

Simulação de ondas e oceano



**Antoniel Magalhães
Luis Felipe**



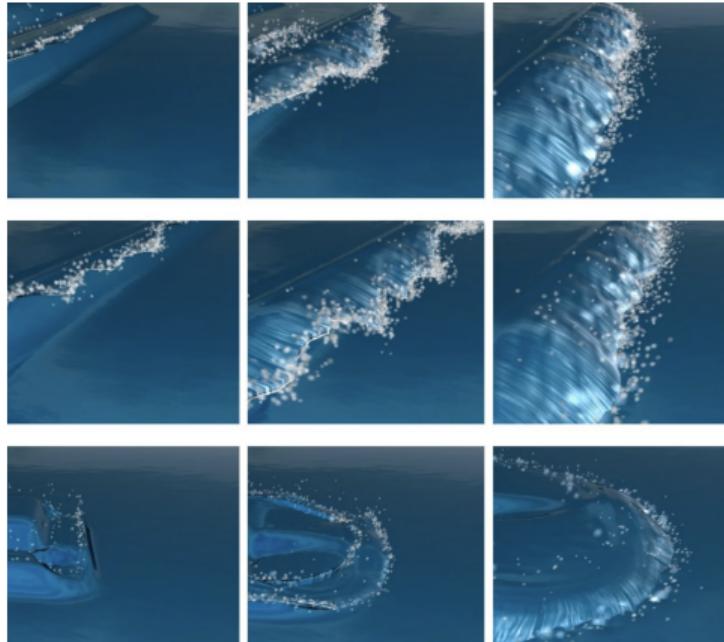
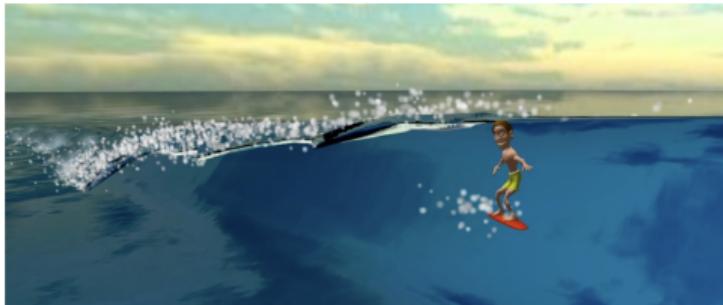
Agenda

1. Introdução
2. Imagens dos Artigos de Referência
3. Computação Atual de Ondas
4. Técnicas Avançadas de Simulação
5. Simulação do Empinamento
6. Referências

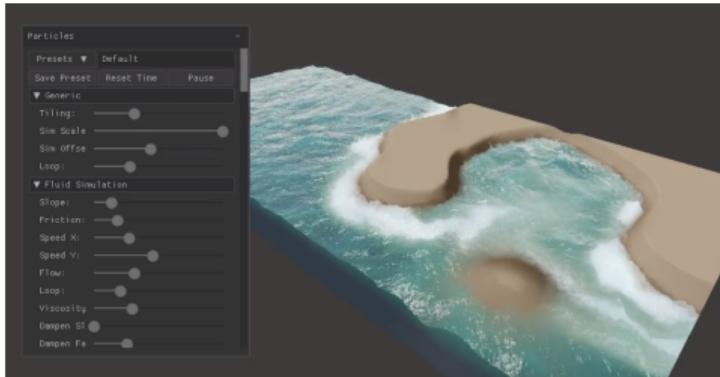
Introdução

- A simulação de ondas e oceano é uma área de estudo que combina física, matemática e computação para modelar o comportamento das ondas no mar.
- Este campo é crucial para:
 - Jogos e aplicações interativas
 - Efeitos visuais em filmes e animações
 - Visualização científica
 - Simuladores de treinamento marítimo

