Mapeamento de Textura: Aspectos Gerais

Silva, Adler C. G. e Tost, Daniel

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
Departamento de Computação e Automação

{acardoso,tost}@dca.fee.unicamp.br

Resumo

Em computação gráfica, o mapeamento de textura foi concebido com o intuito de tornar as cenas mais realísticas. As texturas aplicadas eram geralmente imagens reais discretizadas, o que acoplava aos modelos aspectos visuais mais fiéis. O mapeamento de textura tornou-se uma técnica muito difundida e, nos últimos anos, passou a ser implementada em *hardware*.

Esta mudança, que acelerou o processo de mapeamento, abriu espaço a uma série de aplicações baseadas em texturas com outros propósitos, tais como o mapemanto de rugosidade, de deslocamento, de ambiente, de tranparência, *antialiasing* em pontos e linhas, renderização de volume, etc.

Algumas destas técnicas são bastantes conhecidas atualmente. Neste trabalho, nós investigamos um conjunto de aplicações variadas destas técnicas nas mais diversas áreas da computação gráfica.

Palavras chaves: computação gráfica, textura, mapeamento de ambiente, mapeamento de rugosidade, textura 3D, composicação de texturas, mapeamento procedimental, mapeamento MIP, *antialiasing*.

I. Introdução

O desenvolvimento tecnologico e o avanço dos *hardwares* gráficos, bem como o aumento da exigência dos usuários e da demanda por cenas mais realistas nas mais diversas áreas, impulsionou uma grande utilização das texturas.

Diversas técnicas de mapeamento e de texturização surgiram nas últimas décadas [Haebe93]. Nosso trabalho se propõe a realizar uma análise breve e superficial desses métodos no contexto da computação gráfica.

Na seção II, nós explicamos a técnica básica de mapeamento de textura, detalhando os tipos usuais de mapeamento. Na seção IV, nós introduzimos uma técnica simples de composição de várias texturas a serem aplicadas em um modelo. Na seção V, nós apresentamos o mapeamento de texturas 3D e suas aplicações. Na seção VI, nós descrevemos as texturas procedurais. Nas seções VII e VIII, mostraremos os mapeamentos de rugosidade e deslocamento, respectivamente. Ainda veremos os mapementos de sombra e ambiente nas seções X e IX. Por fim, uma breve conclusão(seção XI)

II. Mapeamento de Textura

O mapeamento de textura é geralmente realizado de duas maneiras. Uma delas é feita através de duas transformações. A primeira transformação leva os pontos (ou texels) do sistema de coordenadas de imagem (ou mapa de textura) a um sistema de coordenadas intermediário, baseado em uma forma geométrica, comumente um plano, um cilindro ou uma esfera. A segunda transformação leva os pontos deste sistema intermediário a um sistema de coordenadas localizado no objeto. Este tipo de mapeamento é denominado mapeamento em duas partes.

A segunda maneira é conhecida como mapeamento por coordenadas normalizadas. Diferentemente do mapeamento em duas partes, ele é realizado diretamente do mapa de textura ao objeto, sem a utilização de um sistema de coordenadas intermediário. O termo "coordenadas normalizadas" vem do fato que o mapa de textura é especificado sob coordenadas u e v que variam de 0 a 1 nas suas duas direções (figura 1).

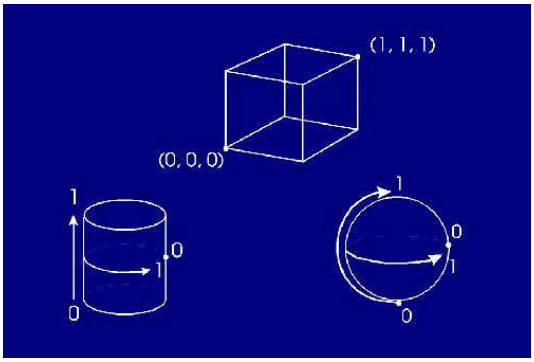
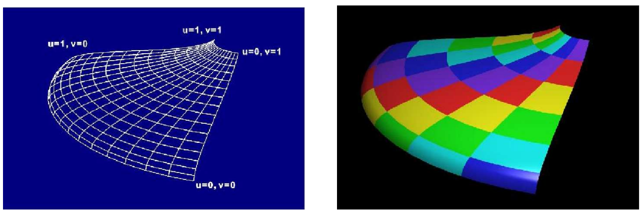


Fig. 1. Mapeamento por coordenadas normalizadas.

Neste tipo de mapeamento, os vértices do objeto devem ser especificados com as coordenadas da textura u e v a ser aplicada (figura 2). A textura dos pontos intermediários do objeto é determinada por interpolação.



(a) (b)

Fig. 2. Exemplo de mapeamento por coordenadas normalizadas.

Estes mapeamentos diferem em alguns aspectos bastantes relevantes. Como no mapeamento em duas partes não há necessidade de especificação de coordenadas no objeto, ele pode ser realizado no objeto como um todo, independente do número de primitivas com que modelo foi concebido. Já, no mapeamento por coordenadas normalizadas, isto não possível. É preciso especificar todas as coordenadas em todas as primitivas. Em casos em que se deseja manter a continuidade do mapa no objeto, isto torna-se extremamente trabalhoso, pois as coordenadas deverão ser definidas de forma a respeitar a continuidade.

No mapeamento em duas partes, a transformação do espaço de textura para o espaço intermediário é denominada transformação-S. A transformação do espaço intermediário para o espaço de objeto, por sua vez, é denominada transformação-O. Para a transformação-S, é necessário saber em que tipo de forma geométrica será feito o mapeamento. Para a transformação-O, é necessário saber que informação utilizar como coordenadas (x, y, z) de um ponto.

Se o plano não for paralelo a um dos planos xy, yz ou zx do objeto, a transformação-O não será tão trivial. Uma matriz de transformção que inclua a rotação e a translação do plano em relação ao sistema de coordenadas do objeto deve ser incluída.

