

Aula 17-22

Objetivos:

- Síntese de sombras de fontes de luz diretas.
- Síntese de sombras da luz do ambiente.
- Reflectância, transmitância, refractância e cáustica.
- Reflexões internas globais
- Modelos de iluminação global: traçado de raios e radiosidade.

Exercícios de Fixação:

- 1) Sob o ponto de vista geométrico, a determinação da sombra de um objeto pode ser reduzida em cômputo da projeção da silhueta sobre uma superfície, como mostra na Seção 9.1.1 do livro-texto. No entanto, é possível explorar os recursos disponíveis nas GPUs para que o procedimento seja executado em tempo interativo. Além do uso de *offscreen framebuffer*, são amplamente aplicados os *buffers* de estêncil (*stencil buffer*) e de profundidade (*depth buffer*) nos procedimentos já propostos. Outro conceito importante é a textura projetiva.
  - a) Explique a diferença entre os *buffers* de estêncil e de profundidade
  - b) Com base em <https://open.gl/depthstencils>, mostre as funções da API OpenGL nos permitem manipular os *buffers* de estêncil e de profundidade.
  - c) Texturização projetiva é uma técnica de mapeamento de textura que permite que a imagem de uma textura seja projetada sobre uma cena como um projetor de luz. Isso nos permite gerar sombras mais realistas. Cass Everitt apresenta no seu artigo “Projective Texture Mapping” ([http://www.cse.unsw.edu.au/~cs9018/readings/projective\\_texture\\_mapping.pdf](http://www.cse.unsw.edu.au/~cs9018/readings/projective_texture_mapping.pdf)) como se obtém a partir das coordenadas de posição de uma amostra no espaço de câmera as coordenadas de textura correspondentes de uma imagem pré-definida. Explique a matriz de transformação apresentada no artigo para o caso `GL_EYE_LINEAR`.
- 2) Para descrever as interações luz-superfície-observador de forma concisa, Heckbert propôs uma notação concisa. Como é esta notação? Quantas “*bouncings*” existem no caminho  $L((S|D)?S|D)?E$ ?
- 3) Defina os seguintes conceitos relacionados com as sombras em síntese de imagens: fontes de luz, oclisor, receptor, sombra, umbra e penumbra. Qual é a relação destes elementos no cômputo de sombras? Qual é a diferença entre uma sombra dura (*hard shadow*) e uma sombra suave (*soft shadow*)?
- 4) A técnica mais simples para geração de sombras é a técnica de projeção da silhueta de um objeto sobre um plano. Qual é o princípio de geração desta sombra? Qual é a transformação geométrica dos pontos do oclisor sobre o plano? Como se pode melhorar o desempenho dos algoritmos com uso de *z-buffer*?
- 5) A segunda técnica apresentada no livro-texto é a projeção de sombras sobre uma superfície de geometria arbitrária. Para isso pode se utilizar a textura projetiva cujas coordenadas são computadas a partir das coordenadas das amostras sobre a superfície. Com base nos códigos `sceneprojectex.cpp` em <https://github.com/daw42/gslcookbook/tree/master/chapter04> (o arquivo

cabeçalho e os *shaders* estão disponíveis no mesmo *link*), implemente a projeção de uma textura sobre a caixa do [exemplo](#). Utilize uma textura de sua escolha.

