



Fundação CECIERJ - Vice Presidência de Educação Superior a Distância

**Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação**

**Disciplina: Computação Gráfica**

**AD1 - 1º semestre de 2019.**

- 1) Cite um exemplo de aplicação da Computação Gráfica na indústria automobilística (1.0 ponto).

A Computação Gráfica e suas subáreas estão fortemente presentes na indústria de projeto e construção de automóveis normalmente interagindo com outras áreas como Modelagem Numérica, Engenharia Mecânica e etc.

Por exemplo, na área de *design*, ferramentas de modelagem geométrica são utilizadas frequentemente para o projeto dos automóveis auxiliadas por ferramentas de renderização, para visualização dos modelos construídos. Vale ressaltar que boa parte das curvas iterativas estudadas, assim como as superfícies iterativas, foram criadas na indústria automobilística francesa, em particular as curvas de Bézier e DeCasteljau.

Testes de colisão, aerodinâmica e estresse de materiais são simulados numericamente e, grande parte dos modelos utilizados, são baseados nas representações de sólidos estudados em Computação Gráfica.

- 2) Discuta sobre a importância das tecnologias dos dispositivos gráficos para a evolução da Computação Gráfica (1.0 ponto).

A evolução da Computação Gráfica está inerentemente ligada à evolução tecnológica dos diferentes tipos de dispositivos gráficos quer sejam de interação, aquisição ou processamento de dados gráficos. Por outro lado, a evolução dos dispositivos ocorre em função de demandas da área de processamento gráfico.

Em alguns casos, algumas técnicas propostas pela Computação Gráfica são criadas antes que possam ser aplicadas de forma viável na solução de determinados problemas. Em outros casos, ocorre o contrário: as técnicas são desenvolvidas após a criação de uma nova tecnologia, capaz de fazer surgir um contexto propício para seu desenvolvimento.

Um exemplo do primeiro caso é a técnica de *RayTracing* [1] em tempo real. O *Ray Tracing*, ou Traçado de Raios, é uma técnica de iluminação global usada inicialmente para renderização de cenas estáticas ou animações *off-line* ( que não correm tempo real). Durante anos, cogitou-se o uso de tal técnica para renderização em tempo real e, em particular, em jogos. Com o surgimento de hardware gráfico mais poderoso, está técnica foi adaptada e é possível utilizá-la atualmente para renderização em tempo real [2].

Outro exemplo é o uso de representação de objetos por nuvens de pontos, que só foi possível graças ao aumento do poder de processamento tanto de CPUs quanto GPUs, aumento da capacidade de armazenamento e, não menos importante, com o surgimento de dispositivos de aquisição de geometria, com grande densidade de pontos, como os escâneres 3D atuais.

Um exemplo do segundo tipo de dependência entre tecnologia e Computação Gráfica é dado pelo desenvolvimento das impressoras 3D, que levaram ao surgimento de uma gama completamente nova de problemas, que requer técnicas diferentes para sua solução. Praticamente, o surgimento das impressoras 3D acabou por definir uma nova área que é conhecida na comunidade como *Fabrication* [3].

[1] Appel A. (1968) [\*Some techniques for shading machine renderings of solids\*](#). AFIPS Conference Proc. 32 pp.37-45

[2] Pantaleoni, Jacopo, and David Luebke. "HLBVH: hierarchical LBVH construction for real-time ray tracing of dynamic geometry." *Proceedings of the Conference on High Performance Graphics*. Eurographics Association, 2010.

[3] Murr, Lawrence E. "Frontiers of 3D printing/additive manufacturing: from human organs to aircraft fabrication." *Journal of Materials Science & Technology* 32.10 (2016): 987-995.

- 3) Descreva um método para determinar se um segmento intersecta ou é interior a um polígono (1.0 ponto).

Um dos métodos mais utilizados é o que usa a contagem do número de interseções de uma semi-reta, com um direção arbitrária, com os lados do polígono. O método baseado em interseções é simples de implementar e produz resultados corretos, se tratados os casos especiais.

