

Gabarito Lista Cap. 7.: (Realismo Visual e Iluminação)

Agradecimentos:

Expressamos nossos agradecimentos a Evelyn de Almeida Vieira e Rafael Heitor Correia de Melo, pela seção das respostas desta lista

Como a lista tem muitas questões o critério de correção usado é para cada 10 perguntas não respondidas ou inteiramente erradas o aluno tem um ponto a menos. Partes erradas ou não respondidas são consideradas de acordo com a porcentagem de erro. Repare que embora exista 39 questões, o número de itens perguntados é 100.

Responda nos pontilhados ou brancos abaixo:

1. Sem considerar as sombras, que os objetos foscos fazem nas superfícies, as cenas ficam muito irreais. Calcular sombras em síntese é **uma projeção**. As áreas de penumbras podem ocorrer quando **a iluminação não provém de uma única luz pontual** ou **quando o objeto não for totalmente fosco**.
2. Para simular o brilho nas superfícies é usado o modelo de luz **de reflexão especular de Phong** desenvolvido por Phong Bui-Tuong em 1975.
3. Uma técnica global de criação de cenas com realismo visual é **ray-tracing** outra é **a radiosidade**. Exemplos de técnicas de sombreamentos e realismo locais são **Phong, Gourand e Sombreamento Constante**.

Para as questões abaixo escolha apenas uma das alternativas, mas diga porque de você considerou cada uma certa ou errada.

4. Para desenhar um objeto com um nível maior de realismo é necessário calcular o seu nível de sombreamento (shading) , neste cálculo:
 - (a) como o efeito de bandas de Mach é desastroso nunca se deve usar métodos com incrementos de intensidade.
ERRADO: O efeito de bandas de Mach é desastroso somente quando se utiliza em superfícies representadas por polígono plano mas que não são na realidades planas no modelo real.
 - (b)O método de Phong é um ótimo método, que usa interpolação de intensidades para evitar o efeito de bandas de Mach.
ERRADO: O método de Phong utiliza a interpolação linear dos vetores normais para o cálculo do sombreamento com o posterior cálculo da iluminação.

(c) O método de Gouraud é adequado para superfícies poliédricas pois usa a normal dos vértices, para calcular suas intensidades e a partir destas interpola a intensidade dos pontos interiores das faces.

ERRADO: O método de Gouraud pode ser aplicado até para superfícies que seriam na realidade não poliédricas (planas) e interpola a intensidade (não a normal) dos pontos.

(d) Para objetos composto de faces planas o efeito de bandas de Mach auxilia na visualização das arestas entre faces.

CERTO.

(e) Efeito de bandas de Mach é a característica do olho humano que torna o lado escuro menos escuro e o claro mais claro, quando há variação de intensidade luminosa.

ERRADO: O efeitos de bandas de Mach faz com que o escuro pareça mais escuro e o claro pareça mais claro.

5. Eliminar linhas invisíveis para um observador de uma cena é chamado em Computação Gráfica de tratamento de Hidden lines. Sabendo que se um observador está em $(V_x, V_y, V_z) = (0, 0, 20)$:

(a) Poderemos dizer que um cubo localizado centrado na origem deste sistema de coordenadas terá faces visíveis desde que suas normais com o observador estejam no máximo fazendo um ângulo de 90 graus com a direção x do sistema de eixos.

ERRADO: Para este caso, um cubo localizado no centro do sistema de coordenadas terá como faces visíveis todas as que tiverem normais fazendo com eixo z (em que está o observador) um ângulo entre -90° e $+90^\circ$.

(b) Pelo método de Roberts de eliminação de linhas invisíveis, serão consideradas visíveis as arestas que limitarem faces visíveis.

CERTO.

(c) O método de Roberts pode ser usado com vários objetos em cena, mesmo que uns estejam parcialmente encobrendo os outros.

ERRADO: O método de Roberts não pode ser usado com vários objetos em cena. O tratamento de objetos que estejam parcialmente encobrendo outros objetos é feito após a rasterização num outro passo no processo de render.

(d) A técnica de z-Buffer ou ordenação por distância ao observador, considera que só os pontos mais longe do observador são visíveis, de modo que se um objeto encobre o outro, os que tiverem com pontos mais distantes serão

desenhados, assim partes invisíveis são facilmente eliminadas. O método do pintor é uma variação desta técnica.

ERRADO: A técnica de z-Buffer ou ordenação por distância ao observador, considera que só os pontos mais PERTO do observador são visíveis, de modo que se um objeto encobre o outro, os que tiverem com pontos mais PRÓXIMOS serão desenhados, assim partes invisíveis são facilmente eliminadas.

(e) Um técnica muito boa para família de curvas é o máscaramento ou masking. Nesta técnica só as partes dentro de um limite inferior ou superior são desenhadas, depois de transformadas em 2D por determinada projeção.

ERRADO: Nesta técnica, ao contrário do afirmado, só as partes acima do limite superior e abaixo do limite inferior são desenhadas.

6. Para considerar o tom de sombreamento de uma superfície, usamos modelos de iluminação que vão crescendo em complexidade de acordo com os elementos existentes na cena que se quer representar de maneira realística.

(a) o modelo de luz ambiente é insuficiente para o realismo, mas é o mais simples e considera que a intensidade de um ponto é função da intensidade da luz ambiente multiplicada pelo coeficiente de reflexão da superfície em que o ponto se encontra.

CERTO.

(b) o modelo de luz ambiente considera a lei de Lambert que diz que a direção de reflexão é igual a direção de iluminação.

ERRADO: O modelo de luz ambiente não considera a lei de Lambert, o modelo que considera a lei de Lambert é o modelo de luz difusa.

(c) o modelo de luz ambiente melhora muito se for utilizada a divisão por uma constante, pois a intensidade de luz em um ponto é inversamente proporcional à sua distância até a fonte de luz.

ERRADO: Não é o modelo de luz ambiente que melhora com esta divisão e sim o modelo de luz difusa, pois este modelo ainda tem diversas deficiências como não modelar bem diversos objetos em cena com mesma orientação mas com distâncias diversas do observador. Modelo da luz difusa considerando a

distância:
$$I = I_a r_a + I_d r_d \frac{\cos \theta}{d + k}$$

(d) o coeficiente de luz especular é função da cor da superfície iluminada e da cor da fonte de luz.

ERRADO: O modelo especular considera a reflexão especular como uma função do ângulo que a direção de reflexão faz com o observador. Ele é função da cor apenas da fonte de luz.

(e) a direção do observador é muito importante no modelo de luz especular, pois esse considera a transparência dos objetos somando a intensidade luminosa de um ponto com a intensidade luminosa dos objetos que estão atrás deste.

ERRADO: O modelo de luz especular não considera transparência dos objetos.

Responda as perguntas abaixo:

7. O que quer dizer o termo "render" de imagens digitalizadas?

Sintetizar uma imagem (uma cena ou um objeto) quer dizer criar esta imagem em termos da definição dos dados dos objetos que a compõem. Se a imagem é obtida por digitalização (quer seja 2D ou 3D) sua geometria já se encontra pronta. No caso de imagens normalmente 2D o realismo ou render reproduzirá as informações sobre os materiais de que são feitos os objetos (cores e texturas), as condições de luz e da posição do observador da cena geralmente são incluídas de maneira bem aproximada como *fakes*. No caso de digitalização de objetos tridimensional (por scanners tridimensionais) pode-se usar as formas normais de imagens sintéticas pois apenas a etapa de descrição da geometria (em alguns casos a de projeção também) é excluída. O "rendering", neste processo, ou seja em imagens, pode ser entendido como a fase de introdução de maior acabamento nas imagens.