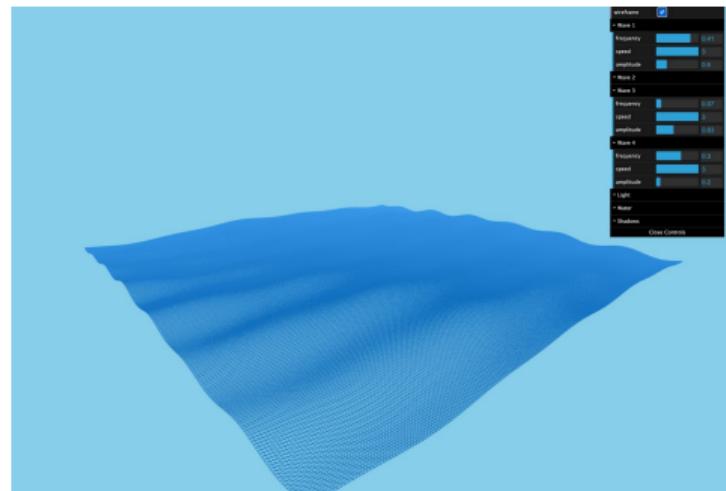
Imagens dos Artigos de Referência



Computação Atual de Ondas



Demonstração da Simulação



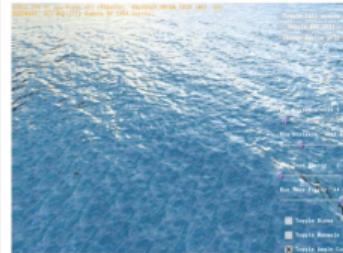
Survey: Estado da Arte em Simulação de Oceanos

- Survey de técnicas de simulação:
 - Métodos baseados em funções periódicas (domínio espacial)
 - Métodos baseados em espectro de ondas (domínio de Fourier)
 - Métodos Eulerianos baseados nas equações de Navier-Stokes (NSE)
 - Métodos Lagrangianos, em particular Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)
 - Métodos híbrido

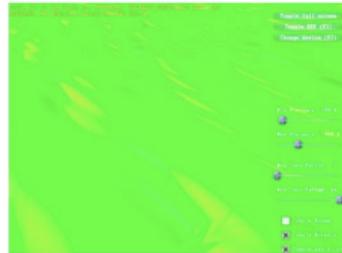
Terrain and water rendering with hardware tessellation

- **Tesselação na GPU:** Gera geometria detalhada na GPU, reduzindo a necessidade de enviar malhas complexas da CPU.
- **Ondas em Tempo Real:** Simula o movimento das ondas em tempo real combinando múltiplas ondas com diferentes comprimentos de onda, amplitudes e direções.
- **Fator de Tesselação Fracionária:** Permite transições mais suaves na geometria das ondas.
- **Cálculo de Normais:** Normais dos vértices são calculadas usando derivadas parciais da função paramétrica que define a superfície da água.
- **Texturização:** Combina reflexões de Fresnel para cores realistas e mapeamento de relevo para pequenas ondas na superfície.
- **Correção de Ângulo de Câmera:** Garante que os triângulos tessalados apareçam do mesmo tamanho na tela.
- **Interface Gráfica:** Permite que os usuários ajustem parâmetros como distâncias e fatores mínimos e máximos de tesselação.

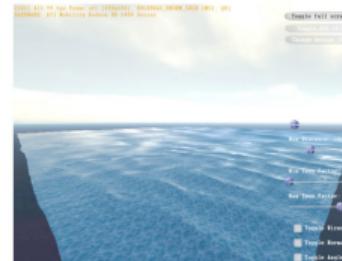
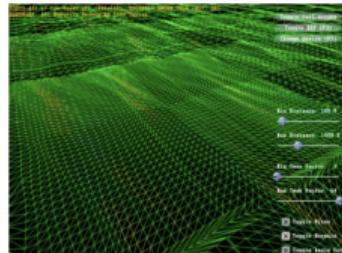
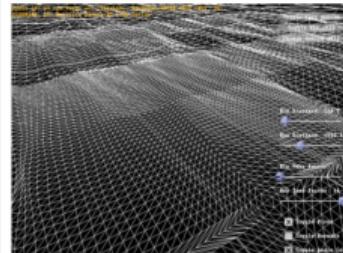
Demonstração



(a) Ocean



(b) Ocean normals



(a) Ocean normals



(b) Wired ocean normals

Simulação do Empinamento

- O empinamento das ondas é um fenômeno importante na dinâmica oceânica.
- A simulação deste processo ajuda a entender como as ondas interagem com estruturas costeiras e como a energia das ondas é dissipada.

