



## UMA PROPOSTA PARA USO DE SISTEMAS ESTEREOSCÓPICOS MODERNOS NO ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DES. TÉCNICO

*Eduardo Toledo Santos*

Depto. de Eng. Construção Civil (PCC) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo  
Edif. de Eng. Civil – Cid. Universitária – São Paulo – SP  
CEP 05508-900 – toledo@pcc.usp.br

### **Abstract**

This paper presents a survey on some of the stereo visualization devices and techniques available today and proposes their use for the Descriptive Geometry and Technical Drawing education. As the lack of spatial visualization skills is among the prime factors for failure in learning these disciplines, the use of advanced technologies for correcting this situation is advisable. Because the spatial perception is enhanced on true-stereo devices, the proposed research tries to verify if these equipment, used together with custom educational software, can improve the spatial skills of engineering students. The resources to be developed include Java applets, standalone interactive applications and 3D computer animations.

### **Key Words**

Stereoscopy, Spatial Ability, Descriptive Geometry, 3D Animation.

### **Resumo**

Este artigo apresenta uma visão geral sobre técnicas e dispositivos de visualização estéreo disponíveis atualmente e propõe o seu uso para a educação em Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Como a falta de capacidade de visualização espacial está entre os principais fatores para o insucesso na aprendizagem destas disciplinas, o uso de tecnologias avançadas para solucionar este problema é aconselhável. Devido ao fato de a percepção espacial ser melhorada nos dispositivos estéreo, a pesquisa proposta tenta verificar se estes equipamentos, usados em conjunto com software educacional especialmente desenvolvido para esta finalidade, pode aumentar as habilidades espaciais de estudantes de engenharia. Os recursos a serem desenvolvidos incluem *applets* Java, aplicações interativas e animações 3D feitas por computador.

### **Palavras Chave**

Estereoscopia, Habilidade Espacial, Geometria Descritiva, Animação 3D.

## **Introdução**

A estereoscopia está relacionada com a capacidade de percepção de profundidade espacial. Por isso, há muito tempo atrás, começou a ser utilizada para facilitar a visualização de situações espaciais complexas e, particularmente, também no estudo da Geometria Descritiva. As primeiras experiências se utilizavam de técnicas simples como anaglifos e pares estéreo. Com o desenvolvimento tecnológico, hoje dispõe-se de dispositivos mais sofisticados que abrem novas possibilidades para uso destas técnicas.

Este artigo relata sobre novas experiências didáticas, em desenvolvimento pelo autor, empregando tecnologia estereoscópica moderna como óculos obturadores a cristal líquido (*LCD shutter glasses*) e projetores 3D polarizados, além de técnicas convencionais, porém num novo contexto. Tais dispositivos e técnicas estão sendo empregados em conjunto com o desenvolvimento de animações estéreo, aplicativos interativos para uso autodidata e ferramentas didáticas para uso do professor em sala de aula.

Alguns destes recursos podem ser usados exclusivamente no ensino presencial mas outros são adaptáveis para o ensino a distância, característica que deseja-se explorar.

A pesquisa em desenvolvimento pretende averiguar a efetividade do uso de tais recursos, tendo-se o cuidado de isolar a contribuição do efeito estereoscópico de outros que certamente trazem motivação ou ganhos didáticos aos estudantes tais como as aplicações interativas, uso da Internet e animações, entre outros.

## **Relevância**

O Desenho Técnico e as representações planares (vistas ortográficas, perspectivas, projeções cotadas, etc.) são parte essencial de qualquer curso de Engenharia, já que grande parte do trabalho do engenheiro visa a concepção de objetos, sejam pequenas ferramentas ou grandes pontes e barragens. A necessidade de representação de tais projetos tridimensionais em papel, uma mídia 2D, é o que torna tais disciplinas essenciais hoje e, a despeito da enorme penetração dos sistemas CAD, também no futuro previsível, dada a praticidade do desenho impresso. A Geometria Descritiva também impõe-se como indispensável, pois é uma das ferramentas mais adequadas para manipulação de tais representações.