8. Quais os grupos de processos que devem ser executados para a visualização de imagens sintéticas compostas por objetos formados por malhas poligonais?

Para a visualização de imagens sintéticas compostas por objetos formados por malhas poligonais (isto é faces planas e arestas retas) devemos seguir os seguintes passos: construir o modelo, dar aparência tridimensional, fazer o culling back-faces, clipping, rasterização, hidden e colorir cada pixel. Na rasterização os polígonos geralmente são representados na memória pela lista de seus vértices, que são pontos tridimensionais. São projetados na tela de dispositivos pela projeção de cada um desses vértices. Os lados que depois de rasterizados viram elementos 2D resultam da conexão dos vértices por linhas retas 2D. Os polígonos são rasterizados, então, primeiro rasterizando todos os seus lados e depois preenchendo o interior.

9. Descreva os diferentes processos envolvidos no realismo das cenas.

Fases do realismo são:

Construção do modelo, aparência tridimensional, eliminação de polígonos ou faces escondidas (culling back-faces), clipping, rasterização, tratamento de partes escondidas (hidden), colorir cada pixel.

- Construção do modelo: Conterá todas as informações necessárias para o processo de realismo visual. Consistem na utilização de alguma técnica de modelagem.
- Aparência tridimensional: Aplica transformações lineares ao modelo de modo que ele tenha aparência tridimensional nos diversos dispositivos de visualização. Consiste na utilização de projeção e perspectivas adequadas.
- Culling back-faces: Consiste na eliminação de polígonos ou faces escondidas devido à posição relativa entre os objetos da cena e o observador.
- Clipping: Desconsidera as partes das cenas que não serão mostradas.
- Rasterização: Converte a representação tridimensional para pixels. Os dados serão levados para um conjunto de coordenadas do dispositivo em que será mostrado. Essa conversão de coordenadas leva os dados do modelo para o mundo digital.
- Hidden: Trata da eliminação de partes de um objeto que devem ser removidas. Só que agora essas partes são devidas à interferência dos diversos objetos presentes na cena, onde devido à sua posição relativa, pode ocorrer que uns fiquem na frente de partes de outros.
- Colorir cada pixel: Usa para isto um modelo de iluminação e um esquema de sombreado (shading). Devem-se levar em conta as luzes presentes na cena, suas intensidades e direções. Também podem ser consideradas todas as características das superfícies: transparência, brilho, reflexão e textura. Ainda devem ser consideradas as sombras que os diversos objetos fazem entre si e nas superfícies em que os objetos se posicionam. Ou seja o nível de realismo na definição da cor de um pixel é muito variável e pode ser bastante complexo.

10. Defina o processo de rasterização. Quais são os possíveis problemas da rasterização de objetos formados por malhas de polígonos?

A rasterização se preocupa em converter a representação tridimensional do modelo para um 2D inteira (os pixels). Os dados serão levados para um conjunto de coordenadas do dispositivo em que será mostrado. Essa conversão de coordenadas leva os dados do modelo para o mundo digital.

A rasterização é um processo de conversão da representação vetorial para a matricial inteira. Ela permite realizar a conversão de um desenho tridimensional, em uma representação inteira, possível de ser armazenada na memória de um dispositivo raster.

Na rasterização, dependendo da inclinação das retas traçada, podemos ter uma linha com aparência serrilhada. Este problema é denominado *aliasing* (leia eilesin) e se deve as quebras impostas pela malha de pontos inteiros. Essas quebras tendem a ser muito mais aparentes à medida que os pontos apresentados na tela forem de tamanho maior ou o dispositivo possuir melhor resolução. Esses serrilhados podem ser melhorados através da aplicação de algoritmos de *anti-aliasing*.

11. O Processo de remoção de partes invisíveis pode ser subdividido em dois sub-processos. Caracterize esses sub-processos e conceitue suas subdivisões. Esses sub-processos ocorrem em que fases da renderização?

A remoção de partes invisíveis pode ser subdividida em dois subprocessos: Culling e Hidden.

Culling: Considera a eliminação de polígonos ou faces escondidas inteiras devido à posição relativa entre os objetos da cena e o observador. Esta fase é a terceira fase da renderização e ocorre antes da rasterização. Utiliza as coordenadas tridimensionais do objeto.

Hidden: Trata da eliminação de partes de um objetos. Só que agora essas partes são devidas a interferência dos diversos objetos presentes na cena, onde, devido a sua posição relativa, pode ocorrer que uns fiquem na frente de parte de outros. Esta fase é a sexta fase da renderização e ocorre depois da rasterização. Utiliza as coordenadas do dispositivo. Atualmente, dos diversos métodos já desenvolvidos desde o início da computação gráfica, são usados basicamente apenas 2: o algoritmo do Z-Buffer para áreas e a técnicas de mascaramento (masking ou método min/max) para eliminação de linhas.

As subdivisões podem ser quanto a serem linhas ou áreas (ou faces), e a serem faces inteiras ou suas partes (considerando mais de um objeto). Na primeira usa-se basicamente os mesmos algoritmos na fase de culling ou hidden, usando a idéia de que um linha ou aresta será visível se for parte de um face visível.

Na segunda subdivisão, como já mencionado temos que:

Culling: considera diversas maneiras de resolver o problema de faces ocultas, entre elas, algoritmo do pintor; algoritmo da eliminação de faces ocultas pelo cálculo da normal (ou de Roberts). Na realidade estes são os métodos usados atualmente, embora no decorrer da evolução da área diversos outros tivessem sido desenvolvidos.

Hidden: temos como já dito, que são ainda usados atualmente, o máscaramento ou masking e o algoritmo do Z-Buffer

12. Quais as formas de sombreamento (shading)? Descreva-as resumidamente com suas palavras. Qual o efeito visual que intensifica a noção dos limites dos polígonos ao se usar a técnica de shading constante ou flat shading? Mostre você mesmo em um exemplo essa intensificação e a explique.

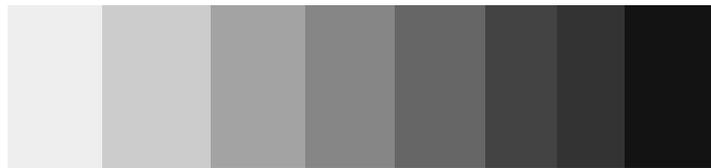
As formas de sombreamento (shading) são: sombreamento constante, interpolação da intensidade (Sombreamento de Gourand) e interpolação da normal (Sombreamento de Phong).

O **sombreamento constante** é adequado para superfícies poliédricas pois usa a valores constantes de intensidades em todos interiores das faces. Em termos de custo computacional é o menos custoso das 3 formas.

O **sombreamento de Gouraud** pode ser aplicado até para superfícies que seriam na realidade não poliédricas (planas) pois interpola a intensidade dos vértices nos pontos interiores. Não produz no entanto bons resultados em superfícies especulares.

O **sombreamento de Phong** utiliza a interpolação linear dos vetores normais para o cálculo do sombreamento com o posterior cálculo da iluminação. Com isto produz bons resultados também para superfícies não planas e objetos constituídos por materiais com brilho (iluminação especular). Em termos de custo computacional é o mais custoso das 3 formas.

O efeito visual que intensifica a noção de limites dos polígonos ao se usar a técnica de shading constante ou flat shading é o efeito **Bandas de Match**, que causa um aparente aumento da descontinuidade nas transições de intensidade de luz. Este efeito é exemplificado nas faixas abaixo.



