1 – Modelação

# Instanciação de Primitivas

* Grande simplicidade
* Flexibilidade de Emprego

Tem por base a definição de objetos geométricos tridimensionais, as primitivas, que possuem atributos, os parâmetros, cujos valores são definidos pelo utilizador no momento de criação de uma nova instância.

Exemplo de uma primitiva:

* Paralelepípedo com 3 parâmetros: comprimento, largura e altura.

Os objetos modelados por instanciação de primitivas são agrupados para construir objetos mais complexos.

A hierarquização é a propriedade importante da representação da modelação de sólidos por instanciação de primitivas.

# Representação por Varrimento

A representação de sólidos tridimensionais por varrimento tem por base a descrição do volume gerada quando um objeto é deslocado segundo uma dada trajetória e varre um dado volume.

Exemplo:

* Círculo deslocado segundo uma trajetória perpendicular a ele mesmo. O volume varrido resulta num cilindro obtido por translação.

Desvantagens

Se as secções bidimensionais que varrem os volumes apresentarem formas irregulares, torna-se difícil calcular os volumes.

Dificuldade em aplicar operações a objetos modelos por varrimento.

# Representação de Fronteira (B-Rep)

Descreve os objetos a representar por meio das superfícies que os limitam e das arestas e vértices que estas superfícies apresentam.

As superfícies limitam os objetos mas não indicam de que lado da superfície estes se encontram. Esta definição é feita através da forma como cada elemento da superfície é definido.

# Representação por Partição do Espaço

Consiste em representar sólidos por meio **de conjuntos de** **sólidos elementares** que, quando **justapostos e sem se intersetarem**, reproduzem o volume ocupado pelos sólidos a representar.

Em geral, podemos considerar 4 tipos de representação de sólidos por partição de espaço:

* Decomposição em células
* Enumeração da Ocupação do Espaço
* Árvores de Octantes (ou quadrantes, quando a 2D)
* Árvore Binária de Decomposição do Espaço (Árvore BSP)

# Decomposição em células

Tem por base a decomposição dos objetos em células ou elementos primitivos paramétricos.

Podem apresentar superfícies curvas.

A decomposição do espaço proíbe expressamente a interseção e impõe justaposição das primitivas que partilham pontos, arestas ou faces.

Não permite qualquer ambiguidade, mas pode não ser única, isto é, podem existir várias representações para um dado sólido.

# Enumeração da Ocupação do Espaço

Cada sólido é representado por um conjunto de volumes idênticos, que conjuntamente, representam o volume ocupado pelo sólido a representar.

Decompõe o espaço segundo uma grelha tridimensional composta por volumes de forma e de dimensão idênticas, os volumes elementares também denominados por vóxeis.

A representação de um sólido consiste então em **arbitrar a discretização pretendida**, ou seja, **determinar a dimensão dos vóxeis** e, seguidamente, **enumerar quais vóxeis ocupados pelo sólido a representar**.

# Representação por Árvore de Octantes

Objetivo: eliminar a **desvantagem principal** da Enumeração por Ocupação do Espaço

Esta desvantagem consiste no elevado numero de células em que o espaço tem de ser subdividido, para que se obtenha uma discretização suficientemente fina que permita a definição precisa dos objetos a representar e das suas fronteiras.

Passos:

* Divide o espaço em 8 octantes pelo plano médio segundo cada direção do espaço.
* Cada octante é sucessivamente subdividido em sub-octantes até que se encontrem todos ocupados ou todos livres, ou ainda, se atinge o nível máximo de subdivisão possível.
* Depois da subdivisão, se os octantes resultantes forem homogéneos (todos ocupados ou todos livres), os octantes são substituídos pelo octante que lhes deu origem e o processo de subdivisão termina para esse octante.

Construção:

* Ascendente
* Descendente: parte-se do espaço total e realizam-se subdivisões sucessivas até que só existam octantes homogéneos.

