

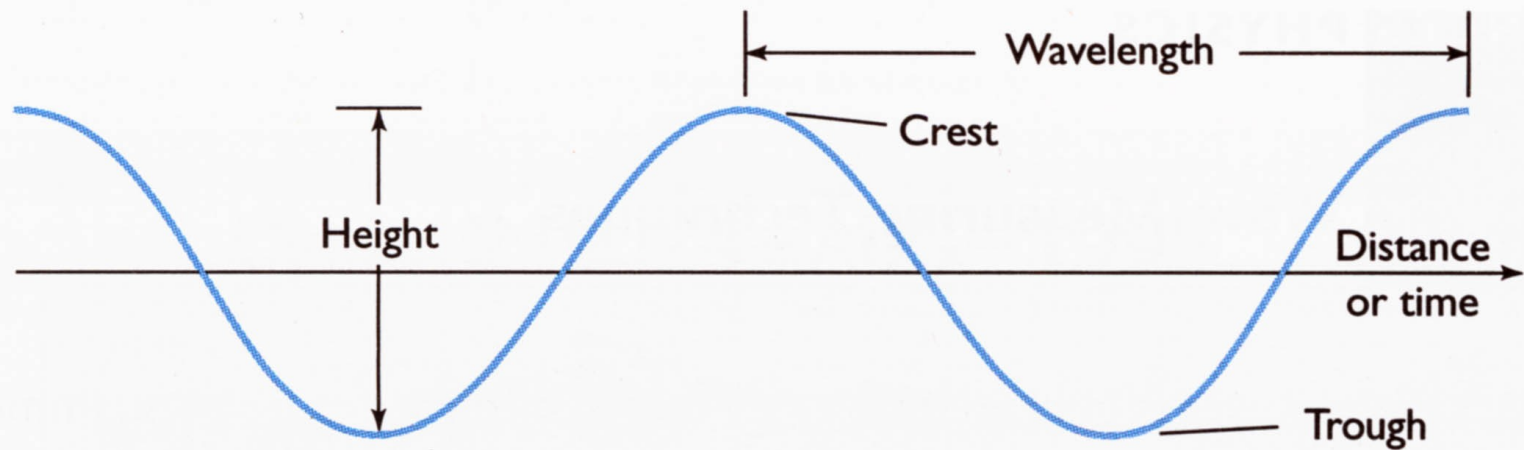
Ondas

Ondas – termo genérico com relação ao meio marinho, vários mecanismos de formação.

Tipos de ondas: capilares e de gravidade (de vento, de longo período e maré astronômica)

Ondas de gravidade – Formadas devido à ação do vento ocorrendo de forma variável.

Ondas



(a) WAVE PARAMETERS

Características das Ondas

- **Comprimento (L):** Distância necessária para a repetição das características da onda.
- **Altura (H):** Distância entre o ponto mais alto da onda (crista) e seu ponto mais baixo (cavado)
- **Amplitude (a):** Distância entre o ponto mais alto da onda (ou do mais baixo da onda) até o nível d'água.
- **Período (T):** Tempo necessário para a repetição das características da onda
- **Profundidade da coluna d'água (h)**

