

UM ESTUDO SOBRE O USO DE PROGRAMAS CAD GRATUITOS EM CURSOS DE DESENHO PARA ENGENHARIA

Carolina Chaves Barbosa¹; Liang-Yee Cheng²

USP - Escola Politécnica - Departamento de Engenharia de Construção Civil

Av Prof Luciano Gualberto – travessa 2 - 83

CEP : 05508-900 ,São Paulo, SP

¹carolina.barbosa@poli.usp.br

²cheng.yee@poli.usp.br

Resumo: A tecnologia CAD (*Computer Aided Design*) difundiu-se a partir da década de 80 devido à facilidade e rapidez na elaboração e modificação de projetos em relação à ferramenta tradicional. Dentro deste contexto, no ensino moderno de Desenho para Engenharia, o uso da ferramenta é imprescindível para o aprendizado dos conceitos teóricos, tais como Geometria Projetiva e Modelamento Geométrico, visando o desenvolvimento de habilidades espaciais e o domínio da linguagem técnica gráfica e da ferramenta de projeto. Porém, devido a limitação de recursos, muitas universidades, principalmente as públicas, enfrentam dificuldades para incluir ou manter um sistema de CAD para o curso, pois, mesmo com a licença acadêmica, seu custo é muito elevado. Uma solução para esse problema pode ser a utilização de programas CAD gratuitos no curso. Além de diminuir os custos com a aquisição e manutenção dos softwares na universidade, os alunos podem praticar e fazer exercícios em suas próprias casas. Com o objetivo de estudar a viabilidade da aplicação de CAD gratuito no curso de desenho, foram feitas análises de softwares encontrados no mercado sob ótica dos requisitos do curso da EPUSP e realizado mini-cursos com alunos do curso para coleta de informações adicionais. Os resultados indicam que o uso dos programas gratuitos para construções 2D é viável. No caso programas para o modelamento 3D, algumas restrições precisam ser contornadas.

Palavras-chave: CAD, Freeware, Ensino, Desenho

1. INTRODUÇÃO

O advento da tecnologia CAD (*Computer Aided Design*) gerou uma grande mudança na elaboração de projetos de engenharia, devido as suas muitas qualidades importantes que não encontramos nos instrumentos tradicionais de desenho, tais como rapidez, eficiência e facilidade de possíveis revisões (JACQUES, 2003). Com relação ao ensino da representação gráfica nos cursos de engenharia, de acordo com ROSSI *et al.* (2004), a computação gráfica abriu uma porta para a melhor visualização de objetos em 3 dimensões a partir de vistas ortográficas e de perspectivas. Por outro lado, os autores também destacaram novas questões relacionadas aos conteúdos e metodologia utilizadas.

Atualmente as universidades estão adotando a ferramenta computacional para acompanharem o mercado e se adequarem às novas diretrizes de ensino, que diminuem a carga horária e devem atender a uma geração de alunos que não tem o ensino de desenho no curso médio de nível. Mas, muitas das universidades, principalmente as públicas, possuem

recursos limitados para adquirirem e manterem o sistema CAD, por causa dos custos elevados dos softwares comerciais, mesmo considerando os preços das licenças acadêmicas. Além disso, muitos alunos não possuem condições para comprar esses programas e utilizá-los em suas próprias casas (CHENG e BARBOSA, 2007).

Para a redução dos custos com a implantação da ferramenta CAD, no ensino pelas universidades e no uso dos alunos, propomos, a solução da utilização de softwares gratuitos, que além de reduzirem os custos também trazem outras vantagens indicadas durante a apresentação deste trabalho. A metodologia utilizada na análise dos programas foi baseada no conteúdo das disciplinas de desenhos ministradas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

2. ENSINO DE DESENHO

3.1 Ensino de desenho no Brasil

Com a mudança na diretriz de ensino introduzida na década de 70, Desenho deixou de fazer parte dos currículos nos níveis fundamental e médio, restringindo o assunto somente a algumas escolas e aos cursos técnicos. Deste modo, os alunos ingressantes dos cursos de engenharia, na sua minoria oriunda de escolas técnicas, acabam tendo dificuldades no aprendizado devido ao falta do conhecimento prévio. Por outro lado, a mudança curricular nas universidades brasileiras, ocorridas a partir da década de 90, diminuiu a carga horária do Desenho nos cursos de Engenharia, e impôs outro desafio ao ensino. Em função disso, diversos estudos sobre didática mais eficiente e eficaz foram realizados (ANDRADE, 2003).