Considera-se uma semi-reta com origem no ponto considerado e com a direção do eixo x e conta-se o número de interseções com as arestas do polígono. Caso o número seja par, considera-se o ponto como exterior ( se o ponto é exterior, e sabendo que a semi-reta vai em direção ao infinito, então, pelo Teorema de Jordan, para toda interseção de entrada haverá necessariamente uma de saída – isto garante a paridade do número de interseções). Já se o número for ímpar o ponto é considerado interior.

Deve-se tratar de forma especial a interseção com os vértices do polígono. Uma forma de lidar consistentemente com a contagem de interseções em vértices, é considerar como interseção válida somente a interseção nos vértices com coordenada Y máxima (ou Y mínima).

- 4) Faça uma pesquisa sobre a representação de objetos gráficos por nuvens de pontos (1.0 ponto).

Nuvens de pontos são um modo de representar um objeto gráfico através de dados pontuais no espaço. Atualmente, nuvens de pontos passaram a ser consideradas como uma forma viável de descrição de objetos graças à popularização dos escâneres 3D e ao aumento do poder computacional dos dispositivos de processamento.

Com avanço das tecnologias de aquisição de dados sobre a geometria dos objetos, é possível obter nuvens como centenas de milhões de pontos que requerem tanto um enorme poder de processamento quanto um grande espaço de armazenamento para manipulá-las.

Uma das características das nuvens de pontos é que elas normalmente são registradas a objetos reais ou a outras nuvens de pontos. Este último caso, ocorre quando o processo de aquisição se dá de forma parcial, isto é, os dados da geometria são obtidos por etapas, obtendo-se partes que devem ser combinadas. Existe uma família de métodos para registro de nuvens de pontos, chamados ICP (*Iterative Closest Points*) [4], que lidam com o problema de registro.

Nuvens de pontos podem ser renderizadas e manipuladas diretamente sem necessidade de se estruturar os dados. Uma das formas mais populares para renderização de nuvens de pontos pode ser encontrada no trabalho de Rusinkiewicz e Levoy, chamado *QSplat* [5].

Uma outra forma possível é converter as nuvens em outras formas de representação usando por exemplo Triangulação de Delaunay ou os métodos de reconstrução *Alpha Shapes* e *Ball Pivoting* [6], dentre outros. Ainda é possível fazer a conversão criando-se um campo de distâncias no espaço envolvente discreto, a partir do qual uma representação implícita é extraída.

Exemplos de aplicações de nuvens de pontos estão presentes em Sistemas de Informação Geográfica (descrição de dados de terreno), reconstrução de artefatos arquitetônicos, Computer Aided Design e outros.

[4] Besl, Paul J.; N.D. McKay (1992). "A Method for Registration of 3-D Shapes". *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. **14** (2): 239–256. doi:[10.1109/34.121791](https://doi.org/10.1109/34.121791).

Rusinkiewicz, S. and Levoy, M. 2000. QSplat: a multiresolution point rendering system for large meshes.

[6] In Siggraph 2000. ACM, New York, NY, 343–352. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/344779.344940>

Berger, Matthew, et al. "A survey of surface reconstruction from point clouds." *Computer Graphics Forum*. Vol. 36. No. 1. 2017.

- 5) A tecnologia de reconhecimento facial tem sido muito abordada atualmente nos principais veículos de comunicação. Observando a figura a seguir, defina o tipo de estrutura formada pelos segmentos sobrepostos a imagem do rosto. Como você acha que tal estrutura pode ser utilizada para auxiliar no reconhecimento de faces? (1.0 ponto)



A estrutura descrita na figura é uma triangulação. Nesta aplicação em particular, atributos geométricos podem ser extraídos da triangulação para descrever o objeto de interesse, no caso, um conjunto de pontos singulares do rosto humano. A triangulação é criada tomando como entrada os vértices posicionados em pontos característicos como: os cantos da boca, cantos dos olhos, os pontos nas laterais das narinas, o ponto central entre as sobrancelhas e os extremos destas, dentre outros possíveis pontos que podem ser escolhidos.

Os ângulos internos dos triângulos e a razão área/perímetro dos triângulos podem ser usados para construção de descritores geométricos, que especifiquem as características de um rosto. Um sistema é construído através de uma base de dados de descritores de rosto a fim de resolver problemas de identificação (determinar se um rosto encontra-se na base) e recuperação (dado um rosto e seu descritor, retornar a entrada na base de dados correspondente). Técnica semelhante é utilizada em identificação de impressões digitais [7].

