

AMBIENTES VIRTUAIS NO PROJECTO DE ARQUITECTURA

José Carlos Teixeira, Mauro Figueiredo

Grupo de Métodos e Sistemas Gráficos

Departamento de Matemática - FCTUC

Apartado 3008, 3000 COIMBRA

email: (teixeira/mauro)@mat.uc.pt

1. Introdução

Os custos do hardware estão a diminuir drasticamente e as capacidades de processamento a aumentar. Assim, é natural a grande disseminação actual da tecnologia informática. Muitas das suas aplicações são-nos hoje em dia familiares e úteis em múltiplos aspectos das nossas vidas.

Estas aplicações têm sido bem aceites, porque providenciam interfaces naturais, intuitivas e de fácil utilização. O seu sucesso deve-se em grande parte à sua estratégia de desenvolvimento: na sua concepção foi assumido que se destinavam a utilizadores, eventualmente peritos na sua área de aplicação, mas sem grandes conhecimentos informáticos. Para estes, a utilização de aplicações informáticas far-se-á apenas se não forem muito complicadas.

Neste trabalho é apresentada a aplicação de ambientes virtuais ao projecto de arquitectura.

Muitas aplicações falham nos seus objectivos por o seu desenvolvimento não ser antecedido do estudo da comunidade a que se destinam. Para minimizar este erro, foi realizado um inquérito conjuntamente a arquitectos Portugueses e Alemães. Foram avaliados alguns requisitos desta comunidade e verificaram-se os principais aspectos onde os actuais sistemas de apoio ao projecto de arquitectura disponíveis eram deficitárias

Para concluir será apresentado um protótipo de ambiente virtual destinado a suportar o anteprojecto e análise volumétrica de estruturas arquitectónicas. O arquitecto poderá modelar estas estruturas, navegar no espaço de modelação e visualizá-las de diferentes pontos de vista e em tempo real. O inquérito anteriormente referido revelou ser esta uma das funcionalidades desejadas e frequentemente ignorada nos sistemas comerciais.



2. Ambientes Virtuais

Os ambientes virtuais pretendem criar mundos com os quais os participantes podem interactivar como se fossem reais. O principal desejo é proporcionar ao visitante a ilusão de interacção directa com os objectos 3D, tão natural quanto possível. Normalmente, os visitantes utilizam gestos de um vocabulário para interactivar com o ambiente virtual — navegando, agarrando/largando, ou tocando/empurrando objectos tridimensionais empregando técnicas de interacção simples e intuitivas.

Foi já demonstrado que para alcançar interacções naturais e intuitivas com os objectos em ambientes virtuais é fundamental aceder a uma representação por fronteira dos objectos constituintes da cena [FIGU93a, FIGU93b]. Muitas das tarefas a realizar num ambiente virtual requerem a garantia da construção de modelos válidos, os quais podem fornecer algoritmicamente qualquer tipo de informação geométrica e topológica do modelo. Estes elementos são fundamentais, por exemplo, na identificação das interacções precisas com os objectos, permitindo ao visitante agarrar e posicionar com precisão os objectos sólidos presentes numa cena virtual.

A disponibilização de uma representação deste tipo no *toolkit* de ambientes virtuais utilizado, permitiu-nos avançar para o desenvolvimento do protótipo desejado.

3. O Projecto de Arquitectura

O projecto de arquitectura, tal como qualquer outra área de projecto, compreende diferentes fases. Apesar das tendências actuais para a formalização do projecto enquanto processo e para a individualização das fases de projecto que as aproximações sistemáticas advogam, alguns arquitectos realizam-nas de uma forma intuitiva. Interessante é notar que se em Portugal os arquitectos identificam normalmente 4 fases (*Programa Base, Estudo Prévio, Projecto Base e Projecto de Execução*), na Alemanha o número destas cresce para 9. No contexto deste trabalho, mais do que a caracterização das fases do projecto interessa analisar os tipos e dimensão da informação gerada e manipulada.

São conhecidos os cuidados que os arquitectos colocam na apresentação aos seus clientes dos primeiros resultados do projecto. Para além da definição de espaços e formas, a qualidade "artística" dos modelos e demais representações geradas é, algumas vezes, superior à empregue nas fases subsequentes. Se no projecto tradicional o arquitecto se via "compelido" a representar em esboço as formas tridimensionais com que conceptualmente trabalhava, a utilização de meios informáticos pode permitir a utilização, desde o início, de volumes. Actualmente, mais de 50% dos arquitectos



envolvidos no inquérito sobre as suas necessidades e desejos que levamos a cabo em Portugal e na Alemanha, consideraram ser necessário o uso de volumes na fase do programa base, percentagem que desce para cerca de 30% na fase de estudo prévio. Os primeiros volumes a utilizar são frequentemente volumes simples (Paralelepípedo, Pirâmide, Cilindro e Cone), os quais são manipulados em conjunto com objectos de semântica muito característica para este tipo de projecto, como por exemplo ruas, árvores e veículos. Apesar desta necessidade, os sistemas "CAD" actualmente existentes nem sempre permitem a utilização simples destes volumes numa fase inicial, os quais podem não ter uma relação directa com o projecto de pormenor que se lhe vai seguir.

Os objectos gerados e manipulados durante a fase de projecto base estão muito mais ligados quer à semântica da área de projecto quer à estrutura do modelo em construção (paredes, escadas, janelas, portas, ...). Na fase de projecto de execução são adicionados objectos funcionais e construtivos (mobiliário, equipamentos, aquecimento, ...). Lógico é pois pensar que, nestas duas últimas fases do projecto, os sistemas informáticos podem disponibilizar bibliotecas e o acesso a bases de dados adequadas.

