

## 2 Trabalhos relacionados

Com o objetivo de aperfeiçoar os efeitos do *bump mapping* e *displacement mapping*, foram desenvolvidos diversos métodos que buscam explorar a programação em GPU em favor do acréscimo de detalhes estruturais a superfícies de objetos em aplicações interativas.

Kaneko, et al. (Kaneko, et al., 2001) introduz uma técnica simples para simular o efeito de paralaxe (*motion parallax*) – a aparente movimentação de partes do objeto quando da mudança do ponto de vista do observador – através do deslocamento, para cada *pixel*, das coordenadas de textura do objeto. Esse deslocamento é feito traçando-se um raio sobre a superfície para definir qual *texel* do mapa de altura corresponde ao ponto de interseção, que é, por fim, utilizado para definir as coordenadas corretas do *pixel* na imagem final. Apesar de ser simples e atingir bom desempenho, este método apresenta grandes distorções sobre a superfície quanto menor for o ângulo de visualização com a superfície.

Tais limitações foram amenizadas por Welsh (Welsh, 2004), que propôs a ideia de limitação do deslocamento das coordenadas de textura de forma que elas nunca sejam superiores ao valor de altura obtido do mapa. Essa atualização reduz a percepção das protuberâncias da superfície, mas também as flutuações de textura em ângulos rasantes.

Wang et al. (Wang, et al., 2003) propõem um algoritmo capaz de renderizar irregularidades no interior de superfícies junto aos efeitos de sombreamento, oclusão e silhuetas, sem modificações na geometria, por meio do armazenamento da distância dos pontos deslocados vistos de múltiplas direções. Esse grande volume de informações pré-computadas é codificado em uma função de cinco dimensões e requer decomposição e compressão dos dados a serem enviados à GPU. Essa técnica apresenta resultados bons, porém limitados. Além de suportar apenas superfícies fechadas, há a ocorrência de *aliasing* e imprecisões sobre as faces do objeto, que podem ser agravados quanto mais próximo estiver o observador da superfície devido ao número fixo de resoluções pré-computadas.

Enquanto o *aliasing* pode ser contornado por meio de *mip-mapping*, a obtenção de resultados mais precisos só pode ser atingida através do aumento do número de amostras realizadas em cada direção, tendo implicações diretas sobre o consumo de memória.

Como uma extensão da técnica anterior, Wang et al. (Wang, et al., 2004) apresentaram uma abordagem capaz de renderizar com maior precisão superfícies fechadas ou abertas, sem que necessariamente tenham seus detalhes estruturais descritos por mapas de altura. A representação através de uma versão atualizada da função de cinco dimensões, no entanto, ainda mantém limitações em termos do número de amostras a serem computadas em favor de um menor consumo de memória, tornando esta técnica pouco adequada para visualizações muito próximas.

Brawley e Tatarchuk (Brawley & Tatarchuk, 2004) realizam uma abordagem semelhante à de Kaneko (Kaneko, et al., 2001), adicionando também suporte à geração de auto-sombreamento e oclusão. No entanto, ao invés de traçar o raio diretamente sobre a superfície, este é lançado sobre o perfil de sua curvatura, que é armazenado em um mapa de profundidade, e, a partir do ponto de interseção, é calculado o deslocamento para as coordenadas de textura. Tal técnica apresenta um conjunto de limitações que prejudicam demasiadamente a qualidade da imagem final, em especial quando da visualização de ângulos rasantes, resultando em uma perda severa das características da superfície devido ao método impreciso de amostragem do mapa de altura ao longo do raio.

Policarpo et al. (Policarpo, Oliveira, & Comba, 2005) seguem um princípio muito semelhante para realizar o deslocamento das coordenadas de textura, mas apresentam uma forma mais precisa de traçar o raio sobre o perfil do mapa de profundidade. O processo é iniciado com uma busca linear, com o objetivo de encontrar o primeiro ponto abaixo do perfil de curvatura descrita pelo mapa. Em seguida, uma busca binária é efetuada para determinar precisamente o ponto de interseção. A realização de filtragem da textura contendo o mapa de profundidade torna a curvatura da superfície contínua, amenizando o *aliasing* e permitindo a visualização de pontos mais próximos à superfície sem a ocorrência de distorções significativas. Apesar disso, além da ausência de silhuetas, também é perceptível um achatamento dos detalhes da curvatura quando da visualização de ângulos rasantes.

Posteriormente, essa técnica foi estendida por Oliveira e Policarpo (Oliveira & Policarpo, 2005) para dar suporte à geração de silhuetas. Através de uma deformação local da superfície descrita pelo mapa de profundidade, é possível determinar e descartar os raios que não interceptam o perfil da curvatura. Para isto, uma superfície quádrica é acomodada aos vértices do modelo poligonal em um estágio de pré-processamento para deformar a *bounding box* do modelo, tornando o mapa de altura “adequado” à curvatura da superfície, sendo o ponto de interseção determinado quando o raio interceptar o perfil desse mapa no interior da *bounding box* deformada. Este procedimento resulta na geração de silhuetas convincentes, mas não só possui problemas de *aliasing*, como não é adequado a qualquer tipo de superfície sem a aplicação de um fator de correção de profundidade.

Tatarchuk (Tatarchuk, 2006) propôs melhorias ao algoritmo original do *parallax occlusion mapping* (Brawley & Tatarchuk, 2004) melhorando a qualidade das sombras geradas pelas interpenetrações e aumentando a precisão da captura de feições da superfície pelo mapa de altura por meio do aperfeiçoamento do método de interseção do raio com a superfície. A imagem final apresenta efeitos de sombreamento bastante convincentes e correção de perspectiva melhorada, mas além de não dar suporte a silhuetas, também sofre com problemas de *aliasing* quanto mais próximo estiver o observador da superfície e apresenta distorções em ângulos de visualização pequenos.

Neste trabalho, o algoritmo de *parallax occlusion mapping* (Tatarchuk, 2006) foi implementado com o objetivo de ser usado como base para comparação dos resultados obtidos com o recurso de tesselação. Esta técnica será examinada com mais detalhes no Capítulo 4, juntamente com a técnica de *parallax mapping* (Kaneko, et al., 2001) (Welsh, 2004), da qual o *parallax occlusion mapping* deriva parte de seus princípios e os aprimora para produzir resultados com maior qualidade visual.