# Representação por Árvores BSP

Permite obter uma representação mais exata das fronteiras dos objetos se se fizer com que o plano bissetor coincida com a fronteira, em lugar de estar alinhado com uma das direções do espaço.

O espaço é subdividido em apenas 2 subespaços por um plano arbitrário colocado de forma a coincidir com a superfície ou parte da superfície do objeto a representar.

Em cada nível da arvore existirão apenas 2 ramos.

O subespaço associado a cada ramo é então subdivido sucessivamente e colocado na árvore até que a subdivisão produza dois espaços homogéneos, em que um dele seja totalmente dentro do objeto e outro totalmente fora.

2 – Visualização

# Câmara Pinhole

Parâmetros:

* Abertura da Lente
* Distância Focal:
  + Distância entre o nosso plano de imagem e a abertura.

Se **aproximarmos** o plano da imagem da abertura, os objetos da cena ficam **menores**, mas é possível **ver mais da cena**.

**FOV Aumenta**

Se afastarmos, acontece o contrário, objetos ficam maiores e vê-se menos da cena.

**FOV Diminui**

# Luz

Grande Aberta ⬄ Imagem muito brilhante

Quanto **maior** a abertura, **mais luz** chega ao sensor.

# Lentes

A **forma ou curvatura** determina com que precisão os raios de luz são curvados (e onde se concentram).

Se **aumentarmos a curvatura** da lente, os raios concentram (focam) **mais próximo** da abertura.

Se **diminuirmos**, os raios focam **mais longe** da abertura.

# Distância Focal

Distância em que a lente **concentra** esses raios paralelos ao plano da imagem.

# Lente Grande Angular

Foca **perto da abertura**, permitindo um **campo de visão amplo**.

**Distância Focal** < 35mm

# Teleobjetivas

Focam a luz **mais longe** **da abertura**, permitindo capturar objetos mais **distantes**.

50mm < **Distância Focal** < 200mm

# Super-Teleobjetivas

Capazes de fotografar objetos que estão muito longe.

**Distância** **Focal** > 200mm

# Abertura do Diafragma

Diâmetro das lentes das câmaras fotográficas.

Quanto **maior a abertura**, **mais luz chega** **ao sensor**.

**f/números:** medida utilizada para a abertura da lente.

* f/1.4, f/2, f/2.8, ...

Quanto **menor o número**, **maior a abertura**. Logo, quanto **maior o número**, **menos luz** passa pelas lentes da câmara.

Os f/números dizem exatamente a quantidade de luz que passa, independentemente da distância focal.

# Profundidade de Campo (Depth of Field)

Só existe uma distância focal que está perfeitamente focada.

Mas como a focagem cai gradualmente, existe uma região à frente do plano de focagem e atrás do mesmo, que continua a estar focada.

A esta região dá-se o nome de **Profundidade de Campo - DOF**.

Tudo o que estiver fora desta região aparece desfocado.

# Profundidade de Campo Aumentada

Permite ter maior parte da cena focada.

Principais fatores para controlar a DOF:

* Abertura do Diafragma
* Distância Focal da Objetiva
* Distância ao Plano de Focagem

# Círculos de Confusão

Nestes casos, os raios de luz formam um círculo do plano de focagem, este é o **círculo de confusão**.

Apenas detetado a partir de uma **certa dimensão**. A esta dimensão é chamado **Círculo de Confusão Permitido**.

Quando um círculo vai para além do permitido, vemos isso como uma área desfocada na nossa imagem.

# Abertura do Diafragma

f-número baixo

* **Grande** Abertura do Diafragma
* Profundidade de Campo **reduzida**

f-número baixo

* **Pequena** Abertura do Diafragma
* Profundidade de Campo **aumentada**

# Campo de Visão – Field Of View

**Wide (< 35mm)**

* Diminui o tamanho do objeto
* Grande FOV

**Normal (35mm – 65mm)**

* Ângulo de visão de 45º
* Campo de visão semelhante ao olho humano

**Telephoto (> 65mm)**

* Aumenta o tamanho do objeto
* Pequeno FOV

# Distância Focal

**Baixa Distância Focal**

* FOV Ampliado

**Grande Distância Focal**

* FOV Reduzido

# Distância ao Plano de Focagem

Distância do elemento focado à lente.

