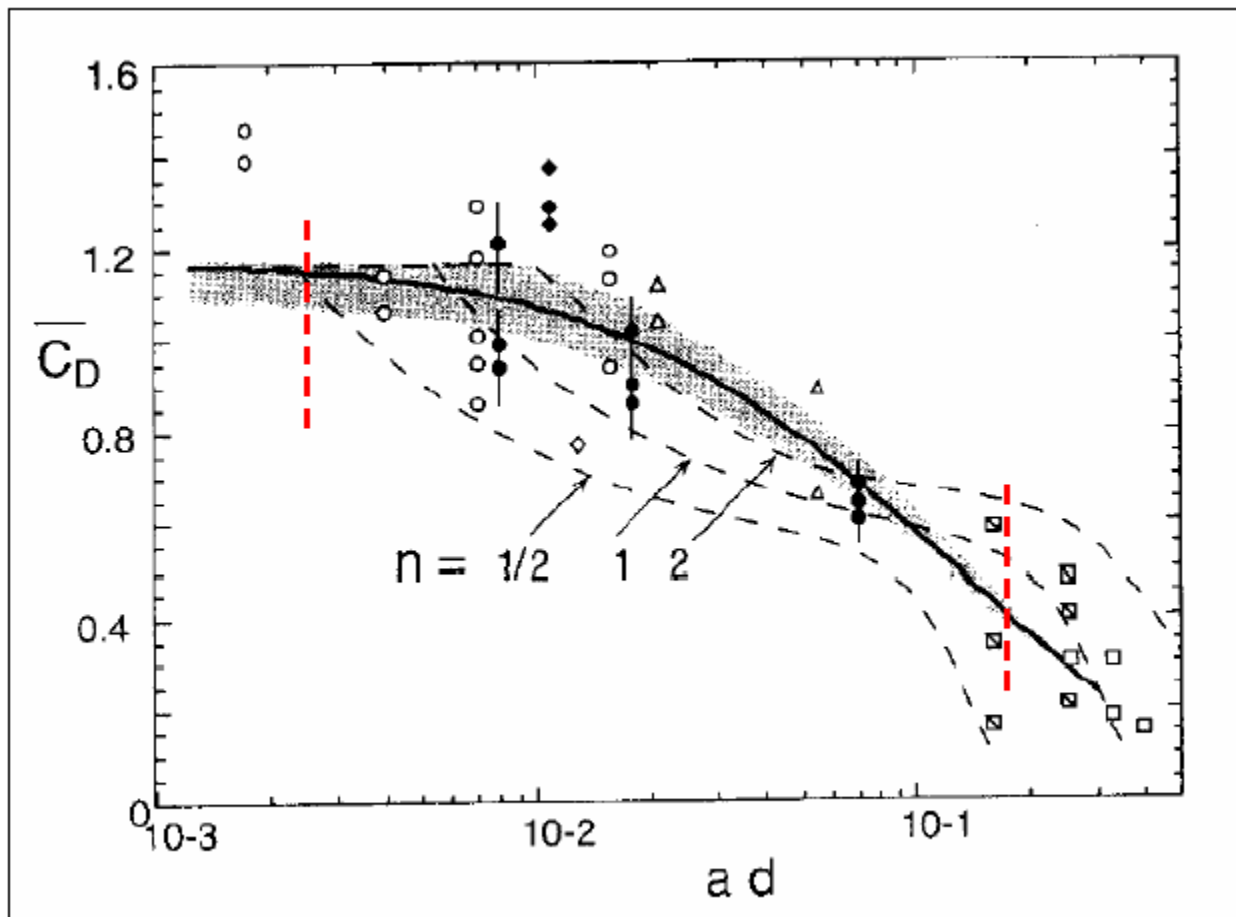
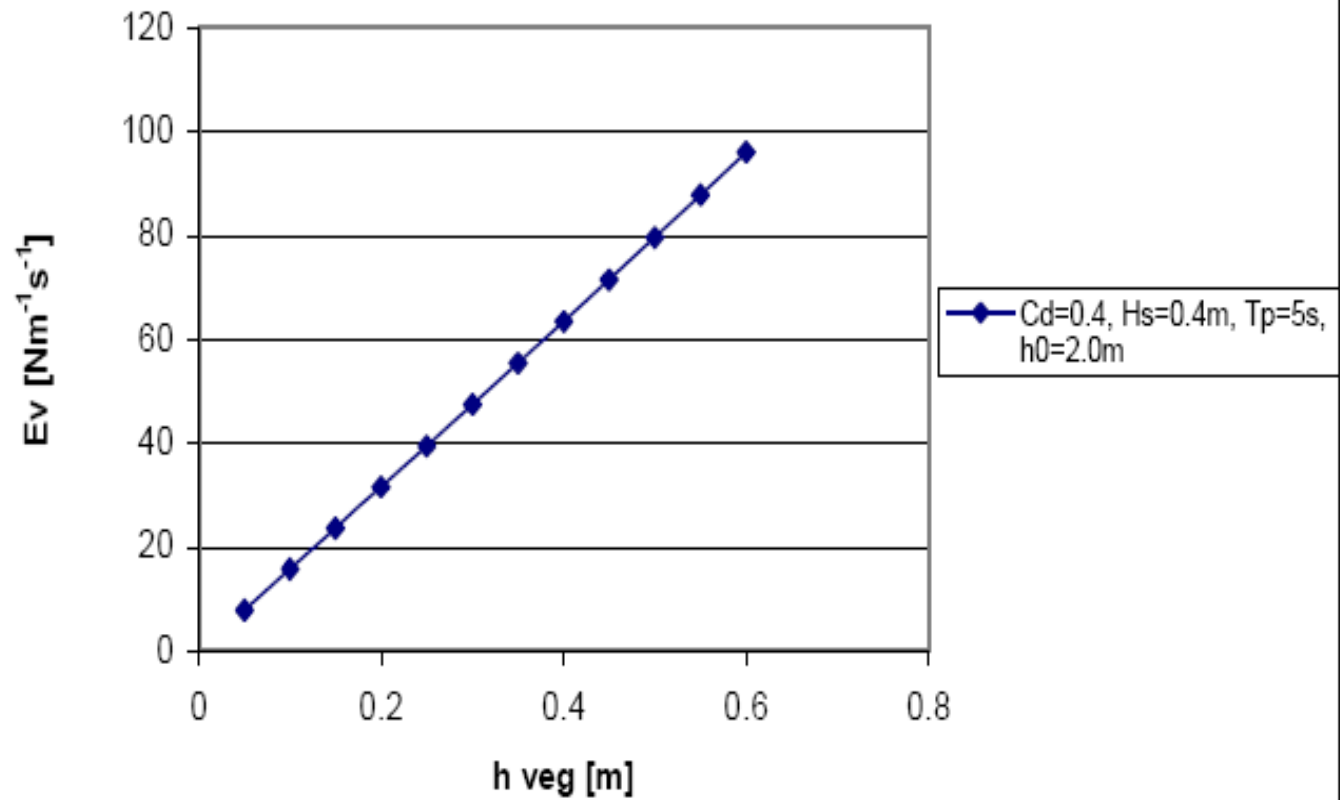


Figure 3-9 Influence of the relative spacing on the drag coefficient (from Nepf (1999))

### Energy dissipation with varying vegetation height



# Bibliografia Limitada

- Revisão das Propriedades das Ondas de Água  
Capítulo 7 *Ondas* (Berkeley (1968))
- Tokaty (1971) História dos conceitos de mecânica dos fluidos.
- Silveira e Varriale (2005)
- Helene e Yamashita (2006)