Devido a vantagens do uso de CAD como rapidez e precisão, a tecnologia difundiu-se no meio empresarial, e evoluiu de forma acelerada, causando uma mudança irreversível nas práticas profissionais. A incorporação da tecnologia CAD no ensino de engenharia ocorreu no final da década de 80. Entretanto, a tecnologia só foi difundida, dentro das universidades, com maior rapidez a partir do final da década de 90. Segundo a pesquisa de MORAES (2001), no início do século XXI, o ensino de CAD no Brasil estava sendo feito por apenas 18% das faculdades de engenharia. Essa defasagem é em parte, devido à falta de uma metodologia consagrada para o ensino, que é agravada pela rápida evolução tecnológica e a falta de recursos para a implementação.

Atualmente, com ênfase no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial, de modo geral, o uso de CAD já é comum nos cursos de engenharia, e coexiste com desenho a mão livre. Porém, a falta de recursos e a necessidade de busca de alternativas de menor impacto no orçamento continua sendo um grande desafio para a manutenção e aprimoramento da maioria dos cursos de representação gráfica nas faculdades de engenharia do Brasil.

3.2 Ensino de desenho na EPUSP

Para o estudo da viabilidade do uso de programas CAD gratuitos no ensino de Desenho para engenharia, adotamos, como referência, o curso da EPUSP. No início da década de 90, como pioneiro na introdução de CAD no ensino de engenharia no Brasil, CAD foi aplicado experimentalmente em no ensino de Desenho para Engenharia em algumas turmas na EPUSP. Logo em seguida, o ensino de CAD foi difundido a todos os alunos ingressantes, substituindo o ensino do desenho tradicional. Por volta de 1996, o curso de Desenho foi reformulado novamente, dando maior equilíbrio entre o aprendizado dos fundamentos teóricos e a prática da ferramenta CAD. O domínio das teorias e técnicas de representação gráfica necessária ao exercício da profissão, e o desenvolvimento das capacidades de raciocínio espacial, da

visualização tridimensional e da interpretação da linguagem técnica passaram a ser os objetivos do curso (MONICE et al, 2003).

Atualmente, o curso de Desenho é constituído de duas disciplinas semestrais, de 30 horas aula cada: Geometria Gráfica e Representação Gráfica, que são oferecidas, respectivamente, no primeiro e no segundo semestre. As aulas são ministradas no Laboratório de Ensino de CAD (LEC). Criado em 2005, o laboratório foi resultado da parceria com mais de 20 empresas com a Escola Politécnica. Além disso, os programas utilizados em sala de aula foram fornecidos pela *Bentley* e pelo programa PACE (*Partners of the Advancement of Collaborative Engineering Education*).

Paralelamente as aulas teóricas e práticas, são oferecidas atividades programadas, onde os alunos praticam CAD 2D no primeiro semestre e CAD 3D no segundo, e desenvolvem os projetos semestrais (LAURINDO et al, 2003).

A disciplina de Geometria Gráfica tem como foco dar as noções básicas sobre Desenho Geométrico, Geometria Descritiva, Geometria Cotada e a representação por superfícies topográfica. O trabalho semestral é voltado para um típico problema da engenharia civil, no qual os alunos trabalham no projeto simplificado de uma linha de transmissão de energia, aplicando conceitos da Geometria Cotada, representações por superfícies topográficas e levantamento de perfis topográficos (SANTOS, 2003). O CAD utilizado na disciplina é o *Microstation SE*, da *Bentley*. Os principais recursos utilizados são:

- Entrada de dados através de coordenadas retangulares, polares, absolutas e relativas;
- Comandos de criação: linhas, círculos, arcos, elipses;
- Comandos de modificação: cortar, estender, chamfrar, arredondar;
- Comandos de seleção: selecionar, desselecionar, inverter seleção;
- Comandos de manipulação: mover, copiar, mudar escala, espelhar;
- Hachuras, curvas, zoom.