Quanto **maior** **for esta distância**, **maior será a profundidade de campo** (DOF).

# Profundidade de Campo

**Reduzida**

* Grande **Abertura (f/número baixo)**
* Grande **Distância Focal**
* **Curta distância** ao plano da imagem

**Aumentada**

* Pequena **Abertura (f/número alto)**
* Pequena **Distância Focal**
* **Longa distância** ao plano da imagem

3 - Iluminação

# Modelos de Iluminação Local

Consideram **unicamente** as contribuições de energia que são emitidas pelas **fontes de luz** e **refletidas por uma única superfície**.

Requerem um **esforço computacional baixo**.

Imagens com uma **qualidade aceitável** para muitas aplicações.

Como **não contemplam a diferença energética entre diferentes superfícies**, fenómenos como o **cálculo das sombras**, a **reflexão da energia** sobre outros objetos, a **reflexão** e **interseção luminosa** com os meios em que é transmitida (agua, ar, etc) **não são suportados**.

# Modelos de Iluminação Global

Considera também a energia luminosa que é **refletida ou refratada** por outras superfícies.

Modelos **fisicamente mais corretos** e que produzem imagens com **maior grau de realismo**, mas requerem um esforço **computacional elevado**.

Os modelos de iluminação global são usados por vários métodos de cálculo de imagens entre os quais se destacam os métodos de **ray tracing e radiosidade.**

# Fontes de Luz

## Luz Ambiente

* Sem posição nem direção definidas
* Intensidade Constante
* Sem atenuação
* Contribuição de múltiplas fontes

## Luz Direcional

* Sem localização precisa (ou no infinito).
* Sem atenuação de intensidade luminosa com a distância.
* Os raios luminosos são paralelos, possuindo uma direção precisa.

## Luz Pontual

* Localizada numa posição do espaço.
* Radia igualmente em todas as direções.
* Atenuação de intensidade luminosa em função da distância (diminuição com esta).

## SpotLight

* **Semelhante à luz pontual**, em que a emissão de luz se encontra limitida a um ângulo solido de abertura variada, cujo eixo é a direção de emissão.
* Intensidade luminosa atenuado em função do ângulo entre os raios luminosos emitidos e a distância central de emissão.
* Poderá existir também uma zona de penumbra.

# Reflexão Especular

Na **reflexão especular perfeita** (“espelhada”), um raio de luz que entra é refletido **intacto** na superfície.

O raio refletido faz **o mesmo ângulo** que o raio recebido.

Mesmo que toda a superfície seja iluminada pela fonte de luz, o observador **verá apenas o reflexo da fonte de luz** nos pontos da superfície em que a geometria está correta.

Tais reflexões são chamadas os **destaques especulares.**

Na prática, pensamos num **raio de luz refletido**, não como um único raio perfeito, mas como um **cone de luz**, que pode ser **mais ou menos estreito**.

Uma **superfície muito brilhante** produz **cones mais estreitos** de luz.

Os destaques especulares desse material são nítidos e pequenos.

Uma **superfície mais opaca** irá produzir **cones mais amplos** da luz refletida e **destaques especulares maiores e mais confusos**.

# Reflexão Difusa

Na reflexão difusa, para um raio que chega, é **espelhado igualmente em todas as direções**.

Um espectador vê a luz refletida de **todos os pontos da superfície**.

Se a luz chega em raios paralelos que **iluminam uniformemente a superfície**, então a superfície irá parecer **uniformemente iluminada**.

Se **raios diferentes** atingirem a superfície em ângulos diferentes, como se fossem provenientes de uma lâmpada próxima ou **se a superfície fosse curvada**, a **quantidade de iluminação** num ponto **depende do ângulo do raio** que atinge a superfície naquele ponto.