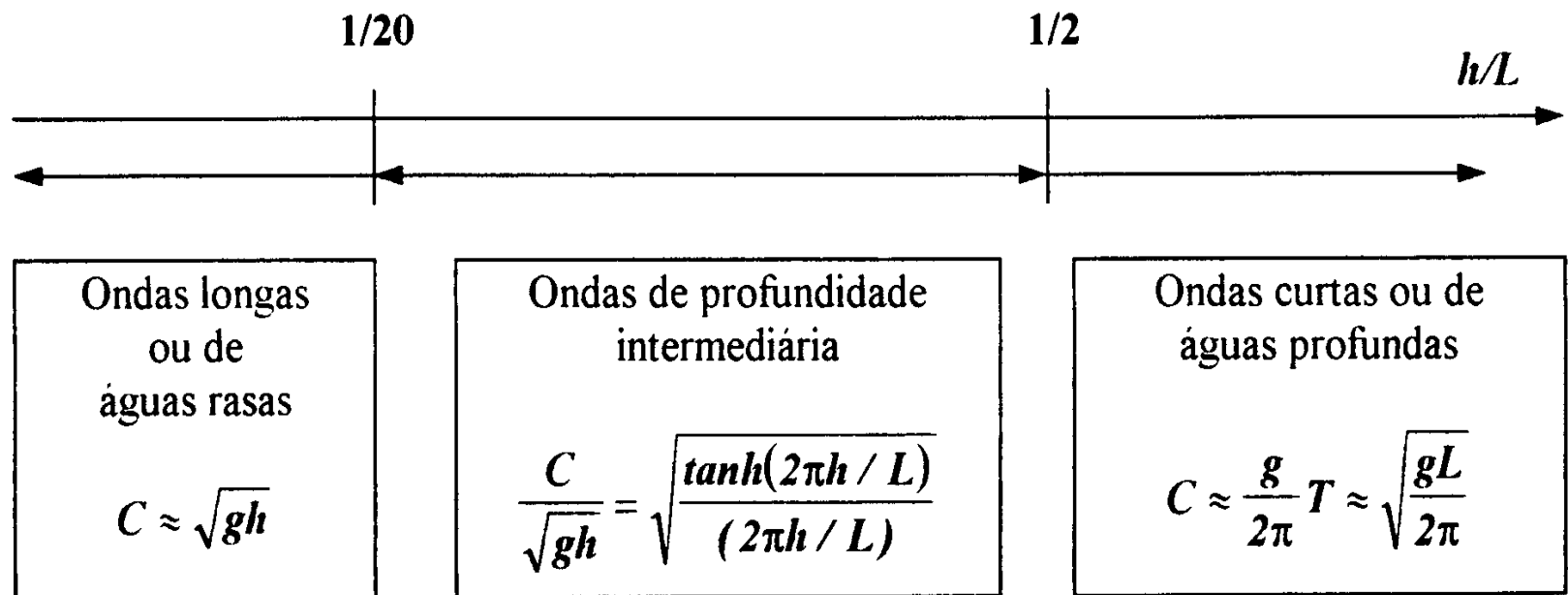
Características das Ondas

- **Celeridade (C):** Velocidade com a qual a onda se desloca (diferente da velocidade da água)
- **L/T** – velocidade de propagação
- **Esbeltez (δ):** Encurvamento ou declividade da onda
- **H/L** – definição matemática de esbeltez

Dispersão de Ondas

- Dispersão de ondas – separação das ondas devido à diferentes celeridades.
- Esta característica produz um fenômeno de interferência entre ondas que forma os chamados grupos de ondas, os quais apresentam um celeridade de grupo.
- Esta celeridade é influenciada pela interação com o fundo (teoria linear de ondas). De acordo com a profundidade, a celeridade é calculada com fórmulas matemáticas distintas:

Dispersão de Ondas



Energia de Onda

- A energia total de um sistema de ondas é a soma de sua energia cinética e potencial. A primeira é devida às velocidades das partículas d'água associadas com o movimento. A segunda é resultante da porção da massa fluida acima do cavado. De acordo com a Teoria Linear, as energias cinéticas e potencial componentes são iguais.
- Energia específica –energia total da onda por unidade de área superficial

- $E_{\text{total}} = 1/8 \cdot \rho g H^2 L$

- $E_{\text{específica}} = 1/8 \cdot \rho g H^2$

$\forall \rho = \text{Massa específica da água}$

Potência da Onda

- Potência da onda corresponde ao fluxo de energia médio por unidade de comprimento de onda.
- Fluxo de energia é a taxa pela qual a energia é transmitida no rumo de propagação da onda através de um plano vertical perpendicular a esta e estendendo-se por toda a profundidade. A energia transmitida durante um período equivale à totalidade da energia contida em um comprimento de onda

Potência da Onda

- Águas profundas:

- $P_o = 1/32 \pi \cdot \rho \cdot g^2 \cdot H_o^2 \cdot T$

- Águas rasas

- $P = 1/8 \cdot \rho g H^2 \cdot \sqrt{gh}$

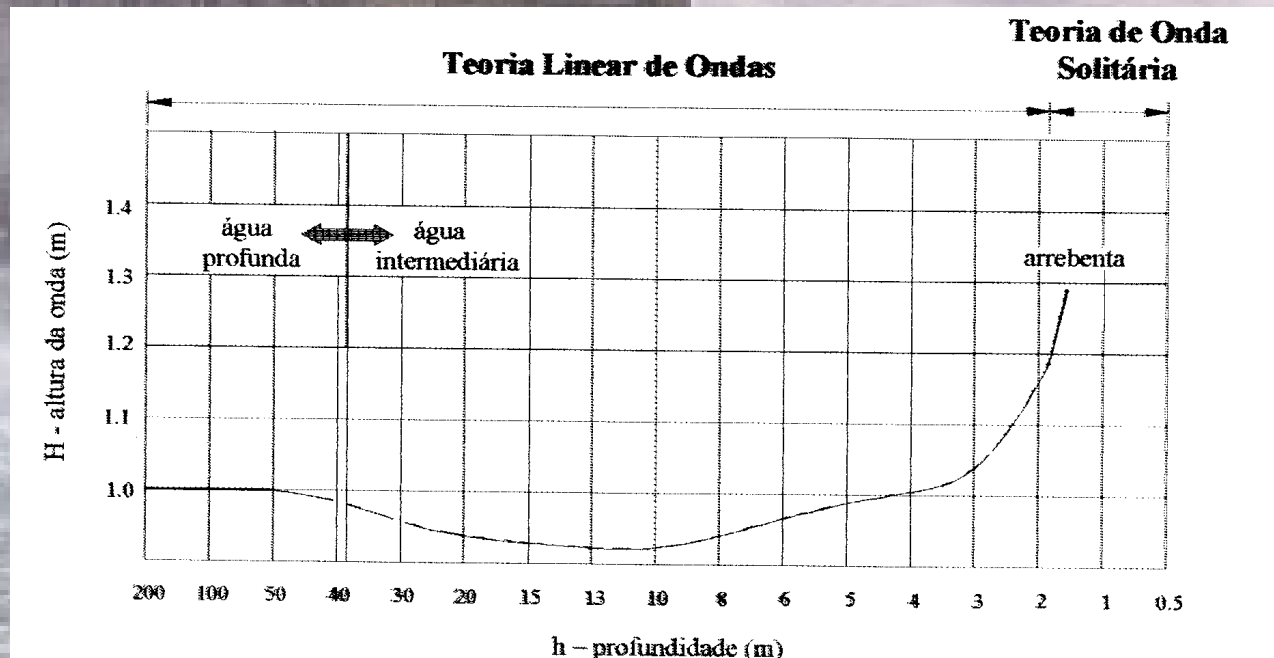


Transformação de Ondas em Águas Rasas

- **As deformações sofridas pela onda em águas rasas ocorrem devido à diminuição de profundidade e configuração da batimetria.**
- **As mais significativas são o empolamento e a refração.**
- **Outras deformações que podem ocorrer são a difração e a reflexão.**