Efeito bandas de match

Cada um dos 8 trechos tem exatamente o mesmo tom, embora próximo a mudança de intensidade o lado mais claro pareça mais claro e o lado mais escuro pareça mais escuro do que no restante do trecho com o mesmo tom.

13. O que é uma scan-line?

Scan-lines são as linhas horizontais do vídeo. Elas podem ser utilizadas na rasterização de polígonos e no seu preenchimento.

14. Como os objetos descritos por lista de polígonos são rasterizados? Esse método se aplica a polígonos não-convexos e com furos?

Os polígonos são normalmente representados na memória pela lista de seus vértices, que são pontos tridimensionais.

Os polígonos são rasterizados, então, primeiro rasterizando todos os seus lados. Isto é feito, calculando a interseção de cada uma das linhas horizontais do vídeo, chamadas scan-lines, com as linhas virtuais dos lados.

Esse método não se aplica a polígonos não-convexos, se aplica somente a polígonos convexos. Também não se aplica a polígonos com furos, até porque se um polígono tem furos este polígono é não-convexo. Uma solução para isto seria dividir o polígono não-convexo em dois ou mais polígonos convexos de forma que assim este método possa ser aplicado.

Responda e complete os espaços em branco:

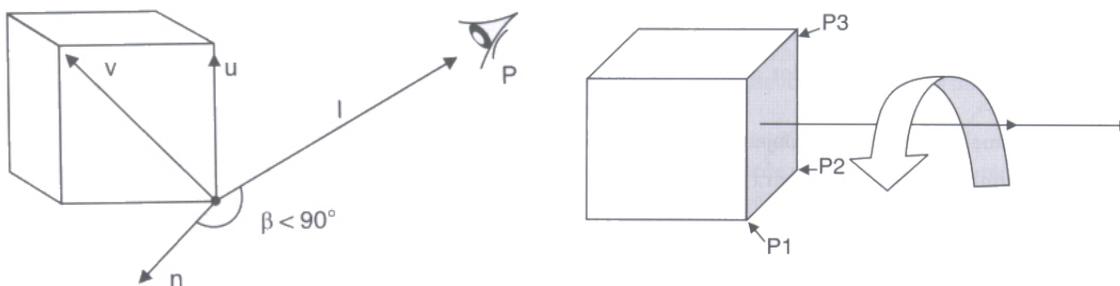
15.

16. Como o processo de culling é também denominado? Nele é utilizado que espaço de coordenadas para a descrição do objeto? E do observador? Em que se baseia este cálculo? Considerando X_o, Y_o e Z_o as coordenadas do Observador e (Z_i, Y_i, Z_i) , (Z_j, Y_j, Z_j) , e (Z_k, Y_k, Z_k) as coordenadas de 3 vértices I, J e K de uma face do objeto, indique com expressões como o cálculo de visibilidade da face é feito.

É também denominado de eliminação de polígonos ou faces escondidas.

Para a descrição do objeto e do observador se utiliza as coordenadas do sistema de referência do universo. É o sistema de referência utilizado para descrever os objetos em termos das coordenadas utilizadas pelo usuário em determinada aplicação. Sendo assim, cada tipo de aplicação especifica o seu universo de trabalho próprio.

O cálculo baseia-se na normal e no ângulo que a normal faz com o observador.



(a)

(b)

(a) Vetores de orientação (\mathbf{u}, \mathbf{v}) , vetor normal \mathbf{n} e de visibilidade \mathbf{i} ;

(b) Determinação da ordem de definição no sentido anti-horário dos pontos P1, P2 e P3 para a definição da normal à superfície.

Os vértices P3, P2 e P1 no exercício são os vértices I, J, K do objeto.

$$\begin{aligned} & (n_x, n_y, n_z) \text{ normal da face} \\ n_x &= (y_i - y_j)(z_k - z_j) - (y_k - y_j)(z_i - z_j) \\ n_y &= (z_i - z_j)(x_k - x_j) - (z_k - z_j)(x_i - x_j) \\ n_z &= (x_i - x_j)(y_k - y_j) - (x_k - x_j)(y_i - y_j) \\ \mathbf{n} \cdot \mathbf{l} &= n_x(x_o - x_j) + n_y(y_o - y_j) + n_z(z_o - z_j) \end{aligned}$$

Se $\mathbf{n} \cdot \mathbf{l} = 0$ então o observador está perpendicular a face. Se $\mathbf{n} \cdot \mathbf{l} < 0$ (ou igual a zero) a face é invisível ao observador. Se $\mathbf{n} \cdot \mathbf{l} > 0$ a face é visível ao observador.

17. O que é, e para que serve o algoritmo de Z-buffer? Quais suas vantagens e desvantagens? Em que espaço ele trabalha? Qual a idéia básica do algoritmo?

O algoritmo de Z-Buffer é um algoritmo de hidden, ou seja, é um algoritmo que serve para remover partes ocultas ao observador.

É um dos algoritmos de visibilidade de superfícies mais simples de implementar, tanto em software como em hardware, apresenta alto custo de memória e processamento. Requer alocação de dois buffers, ou matrizes em memória, com dimensões idênticas à tela de apresentação normalmente denominados buffers de imagem e de profundidade.

Vantagem: Sempre funciona e é fácil de implementar.

Desvantagem: Alteração freqüente no valor dos pixels e, como consequência, a obrigatoriedade no cálculo da cor. Problemas de *aliasing* são de difícil solução.

Ele trabalha no **sistema do dispositivo**, ou **raster**, isto é os objetos já foram projetados para 2D e transformados em inteiros.

Idéia básica:

- Criar e inicializar com a cor de fundo um array tridimensional, que conterà a informação de cada pixel da tela;
- Inicializar o array com o valor da profundidade máxima;
- Achar a coordenada Z para cada ponto do polígono;
- Testar a profundidade Z de um ponto de cada superfície para determinar a mais próxima do observador;
- Atualizar o valor nos arrays se Z estiver mais próximo do observador.

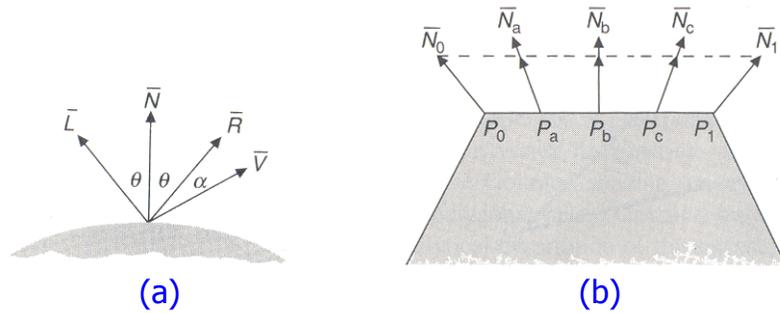
18. Qual a diferença entre modelos de iluminação e algoritmos de sombreamento? Faça um esquema que mostre a diferença entre estes aspectos.

O modelo de iluminação compreende a luz ambiente, a luz difusa e a luz especular. Considera também os efeitos da luz sobre as superfícies e seus materiais, considerando os fenômenos da reflexão, refração e transparência.

Existem vários modelos de iluminação diferentes que expressam e controlam os fatores que determinam a cor de uma superfície em função de um determinado conjunto de luzes. Alguns modelos de iluminação controlam o efeito da luz para cada pixel na imagem.