# Reflexão Especular-Difusa

A cor difusa é a cor básica do objeto.

A cor especular determina a cor dos realces especulares.

As cores difusas e especular podem ser as mesmas, por exemplo:

* Superfícies metálicas

Ou podem ser diferentes, por exemplo:

* Superfícies plásticas

# Modelo de Iluminação de Phong

Este modelo permite **calcular o valor da intensidade de um raio luminoso** refletido por uma superfície tendo em conta a **orientação da superfície**, a **posição da câmara**, a **posição da fonte de luz** e as **propriedades da superfície**.

Considera que os materiais, quanto à **forma como refletem a energia luminosa**, são uma **combinação linear** de um material que reflete toda a energia luminosa numa direção **(reflexão especular)** e de um objeto que reflete a energia luminosa de igual modo em todas as direções **(reflexão difusa)**.

O modelo considera ainda a existência de uma componente de **Luz Ambiente**, a qual simula a existência de **iluminação global**.

Modelo simples composto por 3 parâmetros:

* Especular
* Difusa
* Ambiente

## Reflexão Difusa

Quando a luz atinge uma superfície rugosa, esta é refletida em todas as direções.

**Superfície Difusa Perfeita**

* Difunde igualmente intensidade luminosa em todas as direções.
* A luminosidade apreendida por um observador não depende do seu ponto de vista.

**Intensidade de Luz Difusa**

* Estimada pela lei de Lambert

## Reflexão Especular

Reflexos diretos da luz em superfícies brilhantes

Superfícies lisas.

**Superfícies refletoras perfeitas**

* Energia luminosa refletida em **uma única direção**.

## Iluminação Ambiente

Luz refletida ou dispersa de outros objetos da cena.

Luz ambiental.

O cálculo preciso desta componente é **muito complexo**.

# Modelo de Iluminação de Phong

**Garante compromisso equilibrado entre**

* Grau de realismo
* Carga computacional

**Modela a intensidade luminosa**

Combinação linear de 3 parâmetros:

* Reflexão Difusa
* Reflexão Especular
* Reflexão Ambiente

4 – Cor

# Modelo CIE – XYZ

Sistema primário CIE - XYZ

**Z** – Luminosidade

**X e Z** – Tom e Saturação

Cores puras na aresta externa

**Ligação entre dois pontos (duas cores)**, torna possível a obtenção de **todas as cores provenientes da mistura entre as mesmas**, através do segmento de reta que as liga (aos pontos).

# Modelo RGB

**Red** (1,0,0) ou (255,0,0)

**Green** (0,1,0) ou (0,255,0)

**Blue** (0,0,1) ou (0,0,255)

# Modelo CMY

**Cianide** (1,0,0) ou (255,0,0)

**Magenta** (0,1,0) ou (0,255,0)

**Yellow** (0,0,1) ou (0,0,255)

Conversão:

R = 1 - C

G 1 M

B 1 Y

# Modelo HSV

**Hue** – Ângulo em torno do eixo vertical (representa as cores).

**Saturation** – Saturação, a variar entre 0 (branco) e 1 (cor pura).

**Value** – Valor da intensidade luminosa (1 = cores brilhantes).

# Modelo HLS

**Hue** – Igual ao HSV.

**Lightness** – Luminosidade, a variar entre o (escuro) e 1.

**Saturation** – Igual ao HSV.

**Cores puras**

* Luminosidade = 0.5
* Saturação = 1

**Saturação = 0**

* **Cores brancas**, a variar na **escala de cinzentos** tendo em consideração o valor da **Lightness.**

5 – Modelos de Sombreamento

# Sombreamento Constante

Para cada polígono:

* Determina um **único valor de intensidade**
* Usa esse valor para sombrear **todo o polígono**

Premissas:

* Fonte de luz no infinito
* Observador está posicionado no infinito
* O polígono representa a superfície real que está a ser modelada

Os resultados que se obtém com este método são de **baixa qualidade**, uma vez que ficam visíveis todas as diferenças de cor nas fronteiras entre facetas.