Muitos alunos dos cursos de engenharia e arquitetura enfrentam problemas no aprendizado dos tópicos referentes às representações planares e Geometria Descritiva devido à sua baixa capacidade de visualização espacial (Baartmans et al., 1995). É fato conhecido e amplamente documentado a relação entre a capacidade de visualização espacial e o desempenho em cursos de Geometria Descritiva (Shiina & Tsutsumi, 94) (Sorby & Gorska, 98).

Esta dificuldade enfrentada pelos alunos adquire maior significância se levado em conta o fato de que estas disciplinas são ministradas no primeiro ano dos cursos de engenharia, os quais tradicionalmente sofrem de altas taxas de evasão devido, entre outros fatores, à desmotivação dos estudantes. O emprego das ferramentas propostas neste trabalho, além dos resultados específicos em relação à habilidade de visualização espacial, certamente se constituirá num fator de motivação para os alunos.

A utilização de técnicas estereoscópicas apresenta grande potencial para melhoria na habilidade de visualização espacial, particularmente nos indivíduos com maiores

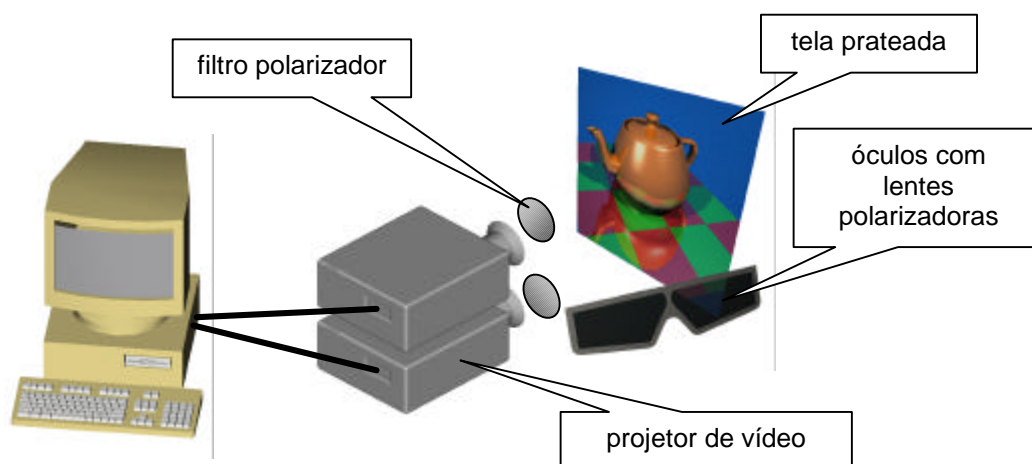
dificuldades, pois permitem a compreensão das situações 3D apresentadas nos exercícios, permitindo seu desenvolvimento.

### **Dispositivos e Técnicas Estereoscópicas**

A estereoscopia está relacionada à capacidade de enxergar em 3 dimensões, de perceber profundidade. O princípio de funcionamento da maioria dos dispositivos estereoscópicos é o oferecimento de imagens distintas aos olhos esquerdo e direito do usuário, proporcionando sensação de profundidade, tal qual a obtida quando observa-se um objeto real, sólido (do grego *stéreas* = sólido).

Algumas das principais técnicas de estereoscopia são resumidas a seguir:

**Projeção polarizada:** nesta técnica utilizam-se dois projetores, cada um projetando a imagem referente a um olho. Na frente das lentes dos projetores são colocados filtros polarizadores da luz projetada. Os filtros são rotacionados de tal forma que a polarização da luz dos projetores tem orientações defasadas de  $90^\circ$ . O usuário, por sua vez, utiliza óculos também com lentes polarizadoras, com orientações coincidentes com os filtros dos projetores. As projeções dos dois projetores são feitas sobrepostas em uma tela prateada (que preserva a polarização da luz incidente, na reflexão). Desta forma, cada olho enxerga apenas a imagem projetada por um dos projetores, gerando o efeito 3D (figura 01).



- fig. 01 - Projeção polarizada

Quaisquer projetores de vídeo podem ser utilizados nesta aplicação. Os filtros polarizadores e óculos são de baixo custo. É necessária uma tela prateada ou metalizada.