[7] Macedo, Marcelo Jose, et al. "A comparison of 2D and 3D Delaunay triangulations for fingerprint authentication." (2017).

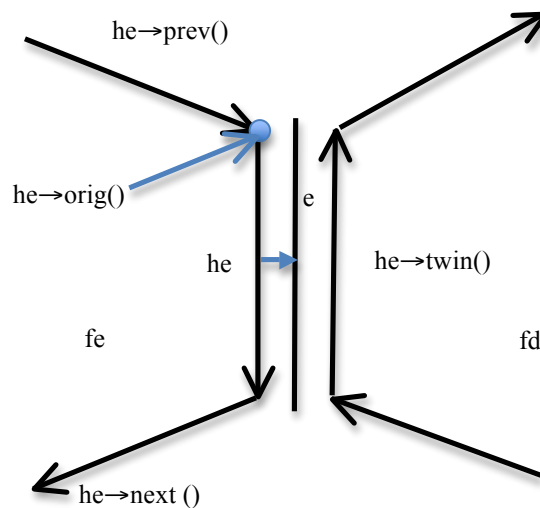
6) Descreva uma estrutura de dados para representar uma triangulação (1.0 ponto).

Uma das estruturas mais comumente utilizadas para representar malhas de polígonos e, em particular, uma triangulação é a estrutura Half-edge.

A Half-edge é uma estrutura de dados topológica que possui semelhanças com a estrutura Winged-edge. É uma estrutura de dados que armazena as informações de adjacência e incidência dos elementos de uma malha com foco na ideia de semi-aresta. Cada aresta da malha é vista como sendo formada por duas partes, uma semi-aresta, correspondendo ao sentido de circulação na face **fd** à sua direita e outra, correspondendo ao sentido de circulação na face à esquerda **fe**. Assim pode-se entender que uma aresta **e** é formada por duas half-edges (semi-arestas), exceto se a aresta for do bordo da malha.

Cada semi-aresta mantém uma referência para a face adjacente e referências para a aresta seguinte e para aresta anterior em tal face. Além disso, toda semi-aresta guarda informação do vértice origem da aresta. Cada semi-aresta conhece a sua aresta gêmea, isto é, a semi-aresta na face oposta.

Juntamente com as informações da half-edge é preciso manter uma lista de faces, de vértices e de arestas, bastando armazenar, para cada elemento destas listas, uma referência para uma única half-edge.



- 7) Dada uma triangulação  $T$ , descrita por uma estrutura de dados, descreva um algoritmo (em pseudocódigo) que monte uma lista contendo a razão área/perímetro de cada triângulo (1.0 ponto).

Considerando uma triangulação representada por uma estrutura Half-edge podemos percorrer a lista de faces ( $lf$ ), contendo cada um dos triângulos, onde cada elemento da lista  $lf$  mantém uma referência para uma das semi-arestas ( $lf \rightarrow he()$ ) da respectiva face. Ao percorrer as arestas e vértices de cada face é possível computar a razão desejada para cada triângulo.

Uma vez conhecida uma das half-edges de uma face (triângulo) é possível percorrer cada um de suas outras duas semi-arestas  $lf \rightarrow he() \rightarrow next()$  e  $lf \rightarrow he() \rightarrow next() \rightarrow next()$ , para computar a área do triângulo e o seu perímetro.

No algoritmo abaixo, supõe-se que a lista de faces seja dada por uma lista encadeada simples **lf**, cujos nós mantêm uma referência para uma das half-edges da face. Como saída construímos uma nova lista **ls**, onde os nós mantêm uma referência para cada triângulo de **lf** e o respectivo valor da razão área/perímetro.