Real-time Breaking Waves for Shallow Water Simulations

- **Objetivo:** Aprimorar simulações de águas rasas com o efeito de ondas que quebram, utilizando um modelo de campo de altura eficiente para aplicações em tempo real.
- **Desafio:** Simulações 3D de fluidos são computacionalmente caras para aplicações interativas.
- **Solução:** Combinação de simulação de campo de altura (2D) com partículas para representar ondas que quebram.

Simulação de Águas Rasas (Shallow Water - SW)

- Redução de um problema 3D para uma representação 2D de campo de altura.
- A velocidade do fluido não varia significativamente ao longo do eixo z.
- As únicas forças que impulsionam o fluido são pressão e gravidade.
- Usa as equações de Euler, negligenciando a viscosidade.
- As equações simplificadas de águas rasas são:

$$H_t = -u \cdot \nabla H - H(u_x + v_y)$$

$$u_t = -u \cdot \nabla u - gh_x$$

$$v_t = -u \cdot \nabla v - gh_y$$

- Onde H é a altura total da água e do terreno, u é a velocidade horizontal do fluido, e g é a força da gravidade.
- Vantagens: Fornece um campo de velocidade completo para a superfície e pode ser facilmente estendida com várias condições de contorno.

Geração de Ondas Quebrando

- **Detecção:** Identificação de regiões com frentes de ondas íngremes onde a inclinação da altura do fluido é maior que um limiar e a velocidade do fluido se opõe ao gradiente da altura.
- **Critério de Detecção:** $|\nabla H(x)| > t_H$ e $\nabla H(x) \cdot u(x) < 0$, onde $t_H = p_H g \Delta t / \Delta x$.
- **Construção de Linhas de Onda:** Criação de linhas de pontos conectados ao longo da frente da onda.
- As linhas são advectadas usando a velocidade da onda e projetadas ao longo do gradiente de altura.
- **Geração de Patches de Fluidos:** Criação de patches de partículas conectadas ao longo da linha da onda para representar a onda quebrando.
- A velocidade das partículas do patch é calculada com base na velocidade da linha da onda e na energia potencial.

Demonstração

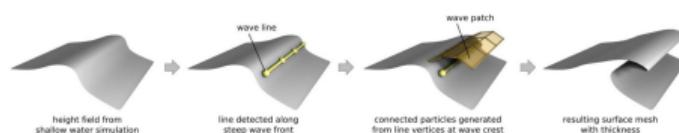


Figure 2. Here an overview of our wave simulation approach can be seen.

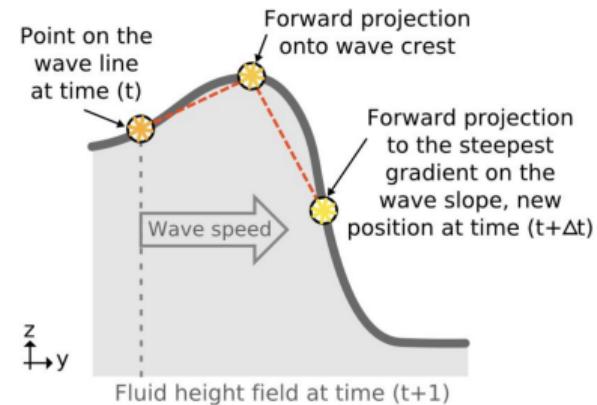


Figure 4. This picture shows a side view of the wave line vertex advection.

Resultados e Desempenho

- Simulações em tempo real de ondas quebrando com taxas de quadros de 40 a 75 fps em hardware comum.
- O modelo permite a criação de ondas em diversas configurações e condições.
- A simulação de fluidos representa cerca de 80
- Aproximadamente metade do tempo de simulação é gasto na simulação de águas rasas, e um quarto é gasto no algoritmo de simulação de ondas.

Referências

- [1] Xavier Bonaventura. *Terrain and Ocean Rendering with Hardware Tessellation*, pages 83–94. AK Peters/CRC Press, 2018.
- [2] Emmanuelle Darles, Benoît Cespén, Djamchid Ghazanfarpour, and Jean-Christophe Gonzato. A survey of ocean simulation and rendering techniques in computer graphics. *Computer Graphics Forum*, 30(1):43–60, 2011.
- [3] Nils Thürey, Matthias Müller-Fischer, Simon Schirm, and Markus Gross. Real-time breaking waves for shallow water simulations. In *15th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications (PG'07)*, pages 39–46, 2007.