A disciplina de Representação Gráfica é focada na representação de objetos tridimensionais tais como: perspectivas, projeções ortográficas e representação de cortes em peças. O projeto semestral tem como objetivo fazer um carrinho que é capaz de superar um desafio específico. Em cada ano é um desafio diferente, e é voltado para um problema da engenharia mecânica e faz o aluno trabalhar com perspectivas e projeções no CAD (LAURINDO et al, 2003). O ensino do CAD NX3, da UGS, é voltado para o domínio e a práticas dos conceitos e métodos do modelamento geométrico de sólidos e modelamento de superfícies. Os principais recursos utilizados na disciplina são:

- Primitivas: criação de primitivas como blocos, cones e cilindros;
- Varredura: criação de sólidos a partir de superfícies planas extrudadas, podendo ser varreduras retangulares ou rotacionais;
- Operações booleanas: criação de sólidos a partir de dois sólidos mais simples com operações de união, subtração ou intersecção;
- *Features*: criação de sólidos mais complexos a partir de um sólido que sofre modificações como furos e chanfros;
- Superfícies: criação de superfícies não planas para modelar sólidos com formas geométricas mais complexas.
- *Sketch*: criação de figuras planas, porém com comandos de restrições, como por exemplo arco tangente a duas linhas e raio R;
- *Assemblies*: montagem de um sistema com vários sólidos criados anteriormente;

3. PROGRAMAS DE CAD GRATUITOS

Freeware é um software que possui a sua licença livre para redistribuição, mas não para a modificação do código fonte, que não é disponibilizado. Existem outros softwares menos restritivos, como por exemplo, o *Open Source*, que além de possuir sua licença livre também tem o código fonte liberado para possíveis modificações (HEXEL, 2002). Por simplicidade vamos usar o termo programas de CAD gratuitos para designar os programas de projeto assistido por computador com as licenças indicadas acima.

Além das vantagens relacionadas com os custos de aquisição e atualização, os programas gratuitos apresentam outras vantagens com relação ao treinamento, que geralmente é feito através de fóruns on-line conectados a rede mundial. Do ponto de vista dos alunos, a adoção dos programas permite a instalação livre nos seus computadores, eliminando a restrição de horário para a sua utilização e execução dos exercícios de casa, e as práticas ilegais. No caso dos programas de código aberto, os recursos dos programas poderão ser modificados para melhor adequação ao curso. Apesar da maioria dos programas gratuitos possuem recursos limitados, é possível criar um sistema completo integrando vários deles.

A partir das definições citadas anteriormente e dos recursos de CAD utilizados no curso da EPUSP, foi feito o levantamento dos softwares através de revistas especializadas e da internet, em *sites* de busca e *download*. Na Tabela 1 a seguir estão indicados os programas levantados e analisados durante o trabalho.

Tabela 1 - Programas CAD gratuitos levantados e analisados

2D			
Nome	Empresa	Licença	Site
A9Cad	A9 Tech	Freeware	http://www.a9tech.com
CadStd	John Apperson	Freeware	http://www.apperson.org/cadstd/
Delta Cad	Cypress Software	Trial	http://www.deltacad.com
FelixCAD 5 LT	GiveMePower GmbH	Freeware	http://www.givemepower.de
Free 2Desing	Think3	Freeware	http://www.free2design.org
JustCad	Jon Hoke	Freeware	http://www.justcad.com
QCad	RibbonSoft GmbH	Código Aberto	http://www.qcad.org
Solid Edge Free 2D	UGS	Freeware	www.solidedge.com/free2d/
3D			
Nome	Empresa	Licença	Site
Blender	Blender Foundation	Código aberto	http://www.blender.org
BRL-CAD	Governo americano	Código aberto	http://sourceforge.net/projects/brlcad/
Free CAD	Aik-Siong Koh	Freeware	www.askoh.com
Google SketchUp		Freeware	http://sketchup.google.com/download.html
Minos CAD 2.2	John Apperson	Freeware	www.le-boite.com/downl.htm

Pode-se observar que a maioria dos programas analisados são *freeware*, e que poucos são os programas com código aberto. Também foi analisado um programa *trial* com restrição de comandos em relação ao mesmo programa pago.

4. ANÁLISES

As análises tiveram como base o curso de Desenho para Engenharia da Escola Politécnica da universidade de São Paulo, principalmente para a criação de uma ficha padrão de verificação. A ficha foi dividida em três partes, a primeira é uma descrição realizada a partir de dados fornecidos pela empresa do software. O levantamento inicial do software foi focado nestas informações e os requisitos mínimos necessários, interface, sistema operacional, entre outros.