No sombreamento, temos o modelo de sombreamento constante, o modelo de sombreamento de Gourand e o modelo de Phong. O sombreamento trabalha no sentido de preencher o tom dos pixels.

Modelo de sombreamento não é o mesmo que modelo de iluminação. O processo de se aplicar um modelo de iluminação para vários pontos de uma superfície é chamado sombreamento. Já o modelo de iluminação trata de como a iluminação que chega a um objeto não emissor de luz é considerada.



(a) Esquema do modelo de iluminação de Phong; (b) Esquema do modelo de sombreamento (shading) de Phong

19. Que efeitos não são levados em conta nos modelos de iluminação locais? Que efeitos o modelo simula?

O modelo de iluminação local considera somente o objeto, portanto ele não leva em conta a iluminação de outros objetos que sejam emissores de luz como também não considera sombras provocadas por outros objetos.

O modelo simula os efeitos de transparência, espelhamento, luz ambiente, luz difusa e luz especular. Como modelos locais de iluminação podemos citar o modelo de Blinn e o modelo de Phong.

20. O modelo de iluminação de Bui Tuong Phong (1942-1975) utiliza 3 componentes. Descreva como são calculadas cada parcela destes componentes.

As 3 componentes utilizadas no modelo de iluminação de Bui Tuong Phong são:

- reflexão ambiente;
- reflexão difusa; e
- reflexão especular.

Reflexão ambiente: Esse fator é fruto do cálculo das reflexões múltiplas da luz nas muitas superfícies presentes no ambiente. Essas múltiplas reflexões combinadas dão origem ao fenômeno definido como luz ambiente.

Ao assumir-se que a luz ambiente afeta igualmente todas as superfícies de uma cena em todas as direções, pode-se representá-la como:

$$I = I_a r_a$$

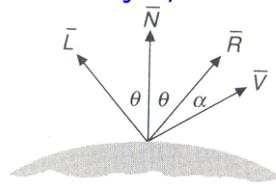
onde I é a intensidade da componente de luz do ambiente na superfície em estudo, I_a é a intensidade da luz ambiente, assumida como constante para todos os objetos. A quantidade da luz de luz ambiente refletida pela superfície de um objeto é determinada pelo r_a , que é o coeficiente de reflexão ambiente.

Reflexão difusa: A variação da intensidade da luz refletida é proporcional ao cosseno do ângulo de incidência da luz na superfície. Assim, pode-se obter a intensidade de reflexão difusa como:

$$I = I_d r_d \cos\theta$$

onde I é a intensidade da componente difusa da superfície em estudo, I_d representa a intensidade da fonte de luz direcional presente, r_d representa a reflectividade de luz difusa da superfície e θ é o ângulo que a direção do feixe de luz faz com a superfície.

Reflexão especular: Componente responsável pelo brilho da luz no objeto. Determinados pontos da superfície atuam como espelho, refletindo a luz incidente sem atenuações. O modelo de Bui Tuong Phong considera a reflexão especular como uma função do ângulo que a direção de reflexão faz com o observador. Temos uma constante r_s de luz especular e mais um ângulo envolvido α . Esse ângulo representa a direção de observação, como mostrado na figura a seguir:

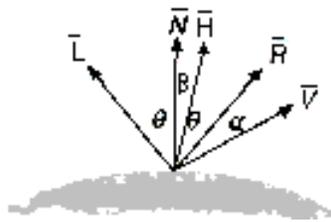


Modelo de Bui Tuong Phong

A potência "n" usada no modelo geralmente é uma variável dependente da superfície ser mais ou menos brilhante, variando de 1 a 200 de acordo com esse brilho. A seguir temos este modelo:

$$I = I_a r_a + f_{at} I_d (r_d \cos \theta + r_s \cos^n \alpha)$$

21. Explique, através de desenhos esquemáticos, porque a componente de reflexão especular, R , ao ser substituída por um vetor médio, H , torna o cálculo mais simples. Faça o mesmo com as hipóteses do observador e fonte de luz estarem no infinito, isso é explique porque elas tornam o cálculo mais simples.



Esquema de Phong para reflexão especular

O novo termo de reflexão especular pode ser expressado por $(\bar{N} \cdot \bar{H})^n$, onde $\bar{H} = \frac{(\bar{L} + \bar{V})}{\|\bar{L} + \bar{V}\|}$. Quando a fonte de luz e observador estão no infinito então o uso de

$\bar{N} \cdot \bar{H}$ traz um ganho computacional, pois \bar{H} é constante. Note que β (o ângulo entre \bar{N} e \bar{H}) não é igual a α (o ângulo entre \bar{R} e \bar{V}), então um expoente especular n produz resultados diferentes para as duas formas.

22. Como o modelo de Bui Tuong Phong pode ser usado em objetos coloridos. Porque a componente especular tem um comportamento diferenciado das demais?

Em um determinado espaço de cor usam-se três canais, a intensidade I da fórmula a seguir seria decomposta em três valores (por exemplo: Hue, Saturation e Brightness ou Value ou Light, para HSB, HSV e HSL ou and, Red, Green e Blue no caso de RGB, como também da mesma forma para outros espaços de cor).

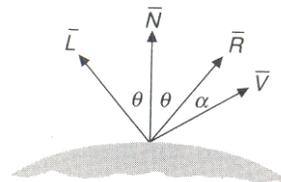
$$I_r = I_{a,r}r_{a,r} + f_{a,t}I_{d,r}(r_{d,r}\cos\theta) + f_{a,t}I_{s,r}\cos^n\alpha$$

onde I deve ser cada um dos canais separadamente, por exemplo $I = R, G, B$ ou $I = H, S, V$ entre outros.

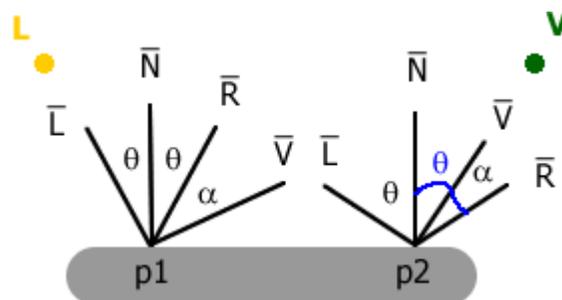
A componente especular tem um comportamento diferenciado das demais porque ela é função apenas da cor da fonte de luz, não sendo função da cor do objeto como as demais componentes (luz ambiente e direcional).

23. Se a luz pontual não estiver no infinito como o modelo de Bui Tuong Phong pode ser reescrito? (Explique através de desenhos esquemáticos)

Para o caso da luz não estar no infinito o modelo de Bui Tuong Phong é reescrito sendo calculado para cada ponto por que os ângulos para cada um dos pontos serão diferentes.



Modelo de Bui Tuong Phong para luz no infinito (calculado para um ponto)



Modelo de Bui Tuong Phong quando a luz não está no infinito (calculado para dois pontos)

24. Como se explica a idéia básica do sombreado de Gouraud para superfícies poligonais. Como se calcula as normais nos vértices? (Explique usando desenhos esquemáticos)

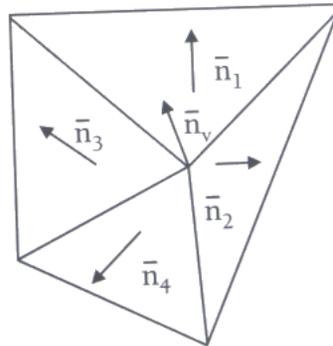
O método de Gouraud aplica a iluminação em um subconjunto de pontos da superfície e interpola a intensidade dos pontos restantes na superfície.