Face à importância que a análise volumétrica desempenha desde o início do projecto de arquitectura, à simplicidade de geração e manipulação que deve estar associada aos volumes elementares desejados e à adequação que os ambientes virtuais têm para tarefas associadas ao trabalho com volumes no programa base, foram concebidas e implementadas algumas técnicas de interacção que possam responder às necessidades dos projectistas.

4. Técnicas de Interacção Avançadas

A análise do inquérito realizado junto da comunidade de Arquitectos mostrou-nos que era necessário desenvolver novas técnicas de interacção adequadas para o projecto de Arquitectura. Neste contexto e especialmente na fase inicial do projecto de arquitectura é realmente requerida a manipulação de entidades volumétricas tridimensionais intuitivamente.

Deste modo são descritas nesta secção técnicas de construção e manipulação de modelos volumétricos, suportadas por dispositivos de interacção tridimensionais (*spaceball*, *dataglove*) no âmbito do paradigma do ambiente virtual.



4.1. Técnicas de Construção

De molde a permitir ao Arquitecto a criação rápida, eficaz e intuitiva de um modelo de uma casa, edifício, fábrica, etc., isto é, de um objecto tridimensional, desenvolvemos uma técnica de interacção tridimensional que se processa em duas etapas de diálogo.

Primeiramente, o projectista tem ao seu dispôr a planta bidimensional de uma zona de construção, na qual serão assinaladas as áreas urbanizadas (fig. 1-a). Na planta o projectista pode definir a área de construção que pretende utilizar (fig. 1-f).

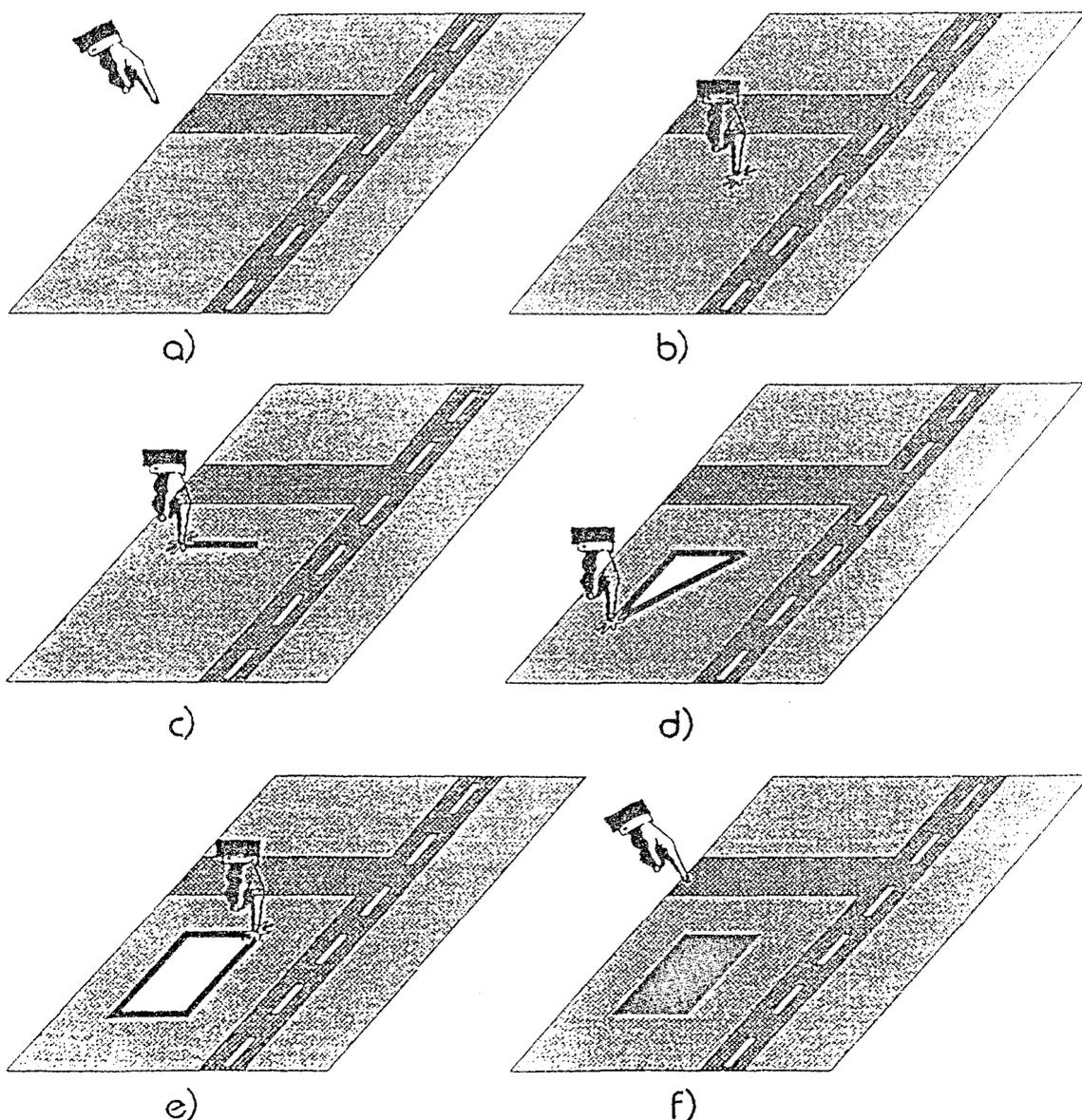


Figura 1 - Projecto das areas urbanizadas.