A segunda parte foi uma pequena descrição das funcionalidades e recursos que o programa possui, sendo essas funcionalidades agrupadas de acordo com os tópicos abordados no ensino de desenho para engenharia como criação e manipulação de objetos 2D e 3D. Além desses recursos também foram pesquisados os formatos que os softwares suportam e a possibilidade de trabalhar com macros. Para a análise dessa etapa também foi preenchida uma outra ficha, feita a partir dos tópicos de cada aula do curso de desenho da EPUSP, com comentários sobre dificuldades encontradas e realização de exercícios.

A terceira parte consiste em um resumo dos softwares, com críticas, vantagens e desvantagens de cada programa analisado, o preenchimento da ficha das aulas ajudou no preenchimento dessa terceira parte da ficha de verificação.

Além do preenchimento e análise, também foram realizados mini-cursos divididos entre softwares 2D e 3D, todos com duração de 100 minutos, ministrados entre abril e maio de 2007 e março de 2008. Os mini-cursos foram divididos em uma pequena apresentação do software e de sua interface, apresentação das funcionalidades principais, realização de um exemplo e de um exercício sem a ajuda da pesquisadora.

Durante o mini-curso, foi solicitado aos alunos responderem a um questionário referente aos recursos dos softwares, divididos em comandos de criação, seleção, manipulação, modificação e outros (zoom, *layers*, curvas), e também aos atributos de usabilidade indicados na lista abaixo:

- Facilidade de aprendizado: o programa deve ser de fácil aprendizado para permitir que os usuários iniciem o trabalho rapidamente.
- Eficiência: o programa deve ser eficiente para que o usuário, ao aprender a usar o programa, apresente a maior produtividade possível.
- Baixa taxa de erros: o programa deve ter verificações sobre as operações efetuadas pelos usuários com o objetivo de interceptar erros, e caso estes ocorram, devem existir mecanismos que permitam fáceis correções.
- Documentação de ajuda: o programa deve ter uma boa documentação de ajuda para quando o usuário tiver alguma dúvida sobre como utilizá-lo ou quando não souber qual comando utilizar.
- Satisfação do usuário: o sistema deve ser agradável de usar.

No mini-curso 2D foram analisados 5 softwares com alunos e monitores da disciplina de Geometria Gráfica, depois foi escolhido um software para a realização do mini-curso com os professores, para a detectar as diferenças entre os resultados obtidos dos alunos e professores.

No mini-curso 3D foi escolhido somente um software que foi analisado pelos monitores da disciplina que já estavam habituados ao uso de CAD tridimensional.

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Programas 2D

Nos itens indicados, a maioria dos programas obteve um resultado satisfatório nos recursos de entrada de dados e comandos de criação e manipulação. A entrada de dados de alguns programas só podia ser feita relativamente ao último ponto escolhido. Alguns

programas tiveram erros quando tenta executar os comandos de modificação. Em relação às curvas, poucos trabalhavam com *b-spline* e poucos apresentaram a opção de construir parábola. Poucos trabalhavam com hachuras, destes quando o comando era mais avançado havia poucos padrões de hachuras ou quando existiam vários padrões, o programa só trabalhava com regiões poligonais ou aparecia algum erro no programa. A maioria exporta para o formato dxf e suas interfaces são de fácil aprendizado e intuitivas. A minoria trabalha com macros. Na lista abaixo está uma pequena descrição dos softwares baseados na análise e a **Tabela 2** mostra um resumo com as funcionalidades de cada CAD.