No mapeamento por coordenadas normalizadas, os conceitos de forma e entidade são esquecidos. A textura é aplicada diretamente sobre as primitivas do objeto.

A. Mapeamento Planar

O mapeamento planar é o mais simples. A forma de mapa utilizada é um plano no espaço. Na transformação-S, o mapa é jogado sobre o plano, como ilustrado na figura 3. Neste caso, é necessário especificar sobre o plano onde devem estar os vértices do mapa.

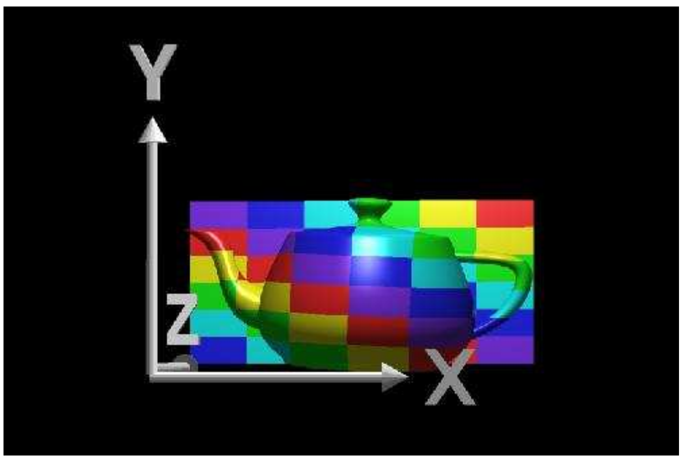


Fig. 3. Mapeamento planar.

As coordenadas no espaço de textura são dadas por:

$$
\begin{aligned}
x &= x \\
y &= y
\end{aligned} \tag{1}
$$

Na transformação-O, a coordenada perpendicular ao plano é descartada. Podemos por exemplo descartar a coordenada z. As coordenadas x e y de um ponto no objeto são, então, utilizadas para encontrar a sua cor no mapa.

B. Mapeamento Cilíndrico

No mapeamento cilíndrico, o mapa é jogado sobre um cilindro, como ilustra o exemplo da figura 4. Na transformação-S, as coordenadas u e v do mapa são transformadas em coordenadas θ e h do cilindro.

Fig. 4. Mapeamento cilíndrico.

Na transformação-O, a cor de um ponto no objeto é determinada pelas coordenadas cilíndricas da sua entidade. Dado um ponto no objeto, cujo vetor posição é $P = (x, y, z)$, suas coordenadas cilíndricas são determinadas pela seguinte equação:

Visto que o mapeamento é feito a partir de um cilindro, que possui raio fixo, a coordenada r é descartada. As coordenadas θ e h do ponto são, então, utilizadas para a determinação da sua cor segundo a seguinte expressão:

$$
\begin{aligned}
r &= 0 \\
\theta &= arctg(x/z) \\
h &= y
\end{aligned} \tag{2}
$$

C. Mapeamento Esférico

No mapeamento esférico, o mapa é jogado sobre uma esfera, como ilustra o exemplo da figura 5. Na transformação-S, as coordenadas u e v do mapa são transformadas em coordenadas θ e ϕ da esfera.

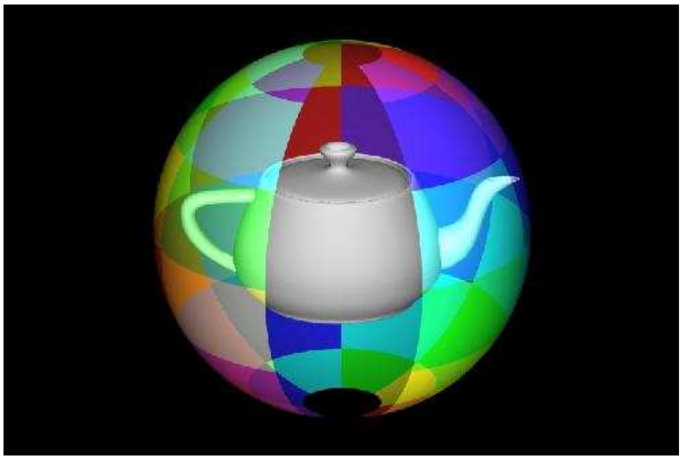


Fig. 5. Mapeamento esférico.

Na transformação-O, a cor de um ponto no objeto é determinada pelas coordenadas esféricas da sua entidade. Dado um ponto no objeto, cujo vetor posição é $P = (x, y, z)$, suas coordenadas esféricas são determinadas pela seguinte equação:

$$
\begin{aligned}
r &= 0 \\
\theta &= z/(2\sqrt{x^2 + y^2 + (y+1)} + 1/2) \\
\phi &= x/(2\sqrt{x^2 + y^2 + (y+1)} + 1/2)
\end{aligned} \tag{3}
$$

Visto que o mapeamento é feito a partir de uma esfera, que possui raio fixo, a coordenada r é descartada. As coordenadas θ e ϕ do ponto são, então, utilizadas para a determinação da sua cor.

D. Mapeamento Cúbico

No mapeamento cúbico, o mapa é jogado sobre as seis faces de um cubo, como ilustrado no exemplo da figura 6. Este é um caso particular do mapeamento planar, onde acontecem seis mapeamentos. Para cada face, um mapeamento planar é feito, levando-se em conta a direção daquela face.

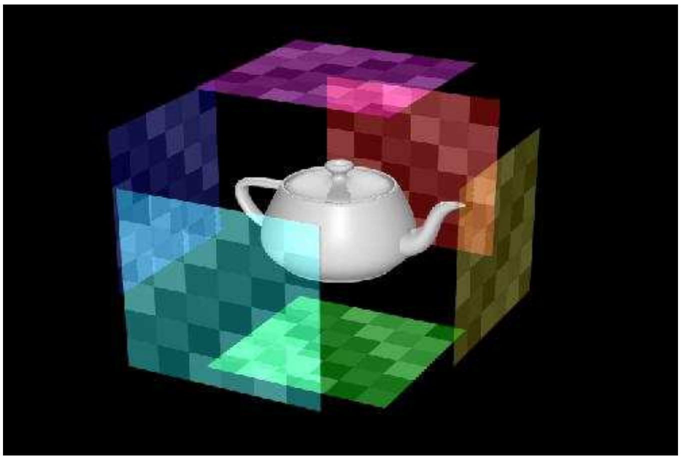


Fig. 6. Mapeamento cúbico.

