

---

## 2.

### Trabalhos Relacionados

Na conjuntura da pesquisa realizada, não foi encontrado nenhum trabalho que sintetiza os benefícios e deficiências dos algoritmos de simulação e visualização do oceano em *GPU*, nem mesmo em *CPU*. Os que foram encontrados apenas citam algumas metodologias de simulação, sem realizar uma comparação.

O estudo de técnicas de simulação de oceano revela que a maioria dos trabalhos considera duas formas de modelagem de oceano: Física e Empírica. Na primeira, o modelo adotado é o proposto pelas equações de Navier-Stokes (Sissom & Pitts, 2001). Tal modelo descreve o movimento de fluidos incompressíveis para simular o movimento das ondas ao passar do tempo (Kass & Miller, 1990) (Foster & Metaxas, 2000) (Chen & Lobo, 1995).

Contudo, essa abordagem requer um alto custo de processamento, o que inviabiliza sua utilização para aplicações de tempo real. Além disso, muitas vezes não é seguramente paralelizável, o que dificulta sua utilização em arquiteturas *SIMD* (*Single Instruction Multiple Data*), como as das placas gráficas atuais.

A modelagem empírica, por outro lado, não se concentra na física envolvida na dinâmica das ondas, mas foca no comportamento visual das mesmas. Os modelos empíricos mais conhecidos são os de Fournier e Reeves (1986) e Peachey (1986), os quais apresentam um modelo de iluminação simples; Ts'ó e Barsky (1987), que já considera texturas de reflexão e refração; e Imamiya e Zhang (1995), que propõem uma análise

das ondas quebrantes da costa. Esses modelos se alicerçam no modelo clássico de ondas de Gerstner (1809), primeiramente apresentado por Kinsman (1965), que busca maior fidelidade visual do que física. Um bom estudo dessa técnica é apresentado por Salgado *et al* (2007).

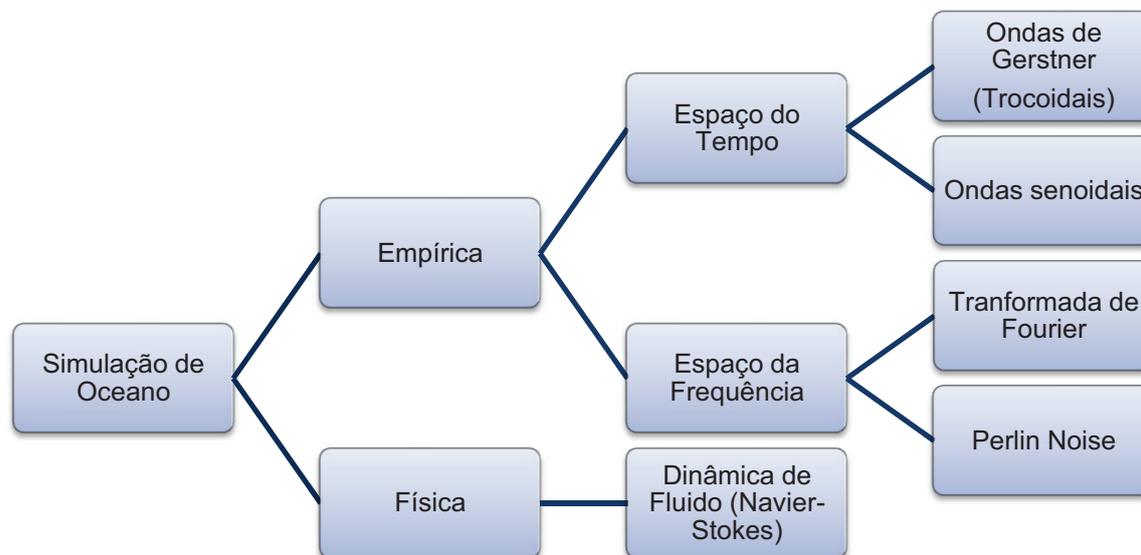
Outro modo de simulação empírica consiste em modelar o sistema no espaço da frequência (Mastin *et al.*, 1987), compondo a função final como a contribuição de várias funções harmônicas em diversos períodos. O inconveniente dessa técnica é o fato de ser necessária a conversão do modelo do espaço da frequência para o espaço do tempo. Entretanto, isso é possível com a utilização da Transformada Inversa de Fourier.

Essas abordagens de simulação no espaço da frequência foram, inicialmente, introduzidas por Mastin *et al* (1987). Nelas, busca-se sintetizar as ondas utilizando propriedades espectrais do oceano real. O procedimento consiste em transformar uma perturbação, descrita no espaço da frequência, para o espaço do tempo e tratá-la como um mapa de altura, o qual deve permitir repetição espacial. Essa abordagem pode ser desenvolvida como uma pré-computação, ou, como uma simulação em tempo real.

Mastin *et al* (1987) transformou um ruído branco no domínio espacial para o espaço de Fourier (Frequência) e filtrou-o com o espectro de Pierson-Moskowitz (WikiWaves, 2008). A transformada inversa de Fourier desse espectro resulta em um mapa de altura realístico para ondas do oceano. A animação é dada deslocando a fase no domínio da frequência.

Tessendorf (1999) descreve um método similar aplicado na produção dos filmes *Waterworld* e *Titanic*. Nessa abordagem, ele inicia no domínio da frequência e usa o espectro de Philips ao invés do de Pierson-Moskowitz. Ele, também, propõe uma série de modificações que permitem adaptar o espectro de Philips para considerar o efeito de direção preferencial de deslocamento e vento.

Por último, pode-se considerar a superfície do oceano como uma função aleatória e utilizar modelos randômicos para simulá-la. Dentre esses modelos, um bastante explorado é o uso da função pseudo-randômica de Ken Perlin (2002), a qual possui diversas características importantes para um efeito realístico da simulação. Essas duas últimas modelagens utilizam o recurso de *Vertex Texture* (que permite ao programa de vértice da placa gráfica, acesso a dados armazenados em texturas) para simular as ondulações do mar (Kryachko, 2005). A Figura 4 apresenta um diagrama com as diversas linhas de pesquisa de simulação de oceano.



**Figura 4:** Linhas de Simulação de Oceano

Além disso, é necessário o uso de técnicas de nível de detalhe (*LoD*) para se visualizar o oceano, visto que, a dimensão do mesmo ultrapassa as dimensões do volume de visão. Neste aspecto existem poucos trabalhos voltados para *LoD* específico para oceano. Kryachko (2005) utiliza a técnica de *Radial LoD* para visualizar o oceano, no entanto, sugere fortemente o uso da técnica de *GeoClipMap* (Asirvatham & Hoppe, 2005), que mesmo sendo voltada para visualização de terreno pode ser adaptada para oceano. Entretanto, a forma de se adaptar a

---

técnica não é discutida por Kryachko (2005) e nem por Asirvatham & Hoppe (2005).

Por fim, Johanson (2004) propõe uma elegante solução utilizando projeção perspectiva chamada de *Projected Grid*, a qual fora desenvolvida para *CPU*, enquanto que, neste trabalho, é adaptada para a *GPU*.

Sendo a primeira etapa de visualização do oceano pautada pela técnica de nível de detalhe, visto que é dela que são gerados os vértices a serem processados, inicia-se também o estudo por essas no capítulo seguinte.