# Smooth Shading

Introduzir valores das normais em cada vértice:

* Geralmente diferente da **normal da faceta**
* Usado apenas para sombreamento
* Pensado com uma melhor aproximação da superfície real que é aproximada pelos polígonos.

Sombreamento usando aproximações interpoladas:

* Sombreamento de Gouraud
* Sombreamento de Phong

# Sombreamento de Gouraud

A influência das facetas adjacentes é comtemplada através do **cálculo das normais em cada vértice** da malha de facetas.

Estas normais são obtidas através da **interpolação das normais de todas as facetas que partilham um mesmo vértice**.

Depois de calcular a normal no vértice, é empregue a **aplicação do modelo de iluminação de Phong** ao cálculo da cor do vértice em questão.

Efetuando o **cálculo das normais** a todos os vértices de uma faceta e **aplicando o modelo de iluminação de Phong**, obtém-se **a cor de todos os vértices**.

Em seguida efetua-se a interpolação das cores para todos os pontos pertencentes a uma mesma aresta, recorrendo às cores dos seus vértices.

* Esta é uma abordagem bastante comum
* Utiliza o método de iluminação de Phong nos vértices
* Interpola linearmente as cores resultantes sobre as facetas
  + Ao longo das arestas
  + Ao longo das linhas de varrimento

**Limitações**

* Falta-lhe a **componente especular**
* Se estiver incluído, será calculada a **média** de todo o polígono

# Sombreamento de Phong

A partir **das normais aos vértices**, que são calculadas do **mesmo modo que no Sombreamento de Gouraud**, é **calculada a normal a cada quadricula através da interpolação das normais**.

A **normal calculada** para cada quadricula é então usada com o **modelo de iluminação de Phong** para calcular a **intensidade da energia luminosa refletida**.

A **interpolação das normais** é efetuada, em primeiro lugar **ao longo da aresta**, sempre que se passa de uma linha de varrimento para a seguinte.

O método de Sombreamento de Phong é **computacionalmente mais pesado** do que o de Gouraud, uma vez que é necessário **calcular a cor**, por aplicação do método de sombreamento **a todas as quadriculas da faceta e normalizar as normais locais**.

**Limitações**

* Silhueta poligonal
* Distorção da perspetiva
* Orientação de polígonos
* Vértices não partilhados
* Normais incorretas nos vértices

# Gouraud vs Phong

Se um realce especular **não cair num vértice**, o sombreamento de Gouraud pode **falhar completamente**, mas o sombreamento de Phong não.

# Métodos de Sombreamento (Luz Direta)

**Sombreamento Constante**

Calcula a iluminação de Phong **uma vez para todo o polígono**.

**Sombreamento de Gouraud**

Usa o método de iluminação de Phong nos **vértices e interpola os valores de iluminação do polígono**.

**Sombreamento de Phong**

Interpola as normais ao longo do polígono e executa a iluminação de Phong ao longo do polígono.

6 – Texturas e Anti-Aliasing

# Aliasing e Anti-Aliasing

A discretização de uma grandeza contínua implica a **perda de informação**.

A partir de uma certa perda, os valores discretos perdidos são **insuficientes** **para reconstruir a grandeza original**. Quando tal sucede, a reconstrução produz informação que pouco ou nada representa a informação original.

Este fenómeno tem o nome de **aliasing ou ruído**.

Se considerarmos que **aliasing** é a distorção causada por representar um **sinal de alta resolução** numa **resolução mais baixa**, o **anti-aliasing** visa remover essa distorção.

# Como surge o Aliasing?

Quando a frequência de amostragem é muito baixa para representar o sinal.

# Anti-Aliasing por Sub-amostragem

* Subdividir cada pixel em n regiões
* Colorir cada pixel
* Calcular cor média

# Amostra Estocástica

Os padrões regulares ainda exibem algum ruido para pequenos detalhes.