Para um ponto dado no objeto, a face do cubo a ser mapeada naquele ponto depende da entidade escolhida. Se a entidade for a posição a partir do centróide, a face pode ser determinada a partir do segmento que parte do centróide passa pelo ponto e alcança o cubo. O ponto no cubo que toca o segmento determina a face e a cor naquela face a ser utilizada no ponto do objeto.

E. Entidade do mapa

A entidade do mapa define que informações do objeto utilizar no mapeamento. Isto é, trata-se das coordenadas (x, y, z) da transformação-O. Obviamente, existem infinitas possibilidades de entidade, entretanto, quatro possuem propriedades interessantes e, por isso, são comumente usadas. Elas são descritas a seguir.

Posição: o vetor posição $P = (x, y, z)$ em relação ao sistema de coordenadas do objeto é utilizado como entidade do mapa. A figura 7 ilustra um esquema da entidade como posição do ponto.

Posição a partir do centróide: o vetor posição $P = (x, y, z)$ em relação a um sistema de coordenadas localizado no centróide é utilizado como entidade do mapa. Os eixos do sistema de coordenadas são geralmente considerados paralelos aos eixos do sistema de coordenadas do objeto. A figura 7 ilustra um esquema da entidade como posição do ponto a partir do centróide.

Normal a superfície : o vetor normal a superfície $n = (n_x, n_y, n_z)$ é no ponto em questão do objeto é utilizado como entidade do mapa. A figura 7 ilustra um esquema da entidade como vetor normal à superfície no ponto dado.

Reflexão : o vetor direção $r = (r_x, r_y, r_z)$ do feixe refletido naquele ponto é utilizado como entidade do mapa. Aqui, o valor depende do ponto de luz na cena e, portanto, varia com o deslocamento do objeto em relação a tal ponto. A figura 7 ilustra um esquema de entidade como vetor refletido no ponto em questão.

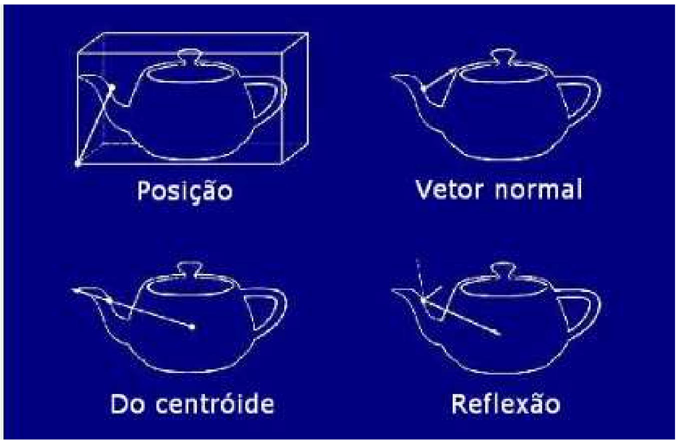


Fig. 7. Entidades de mapeamento.

Algumas combinações de forma e entidade de mapa trazem resultados de pouca utilidade, tais como o vetor posição com as formas esférica, cilíndrica e cúbica.

III. Antialiasing

No que foi visto até agora, o mapeamento da textura sobre o objeto é feito da seguinte maneira. Durante a rasterização de um *pixel* do objeto, este é utilizado para a determinação da cor correspondente no mapa de textura. Apenas um *pixel* da imagem é escolhido para representar aquele ponto do objeto. Esta escolha é feita projetando-se o centro do *pixel* do objeto sobre a textura e verificando-se a cor no ponto projetado.

Este método, entretanto, apresenta algumas falhas. Se os padrões presentes no mapa forem de alta freqüência, como em linhas, o resultado do mapeamento poderá gerar perdas de continuidade destes padrões sobre o objeto. A figura 8 ilustra o exemplo do mapeamento de um quadriculado sobre um bule. Observe que as linhas contínuas da textura apresentam-se serrilhadas sobre o bule.

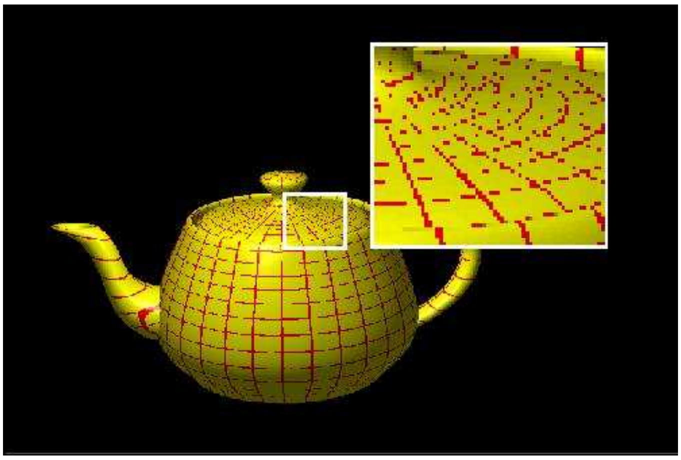


Fig. 8. Exemplo de *aliasing*.

Este fenômeno é denominado *aliasing* e é facilmente explicado pelo teorema de amostragem, detalhado em qualquer livro de processamento digital de sinais. Uma explicação detalhada deste processo foge do escopo de documento.