Neste sentido, o utilizador usa inicialmente um gesto para indicar que pretende iniciar a construção de uma planta, a qual é realizada empregando uma técnica de *rubberbanding*. De seguida, o visitante utiliza a mão virtual que ao tocar a superfície do mapa da cidade estabelece um novo vértice do perímetro da área ocupada pelo edifício (fig. 1-b,c), acrescido de *feedback* visual para o manter ligado à tarefa que está a executar (fig. 1-d,e). A condição terminal é estabelecida ao seleccionar novamente o ponto inicial ou gesticulando.

A técnica de construção de entidades geométricas bidimensionais é deste modo definida. Posteriormente, numa segunda etapa o utilizador definirá o modelo 3D com uma técnica de manipulação tridimensional.

Mas é evidente que o projectista deseja construir igualmente um modelo tridimensional que represente um edifício.

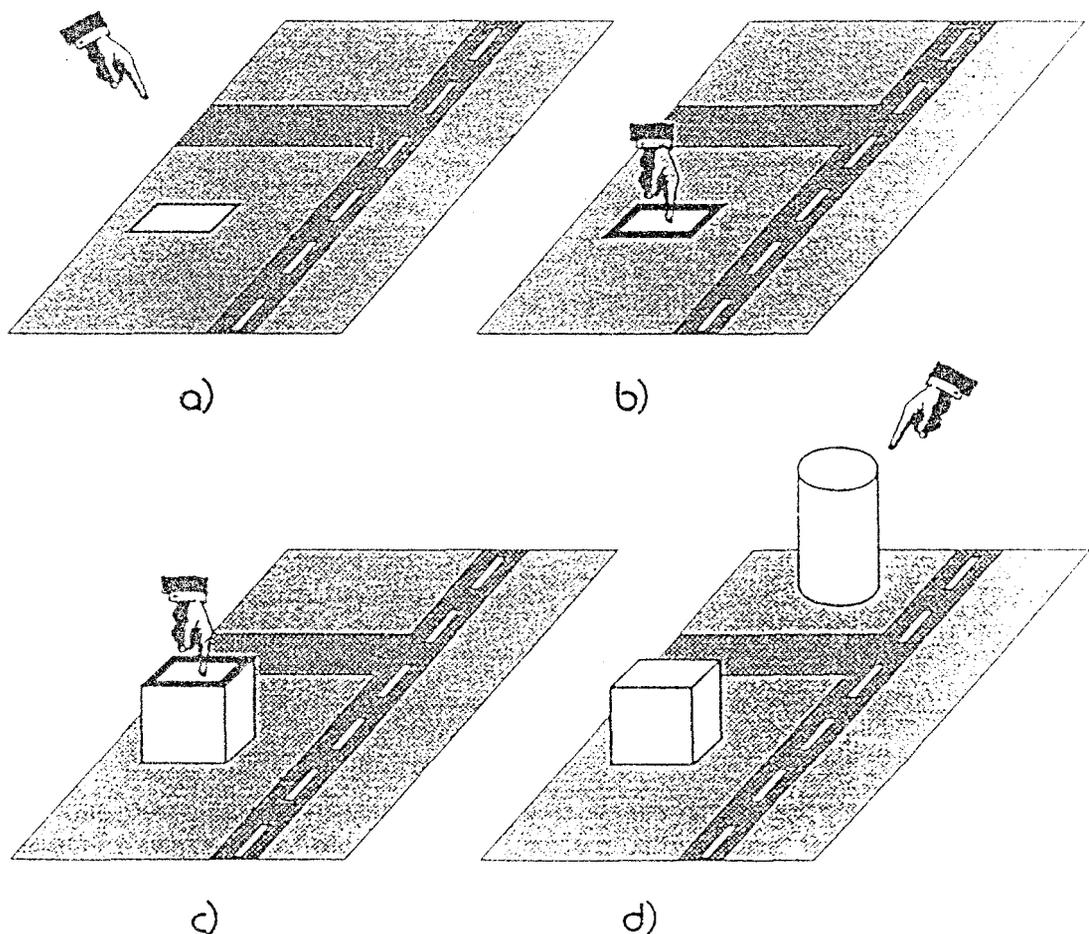


Figura 2 - Criação do modelo tridimensional.

O inquérito realizado revelou-nos que uma técnica bastante apreciada e desejada era a técnica de *sweeping*. Daí que, a técnica de *sweeping* tridimensional foi implementada para a construção de modelos volumétricos (fig. 2).

Assim, para construir um volume o utilizador selecciona a área de construção usando um cursor tridimensional (fig. 2-b), executando de seguida um *sweeping* translacional vertical para criar um modelo 3D (fig. 2-c). É evidente que a mesma técnica de *sweeping* pode ser executada de novo após a criação do volume para a alteração das suas dimensões globais repetindo este processo: (i) seleccionar uma face com a mão virtual; (ii) *sweeping* translacional vertical ou horizontal de acordo com a face identificada.

4.2. Técnicas de Manipulação

Mas é evidente que após a construção de um modelo é igualmente importante a sua posterior edição. Na figura 3 a face superior do cubo é deslocada na direcção da normal à face. Enquanto esta direcção dominar, o deslocamento do cursor real (apresentado a traço interrompido) não é considerado globalmente. Apenas é considerada a componente do movimento na direcção normal à face. Deste modo, ambos os movimentos do cursor apresentados na figura 3 conduzem ao mesmo resultado.

A segunda possibilidade é visualizada na figura 4. A face acompanha o movimento do cursor, conduzindo não só à variação de escala do objecto, como também à sua deformação. Naturalmente que estes dois processos de translação da face têm as suas vantagens e desvantagens nos mais variados contextos.

Convém referir igualmente que a selecção não é restringida apenas à entidade geométrica face. Outras entidades geométricas do modelo 3D, nomeadamente arestas e vértices, podem ser também identificadas. Por exemplo, a figura 5 demonstra como a selecção de uma aresta e a sua translação afecta parcialmente a forma geométrica da pirâmide; assim como o deslocamento do vértice interfere de um modo semelhante na geometria deste objecto.