- 6) A terceira técnica apresentada no livro-texto é o volume de sombra definido a partir da silhueta do ocluser. Em que consiste esta técnica? Quais são as vantagens e as desvantagens desta técnica? Em <http://ogldev.atspace.co.uk/www/tutorial40/tutorial40.html> é apresentada uma implementação com uso de *buffer* de estêncil. Compare o procedimento implementado com o ilustrado na Figura 9-11 do livro-texto.
- 7) Uma quarta técnica é a técnica de *shadow map* que utiliza o recurso de *z-buffer*. *Shadow map* é uma imagem vista da posição da luz, cujos pixels armazenam as distâncias das amostras visíveis (pela luz) em relação à luz.
  - a) Como se pode determinar se uma amostra da superfícies está na sombra ou não com uso de *shadow map*?
  - b) Qual é a vantagem desta técnica?
  - c) Quais são os problemas relacionados com esta técnica?
  - d) Quais são as práticas recomendadas para contornar estes problemas?  
Em termos da qualidade de sombra, podemos reduzir o efeito de *blockness* e incluir o efeito de penumbra como mostra a Figura 9.32 do livro-texto. Explique sucintamente em que consiste a técnica de mapeamento de sombra perspectiva, a técnica de mapeamento *percentage-closer soft shadows* e a técnica de mapeamento de sombra por variância (*variance shadow mapping*)?
  - e) Com base no tutorial em <http://learnopengl.com/#!Advanced-Lighting/Shadows/Shadow-Mapping> adicione à cena do item (5) uma sombra da caixa sobre o chão onde ela está apoiada.
- 8) O que você entende por oclusão (da luz) ambiental? Como ela está relacionada com a função de visibilidade? Em que situações ocorre esta oclusão? Como ela afeta a aparência de um objeto? E o que você entende por vetor normal dobrado (*bent normal*)?
- 9) Como podemos quantizar a oclusão ambiental e o vetor normal dobrado e incluí-los no modelo de iluminação que leva em consideração a irradiância do ambiente representada por um mapa de ambiente e as contribuições indiretas das fontes luminosas (Eq. 9.20 do livro-texto)?
- 10) O que você entende por tonalização por acessibilidade (*accessibility shading*)? Como este conceito tem sido aplicado para melhorar o tempo de processamento de uma função de visibilidade?
- 11) Qual é a diferença entre um modelo de iluminação global e um modelo de iluminação que leva em conta a oclusão ambiental? Por quê as imagens geradas pelo segundo modelo são mais escuras do que as geradas pelo primeiro modelo? Como podemos “clarear” as imagens a um baixo custo computacional?
- 12) Tanto a oclusão ambiental quanto o vetor normal dobrado são custosos para serem computados. O livro-texto apresenta alternativas mais baratas no espaço de objeto e no espaço de imagem. Quais são elas e como elas funcionam?
- 13) O que você entende por reflectância? Veja em <https://open.gl/depthstencils> uma forma de sintetizá-la com uso de *buffer* de estêncil e de profundidade. Com base na ideia do *site*, implemente o cubo do programa [http://www.dca.fee.unicamp.br/courses/IA727/2s2016/codes/example\\_shaders.tgz](http://www.dca.fee.unicamp.br/courses/IA727/2s2016/codes/example_shaders.tgz) apoiado num

piso espelhado.

- 14) O que você entende por transmitância? Como ela é modelada pela Lei Beer-Lambert? Qual é o efeito visual que ela produz nas imagens? Com base no exemplo da Seção 9.4 adicione ao cubo do item (13) o efeito de transmitância.
- 15) O que você entende por refractância? Qual é a diferença entre refractância e transmitância? Como se determina a direção de refractância de um raio luminoso na direção  $L$ ? Na prática predomina-se a técnica baseada em mapa do ambiente e a direção de refractância para gerar efeitos de refractância. Utilize o cubemap do [Roteiro 4](#) para gerar o efeito de refractância no cubo do item (13) (sem efeito de transmitância).
- 16) O que você entende por cáustica? Como este fenômeno se manifesta numa imagem?
- 17) O que você entende por “espalhamento sub-superfície” (*subsurface scattering*)? É equivalente ao conceito de absorção (da energia luminosa)?
- 18) Computar com uso de modelo físico o efeito de “espalhamento sub-superfície” é um procedimento muito caro. No livro-texto foram destacadas quatro técnicas que procuram adicionar de forma empírica, efeito de espalhamento sub-superfície nas imagens sintéticas: *wrap lighting*, *normal blurring*, *texture space diffusion*, e *depth-map technique*. Em que consiste cada uma destas técnicas?
- 19) No artigo [http://http.developer.nvidia.com/GPUGems/gpugems\\_ch16.html](http://http.developer.nvidia.com/GPUGems/gpugems_ch16.html) são apresentadas as implementações na GPU da técnica de *wrap lighting* e *depth-map technique*. Adapte a segunda técnica para o cubo do item (13) sem efeito de transmitância e compare a imagem gerada com a do item (13).
- 20) Sendo o cômputo de modelos de iluminação global, representados pela radiosidade e traçado de raios, um procedimento demorado, quais foram as razões dadas pelos autores do livro-texto para incluí-los num livro-texto sobre renderizações em tempo real?
- 21) Dois conceitos importantes na técnica de radiosidade são: fator de forma e analogia de Nusselt. O que você entende por estes dois conceitos?
- 22) Em que consiste um procedimento de radiosidade baseado em refinamento progressivo ([http://http.developer.nvidia.com/GPUGems2/gpugems2\\_chapter39.html](http://http.developer.nvidia.com/GPUGems2/gpugems2_chapter39.html))? Entre o efeito difuso e o efeito especular, qual dos dois é contemplado pelo modelo?
- 23) Quatro conceitos constituem a base da técnica de traçado de raios: *bouncing*, reflectância, refractância e absorção. O que você entende por cada um destes conceitos?
- 24) Em que consiste um procedimento de traçado de raios baseado em  $n$  *bouncings*?
- 25) Nas três últimas seções deste capítulo, o autor lista uma série de efeitos luminosos sobre partes estáticas de uma cena que podem ser pré-computados. Quais são estes efeitos?