As seções a seguir apresentam três formas de tratamento do *aliasing* denominadas técnicas de *antialiasing*. As duas primeiras técnicas foram inicialmente concebidas para outros domínios e, posteriormente, adapatadas ao mapeamento de textura. A última técnica foi criada para o tratamento específico do *aliasing* em mapeamento de textura e é a mais comumente utilizada.

A. Filtragem

O método de filtragem utilizado como *antialiasing* em outros domínios consiste basicamente na utilização de um filtro passa-baixas sobre o sinal a ser amostrado. O resultado é um sinal sem componentes de alta freqüência que ao ser amostrado não conterá *aliasing*.

Como visto na seção anterior, na sua forma mais simples, o mapeamento de textura é realizado pegando-se apenas o centro do *pixel*. A filtragem, no contexto do mapeamento, é feita da seguinte maneira. O *pixel* do objeto é considerado um quadrado sobre o objeto, em vez de um ponto. Este quadrado é, então, projetado sobre o mapa de textura, como ilustra a figura 9. O valor da cor do *pixel* no objeto é calculado com a média ponderada das cores que estão sob a área do quadrado projetado.

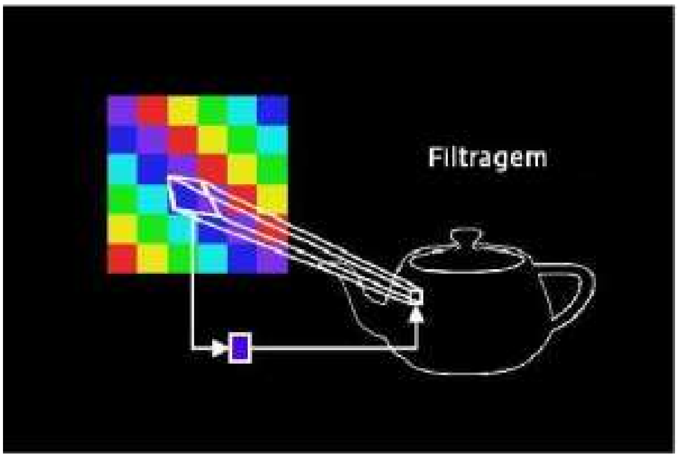


Fig. 9. Filtragem.

A grande desvantagem da filtragem é o tempo que ela demanda para o cálculo da cor de um único *pixel*. Quando os mapas são muito grandes ou o objeto está muito distante do observador, um *pixel* do objeto, geralmente, ocupa vários *pixels* sobre a imagem. O cálculo da média ponderada, nestas situações, torna-se um gargalo enorme para processo de raterização.

B. Superamostragem

O método de superamostragem utilizado como *antialising* em outros domínios consiste basicamente na obtenção de um número adequado de amostras para a representação do sinal a ser digitalizado. A freqüência de amostragem é, portanto, elevada até o valor da freqüência de Nyquist do sinal. O resultado é um sinal digital consistente com o sinal contínuo.

No contexto de mapeamento de textura, a superamostragem consiste em pegar-se várias amostras sobre o mapa de textura para representar um único *pixel* do objeto. Crow, em 1981, foi quem introduziu esta idéia. Ele considerou o *pixel* como sendo um quadrado, como fez Catmull na filtragem. Na superamostragem, entretanto, o valor da cor do *pixel* é obtido a partir da média aritmética das cores dos quatro vértices do quadrado projetado sobre o mapa (figura 10).

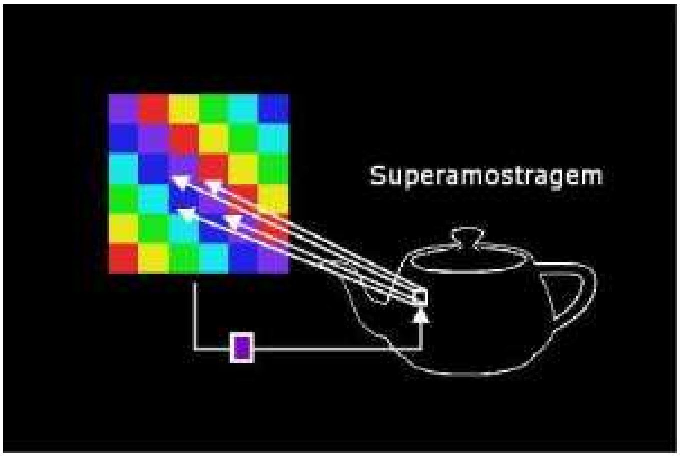


Fig. 10. Superamostragem de um *pixel* do objeto.

Este método é obviamente mais rápido que o de filtragem, sendo concebido com este intuito.

C. Mapas MIP

Os mapas MIP (*Multim Im Parvo* - Muita coisa em pouco espaço) foram concebidos dentro do contexto de mapeamento de textura e, por isso, diferem bastante dos outros. Eles visam um aumento considerável da eficiência do cálculo dos *pixels* do objeto sem grande perdas em memória.

Williams foi quem criou, em 1983, a solução ao problema de *aliasing* através de mapas de MIP. Sua idéia, explicada de uma maneira simples, era a seguinte. Considere a imagem da figura 11. Trata-se de uma imagem digital RBG que representa o mapa de textura. Ela tem dimensões 256x256 e cada canal RBG ocupa 8 bits (1 byte). Ela ocupa, portanto, 192KB. Para esta imagem, cria-se uma outra imagem, com o quádruplo do tamanho (dobrando-se a duas dimensões) e com apenas um byte por cor. Esta imagem ocupa, portanto, portanto 256KB ou $\frac{4}{3}$ do espaço ocupado pela imagem original.

Fig. 11. Chuck: Mascote do FreeBSD.

A imagem de cada um dos três canais (ou componentes) da imagem original é colocada em um quarto da imagem MIP a ser gerada. No quarto restante, são colocadas imagens destes canais, mas agora com a metade da resolução. E assim por diante, até que a imagem se reduza a um único *pixel*. O resultado do mapa MIP para mapa da figura 11 está ilustrado na figura 12.