A empresa VRex (<http://www.vrex.com>) produz um projetor único (figura 02) capaz de substituir os dois desta montagem, usando uma tecnologia de lentes que polariza as linhas pares e ímpares da imagem em direções diferentes. Cada olho enxerga finas linhas escuras intercaladas na imagem, porém sua alta resolução (1024x768) evita que este seja um incômodo significativo. Por outro lado, a montagem do sistema é muito mais simples e o registro das duas imagens é perfeito em toda a sua extensão, o que nunca é atingido com o uso de dois projetores.



- fig. 02 - Projetor estéreo VRex 2210

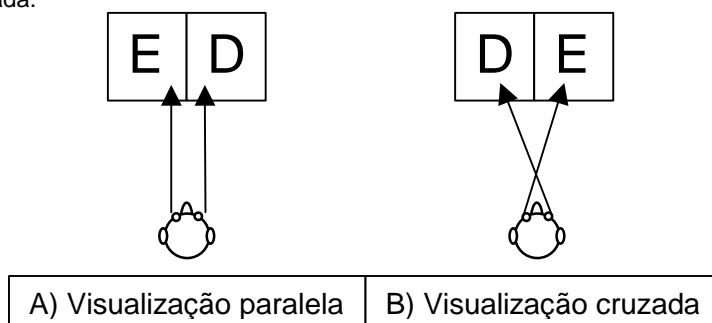
**Óculos obturadores sincronizados:** nesta técnica o usuário que observa a tela do computador ou televisor deve utilizar um par de óculos especiais, cujas lentes são feitas de cristal líquido. As lentes podem ficar instantaneamente transparentes ou opacas, de acordo com um controle eletrônico. Este controle é sincronizado com o sinal de sincronismo vertical do sinal de vídeo de forma a deixar, por exemplo, opaca a lente da esquerda e transparente a da direita quando estiver sendo exibido na tela o quadro referente ao olho direito e vice-versa. O sinal de vídeo deve apresentar, sucessivamente, as imagens esquerda e direita, em sincronismo. Como as taxas de refrescamento do vídeo são suficientemente rápidas (30 ou 60Hz), o resultado é que cada olho enxerga uma imagem diferente, resultando no efeito 3D. Alternativamente, o sinal de vídeo pode ser entrelaçado (linhas pares mostram a imagem esquerda e linhas ímpares mostram a imagem para o olho direito), reduzindo o cintilamento da imagem. Existem hoje no mercado óculos obturadores de baixo custo (U\$50.00) como o modelo mostrado na figura 03. Estes óculos, com seu controlador conectado a microcomputador ou fonte de vídeo, permitem a visualização em estéreo no monitor de vídeo ou televisão. São adequados para uso individual.



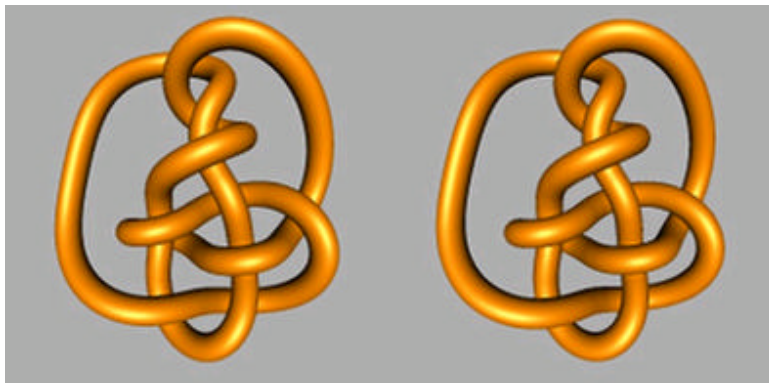
- fig. 03 - VRex LC Shutter glasses

**Par estéreo:** neste modo de visualização são apresentadas duas imagens, lado a lado, geradas de forma que a posição do observador utilizado na geração de cada uma encontra-se em posição ligeiramente deslocada na horizontal (correspondendo à distância entre os "olhos" do observador). Para a visualização de um par estéreo, o usuário deve procurar convergir os olhos (vesgando-os ou mirando um ponto muito distante, dependendo da disposição das imagens no par<sup>(1)</sup>), de modo a ver três imagens. A imagem central aparece com profundidade. Os pares podem ser impressos ou mostrados na tela do computador. A figura 05 mostra um par estéreo (visualização cruzada).