A variação de escala global do objecto 3D é uma tarefa de interacção igualmente importante. A figura 6 demonstra o redimensionamento da largura do objecto. Neste sentido, tocamos com a mão virtual na fronteira da face superior do objecto e executamos um *sweeping* horizontal.

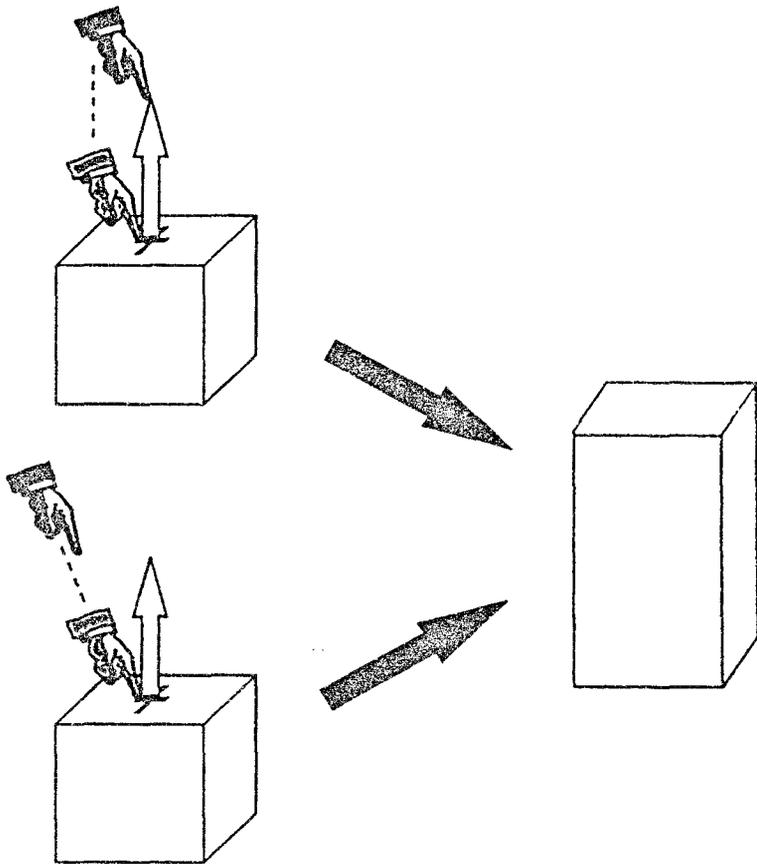


Figura 3 - Movimentos do cursor na direcção da normal à face.

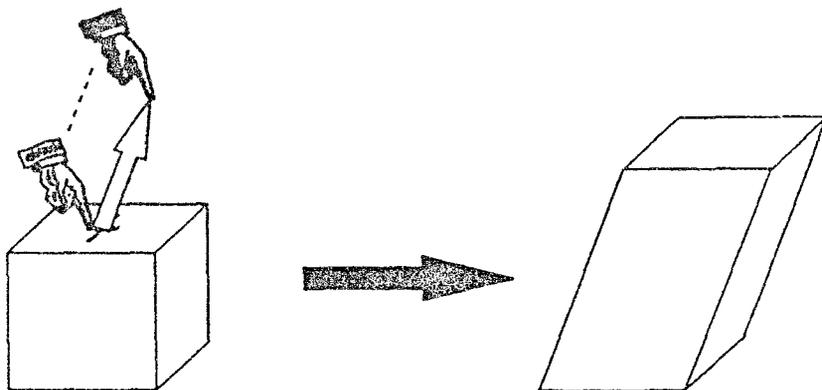


Figura 4 - Manipulação do modelo 3D de acordo com o movimento do cursor.

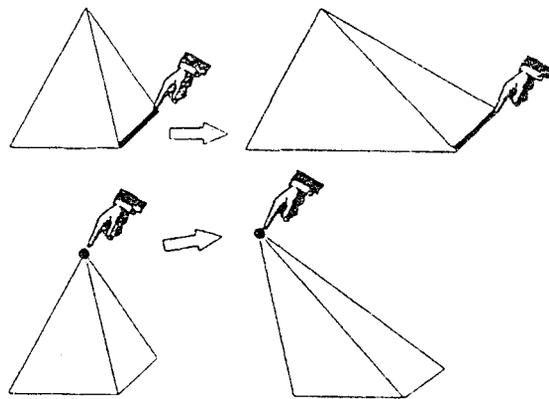


Figura 5 - Selecção da aresta e vértice, e correspondente manipulação local da geometria do modelo 3D.

