

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA CAD PARA GEOMETRIA DESCRITIVA

Jocelise Jacques de Jacques – jocelise.jacques@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Expressão Gráfica
Rua Osvaldo Aranha 99
90035-190 – POA - RS

Fábio Gonçalves Teixeira – fabiogt@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Expressão Gráfica
Rua Osvaldo Aranha 99
90035-190 – POA - RS

***Resumo:** Ferramentas que utilizam a tecnologia da informação são cada vez mais empregadas para implementar novos métodos de ensino e de exercício prático em diversas disciplinas e, de modo significativo, naquelas que envolvem a compreensão de objetos, relações e procedimentos tridimensionais. Exemplo disto, é o ambiente de aprendizagem hipermídia para Geometria Descritiva – HyperCAL GD desenvolvido no NCA – Núcleo de Computação Gráfica Aplicada – UFRGS, apresentado nas edições anteriores deste evento.*

Em disciplinas como Geometria Descritiva, a prática conceitual está associada ao desenho. Por isto em ambientes de aprendizagem virtuais para esta disciplina questões como a interatividade e o exercício dos processos descritivos por meio computacional tem importância significativa. A partir desta constatação, teve início neste ano de 2004, o desenvolvimento de uma ferramenta CAD para a prática da Geometria Descritiva, a qual aliada a outras mídias, compõe um projeto de grande abrangência com o objetivo de melhorar o ensino desta disciplina.

Atualmente, os alunos exercitam os processos descritivos basicamente através do desenho com instrumentos, pois os softwares de desenho disponíveis no mercado possuem uma interface, de certa forma, complexa e que não privilegiam o ensino de conceitos e métodos particulares. Assim, uma ferramenta específica para o exercício de procedimentos de Geometria Descritiva tem sua relevância por proporcionar uma interface própria. Além disto, esta ferramenta objetiva também a visualização tridimensional em tempo real, o que possibilita aliar o exercício bidimensional, em épura, ao raciocínio que o sustenta. enviado.

***Palavras-chave:** Computação gráfica; Geometria descritiva; Ambiente de aprendizagem.*

1. INTRODUÇÃO

Os conceitos a respeito de Geometria Descritiva são expostos em disciplinas iniciais, primeiro e segundo semestres, nos cursos de engenharia, arquitetura, artes plásticas e matemática; estes se caracterizam pela união da compreensão tridimensional com a representação bidimensional. Seu ensino, que tradicionalmente era realizado através de aulas expositivas e resolução de exercícios através de desenho instrumentado, já conta com

ferramentas que utilizam a tecnologia da informação: realidade virtual, multimídia, hipertexto, animações e internet. Estes recursos podem ser utilizados em conjunto complementando-se, configurando ambientes de aprendizagem como o ambiente hipermídia HyperCAL^{GD}.

A elaboração deste ambiente teve início em 1999, enfocando o Estudo de Superfícies Cinemáticas, seguida em 2001 pela abordagem dos conceitos de Geometria Descritiva Básica – Estudo do Ponto, da Reta e do Plano (TEIXEIRA, 2000, JACQUES, 2001; TEIXEIRA, 2003).

Em 2003 os objetivos deste ambiente de aprendizagem estenderam-se além do ensino presencial, configurando-se também como ferramenta de Educação a Distância. E, como tal, deve contemplar a reflexão sobre a forma de apresentar conceitos e de exercitá-los. No HyperCAL^{GD} a preocupação com a organização e disponibilização dos conceitos teóricos busca a flexibilização no processo de ensino-aprendizagem para adequar-se às diferentes necessidades dos alunos conforme seus estilos de aprendizagem (SILVA *et al.*, 2003).

Na educação à distância o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem deve explorar os recursos de acordo com os conceitos a serem transmitidos e as características do contexto em que os alunos estão inseridos (MEDINA, et al, 2004). Segundo esta premissa, em um ambiente próprio para geometria descritiva destaca-se o uso de modelos tridimensionais, os quais permitem aos alunos analisar os objetos dos mais diferentes pontos de observação, inclusive fazendo analogia às projeções obtidas nos respectivos planos de projeção (π_1, π_2, π_0). No HyperCAL^{GD} estes modelos são apresentados em realidade virtual (VRML), como apresentado na figura 1, e em animações 3D que demonstram os procedimentos descritivos em meio tridimensional e a posterior planificação do sistema em épura (figura 2). Da mesma forma, animações em 2D possibilitam a demonstração dos procedimentos descritivos passo a passo e com significativa precisão.

A orientação de desenvolver um ambiente de suporte à educação a distância trouxe também a necessidade contemplar o exercício e avaliar a prática dos processos descritivos também em meio computacional, dentro de um contexto de interatividade. Considerando, que os recursos destinados à transmissão dos conceitos teóricos dentro do ambiente contam com avançado grau de elaboração, uma das lacunas atuais é exatamente a possibilidade de produção gráfica e visualização de problemas de geometria.