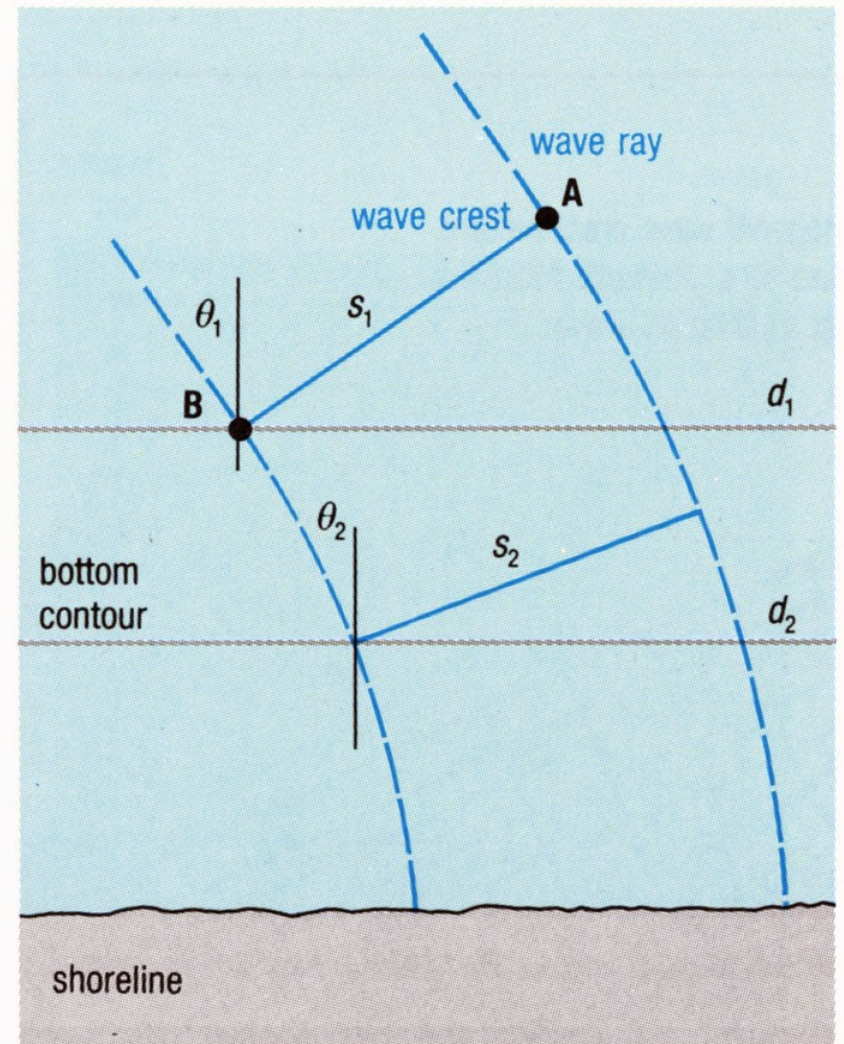
Empolamento

- O empolamento consiste na alteração da altura a onda devido à redução de profundidade, sendo que pouco antes da arrebentação, a onda atinge sua altura máxima.



Refração

- A refração ocorre quando pontos distintos de uma mesma crista de onda movem-se com celeridades distintas, ocorrendo então a mudança da forma desta crista.
- Dois fatores podem gerar refração:
Existência de correntes oceânicas heterogêneas e
Variação da profundidade



Refração

- Quando as curvas batimétricas não são paralelas à costa, ocorrem convergências e divergências.

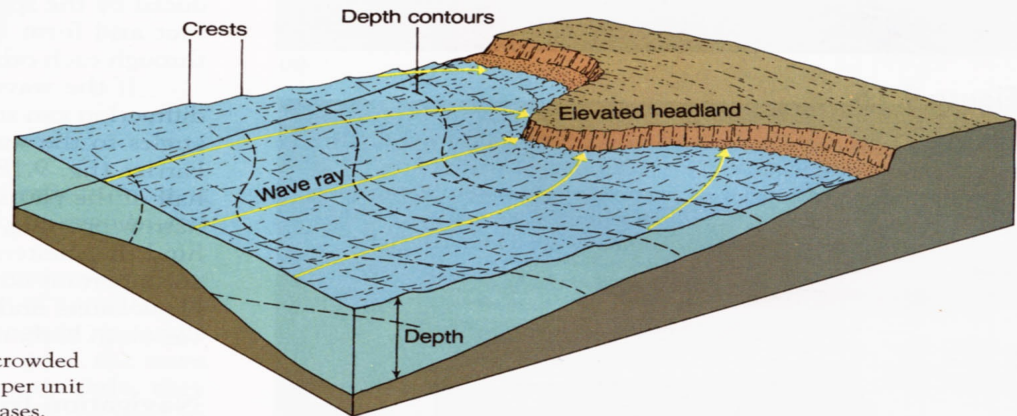


Figure 9.14

The energy of waves refracted over a shallow submerged ridge is focused on the headland. The converging wave rays show the wave energy being crowded into a small volume of water, increasing the energy per unit length of wave crest as the height of the wave increases.