A amostragem aleatória faz com que os sinais de frequência mais alta apareçam como ruído em vez de serrilhada (aliasing).

O olho humano é **menos sensível** ao ruído do que ao aliasing.

* Subdividir píxeis em **n regiões** e **amostrar** aleatoriamente
* Calcular o valor da cor para cada subamostra e calcular cor media
* Pré-calcular numa tabela de posições da amostra ou calculá-los em tempo real

# Buffers de acumulação

Deve-se usar um buffer **do mesmo tamanho da imagem** alvo.

Deslocar o frame buffer à volta de cada pixel central.

**Somar e calcular** a cor média.

# Anti-Aliasing de Texturas

Quando as texturas são **ampliadas**, os **píxeis individuais de texturas (texels)** são **claramente visíveis**.

Com o **zoom reduzido**, vários texels podem ser mapeados para um único pixel.

# Redução

Quando as texturas são **reduzidas**, vários textels caem dentro de **um único pixel**.

Isso irá causar **aliasing**, devido ao limite de Nyquist.

# MIP Mapping

As texturas são produzidas em **várias dimensões**.

As resoluções são alteradas dependendo do **número de texels por pixel**.

É selecionada uma resolução onde a **relação entre texel e pixel é 1:1**.

Mipmaps são versões **menores e pré-filtradas** de uma imagem de texturas representando **diferentes níveis de detalhe da textura**.

Cada textura reduzida é chamada de “**MIP Level**”.

# Vantagens do MIP Mapping

**Melhor Qualidade de Imagem**

O uso do mipmapping pode ajudara eliminar os efeitos de aliasing causados por texturas de superamostragem.

**Melhor Desempenho**

Aumenta a eficiência da cache, pois as texturas em tamanho normal não são necessárias com tanta frequência e os mipmaps de menor resolução cabem facilmente na cache da textura.

# Desvantagens do MIP Mapping

Aumento no tamanho do arquivo de textura, pois a cadeia mipmap completa deve ser armazenada com a textura original.

Aumenta cerca de 33%.

7 – Remoção de Elementos Ocultos e Transparência

# Algoritmo do Pintor

Desenha superfícies de **trás para a frente**, com os polígonos “**mais próximos**”, a serem pintados **sobre os outros**.

**Maior problema**

Precisa encontrar a ordem para desenhar os objetos.

Nem sempre funciona.

# Algoritmo Z-Buffer

**Grande simplicidade**.

**Fácil implementação** quer em hardware como em software.

Necessita de **duas áreas de memória**:

* Frame-Buffer: construção da imagem.
* Z-Buffer: profundidades Z.

**Método de Funcionamento**

É efetuado o **varrimento linha a linha dos polígonos**, um de cada vez, **numa ordem arbitrária**.

Se, num dado ponto, a **profundidade Z** **de um polígono é menor** que a **profundidade armazenada anteriormente** nas mesmas coordenadas, então o polígono **é visível nesse ponto**, e o algoritmo **substitui** nas duas áreas de memória os valores calculados anteriormente pelos calculados para o novo polígono, naquele ponto.

1. Inicializar o **z-buffer** com a profundidade máximo e a memória de imagem (**frame-buffer)** com a cor de fundo.
2. Percorrer todos os polígonos segundo uma ordem arbitrária
3. Para cada polígono
   1. Para cada fragmento:
      1. Se Z(fragmento) < Z(x, y)
         1. WriteZ(x, y, Z(fragmento))
         2. WritePixel(x, y, Cor(fragmento))

# Vantagens

* Simples de implementar em hardware
* A memória é relativamente barata
* Funciona com quaisquer primitivas
* Complexidade ilimitada
* Não há necessidade de classificar objetos ou calcular cruzamentos

# Desvantagens

* Perda de tempo a desenhar objetos ocultos
* Erros de precisão em Z (aliasing)

# Desempenho

Sobrecarga da memória.

Pode ser necessário combinar com outros métodos de recorte para reduzir a complexidade.