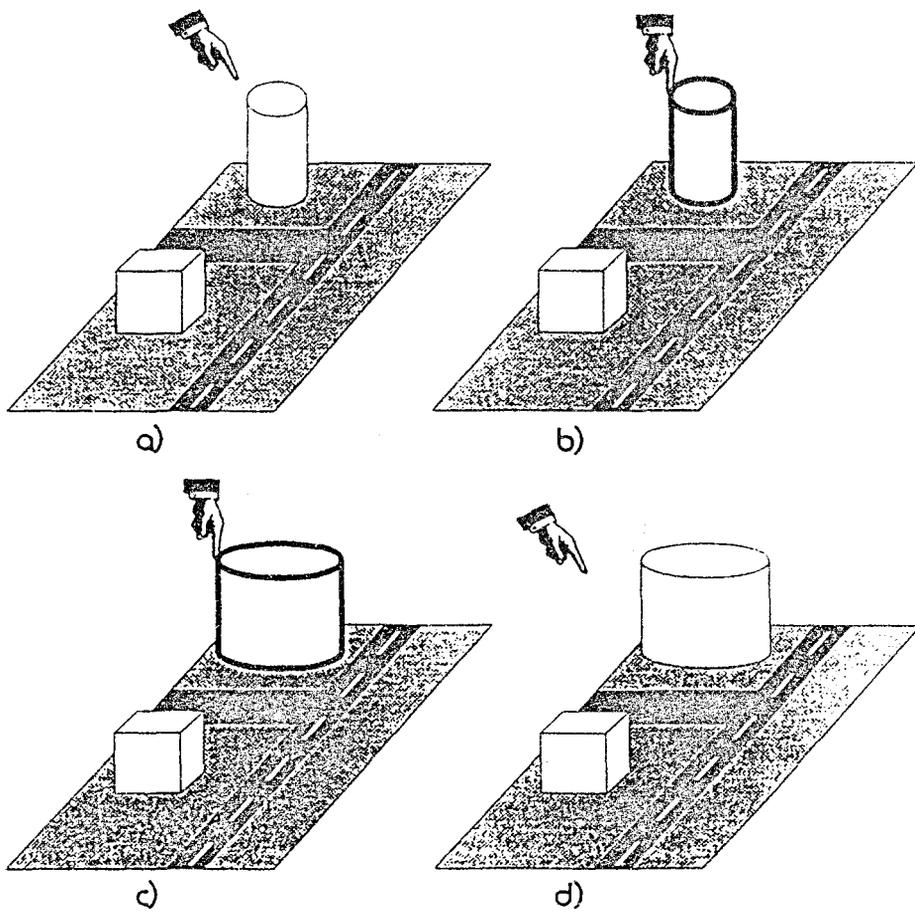


Figura 6 - Variação de escala global do objecto.

Na figura 7 são apresentados mais alguns exemplos da deformação de uma coluna. Provavelmente alguns poderão não ser muito utilizados no domínio da arquitectura, no entanto serão interessantes noutros contextos. Por exemplo, no projecto de águas estas primitivas são muito convenientes na definição de todo o sistema de canalização embutido num edifício.

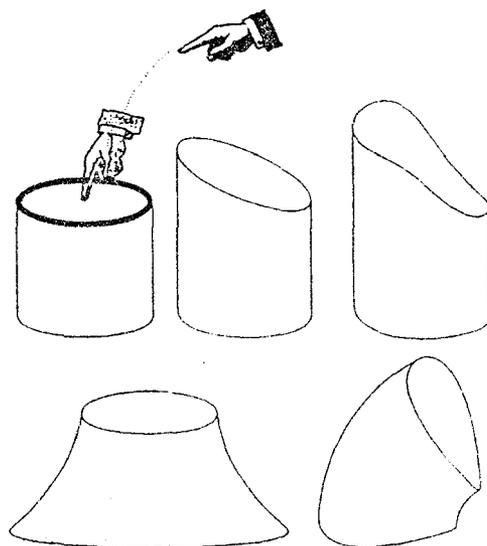


Figura 7 - Técnicas de deformação de objectos.

4.3. Técnicas de Selecção

Na manipulação da geometria de um objecto sólido em primeiro lugar o utilizador tem de seleccionar uma entidade geométrica. Muitos sistemas fornecem características que permitem modificar o modo de *picking*, isto é, o modo que determina a entidade para a qual é executada o *snap*.

Na parte inferior da figura 5 por exemplo, tinha sido seleccionado o vértice do topo da pirâmide, mas poderia eventualmente ser a nossa pretensão seleccionar uma aresta adjacente a este vértice. Assim, frequentemente a entidade geométrica a seleccionar não é única e depende fortemente na precisão do sistema. A utilização de um modo de *picking* evita esta ambiguidade. Se o utilizador pretende seleccionar vértices então estabelece o modo *snap to vertex*, caso contrário pode indicar o modo *snap to edge*, ou outro estado com significado no contexto da aplicação.

O processo de *picking* é realizado pela aplicação da técnica de interacção suportado pelo estabelecimento de campos gravíticos em torno das entidades geométricas seleccionáveis [FOLE90]. A figura 8 identifica o campo gravitacional da aresta.

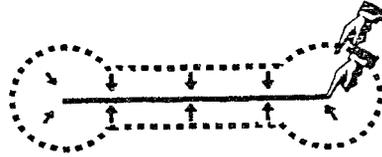


Figura 8 - Efeito de um campo gravitacional.

Como as funções gravíticas executam o *snap* para apenas uma entidade geométrica, o utilizador terá de comutar frequentemente de modo de *snapping*. Bier [BIER90] sugere uma função gravítica estendida que determina automaticamente o modo de *snapping*. Assim, esta função terá de calcular distâncias em 3D e cada uma das entidades geométricas: vértice, aresta, face tem o seu próprio campo gravitacional.

