

## 7 Conclusão

O objetivo dessa dissertação foi fazer um estudo compreensivo sobre simulação de fluidos baseada em partículas utilizando o método conhecido como *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH). Além disso, buscamos a validação do método SPH para simulação de fluidos através da biblioteca desenvolvida. Para a simulação de fluidos para efeito de animação em tempo interativo, seguimos as idéias propostas em Müller *et al.*[24, 26].

Através dos testes desenvolvidos, fomos capazes de criar cenários para a validação do nosso trabalho. No Capítulo 6, Seção 2, reproduzimos os resultados obtidos em Müller *et al.*[24]. Apesar de não haver a possibilidade de uma comparação de eficiência entre o nosso trabalho e o trabalho apresentado em [24], a comparação visual da animação se demonstrou parecida.

Nos testes apresentados no Capítulo 6, Seções 4 e 5, comparamos o modelo físico mais simplificado desenvolvido neste trabalho, contra um modelo físico mais sofisticado apresentado em [17]. Em ambos os modelos é usado o método SPH. As diferenças do modelo físico mais sofisticado em relação ao mais simplificado utilizado nesta dissertação são: cálculo da massa específica, funções de suavização, cálculo da força de viscosidade e tratamento de fronteira.

Apesar de todas essas diferenças entre os modelos físicos, fomos capazes de reproduzir alguns experimentos descritos em [17]. No experimento “Quebra de Barragem”(*Dam Collapse*) o comportamento obtido com o fluido na animação foi bem próximo ao comportamento apresentado em [17], e no experimento “Descarga De Água” (*Water Discharge*) o modelo físico simplificado também conseguiu um resultado satisfatório, conseguindo simular a cavidade que surge devido à força de alta pressão.

Incorporamos também neste trabalho a interação entre fluidos baseada nas idéias apresentadas em Müller *et al.*[26]. Apesar de não terem sido implementadas todas as propostas apresentadas em [26], nossa biblioteca é capaz de interagir dois

fluidos com massas específicas diferentes, de forma que o fluido menos denso permaneça acima do fluido mais denso.

O estudo feito para determinar o custo computacional e o gargalo da simulação demonstrou que o maior problema do método SPH para simulação de fluidos (representados por mais de 4000 partículas) neste trabalho está na busca da vizinhança das partículas. Não foi implementado nenhum outro algoritmo para busca de vizinhança para efeito de comparação.

Em relação a trabalhos futuros, podemos destacar a implementação de todas as idéias apresentadas em [26] para interação entre fluidos, permitindo a criação de partículas de ar, interação entre ar e água, e interação entre fluidos permitindo mudanças de fases.

Para conseguir simulações estáveis, o passo de simulação usado ainda é muito baixo. Para alcançarmos simulações em tempo real, é necessária a investigação de métodos capazes de permitir passos de simulação maiores. Algumas propostas, como raio de suavização variável por partícula [17], extensões sobre o método SPH [29, 16] e tratamento de fronteira [17], são apresentadas na literatura, permitindo simulações mais estáveis.

A implementação do método SPH para simulação de fluidos em GPU é um tópico a ser explorado. Com o aumento do poder de processamento dos atuais processadores gráficos e com a possibilidade de utilizá-los para processamentos genéricos, acreditamos obter um aumento de performance e também um aumento na quantidade de partículas que representam o fluido, se utilizarmos a GPU para a simulação de fluidos. Alguns trabalhos [13, 33] já utilizam a GPU para simulação de fluidos utilizando modelos Eulerianos, obtendo resultados bastantes satisfatórios.

Além disso, a interação entre fluido e corpos rígidos também é um tópico importante e muito explorado na literatura. Alguns trabalhos [25, 35] estendem o trabalho de Müller *et al.*[24] para permitir a interação entre fluidos e corpos rígidos. Por último, o uso de outras estruturas de subdivisão espacial para tentar melhorar a performance e diminuir o custo computacional da simulação e a investigação de métodos de visualização de fluidos para a extração de uma malha triangular [19], podem ser investigados.