- **A9Cad** – o programa possui uma interface satisfatória e intuitiva, é de fácil utilização, mas faltam alguns comandos importantes como *array*, dificultando seu uso. O arquivo é salvo no formato dwg, mas o programa não possui o modo *layout*, podendo causar problemas de incompatibilidade. Uma deficiência encontrada é a necessidade de ter que utilizar o *update view* repetidas vezes, já que a imagem da peça não é atualizada dinamicamente com a aplicação dos comandos. A empresa trabalha com software pagos, tendo uma versão mais nova para venda.
- **CadStd** – o programa possui uma boa interface, com vários botões laterais, mas como possui uma versão paga, vários comandos são desativados na versão gratuita, principalmente aqueles relacionados à modificação. Houve dificuldades na importação de um arquivo em dxf. A plotagem também deixa a desejar: sem visualizador e falta escala para impressão. Os *layers* são pré-definidos e existem poucos disponíveis.
- **Delta Cad** – o programa não é *freeware*, a empresa disponibiliza um com licença temporária. A sua interface é diferente da encontrada no mercado. Seus botões são organizados através de abas rapidamente selecionáveis pelo teclado. O programa é bom, mas ainda faltam alguns comandos como cortar e *array*. Há vários formatos de importação e exportação.
- **FelixCad 5 LT** – o programa possui uma interface diferente das encontradas no mercado, porém não deixa de ser intuitiva e satisfatória. Os comandos podem ser acionados também pelo teclado, como em alguns softwares comerciais. Não é possível a exportação de desenhos, somente a importação, para salvar em formatos dxf e dwg é necessário adquirir a versão paga.
- **Free 2Desing** – o programa possui uma boa interface e é de fácil utilização, mesmo não tendo todos os comandos, principalmente em relação à entrada de dados, foi o programa que possui mais recursos e satisfaz as necessidades de todas as aulas. Há uma comunidade na internet do CAD com dicas, fóruns e para constante atualização. O programa só foi encontrado para o sistema operacional Windows XP.
- **JustCad** – o software possui uma interface não amigável, com os botões apresentados usando siglas ao invés de ícones que dificultam a identificação dos comandos. Outros comandos só aparecem depois de selecionados as entidades em outra parte da tela. Não possui sistemas de coordenadas. O programa foi um dos únicos com uma gama grande de hachuras, mas sua utilização ainda é precária (somente áreas poligonais). Além disso, não exporta nem importa.
- **QCad** – possui código aberto somente para o Linux, na versão do Windows é um software demo que fecha a cada 10 minutos. Sua interface é satisfatória, ele é um dos poucos programas que trabalha com ângulo relativo a uma reta, facilitando alguns exercícios que são dados em sala de aula. Não importa arquivo e sua exportação ainda está com problemas, principalmente quando o arquivo está no modo layout. O software possui manual em várias línguas, inclusive o português.
- **Solid Edge Free 2D** – o programa possui uma boa interface e a maioria dos programas necessários para as aulas. Possui uma ferramenta diferente dos outros que é o uso de restrições depois que a entidade já está feita. O programa salva em diversas

extensões, possui modo layout, mas não abriu como esperado arquivos de formato dwg e dxf.

Tabela 2 - Resumo das funcionalidades dos CAD 2D

Software	Entrada de dados	Criação	Seleção	Visualização	Modificação	Manipulação	Curvas	Camadas	Hachuras
A9Cad	Sim	Sim	*1	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
CadStd	Sim	Sim	Sim	*2	Não	Sim	Não	Sim	Não
Delta Cad	*3	Sim	Sim	*4	*5	Sim	*6	Sim	Não
FelixCAD 5 LT	Sim	Sim	*1	Sim	Sim	Sim	Não	*7	*8
Free 2Desing	*3	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	*8
JustCad	Não	Sim	Sim	*4	*9	Sim	Não	*7	*10
Qcad	Sim	Sim	Sim	Sim	*11	Sim	*6	Sim	*10
Solid Edge Free 2D	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	*12	Sim	Não

*1 – somente seleção de objetos;

*2 – somente zoom e *update view*;

*3 – não trabalha com coordenadas absolutas;

*4 – somente zoom;

*5 – não trabalha com cortar e estender;

*6 – somente *b-spline*;

*7 – não trabalha com espessura de linhas;

*8 – poucas hachuras;

*9 – não trabalha com estender e chamfrar;

*10 – aplica somente em polígonos;

*11 – não trabalha com estender;

*12 – não trabalha com parábolas e tem a *b-spline* é limitado.

Após a análise, os softwares escolhidos para o mini-curso foram: A9CAD, CadStd, Delta Cad, FelixCad e Qcad. O critério da escolha foi à adequação dos programas considerando o hardware disponível e o conteúdo do curso de desenho da EPUSP. Cada software foi ministrado para aproximadamente 5 alunos, na Figura 1 estão os resultados encontrados para o mini-curso realizado com os alunos de graduação (alunos e monitores da disciplina).