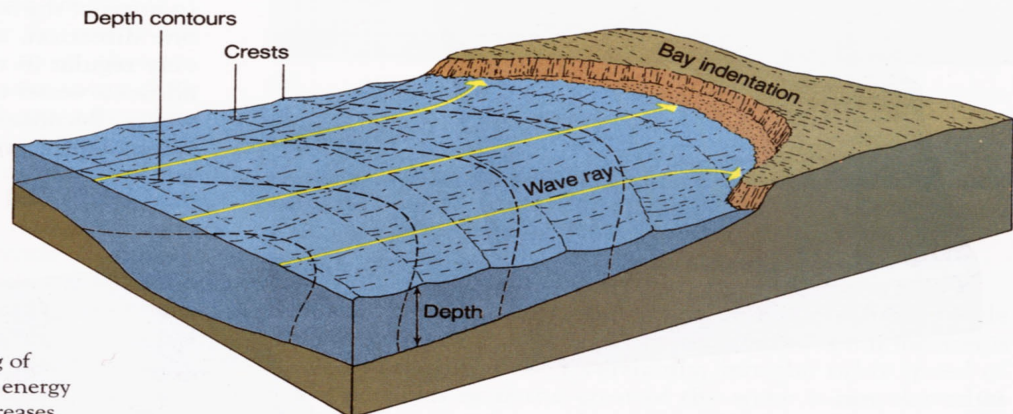
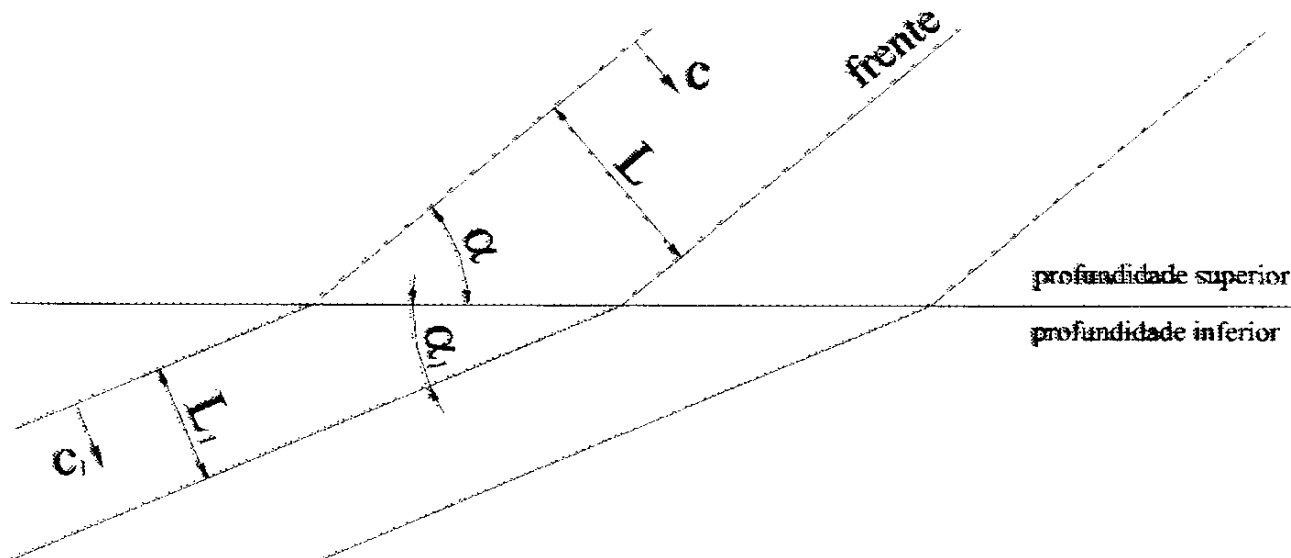


Figure 9.15

Waves refracted by the shallow depths on each side of the bay deliver lower levels of energy inside the bay. The diverging wave rays show the spreading of energy over a larger volume of water, decreasing the energy per unit length of wave crest as the wave height decreases.

Refração

- A refração é regida pela Lei de Snell.
- No meio líquido, a variação da celeridade é mais suave que aquela vista em raios de luz.
- Existem diversas técnicas gráficas e numéricas de analisar a refração mas todas são baseadas na Lei de Snell.



Refração

- Lei de Snell:
- $C/C_1 = \sin \alpha / \sin \alpha_1$
- Índice de refração:
- $Kr = \sqrt{\cos \alpha_0 / \cos \alpha}$



Difração

- A difração de ondas consiste no fenômeno no qual a energia é transferida lateralmente sobre a crista da onda. A difração resulta quando as ondas encontram obstáculos tais como pequenas ilhas e estruturas (obras de engenharia)



Reflexão



Arrebentação

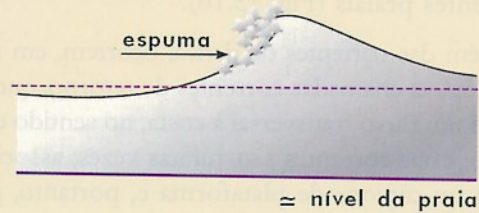
- A arrebentação ocorre devido à instabilização que a onda sofre ao encontrar profundidades rasas. A medida que a profundidade decresce, o comprimento diminui, ocorre redução da celeridade, aumenta a esbeltez e a onda se desestabiliza, arrebentando.
- Este processo faz com que a onda dissipe toda a energia recebida do vento e carregada até então.
- Fórmula de cálculo para limite de arrebentação:

$$\forall \gamma_{\max} = H/h = 0,78$$

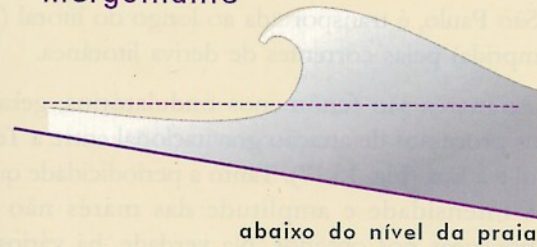


Arrebentação

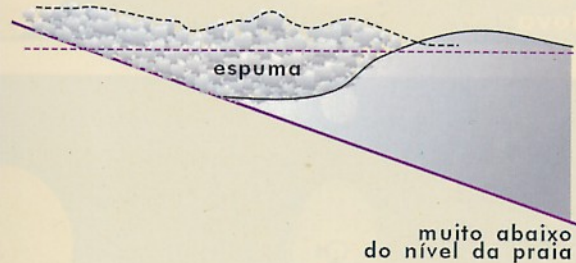
deslizante



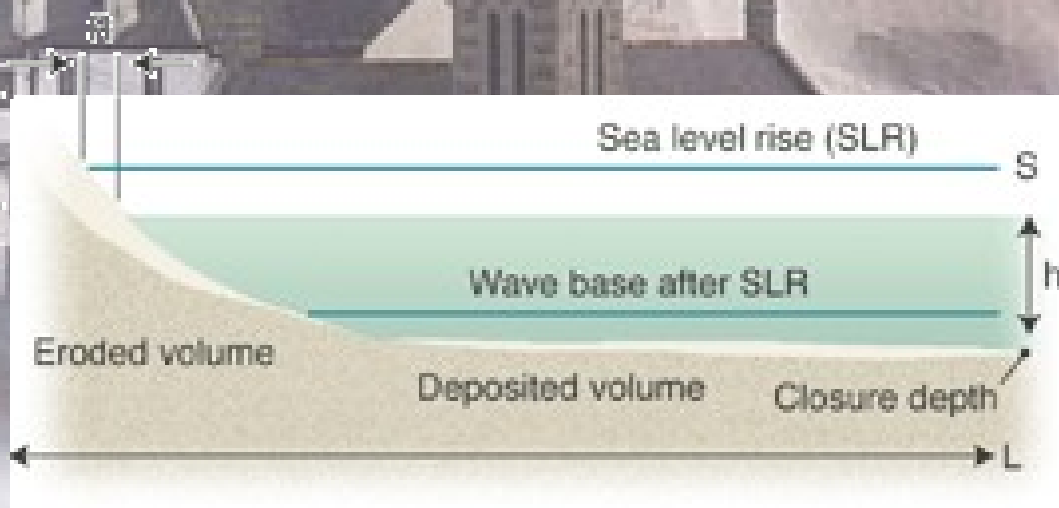
mergulhante