(1) As imagens num par estéreo podem ser dispostas de duas maneiras: a imagem esquerda no lado esquerdo e a direita no lado direito (figura 04a), ou ao contrário (figura 04b). A primeira forma é usada no método de visualização paralela e a segunda, no método de visualização cruzada.



- fig. 04 - Métodos de visualização de um par estéreo



- fig. 05 - Par estéreo, visualização cruzada (© Robert G. Scharein)

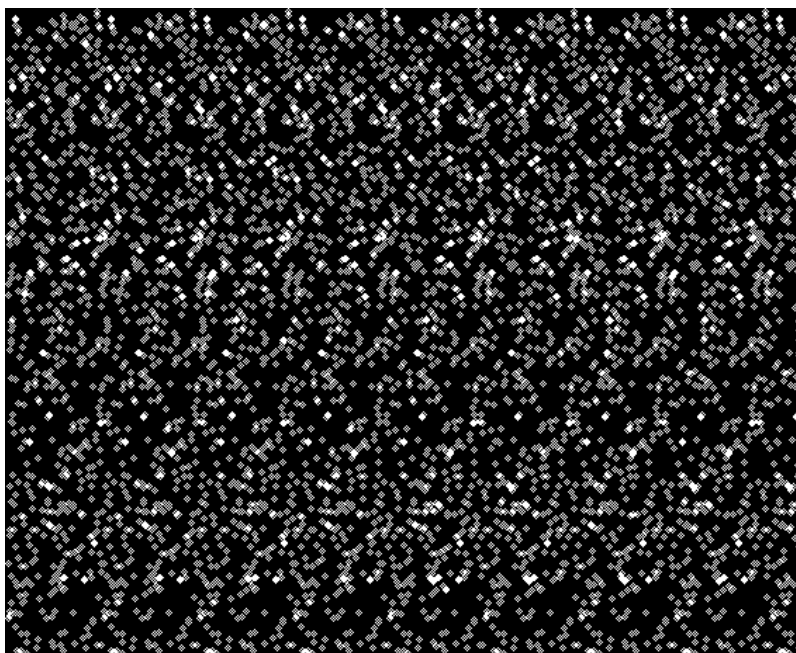
**Anaglifos:** nesta técnica (Nycyper & Heppes, 1994), as mesmas imagens do par estéreo são agora reproduzidas, porém centralizadas na tela, superpondo-se. No entanto, a imagem correspondente ao olho direito é desenhada na cor vermelha enquanto a do olho esquerdo usa a cor verde. O uso de óculos com lentes vermelha no olho esquerdo e verde no olho direito, atuando como filtros, permitem que cada olho enxergue apenas a imagem correspondente, gerando o efeito estéreo. Os óculos bi-cromáticos são de baixíssimo custo. O anaglifo pode ser impresso ou exibido na tela do computador. As cores das lentes podem variar, sendo comum a substituição do verde pelo azul. Existem anaglifos onde a imagem é colorida, outros em tons de cinza ou com cores puras (somente vermelho e verde/azul). A qualidade do efeito estéreo varia, sendo crescente nesta mesma ordem.

**Monitores lenticulares:** estes monitores especiais têm um sistema de lentes que permitem que, quando duas imagens são mostradas lado a lado no monitor (comprimidas no sentido horizontal) o usuário enxergue apenas uma (não comprimida), em estéreo, sem o uso de óculos especiais. São dispositivos ainda raros e caros e o efeito estéreo só aparece quando o usuário visualiza a tela de uma posição bem específica, frontal.

**Efeito Pulfrich:** o olho humano tende a perceber a luz de forma mais lenta quando a intensidade é menor. O uso do efeito Pulfrich para obtenção de estéreo se faz através do uso de um filtro em um dos olhos (pode ser uma lente de óculos escuros) e uma animação convencional. A percepção diferenciada da mesma animação pelos dois olhos faz com que o usuário enxergue o mesmo objeto em posições diferentes com cada olho, gerando a sensação de profundidade. É um sistema extremamente barato e simples, porém o controle da profundidade não é completo e só funciona com objetos em movimento.