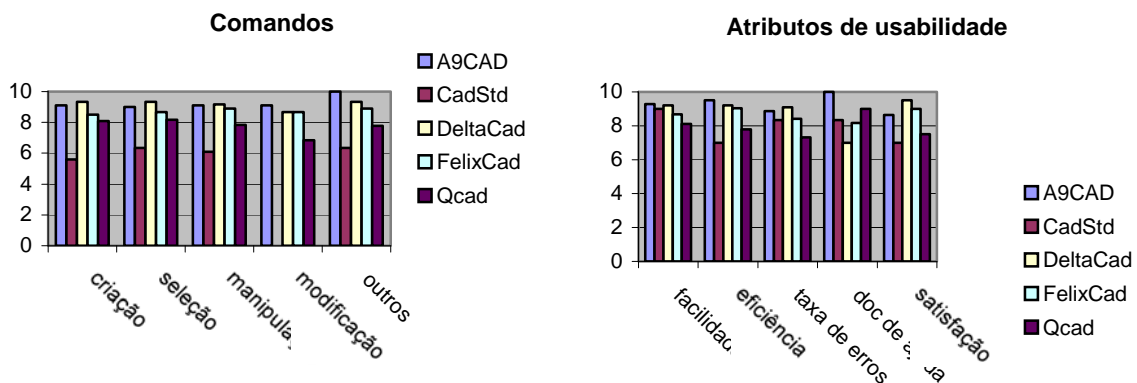


Figura 1 - Resultados encontrados no mini-curso (CAD 2D) – alunos de graduação

Como pode se observar o programa CadStd teve a pior média, mas entre os outros softwares os resultados não tiveram diferenças significativas. A seguir está uma listagem com os principais comentários realizados pelos participantes do mini-curso.

- A9CAD – os alunos gostaram da interface e acharam o programa satisfatório, alguns sentiram falta de comandos como criação de parábolas e encontraram dificuldades no comando de arredondamento.
- CadStd – os alunos consideraram a documentação de ajuda satisfatória com passo-a-passo para fazer os comandos. Concordam que a interface é intuitiva. Faltam diversos comandos de modificação. Os comando de coordenadas e os layers são limitados.
- DeltaCad – os alunos manifestaram que a documentação de ajuda poderia ser em português, a interface é satisfatória e funcional através das abas. Ficaram satisfeitos, pois o programa parece ser mais simples de entender que o utilizado no curso.
- FelixCad – apesar das reclamações devido ao fato da documentação de ajuda e o programa serem em inglês, os alunos acharam o programa ágil. Sua interface é satisfatória.
- Qcad – os alunos relataram que a documentação de ajuda é completa, detalhada e de fácil compreensão. O programa é fácil de trabalhar e os comandos são objetivos, a interface é bem simples e intuitiva. Houve reclamações em relação ao programa fechar a cada dez minutos. Além disso, houve problemas nos comandos de modificação.

Os resultados acima eram referentes aos alunos e monitores da disciplina que participaram do mini-curso. Figura 2 mostra a comparação entre os resultados obtidos da avaliação dos professores e dos alunos de graduação sobre o programa Qcad. Observou-se que não houve uma divergência dos resultados encontrados, somente que os alunos foram mais exigentes do que os professores.

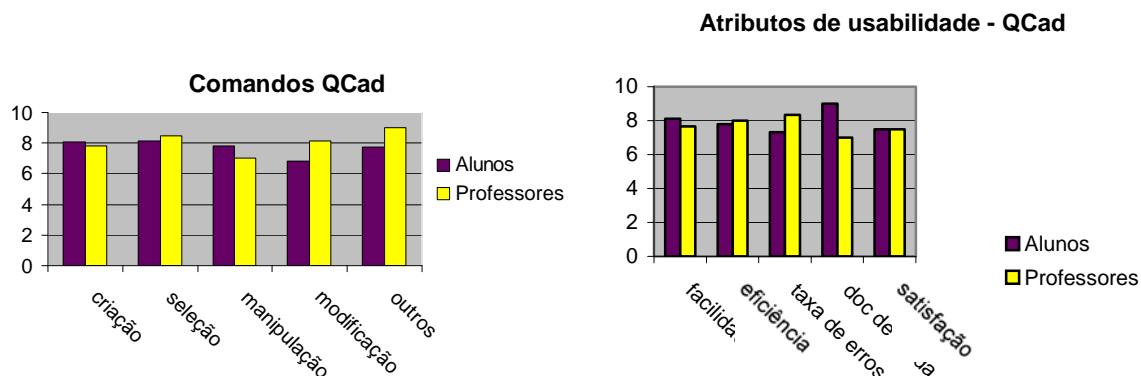


Figura 2 - Comparação dos resultados entre professores e alunos (Programa Qcad)

5.2 Programa 3D

De modo geral os programas CAD 3D gratuitos apresentaram resultados satisfatórios. A seguir estão os resultados obtidos para os CAD analisados.