ascendente

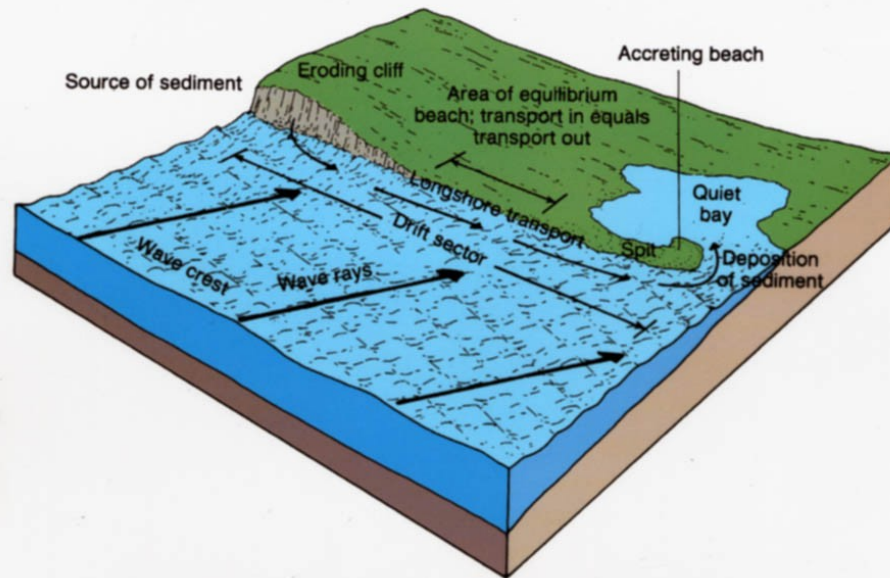
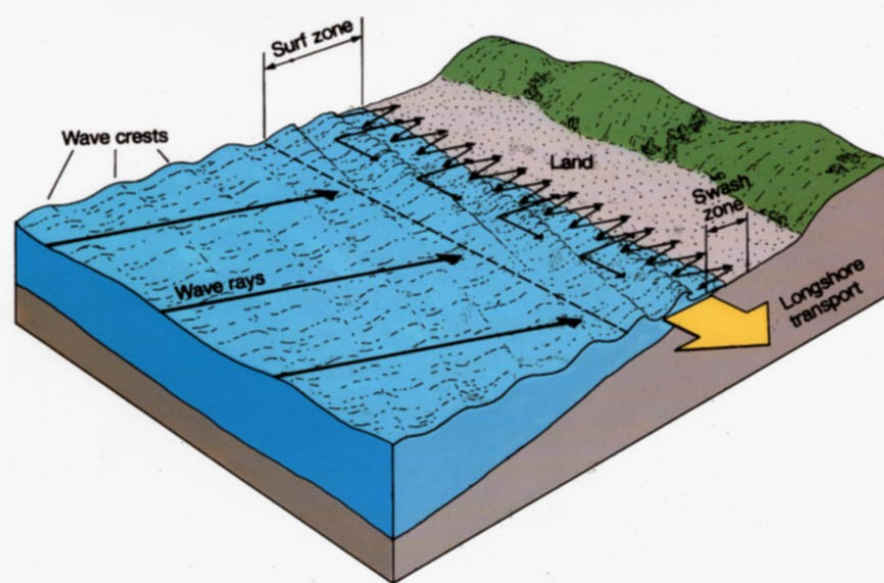


Regra de Bruun

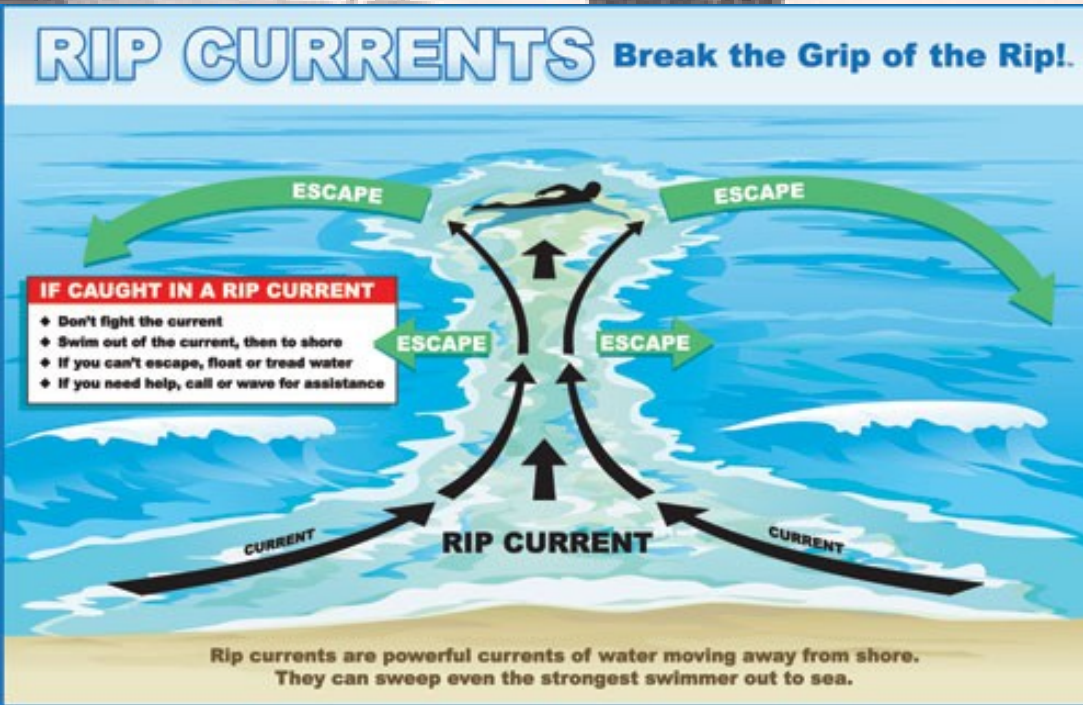


Fonte: Pilkey & Cooper, 2004. Revista Science.