Usualmente, os vértices de cada uma das faces poligonais da superfície plana que representa o objeto são utilizados para o cálculo da luz refletida aplicando-se, então, interpoladores lineares para o cálculo da luz nos demais pontos da superfície. No caso de uma malha triangular, normalmente o modelo de iluminação é aplicado em cada vértice do triângulo e os tons no interior do triângulo são linearmente interpolados destes valores de vértice.

Frequentemente, as normais de vértice não estão disponíveis, nesse caso, devemos aproximar a normal dos vértices calculando a média das normais das faces adjacentes. Cada normal é um vetor n_i , representável pelas suas coordenadas como (n_x, n_y, n_z) , essas normais podem ser normalizadas, isto é, modificadas, para cada uma delas ter comprimento unitário, se forem divididas pelos seus comprimentos. Neste caso a normal do vértice pode ser considerada a média das normais.

$$n_v = \sum_{i=1}^k \frac{\bar{n}_i}{k}$$

onde k é o número total de faces que formam o vértice, n_v será o valor da normal, e n_i cada uma das normais das faces, que chegam ao vértice i , devendo ser usadas normalizadas. A figura a seguir ilustra o cálculo.

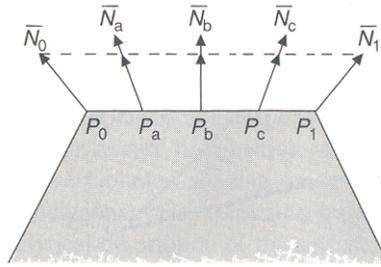


Cálculo da componente de luz refletida em diversos pontos de um poliedro.

$$n_v = 1/4(n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad [2]$$

25. Porque ao se interpolar a normal e não a intensidade de luz o sombreado de Bui Tuong Phong produz melhores resultados? (Explique por desenhos esquemáticos)

Os resultados obtidos ao se interpolar a normal (Método de Phong) ao invés das intensidades de luz (Método de Gourand) tem como maior vantagem a real redução do efeito de bandas de Mach. Estes resultados são geralmente bem melhores que os de Gourand devido a sua capacidade de apresentar com realismo pontos de grande variação de intensidade luminosa, como os que ocorrem com o uso de luzes pontuais intensas (Spotlights) na cena ou nos casos de reflexão especular (Highlights), mesmo quando afastados dos pontos de amostra sendo usados na interpolação.



Interpolação do ângulos de incidência dos pontos do interior através da consideração das normais das extremidades em P_0 e P_1 em uma superfície plana [2].

26. Descreva a idéia básica dos algoritmos de ray-tracing e radiosidade.

Ray-tracing: Um algoritmo de determinação da visibilidade dos elementos da cena. O algoritmo calcula a interseção de uma semi-reta com todos os objetos da cena. Damos a esta semi-reta o nome de raio. Só será necessário o cálculo dos raios que atingem o observador. Para isso temos que calcular os pontos de interseção do raio com os objetos da cena. Nesta técnica, supõem-se que um raio originário de nossos olhos chegue até o objeto que se quer renderizar. É principalmente conhecido pelas possibilidades de inclusão de sombras, reflexão, refração, texturas e o sombreamento das superfícies visíveis em cenas.

Algoritmo:

- Os raios são disparados de forma sistemática, de modo que cada um deles corresponda a um pixel na tela.
- Após o disparo, o raio percorre o espaço, podendo atingir um objeto ou sair da cena.
- Se atingir algum objeto, o ponto de interseção é calculado. As contribuições das fontes de luz para cada ponto, levando em conta a sombra de outros objetos, também são calculadas.
- Se o objeto for opaco, a soma dessas contribuições devidas aos reflexos e refrações, serão também computadas. O pixel correspondente pode, então ser exibido.
- Se não houver interseção, o pixel terá a cor de fundo.

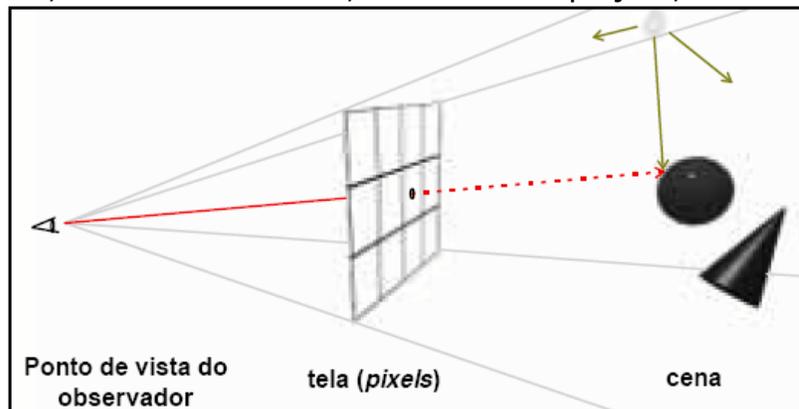
Radiosidade: As imagens que resultam dessa renderização são caracterizadas por sombras suaves e graduais. A radiosidade considera a reflexão de luz se transmitindo de um objeto para outro até o olho do observador. O método tem por objetivo o cálculo da iluminação e do sombreamento em cenas que predominam superfícies refletoras difusas, é derivado do cálculo das trocas de radiação térmica entre superfícies empregadas em transmissão de calor adaptado à computação gráfica. É definida como sendo a energia por unidade de tempo e a área em cada ponto dos objetos da cena, onde a energia luminosa incidente em uma superfície refletida com igual intensidade em todas as direções.

A quantidade de energia refletida pode ser caracterizada pelo produto entre a quantidade de energia incidente na superfície e a constante de reflexão da superfície. Assim tem-se:

$$B_j = \rho_j H_j + E_j$$

onde B_j é a radiosidade da superfície j , ρ_j sua reflectividade, H_j a energia incidente na superfície e E_j a energia emitida pela superfície j .

27. Quais as principais falhas do ray tracing tradicional (também chamado de Whitted)? Porque substituir todos os raios emitidos de uma fonte de luz por um conjunto de amostras é chamado de Monte Carlo ray tracing? obs.: Métodos de Monte Carlo, são um nome genérico de processos que utilizam o acaso para a solução numérica de problemas determinísticos (isso é que não são aleatórios) como integrais, máximos e mínimos, sistemas de equações, etc.



Técnica de ray tracing tradicional.

A técnica ray tracing tradicional é inadequada para o tratamento de fenômenos que enriquecem o realismo das imagens geradas, como profundidade de campo e, principalmente, na solução do efeito provocado pela discretização da imagem no espaço da tela, conhecido como *aliasing*.

Os métodos de Monte Carlo são chamados assim porque eles adicionam uma certa randomicidade para resolver problemas determinísticos com o objetivo de facilitar o método e ter um efeito desejado. Por isso, substituir todos os raios de uma fonte de luz por um conjunto de amostras é considerado com um método de Monte Carlo, como esta randomicidade está sendo inserida sobre o método de ray tracing tradicional o método é então chamado de Monte Carlo ray tracing.

28. Cáustica (do latim causticus = corrosivo) corresponde a superfície onde os raios de luz se acumulam, após passarem por algum sistema ótico (observe um copo de cristal sobre o qual incide a luz do sol, ou um saco de plástico transparente iluminada pela luz forte de uma lâmpada, ou ainda os desenho nas bordas de uma piscina ao sol). Explique porque o ray-tracing em 2 passos consegue considerar o efeito de Caustic?