Algoritmo

Entrada – lista encadeada de faces **lf**

Saída – lista com razão área/perímetro **ls**

$ls \leftarrow \text{NULL}$

Enquanto  $lf \neq \text{NULL}$  faça

$no \leftarrow \text{alocar\_no}()$

$he0 \leftarrow lf \rightarrow he()$

$he1 \leftarrow lf \rightarrow he() \rightarrow next()$

$he2 \leftarrow lf \rightarrow he() \rightarrow next() \rightarrow next()$

$A \leftarrow he0 \rightarrow orig()$

$B \leftarrow he1 \rightarrow orig()$

$C \leftarrow he2 \rightarrow orig()$

$perimetro \leftarrow |B-A| + |C-B| + |A-C|$

$area \leftarrow |Ax(By-Cy) + Bx(Cy-Ay) + Cx(Ay-By)|/2$

$no \rightarrow razao = perimetro/area$

$no \rightarrow triangulo = lf$

$inserir\_no(ls, no)$

$lf \leftarrow lf \rightarrow next()$

Fim\_Enquanto

- 8) Árvores são estruturas de dados fundamentais em Ciência da Computação. Na Computação Gráfica alguns tipos de árvore especiais são utilizadas para diferentes fins. Faça uma pesquisa sobre as Árvores de Particionamento Binário do Espaço (Binary Space Partition Trees – BSPs) e cite algumas de suas aplicações(1.0 ponto).

As BSP ou árvores de particionamento espacial binário são estruturas de dados usadas para representar formas ou organizar o espaço com o intuito de tornar mais eficiente a busca ou ordenação (normalmente para fins de visualização/remoção de superfícies ocultas) de elementos presentes no mesmo.

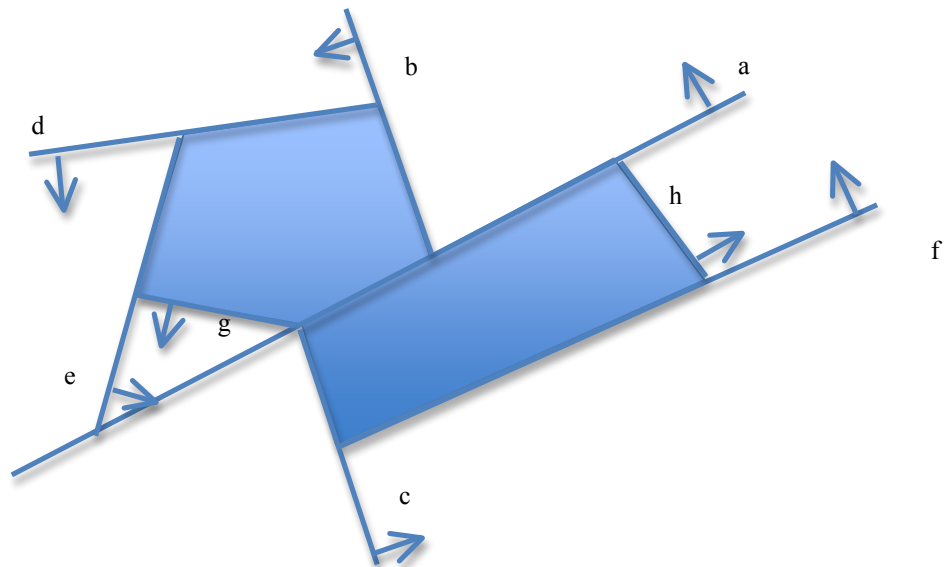
A ideia fundamental de uma BSP é organizar o espaço de forma hierárquica através de uma subdivisão por hiperplanos. Um hiperplano  $H$  de dimensão  $n-1$  subdivide um espaço de dimensão  $n$  em dois sub-espacos  $R^{n+}$  e  $R^{n-}$ . A ideia de uma BSP é subdividir sucessivamente, de modo recursivo, as diferentes subregiões do espaço, iniciando-se como o espaço total  $R^n$  até um determinado nível.

O processo de particionamento determina uma estrutura de árvore onde os nós são os hiperplanos de particionamento e as folhas representam as diversas células da região  $U$  ou da região complementar  $R^n-U$ .