**Estereogramas de pontos aleatórios (Random-Dot Stereogram):** estes estereogramas são baseados na mesma idéia dos pares estereoscópicos, porém as duas figuras são construídas na mesma imagem, com apenas uma parte (aquela a que se deseja mudar a profundidade) alterada. A figura 06 mostra um exemplo.

**Estéreo por disparidade cromática (ChromaDepth™):** Com o uso de óculos com lentes especiais é possível codificar diferentes profundidades na imagem através de suas cores. As lentes ChromaDepth™ (<http://www.chromatek.com/>) mudam a direção da luz que as atravessa de acordo com sua cor, criando o efeito estéreo. Este método é bastante barato porém não permite o uso das cores de forma natural e de fácil controle. Pode, no entanto, ser usado na forma impressa, no computador ou em vídeo.



- fig. 06 - Estereograma de pontos aleatórios

### ***Usando a estereoscopia para ensino de Desenho e Geometria***

A estereoscopia foi usada no passado em livros de Geometria Descritiva para auxiliar a visualização das formas e inter-relacionamento entre elementos geométricos no espaço. A técnica usada normalmente era o anaglifo.

Com o advento das novas tecnologias relatadas na seção anterior, pode-se agora utilizar com mais facilidade e sucesso técnicas estereoscópicas no aprendizado de Geometria e Desenho Técnico. A finalidade básica de seu uso é sempre o de facilitar a visualização espacial.

Estamos propondo o desenvolvimento de um projeto com dois objetivos básicos:

- desenvolver ferramentas e material didático para ensino de Desenho Técnico e Geometria empregando tecnologia estereoscópica avançada;
- avaliar o impacto desta tecnologia no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial;

As disciplinas de Desenho para Engenharia da Escola Politécnica da USP dispõem de dois projetores estéreo VRex VR2210 e 10 óculos obturadores VRSurfer.

Os materiais que se pretende desenvolver são basicamente de dois tipos:

- **programas interativos**, escritos em linguagem Java (Arnold & Gosling, 1998), na forma de *applets* ou aplicações independentes. Podem assim ser disponibilizados na Internet e usados no ensino à distância, além de apoiar o ensino presencial.
- **animações 3D**, a serem usadas em sala de aula, ilustrando os problemas e conceitos mais complexos, que nossa experiência mostrar ser de difícil compreensão para os alunos.

Na primeira categoria, foi desenvolvido um *applet* para visualização interativa, em estéreo, de situações geométricas espaciais para o ensino de geometria projetiva (Santos et al, 1998). Foram implementados os métodos anaglifo e par estéreo, adaptados ao uso no ambiente diversificado da Internet através de configuração. Esta ferramenta pode ser disponibilizada em páginas web e integra um tutorial *on-line*.

Para uso em sala de aula, pode ser implementada na forma de aplicação independente (*standalone*), e visualizada através de projeção polarizada ou óculos obturadores individuais. Dispondo de uma interface que permita ao professor facilmente criar planos e linhas em posição especial (topo, vertical, de perfil, paralelo à linha de terra, horizontal, etc.) ou qualquer e ainda posicionar pontos, esta aplicação deverá facilitar grandemente a visualização de propriedades geométricas espaciais e estratégias de solução de exercícios de Geometrias Projetiva, Descritiva e Cotada.

Pretende-se preparar animações 3D, estéreo para ilustrar conceitos e problemas complexos, incluindo múltiplas mudanças de plano e projeção em planos especiais. Tais animações podem ser disponibilizadas em fita de vídeo ou ficar disponibilizadas no computador em forma de arquivo AVI, para uso imediato, de acordo com a conveniência do professor.

### **Metodologia de Avaliação**

A avaliação dos resultados deve ser feita basicamente através da aplicação dos recursos desenvolvidos e medidos através da evolução dos resultados dos estudantes no Teste de Rotação Mental (MRT - *Mental Rotation Test*) (CEEB, 1939). Este teste é internacionalmente adotado para medição da capacidade de visualização espacial (Vanderberg & Kuse, 1978) (Shiina et al., 1992). Adicionalmente, pode ser usado o MCT - *Mental Cutting Test* (Saito et al. 1996).