- Blender – o programa possui muitos comandos, principalmente de animação, tornando sua interface muito complexa, dificultando o acesso aos comandos. O modelamento tridimensional é feito a partir de uma primitiva simples e mudando seus parâmetros rapidamente. Um ponto interessante do programa é a utilização do *mouse gestures*, comandos escolhidos rapidamente com a maneira em que o mouse passa no centro da tela, sem necessidade de acionar o comando. A entrada de dados é limitada, principalmente em relação à precisão, os valores não são definidos através de coordenadas.
- BRL-CAD – tem uma interface peculiar de visualização, no qual os comandos são executados em uma janela e a visualização é feita por meio de outra. Isso dificulta a

utilização do programa por pessoas não familiarizadas com a interface. No entanto o programa é muito poderoso, faz renderizações e permite a escolha de materiais. A entrada de dados é feita por coordenadas retangulares, cilíndricas ou esféricas. Há a possibilidade de alterar a primitiva, mas não através de coordenadas. Ele faz várias conversões de extensão, mas é através de programas que devem ser executados em separado. Trabalha principalmente com criação de primitivas e operações booleanas.

- Free Cad – o programa é baseado principalmente em simulação de movimento, portanto ele não trabalha com modelamento geométrico especificamente. Seus principais comandos são superfícies simples como circunferências e polígonos e comandos de varredura. A entrada de dados é feita por coordenadas absolutas.
- Google Sketch UP – como o nome diz, o programa trabalha com *sketch* e varreduras das superfícies. Não existem primitivas nem operações booleanas. Sua interface é bem simples e de fácil utilização, o programa trabalha por coordenadas retangulares e distâncias indicadas, porém o software não possui muita precisão quando trabalha com circunferências e raios, pois ele aproxima por vários segmentos de retas. Automaticamente, quando um polígono é fechado ele transforma esse polígono em uma superfície. É um programa destinado a aplicações em arquitetura.
- Minos CAD – o programa tem uma interface pouco intuitiva, o que dificulta o acesso aos comandos. A caixa de ferramentas muda de acordo com a evolução do comando. O software trabalha com primitivas, operações booleanas criação de superfícies e varredura, porém sua entrada de dados é restrita e pouco eficiente.

Na Tabela 3 abaixo, está um resumo dos principais recursos dos CAD analisados.

Tabela 3 – Resumos das funcionalidades dos CAD 3D

	Primitivas	Varredura	Operações Booleanas	Features	Superfícies	Sketch	Assemblies
Blender	X		X		X		
BRL-CAD	X		X				X
Free Cad		X					
Google		X	X				
Minos Cad	X	X	X		X		

A partir dos resultados encontrados, foi escolhido um único CAD para a realização do mini-curso. Isso porque dos programas CAD analisados, só o Minos Cad possui os principais recursos utilizados no curso: criação de primitiva, varreduras e operações booleanas. A Figura 3 mostra os resultados encontrados no mini-curso realizado com os monitores da disciplina.

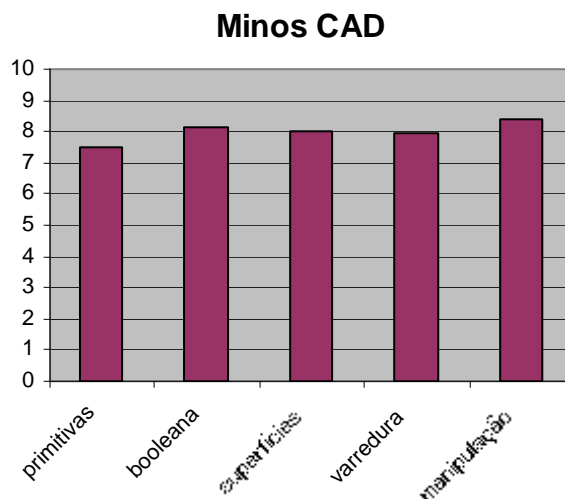


Figura 3 – Resultados encontrados no mini-curso (CAD 2D)

Os participantes do mini-curso consideraram o software fácil de operar. Houve reclamações em relação à falta de algumas opções de comandos de precisão (OSNAPS) que o programa possui, por exemplo: *endpoint*. A visualização não foi considerada satisfatória porque não permite alterar o ponto de observação nas perspectivas, mas os participantes gostaram da interface dividida em 4 partes que interagem entre si. Os alunos encontraram muitos problemas relativos às operações booleanas, e concluíram que o programa não trabalha com sólidos mais complexos.