O ray tracing de duas passadas, onde a informação da primeira passada se comunica com a segunda simula este fenômeno da seguinte forma:

Na primeira passada, os raios de luz atingem os objetos da cena depositando uma quantidade de energia em seus light maps (texture maps) que estão associados somente aos objetos pelos índices de refração/reflexão alterando suas propriedades.

Na segunda passada, os raios que atingem os objetos utilizarão o valor depositado pra gerar a iluminação indireta.

29. Isotrópico é um adjetivo que caracteriza materiais que tem mesma propriedade física (no nosso caso transmissividade e outras propriedades óticas) em todas as direções dos seus eixos. Anisotrópicos são os que tem propriedades físicas diferentes ao longo dos diferentes eixos ou direções, sendo o oposto de isotrópicos. Que aspectos tornam a Radiosidade diferente das outras técnicas baseadas em iluminação global?

Métodos convencionais de iluminação baseiam-se na reflexão do raio de luz nos objetos até o olho do observador. A radiosidade considera a reflexão de luz se transmitindo de um objeto para o outro até o olho do observador. A proposta básica da radiosidade não considera reflexões especulares, mais existem muitos trabalhos para possibilitar a combinação entre radiosidade e reflexão especular.

30. O que é o "environment map" (ou mapa de reflexão)? Explique porque é mais eficiente na animação de objetos com brilho do que as técnicas de iluminação global. Quais as vantagens e desvantagens do "environment map" em relação ao ray tracing?

"Environment map" é o tipo de mapeamento que reflete na superfície dos objetos, os elementos que compõe a cena. São usados para fazer o render de objetos reflexivos. A técnica pode ser alcançada de duas formas. A primeira forma pega um cubo como exemplo, requer seis imagens de textura, uma para cada direção contendo as informações dos objetos que compõe o ambiente.

Como exemplo das técnicas de iluminação global temos a Radiosidade e o Ray tracing. Podemos chamar de iluminação global as técnicas que consideram todos os feixes de luz emitidos mesmo por fontes indiretas, discretizam a cena e fazem uma grande quantidade de cálculo. Enquanto que o "environment map" é uma textura, não requer essa quantidade de cálculos, é capaz de simular efeitos de ray tracing a baixo custo, mas é menos realista que as técnicas de iluminação global.

31. Porque no "bump map" os contornos são pontos críticos? Em que espaço ele trabalha? Qual a idéia básica do algoritmo? Descreva matematicamente esta idéia.

Como o "bump map" perturba a normal e não altera a geometria do objeto, se o contorno possuir a textura, não acontecerá nada, não teríamos a ilusão de que algumas partes do contorno estariam elevadas ou rebaixadas. O "bump map" trabalha no espaço do objeto.

No "bump map" as propriedades de refração da luz são usadas para indicar quais partes são mais escuras ou mais claras em um objeto. A idéia básica do "bump map" é perturbar o vetor normal em vários pontos da superfície, criando assim uma ilusão de que algumas partes da superfície estariam elevadas ou rebaixadas, sem que para isso seja alterada a geometria. Com a finalidade de uma perturbação adequada da normal para produzir determinado efeito usamos um mapa de altura, fazendo com que zonas de maior intensidade de cor (branco) pareçam e alto relevo e as de menor intensidade (preto) pareçam em baixo relevo, ou vice-versa.

Matematicamente:

$$n' = n + \frac{F_u(n \times P_v) - F_v(n \times P_u)}{\|n\|}$$

onde n é a normal da superfície, P_u e P_v são as derivadas parciais da superfície nas direções u e v respectivamente. F_u e F_v são os gradients do bump map.

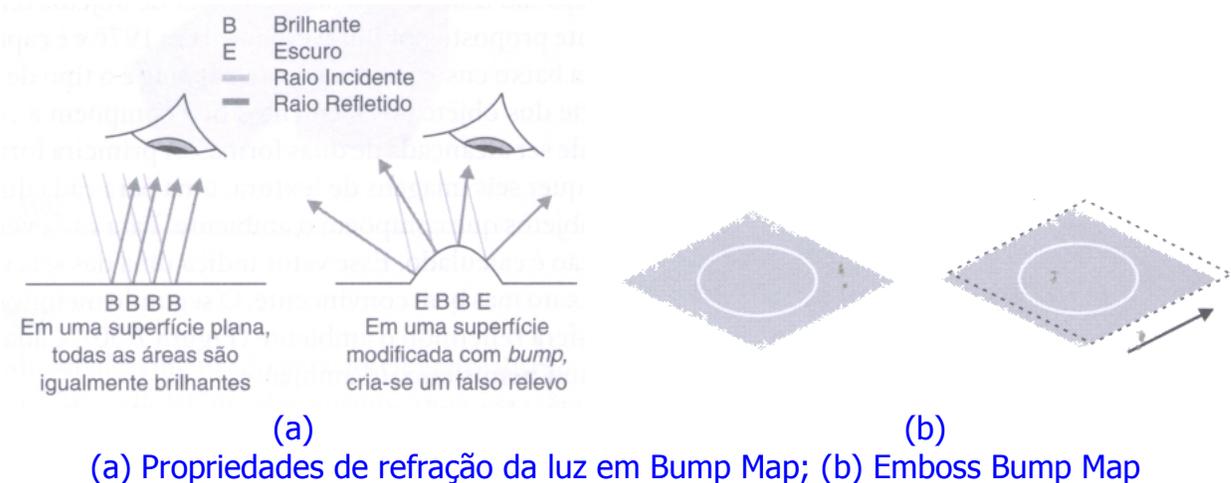
32. Quais as diferenças conceituais entre o "bump map" e o "emboss bump map" ou como é também chamado "displacement map"? (Explique através de desenhos esquemáticos)

No "bump map" as propriedades de refração da luz são usadas para indicar quais partes são mais escuras ou mais claras em um objeto. Para isso a técnica irá perturbar o vetor normal em vários pontos da superfície, criando assim uma ilusão de que algumas partes da superfície estariam elevadas ou rebaixadas, sem que para isso seja alterada a geometria.

O "emboss bump map" é o tipo mais simples e comum de "bump map". Essa técnica usa os mapas de textura para gerar efeitos de "bump map" sem precisar de um render específico. Os passos do algoritmo para isto é mostrado a seguir:

- Renderiza-se a imagem com uma textura.
- Desloca-se as coordenadas de textura.
- Re-renderiza-se a imagem com textura, sobrepondo-se a primeira imagem.

Ou seja, enquanto o "bump map" altera as propriedades de refração da luz (perturbando o vetor normal), o "emboss bump map" desloca as coordenadas de textura para obter um efeito semelhante. Isto pode ser visto nas figuras que se seguem:



33. Resumidamente descreva os diferentes processos de mapeamentos usados para levar as texturas 2D nas superfícies dos objetos 3D. Para exemplificar descreva-os através de um exemplo com uma forma simples.

Somente a aplicação de funções ou de mapas de rugosidade, contudo, não consegue reproduzir todas as características e efeitos encontrados nas superfícies reais. Nestas situações recorre-se à aplicação de texturas bidimensionais, que na maior parte das vezes são, na verdade, fotos de objetos ou imagens de detalhes de objetos. Consegue-se assim, criar a ilusão de grande realidade em cenas que contém, em essência, poucos objetos. Além disso, a aplicação de texturas bidimensionais é significativamente mais rápida em termos computacionais do que a perturbação da normal ou texturas tridimensionais, viabilizando seu emprego na restituição poligonal.