# Árvores BSP

Representa a cena como uma árvore.

A cena é **desenhada atravessando a árvore**.

Adequado para fazer a renderização de **cenas estáticas**.

Esquemas de divisão:

* Polígono alinhado
* Eixo alinhado

Árvores k-d

Quadtrees, Octrees

**Método de Funcionamento**

1. Escolher um polígono aleatoriamente
2. Dividir a cena em **semi-espaços frontais** (em relação à normal) **e traseiros**
3. Dividir qualquer polígono que esteja **sobre os dois lados**
4. Escolher um polígono **para cada lado** – dividir a cena novamente
5. Dividir recursivamente cada lado até que **cada nó contenha apenas um polígono**

A árvore pode ser atravessada para obter uma ordem dos polígonos para um ponto de vista arbitrário.

De trás para a frente, usando o Algoritmo do Pintor.

**Da frente para trás** – mais eficiente.

* A geração de uma árvore requer muito esforço computacional.
* Fácil de analisar no fim de estar construída.
* Muito eficiente quando a cena não muda frequentemente.
* Método combinado com Z-Buffer.
* Rendiza objetos estáticos (de trás para a frente) usando o buffer de profundidade (z-buffer).
* No final desenha os objetos dinâmicos.

# Remoção de Superfícies Ocultas

O **algoritmo Z-Buffer** é fácil de implementar em hardware e é uma técnica padrão.

Há a necessidade de combinar o algoritmo Z-Buffer com uma **abordagem baseado em objeto** quando existem muitos polígonos – árvores BSP, Seleção de Portais.

A travessia de trás para a frente **reduz o custo**.

# Alpha Blending

Valores de alfa descrevem a opacidade de um objeto.

1 = Totalmente opaco

0 = Totalmente transparente

# Transparência Estocástica

Usando multisampling, os sub-píxeis são desenhados e a cor do pixel é calculada usando a média dessas cores.

Usa um padrão aleatório partilhado de sub-píxel.

Não é necessário ordenamento.

A cor final do pixel é calculada pela média das cores dos sub-píxeis.

8 – Iluminação Global

# Técnicas de Rendering

* Técnica de iluminação local
* Técnica de iluminação global

# Métodos de iluminação local

Consideram apenas as fontes de luz e as propriedades dos materiais:

* Iluminação de Phong, Sombreamento de Gouraud e Sombreamento de Phong
* Usa técnicas como Shadow Maps, Shadow Volume e Shadow Textures para produção de sombras.
* Muito rápida:
  + Usada para aplicações real-time (jogos, simuladores)

# Métodos de Iluminação Global

Métodos que simulam **iluminações diretas**, bem como as **indiretas**:

* Ray Tracing
* Radiosidade

Iluminação global consegue lidar com:

* Reflexão (um objeto noutro)
* Refração (Lei de Snell)
* Sombras
* Color bleeding

# Ray Tracing – Capacidades

* Reflexão
* Refração
* Softshadows
* Caustics
* Interreflexão difusa
* Interreflexão especular
* Depth of Field
* Motion Blur

# Ray Tracing – Clássico

Para cada píxel:

* Envia um **raio da posição do observador** para dentro da cena
* Envia um **raio da interseção** para cada luz: cálculo das sombras
* Gera um **novo raio de cor** para cada reflexão e refração

# Ray Tracing – Distribuído

Permite que os raios das sombras cheguem a um **ponto aleatório na área de luz**.

Permite que os raios especulares sejam perturbados especularmente em torno da reflexão ideal.

# Rasterização vs Ray Tracing

## Rasterização

* Projeta polígonos no plano da imagem
* Hardware eficiente

**Ciclo de rasterização**

* Para cada objeto
  + Para cada píxel
    - Está mais perto?

## Ray Tracing

* Projeta raios de luz na cena através do plano de imagem

**Ciclo de ray tracing**

* Para cada pixel
  + Para cada objeto
    - É o mais próximo?