Como estamos analisando programas gratuitos, que normalmente apresentam recursos limitados, verificamos a possibilidade de formar um sistema integrado com vários programas CAD (2D e 3D) gratuitos, principalmente para a elaboração de desenhos de execução. Porém, tendo em vista o fato dos programas nem sempre trabalham com formatos de arquivos compatíveis e as perdas ocorridas durante a conversão de arquivos, não foi encontrada uma maneira eficiente de gerar os desenhos de execução.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados na análise dos programas, podemos observar que os programas CAD 2D gratuitos são viáveis ao curso de desenho para engenharia, porém, dependendo das necessidades específicas do curso, seriam necessárias adaptações ou a criação de um sistema integrando vários softwares. Os programas CAD 3D gratuitos também podem ser utilizados para esse intuito, embora as restrições são maiores e, no momento, ainda não existe nenhum deles que cobre todos os tópicos de um curso completo, desde a modelagem 3D usando primitivas, *features*, varredura e até o modelamento de superfícies. Os tópicos como *Assemblies* e a geração automática de desenhos de execução são recursos ainda não disponíveis nos programas gratuitos. Apesar das limitações os programas foram de modo geral bem aceitos pelos alunos, monitores e professores do curso.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar sua gratidão a FAPESP pelo apoio financeiro dado ao projeto de iniciação científica Proc. No. 06/59217-5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, V. L. V. X. A utilização das novas tecnologias no ensino de desenho. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, XVI, 2003, Santa Cruz do Sul. **Anais**.

CHENG, L. Y.; BARBOSA, C. C. Uso de CAD Freeware no ensino de engenharia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 2007, Curitiba. **Anais**.

HEXEL, R. A. **Software Livre – Propostas de ações de governo para incentivar o uso de software livre**. 2002. Relatório Técnico – Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JACQUES, J. J. A utilização da modelagem 3D em programas CAD no processo de projeto de edificações. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, XVI, 2003, Santa Cruz do Sul. **Anais**.

LAURINDO, R. M. et AL. Aspectos da atividade de monitoria nas disciplinas de Desenho I e II para engenharia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, XVI, 2003, Santa Cruz do Sul. **Anais**.

MONICE, S et AL. O programa de aperfeiçoamento de ensino nas disciplinas de Desenho para Engenharia da Escola Politécnica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, XVI, 2003, Santa Cruz do Sul. **Anais**.

MORAES, A. B. **A Expressão Gráfica em cursos de engenharia: Estado da Arte e principais tendências**. 2001. Tese (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROSSI, M. A. et AL. Reflexão metodológica para o ensino de desenho técnico nos cursos de Engenharia. In: *ENCUENTRO INTERNACIONAL DE PROFESORES E INVESTIGADORES DEL ÁREA DE SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN E IV CONGRESO NACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y AFINES*, I, 2004, Rosário. **Anais**.

SANTOS, E. T. et AL. Da geometria cotada ao modelamento 3D: projeto didático. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, XVI, 2003, Santa Cruz do Sul. **Anais**.

A STUDY ON THE USE OF FREE CAD PROGRAMS IN ENGINEERING DESIGN GRAPHICS COURSES

Abstract: *In modern education of Engineering Design Graphics, CAD technology is essential to the learning of the theoretical concepts, such as Projective Geometry and Geometric Modelling, the development of spatial abilities and mastering of engineering graphics communication tools. Within this context, there is a demand for the CAD software in the Engineering courses. However, due to restricted budget, mainly in the developing countries, the constant update of the CAD software is not being possible in most of the universities, even with the academic license. Recently, there are many freeware for 2D vector drawings and 3D*

modelling, as well as free CAD software. With recent improvements and updates, the potential of these freeware for the educational use is increasing quickly. Thus, the objective of the present work is to analyze the feasibility of applying free CAD programs to the teaching and learning of Engineering Design Graphics. The analyses were carried out by checking the functionalities of the free programs against the requirements of the EDG course of EPUSP and by collecting information from mini-lectures applied to the students. The results show that the use of free CAD programs for teaching and learning of 2D constructions is feasible, but in case of 3D modelling, some restrictions of the free programs must be solved.

Key-words: CAD, Freeware, Education, Design