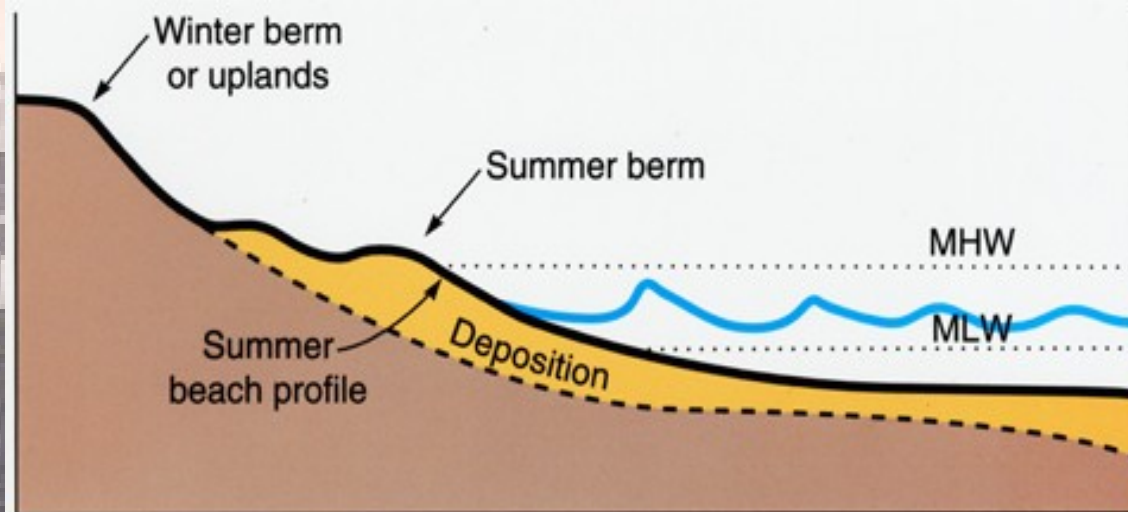
Processos Costeiros



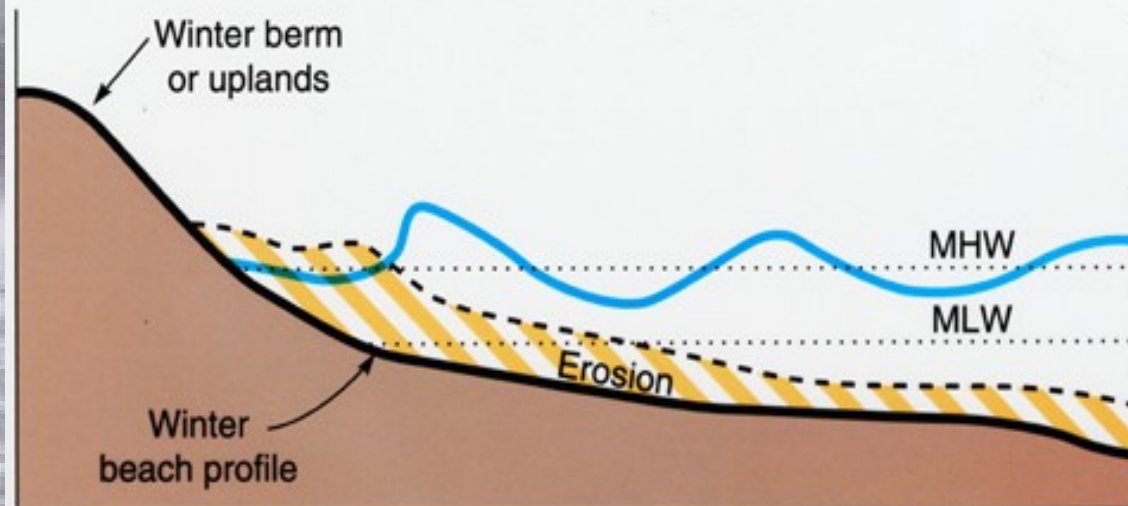
Correntes de Retorno (Rip Currents)



Perfis de Praia: Verão e Inverno



(a)



Estados Morfodinâmicos