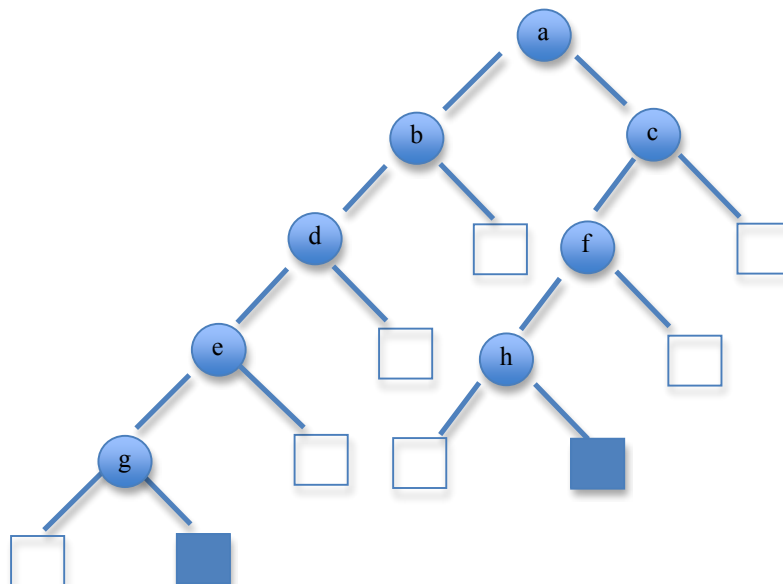
A escolha dos hiperplanos de separação, depende da aplicação e a sua sequência é fundamental para a eficiência da representação determinada pela BSP. As árvores de particionamento binário, por serem tanto estruturas de representação, quanto de busca, devem satisfazer as seguintes condições:

- Objetos de um lado do hiperplano separador não podem intersectar objetos do outro lado.
- Dada uma posição de visualização, os objetos contidos no mesmo subespaço que o observador são visíveis em relação aos objetos no outro subespaço.

Segue um exemplo simples de uma região U contida no  $\mathbb{R}^2$



, cuja árvore é dada por:





9) Compare as diferentes formas de representação de objetos sólidos (1.0 ponto).

Objetos sólidos são objetos gráficos tridimensionais espaciais que podem ser representados por decomposição espacial ou por representação de sua fronteira (bordo), também chamada de representação B-Rep (Boundary Representation). A representação por decomposição espacial subdivide o espaço ambiente  $E$  em células que podem conter totalmente, parcialmente ou não conter a região  $U$  de interesse. Tal subdivisão pode ser uniforme ou não. A representação por elementos volumétricos, chamados voxels, é uma decomposição uniforme. Exemplos de decomposição espacial adaptativa são as Octrees, Kd-trees e BSPs.

Representações baseadas por decomposição espacial são tipicamente usadas quando as funções de atributo variam no interior do sólido, como no caso de dados médicos (densidade do material) e sísmicos (amplitude da onda e outros atributos).

Na representação por bordo, a região  $U$  é representada pela fronteira que delimita seu volume. Nesse caso, é necessário um esquema para determinar se um ponto é interior ou exterior ao objeto, diferentemente da representação por decomposição espacial, onde uma função característica determina quais células são ocupadas pelo volume ou não. São utilizadas quando o sólido é considerado homogêneo, que é o caso mais comum em jogos e sistemas CAD/CAM.

10) Considerando um jogo 3D, cite diferentes exemplo de objetos gráficos espaciais unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais (1.0 ponto).

Em um jogo 3D, pode-se encontrar facilmente diferentes tipos de objetos espaciais, no entanto, a maioria deles corresponde a sólidos.

Personagens, construções civis (prédios, casas, estádios), automóveis e objetos artificiais são todos representados como sólidos, na maioria das vezes utilizando representações B-Rep.

Já as superfícies aparecem com menos frequência, mas pode ser encontradas. É muito comum usar superfícies, objetos gráficos bidimensionais, como parte dos mecanismos de detecção de colisão para impedir que o jogador penetre em áreas não permitidas. São as chamadas superfícies de colisão que normalmente não são visíveis no jogo (são transparentes).

Terrenos são na maioria das vezes modelados como superfícies, mas podem ser, em alguns casos modelados como volumes caso seja possível interagir de forma destrutiva como terreno.

Impostores (Impostores) ou Billboards são utilizados com frequência para acelerar a renderização de objetos complexos. Eles tem como suporte geométrico superfícies, tipicamente pedaços de plano texturizados que sempre estão orientados para a câmera [8].

Finalmente, objetos espaciais unidimensionais, as curvas espaciais, são utilizados para especificar o trajeto de câmeras e para determinar caminhos pré-concebidos, correspondentes a trajetória percorrida por certos objetos animados no jogo.

[8] Lawlor, Orian Sky. *Impostors for parallel interactive computer graphics*. 2004.