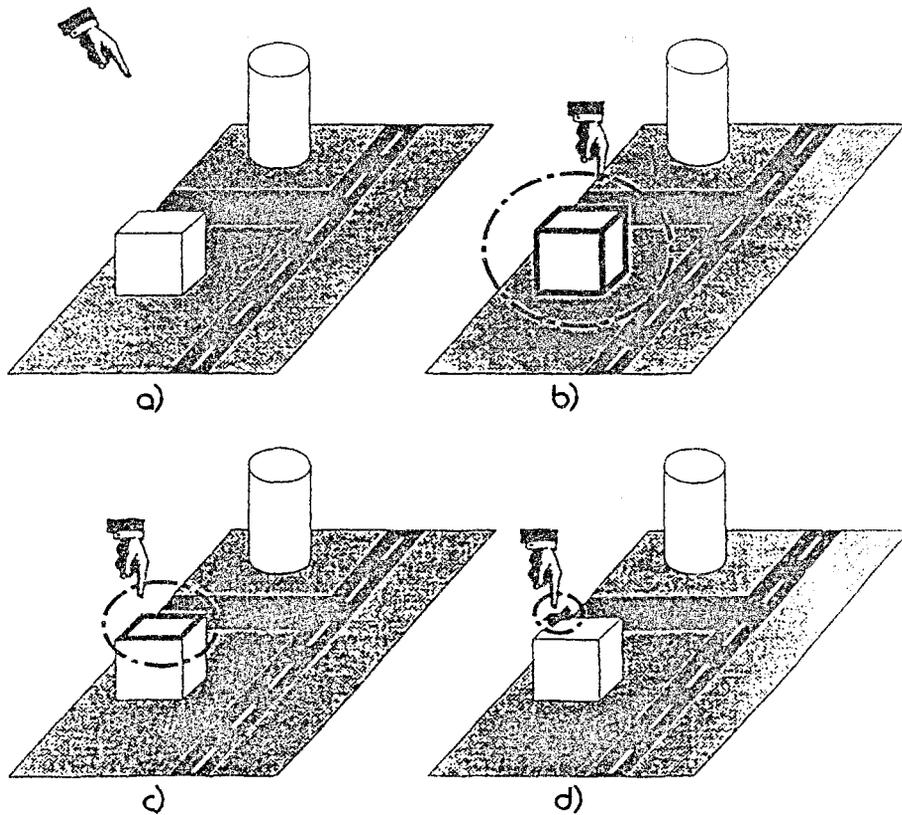


Figura 9 - Campo gravitacional das diversas entidades geométricas.

Quando o cursor se encontra na vizinhança dum vértice, este é seleccionado. Caso contrário, se o cursor está nas proximidade de uma aresta então é atraído por esta. Quando nenhuma destas condições se verifica, então é seleccionada a face mais próxima do cursor. A figura 9 ilustra esta técnica. O campo gravitacional é assinalado a traço interrompido.

4.4. Técnicas de Orientação

A navegação tridimensional é bastante complexa quando comparada com a executada num plano bidimensional, requerendo *feedback* adicional para evitar a sensação de desorientação. Em muitos sistemas de CAD este problema é resolvido apresentando-se simultaneamente várias vistas do objecto: principal, planta e lateral esquerda; por exemplo. No entanto, esta forma de *feedback* visual do objecto não é a mais natural e intuitiva para manipular objectos tridimensionais, daí que, outras formas devem ser experimentadas directamente sobre a visualização em perspectiva de modelo tridimensionais.

A figura 10 apresenta várias possibilidades de incrementar o *feedback* visual apresentado ao utilizador.

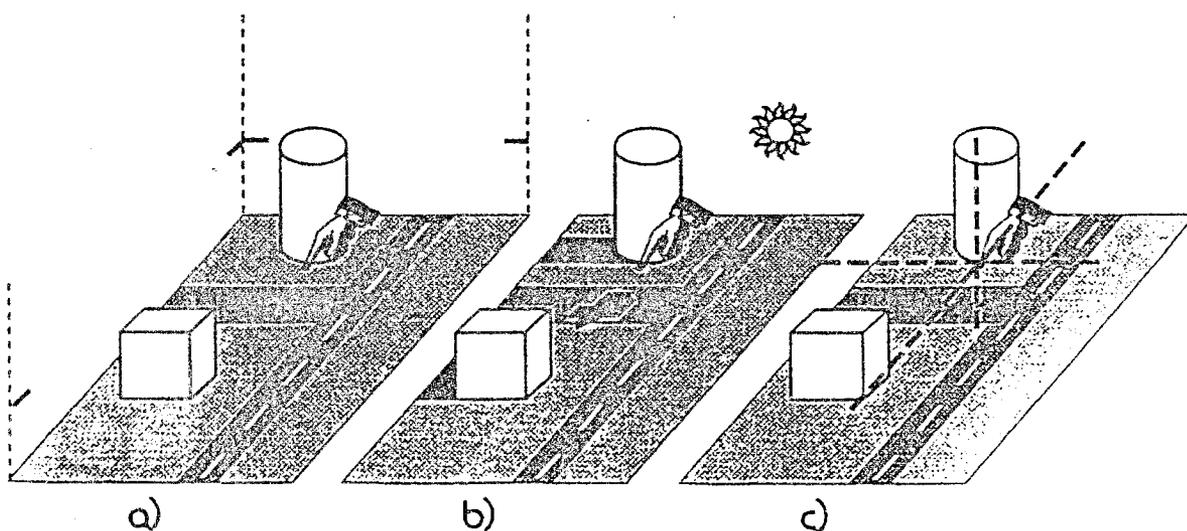


Figura 10 - Ajuda de orientação num cenário tridimensional.

Em (a) são utilizadas marcas nos cantos da cena. Com esta informação o utilizador determina a altura a que se encontra. A existência de uma fonte de luz permite a determinação de sombras associadas a cada objecto do cenário (b). Em particular, a sombra do cursor fornece ajuda adicional de orientação ao utilizador. Em (c) é apresentada a técnica de orientação mais eficaz. Uma «cruz»

3D é associada a uma mão virtual, fornecendo informação precisa da localização do utilizador no cenário virtual.

5. Protótipo

Do inquérito realizado, e já anteriormente referido, concluíram-se alguns desejos e necessidades ainda hoje não contemplados nos sistemas comerciais. Entre estas podemos referir:

- Pode ser extremamente útil a utilização de um mapa citadino, sobre o qual o projectista posicione e/ou modele volumes representando edifícios — de acordo com as técnicas de interacção apresentadas na secção 4.
- A navegação em tempo real sobre a «cidade» para facilmente analisar o ambiente global e estudar o impacto ambiental introduzido pelos novos edifícios é muito importante.