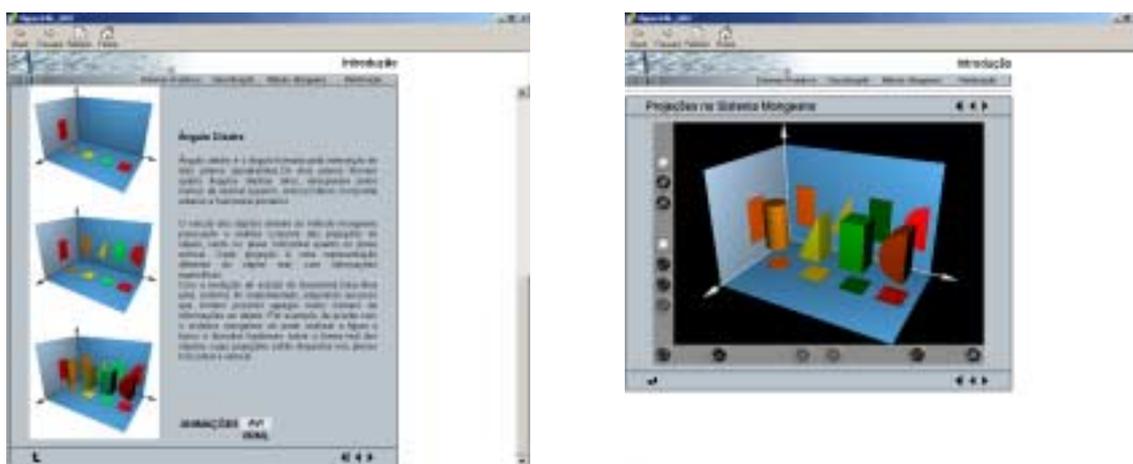


Figura 1 –Telas do ambiente HyperCAL^{GD} com animação em vídeo AVI e modelo virtual em VRML .

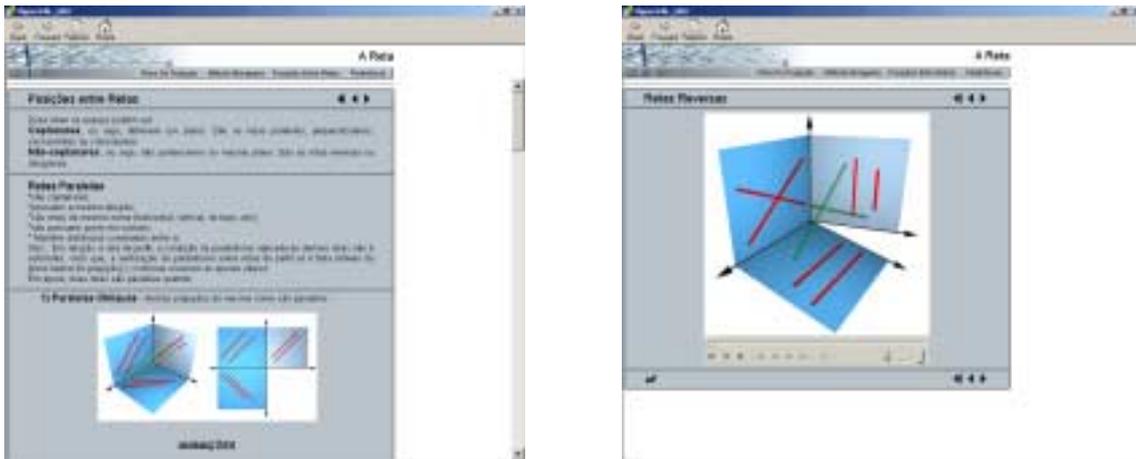


Figura 2 –Telas do ambiente HyperCAL^{GD} com animação em vídeo avi e modelo virtual demonstrando a planificação do Sistema Mongeano.

2. FERRAMENTAS DE PRÁTICA E AVALIAÇÃO DE CONCEITOS NO ENSINO À DISTÂNCIA

A atenção dada à elaboração e emprego de ferramentas de educação à distância tem sido significativa, impulsionada até pela portaria 2253 do Ministério da Educação (MEC). Devido a esta nova abordagem, juntamente à investigação das formas mais adequadas de disponibilização dos conceitos, surgiu a necessidade de possibilitar exercícios e avaliações da compreensão destes conceitos.

Segundo o caráter do curso pode ser válida a participação em discussões em fóruns e *chats*, porém ferramentas específicas para exercícios e avaliações *on line* vem sendo implementadas e discutidas. Atualmente *softwares* como o *Hot Potatos* e o *Authorware*, podem ser vinculados a ambientes de aprendizagem computacional, pois são ferramentas elaboradas exatamente para possibilitar o desenvolvimento de exercícios sem a exigência de significativo conhecimento de programação (FRANCO e SILVA, 2003).