Com o mapa MIP determinado, o cálculo do valor da cor de um *pixel* no objeto é realizado da seguinte maneira. Primeiramente, determina-se quantos *pixels* do mapa representam o *pixel* do objeto e, a partir daí, escolhe-se qual a melhor resolução do mapa MIP a ser utilizada. O *pixel* da imagem (na resolução escolhida) correspondente ao *pixel* do objeto fornece, finalmente, a sua cor. Se a resolução não estiver presente, é feita a média ponderada entre os *pixels* correspondentes das

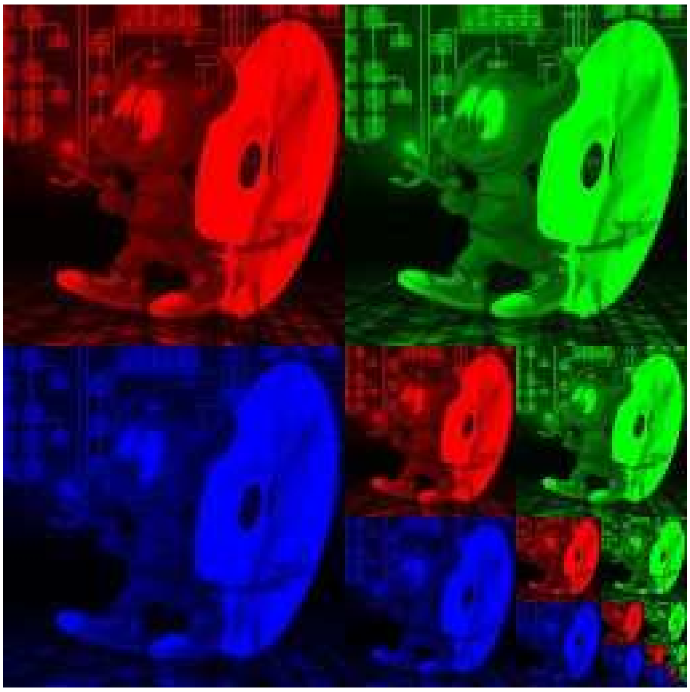


Fig. 12. Mapa MIP de Chuck.

duas resoluções mais próximas.

Esta técnica apresenta-se como uma das soluções mais eficientes que apresenta resultados visuais satisfatórios. É, portanto, uma das técnicas mais utilizadas com este intuito. Quando é preciso obter resultados visuais ainda mais ricos, técnicas combinadas são geralmente utilizadas. A figura 13 ilustra a comparação entre as técnicas de superamostragem, mapeamento MIP e a combinação das duas.

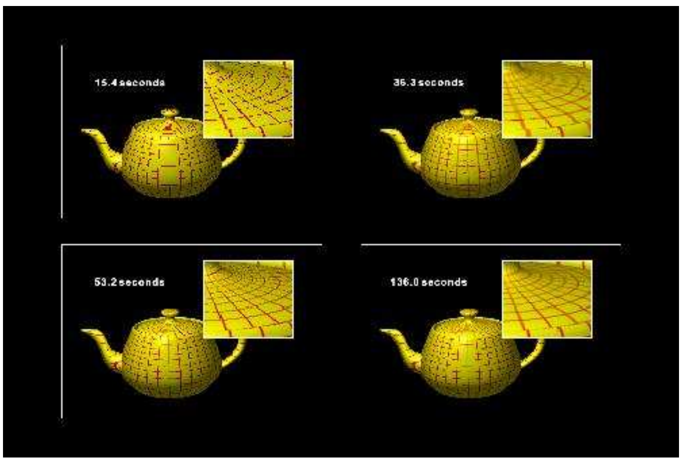


Fig. 13. Aplicação do mapeamento MIP sobre o bule.

IV. Composição de Mapas

Ocasionalmente, deseja-se aplicar mais de um mapa de textura a um mesmo objeto. Isso pode ser realizado através da técnica de composição de mapas.

Na verdade trata-se de uma técnica muito simples, na medida em que realiza o mapeamento de duas ou mais texturas sobrepondo-as. Para que o efeito de sobreposição seja aparente deve-se garantir que o valor da componente alfa dos pixels do fundo das texturas mais superiores seja igual a zero, simulando um efeito de transparência.

Outro cuidado a ser tomado é mapear as texturas sempre na ordem correta, fazendo inicialmente o mapeamento da textura que se deseja aplicar no fundo, continuando gradativamente com as texturas mais afastadas chegando até a mais superior, que deve ser a última a ser aplicada.

V. Mapeamento de Textura 3D

O mapeamento de textura bidimensional é uma das mais poderosas técnicas de renderização que faz com que os objetos 3D pareçam visualmente interessantes, no entanto o mapeamento da textura 2D nem sempre apresenta um aspecto visual adequado. Algumas vezes o resultado desse mapeamento mostra a formação de artefatos visuais, que são produzidos quando padrões de imagem 2D são repetidos ao longo da superfície de um objeto arbitrário (figura 14).

Fig. 14. Mapeamento de textura bidimensional em objeto tridimensional.

Devido a este motivo foi desenvolvido uma nova técnica de texturização, que utilizava, não mais de imagens bidimensionais, mas sim de um bloco 3D de textura no qual o objeto deveria ser mapeado. O resultado do mapeamento da textura 3D gera resultados visuais altamente naturais, nos quais os objetos realmente parecem ter sido esculpidos de um material, e não laminados com finas camadas bidimensionais repetitivamente (figura 15).

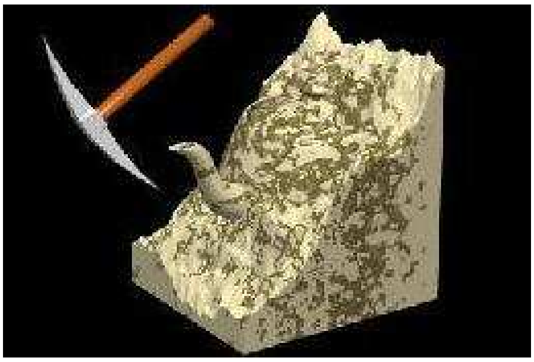


Fig. 15. Mapeamento de textura 3D em objeto.