O principal problema na aplicação de texturas consiste em como associar um ponto da superfície de um objeto tridimensional com um mapa bidimensional de modo unívoco (Figura 1). Colocando de outra forma, para cada ponto da superfície do objeto deve-se ter um único ponto do mapa de texturas. Este problema é semelhante a tentar embrulhar um objeto esférico com uma folha de jornal. O papel não consegue entrar em contacto com todos os pontos da superfície da esfera sem dobrar. Matematicamente o problema é resolvido através de projeções, mas estas sempre introduzem distorções na imagem projetada. Por outro lado, existem inúmeras formas de se projetar um plano numa superfície curva. Nas aplicações da Computação Gráfica, 3 destas projeções se destacam: a projeção plana, a projeção esférica e a projeção cilíndrica. Na projeção esférica a textura é inicialmente aplicada a uma esfera por meio de equações de projeção cartográfica. Em seguida o objeto é colocado na região central do interior da esfera, e para cada ponto da sua superfície, traça-se uma reta que passa pelo centro da esfera e por este ponto, até encontrar a textura aplicada na esfera. A cor associada ao ponto da superfície do objeto será dada pela cor da textura onde a reta encontrou a esfera. A projeção cilíndrica segue o mesmo princípio, exceto que a textura é aplicada na superfície de um cilindro e não numa esfera. A projeção plana projeta a imagem no objeto como se fosse um projetor de slides. A Figura 2 mostra o

efeito destas 3 projeções numa esfera. A imagem superior mostra a frente da esfera, enquanto que a imagem inferior mostra o outro lado. Na projeção plana, o lado posterior é igual ao anterior, porém a imagem é reversa. Nas demais projeções a imagem envolve a esfera, porém nota-se o efeito de distorção. [10]

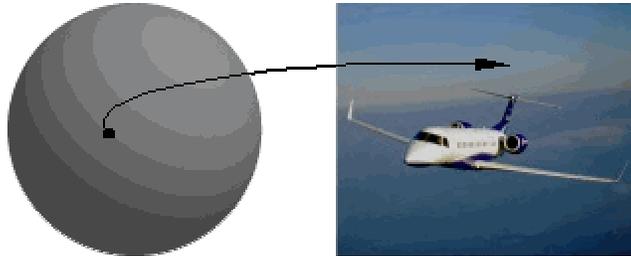


Figura 1. Um ponto da superfície do objeto 3D deve estar associado a um ponto da textura.



Figura 2. Mapeamento de texturas.

34. Quais as vantagens do uso de superfícies paramétricas (para representação da geometria dos objetos) nos mapeamentos? Descreva-as com suas palavras.

A vantagem de usar superfícies paramétricas é que é mais fácil localizar os pontos de textura e mapeá-las para a superfície, se adaptando assim as transformações dela.

35. Qual tipo de mapeamento você usaria se você precisasse do máximo de descrição realista da textura de um objeto esculpido em madeira? Em que se baseia esta textura? Considere suas vantagens e desvantagens.

O tipo de mapeamento mais adequado é o mapeamento procedural e mapeamento 3D. Para fazer um objeto esculpido em madeira começa-se com uma textura tridimensional de elipses concêntricas. Usando ruído para variar a forma dos anéis e a distância entre as elipses, podemos então criar madeira razoavelmente realista. Ela se baseia na descrição dos veios da madeira que são as coisas mais aparentes nesta textura.

Uma desvantagem é que o mapeamento procedural pode ser específico a um tipo de madeira e não genérico, e pode ter um alto custo de processamento,

poderá ficar não realista se alguma aleatoriedade ou ruído não for incluído na geração da textura. Vantagem é que não se tem diversos problemas de mapeamento que podem ocorrer com geometrias muito complexas, pode-se também ter um banco de algoritmos com as texturas mais importantes.

36. Qual a diferença básica entre "environment map" e o "mapeamento de textura"?

"Environment map" é o tipo de mapeamento que reflete na superfície dos objetos, os elementos que compõem a cena, como um espelho. O mapeamento de textura aplica uma imagem, ou seja, uma textura sobre um objeto na cena, representa apenas esta superfície.

37. Procure mais detalhes explicativos do porque do nome MIP map para o "mip map". Diga porque ele é uma ideia adequada para evitar anti-aliasing? Como são obtidas as texturas de resolução mais baixas a partir das de resolução mais altas? Exemplifique como é possível definir o nível de busca no Mip Map

O termo MIP significa "muitas em poucas" e quer dizer que são armazenadas muitas texturas em uma só textura no "mip map".

Para solucionar o problema de aliasing o "mip mapping" utiliza mais de uma imagem como textura, onde cada imagem possui um nível de resolução decrescente conforme o observador se afaste. Isso significa melhor qualidade no render com economia de memória e processamento. Evita o anti-aliasing pois praticamente não haverá problema de aliasing se o nível de textura for escolhido adequadamente.

Supondo uma textura de tamanho 128x128, se reduzida por um fator 2 tem-se uma textura igual, menos detalhada com tamanho 64x64. Segue-se essa ideia até o tamanho 2x2 onde a textura terá somente uma cor. Assim as texturas de resolução mais baixas são obtidas a partir das de resolução mais altas

Exemplo: Enquanto a cena se move crescente através de uma galeria virtual, os quadros ou obras de arte próximos ao observador teriam uma resolução alta que permitiria a visualização dos detalhes da obra, enquanto isso, as obras distantes receberiam uma imagem de baixa resolução.

O nível de busca depende do nível de detalhe que se deseja ver na imagem. Se por exemplo quero ver 4 quadros branco e pretos de um xadrez em uma certa resolução, escolho um nível de textura que me mostre estes 4 quadros de forma adequada.

38. Procure mais detalhes explicativos do que são as técnicas de "light map", "fractal texture" (ou mapas procedurais) e "noise based texture map".

Light map:

Um light map é um mapa de textura aplicada a um material para simular o efeito da fonte de luz local. Um exemplo do uso de light maps é o jogo Quake™. Esse jogo usa light maps para simular os efeitos das fontes de luz locais, tanto estacionária quanto em movimento, e obtém grandes efeitos.

Para usar light maps geralmente é requerido um algoritmo multipass, a não ser que os objetos que estiverem sendo mapeados não tenham textura. Uma textura simulando os efeitos de luz no objeto é criada, e então aplicada a um ou mais objetos na cena. Coordenadas de textura apropriadas são geradas, e transformações de textura podem ser usadas para posicionar a luz, e criar efeitos de movimento e mudança da luz. Fontes de luz múltiplas podem ser geradas com a combinação de mapas de textura mais complexos e/ou mais passadas do algoritmo. [7]

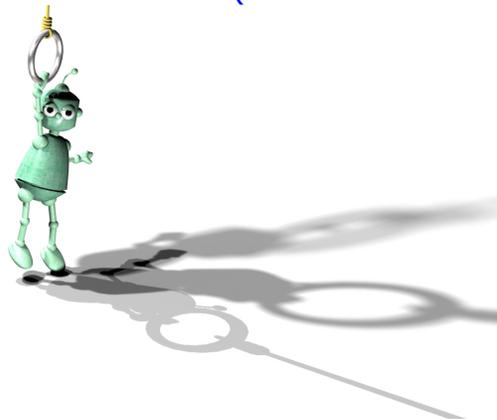
Fractal texture (ou mapas procedurais):

Os mapas procedurais, como por exemplo um tabuleiro de xadrez, podem ser gerados por um algoritmo. Estes mapas dispensam a utilização de imagens e podem ser inclusive tridimensionais. Por isso são muito usados para síntese de cenas complexas ou aplicações em tempo real. Eles também são boas fontes para mapeamento de texturas sintéticas. Dentre os mapas procedurais, o mapa de ruído tem recebido uma atenção especial. Estes mapas tem produzido uma variedade de imagens bastante realistas com texturas geradas por algoritmos fractais. Por exemplo uma textura de tecido ou palha pode ser simulada pela curva de Peano, ou outras fractais que preenchem áreas.