Devem ser formados e avaliados 3 grupos de estudantes: grupo de controle, que receberá instrução convencional, sem o uso de novos recursos; grupo de teste 1, que será exposto às ferramentas desenvolvidas; grupo de teste 2, que utilizará as ferramentas desenvolvidas, porém não operando em modo estéreo, para que seja medido o ganho proporcionado exclusivamente por esta característica.

O MRT será aplicado antes (pré-teste) e após (pós-teste) a exposição dos três grupos ao material desenvolvido (ou à aula tradicional, no caso do grupo de controle), de forma a mensurar-se a evolução relativa de suas capacidades de visualização espacial.

O grupo de teste 2 receberá instrução com ferramentas interativas e com as mesmas animações do grupo 1, porém sem ativação do sistema estéreo pois sabemos que os estudantes alvo (ingressantes nos cursos de Engenharia) são fortemente motivados por conteúdos com multimídia, animações e, mais ainda, inovações como a projeção estéreo. O efeito motivacional desta última não poderá ser separado do ganho devido exclusivamente à visualização.

### **Conclusão**

A tecnologia atual disponibiliza ferramentas importantes para a superação de obstáculos didáticos presentes no processo de ensino-aprendizagem de Desenho Técnico e Geometria Descritiva.

A visualização estéreo talvez possa ajudar no desenvolvimento da capacidade de visualização espacial dos alunos de Engenharia. A pesquisa proposta visa responder a esta questão, através do desenvolvimento de ferramentas didáticas para uso na Internet e no ensino presencial (sala de aula).

Experiências preliminares deste trabalho mostraram boa aceitação pelos alunos. Existe grande potencial para que, particularmente estudantes com baixa capacidade de visualização espacial, possam transpor com mais facilidade as barreiras iniciais oferecidas pela Geometria Descritiva e representação por Vistas Ortográficas, atingido mais rapidamente os objetivos pedagógicos desejados.

## **Bibliografia**

- ARNOLD, K., GOSLING, J., , *The Java Programming Language*, 2<sup>nd</sup> Edition, Addison-Wesley Publishing Co.: Reading, Mass., USA, 1998
- BAARTMANS, B. et al. *Introduction to 3-D Spatial Visualization* , Prentice Hall, 1995.
- CEEB (College Entrance Examination Board) *Special Aptitude Test in Spatial Relations*, USA: 1939.
- NICYPER, R., HEPPE, A. *Constructing Anaglyph Images on Phantogram Perspective Charts*, West Corvina, Calif., USA: Jerry Haines Sales: 1994.
- SANTOS, E. T. ; CHENG, L. Y. ; PETRECHE, J. R. D *An On-Line Interactive Tutorial on Projective Geometry* In: Proceedings of the Eighth International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, pp.593-597, Austin, TX, USA, 1998.
- SANTOS, E. T., PETRECHE, J. R. D. and CHENG, L. Y. *Ensino da Geometria Projetiva através da Internet*, II Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho (GRAPHICA 98), p. 291-301, Set. 1998, Feira de Santana, BA.
- SHIINA, K., Saito, T., SUZUKI, K., Jingu, T. and TSUTSUMI, E. *Evaluation of Students' Spatial Ability by a Mental Rotations Test*, Proceedings of the 5th ICECGDG, pp.286-290, Melbourne, 1992.
- SHIINA, Suzuki, K. and TSUTSUMI, E.: *The Relation between a Mental Rotations Test and Examination Performance in Descriptive Geometry*, In: Proceedings of the 6th ICECGDG, pp.791-795, Tokyo, 1994.
- SORBY, S. A. and GORSKA, R. *The Effect of Various Courses and Teaching Methods on the Improvement of a Spatial Ability*, Proceedings of the 8th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Austin, v. 1, pp.252-256. 1998.
- SAITO T. et al., "Spatial Ability Evaluated by a Mental Cutting Test", Proc. 7th ICECGDG, pp.569-573, Cracow, 1996.
- VANDERBERG, S. G. ; KUSE, A. R., *Mental Rotations, a Group Test of Three-dimensional Spatial Visualization*, Perceptual and Motor Skills, n. 47, pp.599-604, 1978.