O mapeamento da textura 3D é bastante semelhante ao mapeamento 2D. Podemos pensar na textura como um bloco no qual os objetos são encaixados.

Além de apresentar um melhor efeito visual, as texturas tridimensionais têm utilização em algumas áreas de pesquisa, a principal delas é a renderização de volume [Gelde96], onde deseja-se realizar renderização e visualização sem a utilização de dados geométricos.

O grande problema advindo da utilização de texturas tridimensionais está no seu armazenamento. As texturas 3D ocupam uma enorme quantidade de memória. Por exemplo uma textura 3D RGB de resolução 256x256x256 representada com um byte por canal de cor sem nenhuma compressão requer 48Mb de memória, uma quantia estrondosa se considerarmos a quantidade de memória disponível nos mais modernos *hardwares* gráficos, que é de 256Mb. O armazenamento da textura 3D é uma outra área de pesquisa que vem sendo desenvolvida, onde algumas técnicas como quantização vetorial e *Zero bit encoding* [Bajaj00] buscam o melhor compromisso entre o desempenho do mapeamento de textura tridimensional e seu armazenamento.

VI. Texturas Procedimentais

Uma textura procedimental é uma textura cuja origem não advém de imagem ou mapa, suas cores são calculadas durante a execução de um procedimento.

As texturas procedimentais possuem algumas vantagens. Elas proporcionam economia de espaço, na medida em que não precisam ser armazenadas. Possuem também uma maior flexibilidade, já que podem ser controladas por parâmetros e permitem a definição do nível de detalhe da textura por demanda.

A geração de texturas procedimentais é possível porque muitas coisas ao nosso redor, tanto naturais quanto artificiais têm propriedades simétricas que podem ser descritas através de funções matemáticas. Geralmente as texturas procedimentais possuem um bom grau de aleatoriedade, o que as torna muito propícias para a geração de texturas como fogo, madeira, mármore, granito, nuvens e fumaça (figura 16).

(a) (b)

Fig. 16. Exemplo de imagens geradas com texturas procedimentais.

Existem muitos tipos diferentes de texturas procedimentais, incluindo Lattice-noise, Perlin-noise, cellular region, reaction-diffusion e fractal. Todas essas abordagens são baseadas em geradores de números pseudo-aleatórios, a diferença entre eles está apenas na maneira utilizada para transformar estes números em um mapa de textura.

O lattice-noise é um dos tipos mais comuns de textura procedimental, é bastante usado para construção de nuvens. O Perlin-noise é talvez a mais fantástica das técnicas, pode produzir texturas extremamente grandes, sendo muito utilizada na criação de mármore, madeira e padrões ruidosos de maneira muito impressionante. O cellular region é um método iterativo que divide um domínio em um número pequeno de células, sendo que a cada iteração estas células são modificadas de acordo com seu valor atual e o das células vizinhas. É utilizado principalmente para construção de texturas biológicas de células e tecidos. *Reaction-diffusion* simula a reação de dois ou mais produtos químicos em um sistema, um processo iterativo é então usado para simular a evolução do sistema no tempo. Essa técnica é utilizada para gerar padrões que vão desde roupas simples até padrões como os encontrados em casacos de pele.

As texturas procedimentais possuem uma desvantagem, elas precisam ser calculadas no momento do mapeamento, o que as torna computacionalmente mais caras do que as texturas normais. A grande necessidade de um processamento cada vez mais rápido das cenas, faz com que as texturas procedimentais, sejam pouco utilizadas nos dias de hoje na sua concepção original. Sendo mais utilizadas na geração de imagens ou padrões que serão utilizados como textura e mapeados da forma comum.

VII. Mapeamento de Rugosidade

Quando deseja-se simular rugas, protuberâncias ou dentições sobre a superfície de um objeto, pode-se utilizar mapas de textura que carreguem cores que simulem essas rugosidades. Neste caso, um mapeamento simples da textura sobre objeto vai transmitir o aspecto rugoso desejado. Entrentanto, caso o ponto de luz se desloque em relação ao objeto, as rugosidades não irão acompanhar este deslocamento, produzindo um aspecto muitas vezes não satisfatório.

Para estas situações, o mapeamento de rugosidade foi concebido. Trata-se de uma técnica criada para simular rugosidades que difere do mapeamento de textura no seguinte aspecto. O mapa, em vez de guardar as cores a serem mapeadas sobre o objeto, armazena informações sobre as rugosidades da superfície. À medida que o objeto é rasterizado, estas informações são utilizadas para alterar o vetor normal dos pontos do objeto. Desta maneira, se o ponto de luz for deslocado, o resultado será diferente. Esta técnica, portanto, produz efeito mais realísticos nestes casos, entretanto, apresenta um custo computacional consideravelmente maior. Em cenas estáticas, o mapeamento de textura pode simular perfeitamente o mapeamento de rugosidade e deve ser utilizado, por ser mais eficiente.

Esta técnica foi criada por Blinn em 1978. Ele idealizou o seguinte procedimento de modificação dos vetores normais. Dada uma superfície $S(u,v)$, o vetor normal em um ponto da superfície é dado pelo produto vetorial de suas derivadas parciais nas direções u e v naquele ponto. Ou seja:

$$n = S_u \times S_v \tag{4}$$

As rugosidades são definidas pela função ruído $B(u,v)$. Para cada ponto da superfície é alterado na direção do vetor normal segunda a função ruído. A superfície gerada pela alteração $S'(u,v)$ é dada por:

$$S'(u,v) = S(u,v) + B(u,v)\frac{n}{|n|} \tag{5}$$

Os novos vetores normais podem ser então calculados com a expressão:

$$n' = S'_u \times S'_v \tag{6}$$

Ou, então, diretamente por:

$$n' = n + P_v(n \times S_u)\frac{1}{|n|} + P_u(S_v \times n)\frac{1}{|n|} \tag{7}$$

O mapeamento de rugosidade não altera os pontos da superfície, apenas os vetores normais dos pontos.

