

## Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente trabalho apresenta uma compilação de técnicas de simulação e iluminação de oceano e de técnicas de nível de detalhe específicas ou adaptáveis para esse contexto. Além disso, faz-se um estudo comparativo de desempenho entre as técnicas e um estudo do contexto de aplicação de cada uma delas, a fim de permitir que desenvolvedores tenham uma pesquisa guia para a escolha e combinação dessas.

Ainda, adaptam-se técnicas antes utilizadas apenas em *CPU* para a utilização paralela da *GPU*, tornando-as mais eficientes e escaláveis. Propõe-se a utilização das técnicas para a síntese de texturas com as informações da simulação. Tal proposta cria, principalmente, dois grandes benefícios: a adaptação do padrão de projeto *MVC* para o contexto de programação em placas gráficas e a possibilidade de extrair informações da malha do oceano por qualquer objeto de uma cena.

Nos estudos de nível de detalhe são selecionadas 3 técnicas, *GeoClipMap*, que é adaptada para o contexto de oceanos, *Radial LoD* e *Projected Grid*, a qual é transformada para a utilização direta na *GPU*. Nesse estudo conclui-se que num contexto sem visualização de terrenos, a técnica de *GeoClipMap* não oferece nenhum benefício em relação às demais, sendo na verdade mais custosa. No entanto pode-se integrar o oceano com o terreno para reduzir consumo de memória e permitir compartilhamento de informações entre *shaders*. Conclui-se, também, que o desempenho dos métodos de *Radial LoD* e *Projected Grid* são muito similares, no entanto, a primeira é muito mais simples de implementar e apresenta um ótimo resultado gráfico, quando se configura corretamente seus parâmetros.

Além disso, para o estudo das técnicas de simulação, foram elencadas 3 técnicas: *Gerstner*, *Perlin Noise* e *FFT*. A técnica de *Gerstner* foi a representante de modelos de simulação no espaço do tempo e teve

como vantagens o fato de ser bastante simples de se implementar, possuir alto desempenho e vários parâmetros ajustáveis para a simulação. No entanto, a técnica não produz imagens suficientemente realísticas, pois, mesmo com a introdução de parâmetros como a agudez, a forma da onda ainda não corresponde à forma real.

A técnica de *FFT* é a que traz o maior realismo visual com um pequeno controle físico das ondas. No entanto, ela é de grande complexidade de implantação e de baixo rendimento em relação aos demais. Dessa forma, é sugerido apenas em situações de alta necessidade de realismo. Por fim, a técnica de *Perlin Noise* é a que melhor combina realismo com desempenho, no entanto, possui pouquíssimo controle e gera algumas situações de vales na simulação. Essa situação pode incomodar o usuário, pois, sendo um efeito aleatório, pode-se criar um vale na malha do oceano de forma muito rápida, não respeitando a dinâmica de fluidos. Esse problema não ocorre na técnica de *FFT*.

No entanto, se a aplicação não necessitar de uma simulação em tempo real, ou seja, a cena gerada pela mesma não mudar parâmetros de simulação de oceano, pode-se utilizar qualquer técnica e gerar dados pré-computados para posterior importação. Isso é muito simples tendo em vista a proposta de geração de texturas de dados, pois, basta armazená-las em disco e depois carregá-las seguindo alguma política de *streaming*. Um exemplo típico são os jogos eletrônicos.

Após o estudo das formas de simulação, foi realizado o estudo de iluminação da água, onde se destacaram os efeitos de Reflexão e Refração, usando mapas de texturas para isso, combinação usando *Fresnel* e cáusticas. Ainda nesse estudo, apresentou-se outros efeitos importantes como névoa e espuma.

Em seguida é apresentada a arquitetura e o desenvolvimento dos sistemas e realizados os testes de análises dos desempenhos e contextos de aplicação.

Portanto, o objetivo traçado por este trabalho foi alcançado, pois, é possível ter uma clara visão dos detalhes, benefícios e problemas de cada técnica apresentada e uma real comparação do desempenho delas. Ainda, as propostas feitas são de grande utilidade para o desenvolvimento e organização de sistema computacionais da área de computação gráfica. Por fim, as adaptações e transformações de algoritmos servem também como guia para a construção dessas aplicações.

## Trabalhos Futuros

Sendo uma área de grande fluxo de pesquisa, pode-se ressaltar diversos pontos para trabalhos futuros. Dentre eles destacam-se:

- Realizar testes com *Microsoft DirectCompute*, visando analisar as vantagens e desvantagens da *API*.
- Realizar a simulação de outros modelos estatísticos para ondas do mar.
- Estudo da implementação dessas técnicas para *Ray Trace*.
- Integrar a visualização de Oceano com Terrenos, usando *GeoClipMap*.
- Realizar testes com outros tipos de memória da placa gráfica, através da *API CUDA*.
- Desenvolver a simulação de *FFT* usando *Shaders* e comparar desempenho.
- Realizar testes em diferentes modelos de placas de vídeo e de fabricantes.
- Realizar testes de *shader* em placas ATI e Intel.