Noise based texture map: Este tipo de textura também pode ser feito por mapas procedurais. É definida como uma repetição de um certo padrão. texturas de mármore e granitos são exemplos deste tipo de textura.

39. De exemplo de ocorrência de sombras bem definidas e suaves. Como pode-se incluir sombras na visualizações realísticas?

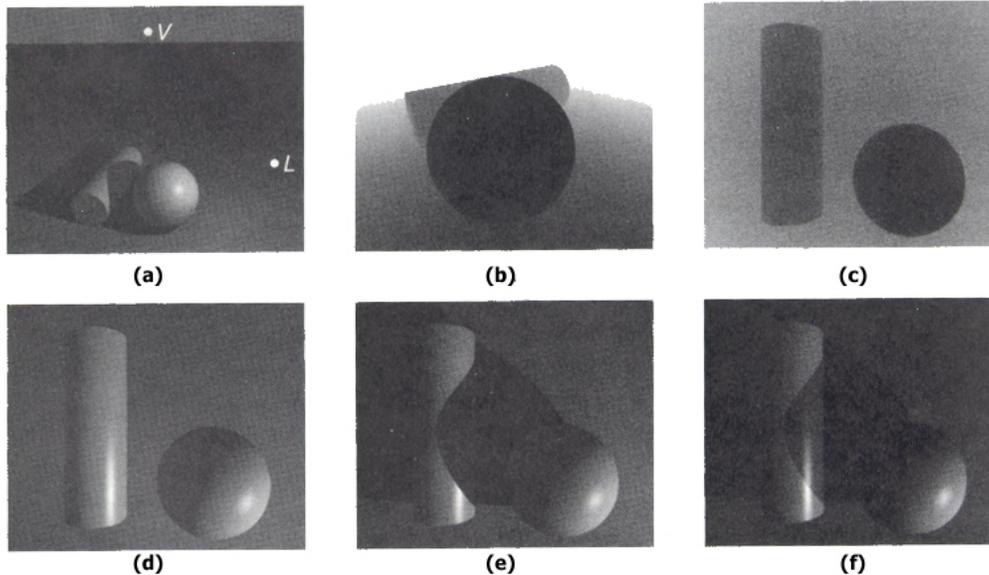
Várias formas de incluir sombras bem definidas e suaves em visualizações realísticas podem ser vistas em [5]. Para incluir sombras suaves pode-se usar algoritmos baseados em radiossidade, ray tracing, Monte Carlo ray tracing, photon mapping [6] ou ainda algoritmos para tempo real que são baseados em Shadow map (Z-buffer de sombras) e Shadow volume (volume de sombras).



Exemplo de sombras bem definidas e suaves [4]

40. Que é o Z-buffer de sombras? No que esse se difere do z-buffer normal? O que você poderia dizer sobre o aliasing neste processo.

O método Z-buffer de sombras inicia por computar uma visão da cena a partir do ponto de vista da fonte de luz. Armazena então os valores de z desta imagem. Este Z-buffer de sombras é também chamado de shadow map, e pode ser exemplificado na figura seguinte [2].



Método Z-buffer de geração de sombra. (a) Visão da cena; (b) Z-buffer de sombras (shadow map); (c) Z-buffer do observador; (d) Imagem vista pelo observador; (e) Imagem vista pelo observador com sombras; (f) Imagem vista pelo observador com sombras processadas posteriormente.

O Z-buffer de sombras é então utilizado para renderizar a cena em dois passos, abaixo segue o algoritmo [3]:

1. A visualização da cena é construída a partir do ponto de vista da fonte de luz. Os valores de profundidade (Z) dos objetos mais perto da fonte de luz são armazenados ao mapa de profundidades para cada ponto (Z-buffer de sombras).
2. A visualização da cena é então construída a partir do ponto de vista do observador. A cada ponto que é gerado nesta visualização, ele é transformado para o sistema de coordenadas da fonte de luz e a sua visibilidade é testada. Se for visível na visualização da fonte de luz então o ponto não está na sombra. Se a distância do ponto é maior que o valor do mapa de profundidade, existe algum objeto na frente do ponto que está sendo testado e este (ponto que está sendo testado) está na sombra.

O método do Z-buffer normal é um algoritmo de visibilidade de superfícies. A diferença para o Z-buffer de sombra é que neste caso, a profundidade Z do Z-

buffer é calculada em relação à fonte de luz (para determinar quem está ou não na sombra) e não em relação a projeção como no caso do Z-buffer comum (que determina quem está ou não visível).

Este método pode resultar em grandes problemas de aliasing se a fonte de luz está muito longe do observador. Neste caso, pixels individuais do Z-buffer são visíveis, resultando em um efeito de serrilhado no contorno da sombra. Vários métodos foram implementados para resolver este problema [4]:

- Armazenar o ID dos objetos no Z-buffer de sombras junto com a sua profundidade.
- Usar mapas de profundidade de sombra armazenando informações de cobertura para todas as profundidades em cada pixel.
- Usar resoluções múltiplas, Z-buffer de sombras adaptativos, computando mais detalhes nas regiões com contorno de sombra que estiverem próximas ao olho.
- Computar o Z-buffer de sombras no espaço da perspectiva, efetivamente armazenando maiores detalhes nas partes do Z-buffer de sombras que estiverem próximas ao olho.

Bibliografia

- [1] Azevedo E. e Conci, A.; Computação Gráfica: Teoria e Prática. Editora Campus, 2003. 353p.
- [2] Foley, James D.; van Dam, Andries; Feiner, Steven K.; Hughes, John F.; Computer Graphics: Principles and Practice. Addison-Wesley, 1990. 1174p
- [3] T., Ahokas. Shadow Maps. Tik-110.500 Seminar on Computer Graphics, 11, 2002.
- [4] J.M. Hasenfratz, M. Lapierre, N. Holzschuch and F.X. Sillion. A Survey of Real-time Soft Shadows Algorithms. EUROGRAPHICS 2003, STAR – State of The Art Report, 20, 2003
- [5] R. H. C. de Melo, E. A. Vieira, Algoritmos de criação de Soft Shadows em tempo real. Seminário de Computação gráfica, 2005. Página: <http://www.ic.uff.br/~rmelo/projetos.htm>.
- [6] A. Woo, P. Poulin, A. Fournier. A Survey on Shadow Algorithms. IEEE Computer Graphics and Applications, 10(6): 13-32, November 1990.
- [7] Nikos Drakos. Light Maps. Página: <http://www.opengl.org/resources/tutorials/advanced/advanced97/notes/node69.html>. Acessada em 26 de junho de 2005.
- [8] Rosalee Wolfe. Teaching Texture Mapping Visually. Página: <http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/mapping/surface0.htm>. Título "Surface Mapping".
- [9] Anders Harst, Bump Mapping. <http://www.it.uu.se/edu/course/homepage/grafik1/p4v04/Lectures/L09CG2004.pdf>. Acessada em 26 junho de 2005.
- [10] Tutorial de Computação Gráfica. <http://users.directnet.com.br/val/tutor/tutor.html#capit72>. Acessada em 26 de junho de 2005.