Por este motivo, na silhueta do objeto, esta rugosidade não pode ser observada. Além disso, este tipo de mapeamento só pode ser utilizado quando o modelo de iluminação de Phong está sendo aplicado, pois este, diferentemente dos outros, interpola os vetores normais para cada ponto.

VIII. Mapeamento de Deslocamento

O mapeamento de deslocamento foi criado por Cook em 1984. Ele foi concebido para suprir os problemas do mapeamento de rugosidade. O mapeamento de deslocamento altera não só as normais, mas as posições dos pontos da superfície. A figura 17 ilustra o mapeamento de deslocamento.

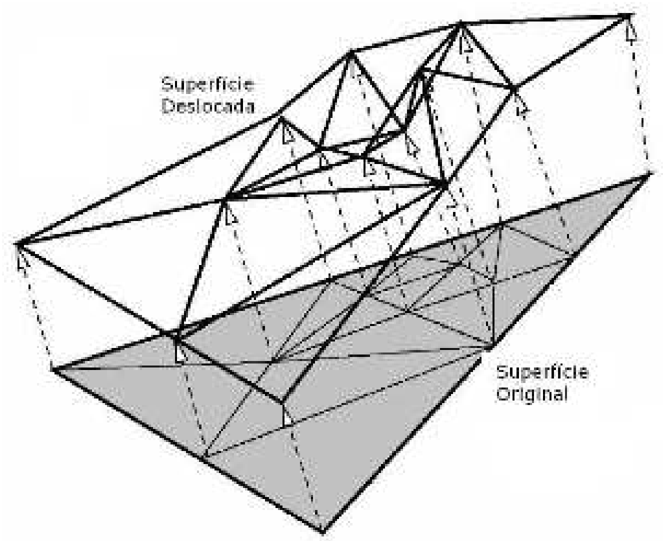
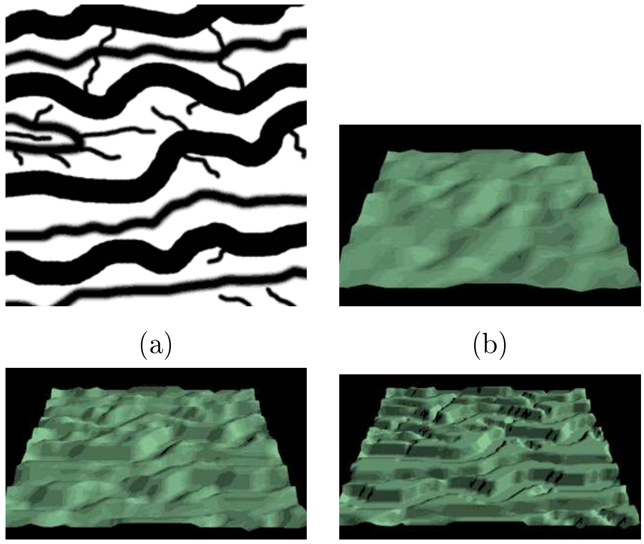


Fig. 17. Mapeamento de deslocamento.

O mapeamento de deslocamento é mais custoso que o de rugosidade, mas apresenta resultados mais realísticos na silhueta do objeto. Uma conseqüência do deslocamento dos pontos é a oclusão feita pelos pontos deslocados da silhueta. Observe que, no tecido da figura 18, este mapeamento torna-se essencial para manter o realismo da cena.

A idéia inicial era deslocar os vértices das primitivas do objeto. Uma sofisticação desta idéia passou a gerar novos pontos e novas primitivas. A figura 19 ilustra o resultado mais concreto da aplicação deste



(a) (b) (c) (d)

Fig. 18. Exemplo de imagens geradas com mapeamento de deslocamento.

mapeamento.

IX. Mapeamento de Ambiente

O mapa de ambiente é uma técnica que utiliza-se de texturas para a simulação de efeitos de superfícies perfeitamente refletoras. Esta técnica foi desenvolvida como uma alternativa a renderização através do paradigma do traçado de raio, que trata-se de uma técnica computacionalmente custosa.

Basicamente, este método consiste na aquisição de uma textura que contenha uma imagem do ambiente ao redor de um objeto refletor, que deve ser aplicada sobre este para simular reflexão, enganando a visão humana. A aquisição do mapa de ambiente pode ser realizada basicamente através das seguintes formas.

Natural: consiste em obter o mapa do ambiente naturalmente, através de um dispositivo como uma câmera fotográfica. Atualmente existem câmeras com lentes especiais, denominadas *fish-eye* que conseguem registrar todo o ambiente ao redor.

Sintética: consiste em obter o mapa atráves do computador, usualmente utilizamos, para esta finalidade, a técnica de traçado de raio.

O mapeamento da textura de ambiente sobre o ob-

Fig. 19. Exemplo real de mapeamento de deslocamento.

jeto refletor pode ser feita de duas maneiras.

Mapeamento esférico: o objeto é posicionado no centro de uma grande esfera, no interior da qual o mapa do ambiente vai ser projetado [Peerc97]. A entidade de mapeamento neste caso é a direção do raio refletido, ou seja, a cor associada a um ponto do objeto é definida pela direção do raio que, partindo da fonte de luz, reflete na superfície do objeto de acordo com a orientação da sua normal.

Esse tipo de mapeamento pode levar a erros no caso de superfícies planares em objetos grandes que tendem a levar todos os pontos da superfície na mesma posição do mapa, além do fato que contém singularidades nos pólos da esfera.

Mapeamento cúbico: o mapa do ambiente é projetado nas seis faces de um cubo. Ele pode ser adquirido através da composição de seis simples fotografias, tomadas ortogonalmente ao objeto.