Estes dois desejos podem ser realizados vantajosamente num ambiente virtual. De referir que a navegação é um requisito de qualquer ambiente virtual e portanto satisfaz imediatamente um dos desejos.

Com o protótipo pretendeu-se a implementação de um ambiente que permitisse a construção e manipulação de volumes, enquanto modelos simplificados de edifícios, de uma forma muito intuitiva e simples. Foi utilizada como técnica primária de modelação o *sweeping*. O arquitecto/projectista poderá quer construir ou editar edifícios directamente em 3D quer utilizar o desenho da planta em 2D no local da construção para de seguida gerar o volume pretendido. Quando pretende manipular um edifício, por exemplo a distorção do volume ou a alteração de dimensões globais dos volumes, poderá ainda utilizar a técnica de *sweeping*.

Por outro lado, o arquitecto/projectista pode navegar no ambiente citadino criado ou em torno de edifícios.

Assim e no sentido de investigar a eficiência das técnicas discutidas na secção 4, algumas delas foram integradas no protótipo desenvolvido. De seguida é apresentado o resultado da implementação destas técnicas.

Projecto da Área de Construção

O utilizador selecciona o *gesto de construção* e inicia o projecto da planta da entidade a edificar. Neste sentido, o visitante toca na superfície terrestre com a mão virtual. O objecto 3D é criado



automaticamente pelo utilizador, assumindo a altura a que se encontra o cursor do chão, ao deixar de executar o gesto construtivo. A figura 11 ilustra estas duas fases desta tarefa.

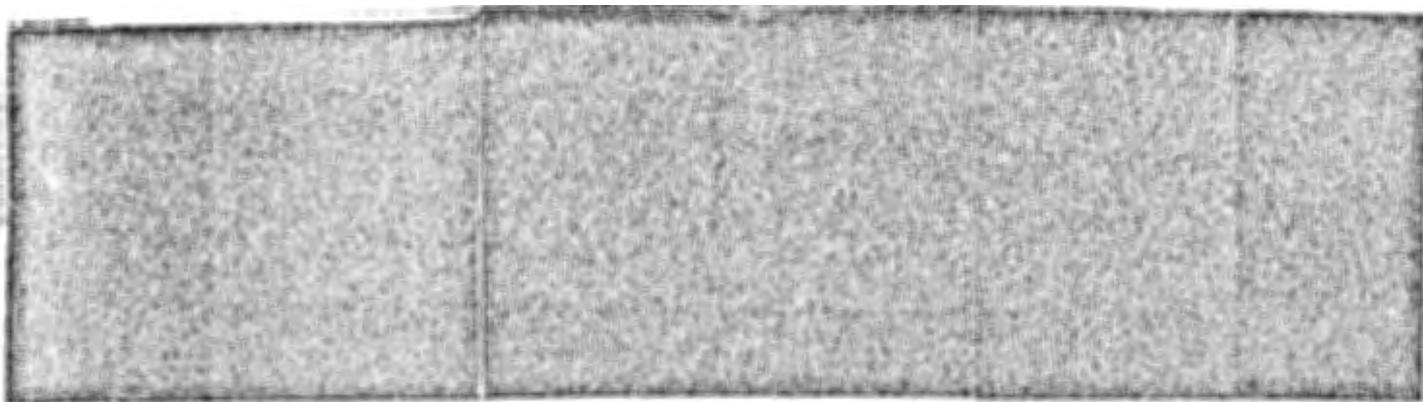


Figura 11 - Projecto da planta do edificio.

Sweeping na Direcção da Normal à Face

Após a construção de um objecto podemos manipulá-lo, por recurso à técnica de *sweeping* na direcção da normal à face. Assim, o utilizador executa o *gesto de sweeping* e toca numa face que seguirá posteriormente o movimento da mão (fig. 12).

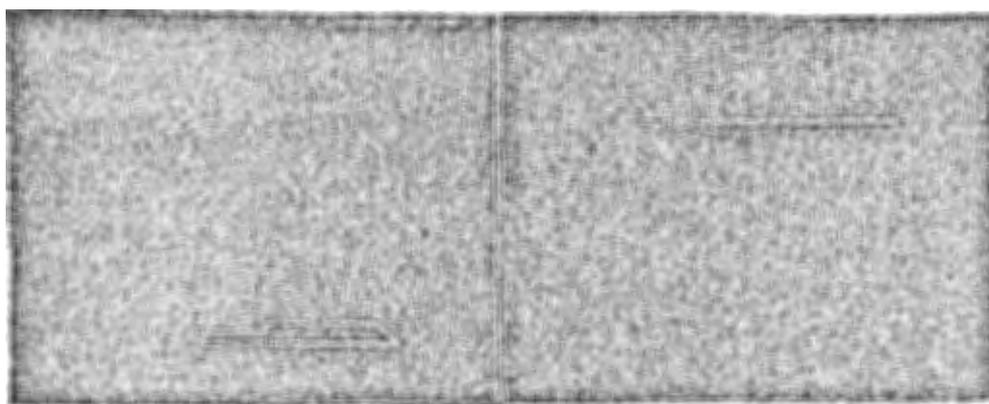


Figura 12 - *Sweeping* de uma face dum objecto.

Snapping

O objecto próximo do cursor é considerado seleccionado. Para indicar qual é o objecto seleccionado actualmente este é «iluminado», desenhando as arestas do objecto a cor diferente (fig. 13).