A dificuldade na construção deste mapa está em conseguir unir as seis imagens sem descontinuidades geométricas ou de iluminação. A vantagem é que função de mapeamento não mais é esférica, e portanto é mais simples, apresentando muito menos distorção, motivo pela qual é mais utilizada atualmente.

O mapeamento de ambiente possui algumas limitações, a principal delas é que a reflexão conseguida no objeto não varia de acordo com a posição do observador, podendo causar um efeito pouco natural em cenas onde a posição do observador é dinâmica. Entretanto, na maioria dos casos, apresenta um resultado visual satisfatório, bastante semelhante ao do traçado de raio, com um custo computacional muito menor.

Podemos observar um exemplo de mapeamento de ambiente na figura 20

Fig. 20. Exemplo de mapeamento de ambiente.

X. Mapeamento de Sombra

As sombras são componentes muito importantes na confecção de uma cena, sem elas temos um efeito visual pouco natural, fazendo com que, muitas vezes, a profundidade relativa dos objetos seja pouco clara.

Os problemas relacionados as sombras advém do fato de sua computação ser relativamente custosa, na medida em que requer testes de visibilidade entre fonte de luz e objeto. A técnica do mapa de sombra foi criada visando a resolução deste problema. Proposta por Willians em 1978 esta técnica consiste na construção inicial de um mapa dependente da posição da fonte de luz que é utilizado no processo de renderização da cena.

O mapa é construido armazenando-se a distância dos pixels da cena até a fonte de luz. Isso pode ser implementado através de uma simples renderização da cena com o observador na posição da fonte de luz, utilizando-se o *depth buffer* para armazenar o valor destas distâncias.

A utilização do mapa também é bastante simples. Durante o processo de renderização deve-se aplicar sobre o pixel uma transformação que o leve ao sistema de coordenadas da fonte de luz, após esta transformação compara-se os valores de profundidade do novo ponto com o valor armazenado no mapa de sombras. Caso a profundidade do ponto seja menor, a rasterização procede da forma usual. Se a profundidade do ponto for maior, isso significa que ele não esta sendo iluminado pela fonte de luz e seu valor deve ser modificado. Na figura 21 mostramos uma imagem gerada utilizando essa técnica.

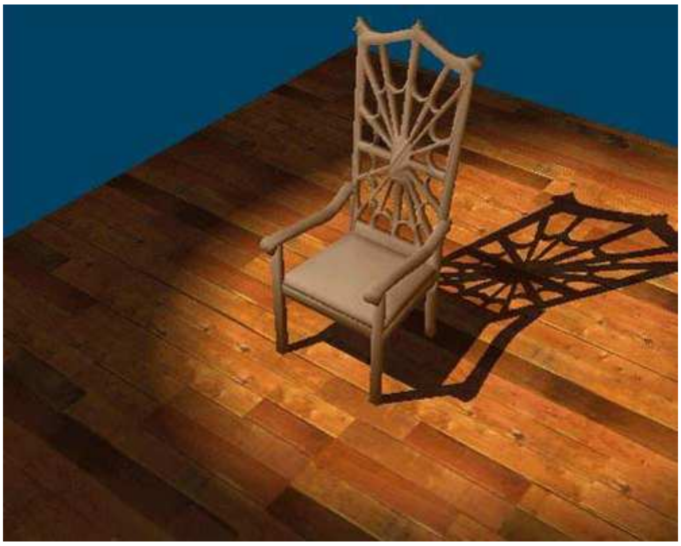


Fig. 21. Exemplo construído com mapa de sombra.

Como toda técnica, o mapa de sombra possui vantagens e desvantagens. Sua principal vantagem se deve ao fato de evitar testes entre os objetos e fonte de luz e utilizar implementações em *hardware* [Everi02], o que o torna computacionalmente atraente. Por ser uma técnica baseada em imagem, no entanto, ele funciona bem para fontes de luz do tipo *spot*, mas não para fontes de luz pontual. Outra desvantagem é que a qualidade da imagem produzida com a utilização do mapa de sombra varia de acordo com a posição do observador, sendo melhor nas situações em que o observador está localizado perto da fonte de luz.

XI. Conclusões

As texturas são muito utilizadas em vários áreas da computação e ainda não existe consenso sobre qual seria sua definição. Apesar disso, as texturas constituem uma área de pesquisa que vem se desenvolvendo muito nos dias atuais.

É impressionante a variedade de aplicações e técnicas, muitas das quais revisadas em nosso trabalho, que utilizam textura e o realismo que estas proporcionam as cenas.

Lembramos também que a evolução tecnológica permitiu um grande avanço dos *hardwares* gráficos que por sua vez impulsionaram a aplicação das texturas, tornando o custo computacional de sua aplicação cada vez menor.

Referências Bibliográficas

[Bajaj00] Chandrajit Bajaj, Insung Ihm, Sanghun Park, Compression-based 3D texture mapping for real-time rendering, Graphical Models, v.62 n.6, p.391-410, Nov. 2000

[Gelde96] A. Van Gelder and K. Kim. Direct volume rendering with shading via three-dimensional textures. In 1996 Volume Visualization Symposium, pages 23–30. IEEE, Oct. 1996. ISBN 0-89791-741-3.

[Newel82] Jim Blinn and Martin Newell. Texture and reflection in computer generated images. Communications of the ACM, 19:456-547, 1976. Reprinted in Tutorial: Computer Graphics, 2nd ed., Editors John Beatty and Kellogg Booth, IEEE Computer Society, 1982.

[Peerc97] M. Peercy. Explanation of sphere mapping. Personal Communication, 1997.

[Everi02] Everitt, C., Rege, A., AND Cebenoyan, C. Hardware shadow mapping. In ACM SIGGRAPH 2002.

[Haebe93] P. Haeberli, M. Segal: Texture Mapping as a Fundamental Drawing Primitive. Proceedings of the 4 th

Eurographics Workshop on Rendering, M. Cohen, C. Puech, F. Sillion (Eds.), 259-266, 1993