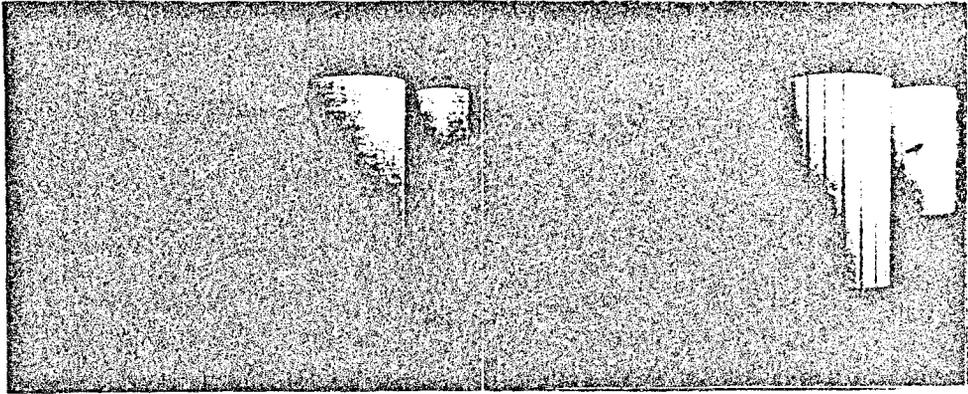


Figura 13 - *Snapping* de objectos.

«Cruz» 3D e Sombras

Para aumentar o *feedback* de orientação num cenário virtual o utilizador pode activar uma «cruz» tridimensional. De um modo semelhante, o visitante pode igualmente activar o desenho de sombras para aumentar a percepção do espaço 3D. A figura 14 apresenta a «cruz» 3D conjuntamente com a sombra dos objectos presentes no ambiente virtual.

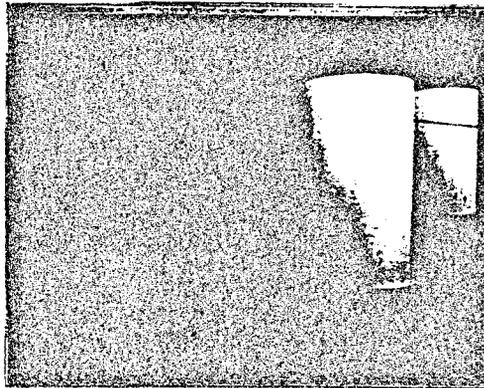


Figura 14 - Ajuda à orientação no ambiente virtual.

Gridding

A figura 15 apresenta a visualização de uma malha de *gridding* que permite a selecção de pontos que pertençam a esta rede.

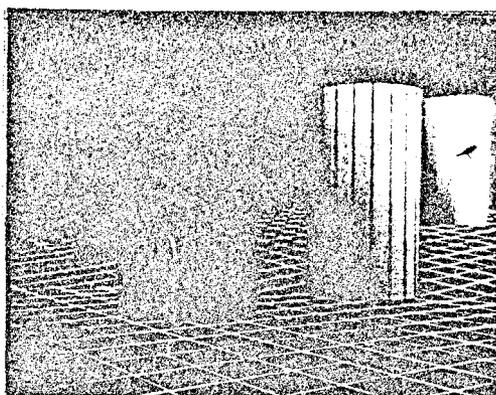


Figura 15 - *Grid*.

6. Conclusões

Actualmente os utilizadores de sistemas de CAD são confrontados frequentemente com interfaces pouco naturais e intuitivas, diminuindo a produtividade e a satisfação do utilizador. Neste sentido e com a intenção de conhecer as reais necessidades e dificuldades dos utilizadores do domínio da arquitectura, realizámos um inquérito que nos permitiu estudar este grupo.

Assim verificámos que, nas fases iniciais de projecto existia o desejo de interacção directa com modelos tridimensionais usando dispositivos de interacção 3D (*spaceball*, *dataglove*). Desta forma, avançámos com o desenvolvimento das técnicas de interacção 3D de construção e manipulação num espaço virtual arquitectural. Neste, o projectista cria plantas e volumes de edifícios directamente em mapas citadinos, usando uma mão virtual. Adicionalmente, para aumentar a percepção de profundidade no ambiente virtual, introduzimos igualmente *guidelines* tridimensionais.

No futuro pretende-se estender a funcionalidade actualmente disponível para melhorar a selecção directa de entidades geométricas (arestas e vértices) com a mão virtual.

Referências

- [BIER90] Bier, E. A.; "Snap-Dragging in Three Dimensions", ACM 1990.
- [BÖHM92] Böhm, Klaus; Hübner, Wolfgang; Väänänen, Kaisa; " GIVEN : Gesture Driven Interactions in Virtual Environments, a Toolkit Approach to 3D Interactions"; Proceedings of the "Interfaces to Real and Virtual Worlds" Conference, Montepelier, March 23-27, 1992.
- [BRYS92] Bryson, Steve; "Survey of Virtual Environment Technologies and Techniques"; in "Implementation of Immersive Virtual Environments", Course Notes 9, Siggraph 92.
- [ENCA90] Encarnação, J.L.; Linder, R.; Schelechtendahl, E.G.; "Computer Aided Design: fundamentals and system architecture"; 2d ed., Springer-Verlag, 1990.
- [FIGU93a] Mauro Figueiredo, Klaus Boehm, José Teixeira, "Precise Object Interactions using Solid Modeling Techniques", in Proceedings of IFIP TC 5/WG 5.10 Conference on Modeling in Computer Graphics, B. Falcidieno and T. L. Kunii (Eds.) pp. 157-176, 1993, Itália.
- [FIGU93b] Mauro Figueiredo, Klaus Boehm, José Teixeira, "Advanced Interaction Techniques in Virtual Environments", Computer & Graphics Vol. 17, No. 6, November/December, pp. 651-661, 1993.