Estes *softwares* utilizam geralmente ferramentas de múltipla escolha, complete lacunas, correspondência entre conceitos e imagens, ordenação de opções e associação de conceitos. No entanto, estes tipos de exercícios, não abrangem a prática gráfica indispensável na área de geometria descritiva e de outras disciplinas relacionadas. Assim, a necessidade de disponibilizar uma ferramenta de desenho tem sua relevância, e neste contexto um programa CAD (Computed Aided Design) é uma solução capaz de adequar-se aos propósitos de disciplinas que fazem uso da representação gráfica.

3. O DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL ESPECÍFICA PARA GEOMETRIA DESCRITIVA

3.1 O Desenho assistido por computador

Além das considerações abordadas no item anterior que justificam a necessidade de empregar um *software* de desenho específico para Geometria Descritiva na educação a distância há vantagens de utilização desta ferramenta também no ensino presencial.

A utilização de ferramentas de desenho computacional é uma realidade e mesmo uma exigência na prática profissional há alguns anos. Tanto que os alunos, mesmo aqueles de primeiro e segundo semestres, dos cursos de Engenharia e Arquitetura conhecem os *softwares*

CAD mais utilizados, apesar de não dominarem a utilização destas ferramentas logo que ingressam nos cursos de graduação. Por outro lado, nos semestres iniciais também lhes falta habilidade no desenho a mão com instrumentos, já que poucas escolas de nível fundamental e médio trabalham o ensino de desenho.

Neste contexto, considerando que o objetivo da Geometria Descritiva é a compreensão tridimensional dos conceitos e não o exercício da representação como um fim em si mesmo, uma ferramenta CAD pode contribuir para a prática dos processos descritivos, conferindo maior precisão e agilidade na execução de exercícios. Através disto pretende-se também enfatizar o raciocínio tridimensional e os conceitos que dão base ao processo descritivo.

3.2 As principais ferramentas computacionais disponíveis

Os *softwares* de desenho disponíveis no mercado, os diferentes tipos de CAD, por terem objetivos bastante amplos em termos de representação e por contemplarem vasta gama de recursos, possuem uma interface de certa forma complexa para usuários não habituados à execução de desenho técnico, caso dos alunos de geometria descritiva. Além disto, o objetivo destes *softwares* é a representação gráfica e não a aplicação de recursos de alguma área de conhecimento específica.

Desta forma, a utilização destas ferramentas apresenta restrições sob uma perspectiva didática. O mais adequado, neste caso, seria a utilização de uma ferramenta com recursos relacionados aos conceitos trabalhados e com uma interface mais amigável em relação à prática de procedimentos específicos.

Há *softwares* específicos para o estudo de desenho geométrico, atualmente bastante difundidos e que seguem os princípios de geometria dinâmica, dentre eles estão o Cabri-Géomètre e o Sketchpad.

A geometria dinâmica é entendida como o modo de estudar geometria verificando as implicações das propriedades quando os elementos são alterados em sua forma ou posição (ALMEIDA, 2003). No Brasil existem algumas experiências que destacam as vantagens com o trabalho neste tipo de *software* em instituições de ensino médio e superior (GRAVINA, 2003), principalmente no que diz respeito à ligação entre o conceito abstrato e sua correspondência prática (MELO, 2003). O que vai ao encontro do objetivo da ferramenta aqui descrita.

Porém estes programas apresentam algumas restrições quanto ao emprego na geometria descritiva, principalmente em relação à dificuldade de trabalho em *épura*. Além disso, estes *softwares* utilizam apenas a visualização bidimensional. No presente trabalho, busca-se enfatizar também a visualização tridimensional de forma a facilitar a compreensão e o raciocínio em geometria descritiva.

Assim, a elaboração da ferramenta propõe, além do exercício do desenho, explorar a visualização como meio de aliar aos procedimentos descritivos o raciocínio tridimensional que o sustenta. E, para isto, é necessário que apresente recursos adequados à estratégia de ensino adotada.

3.3 Os recursos e a interface de um CAD para Geometria Descritiva

Dentro do contexto exposto anteriormente, neste ano de 2004 iniciou-se o desenvolvimento de uma ferramenta computacional aplicada à prática específica de Geometria Descritiva. O *software* está sendo desenvolvido em linguagem Delphi, a qual permite técnicas de programação orientada a objetos (OOP – *Object Oriented Programming*), ou seja, técnicas que utilizam objetos como unidade básica de dados e de ações de forma estruturada.

Nesta etapa está sendo abordado o trabalho com os objetos geométricos básicos: ponto, reta e plano. O estudo de Geometria Descritiva tem início com estes objetos e considera-se que o nível de abstração exigido é significativo dificultando a compreensão do conceito e encaminhando os alunos à repetição automática de procedimentos. O objetivo da ferramenta em desenvolvimento é priorizar o raciocínio através da ligação entre as ações e suas consequências na resolução de exercícios, assim o desenho serve como meio de prática e também avaliação. Para isto, a interface do programa busca diferenciar duas atividades principais: a definição dos objetos e os processos descritivos realizados sobre estes objetos, como assinalado na figura 3.

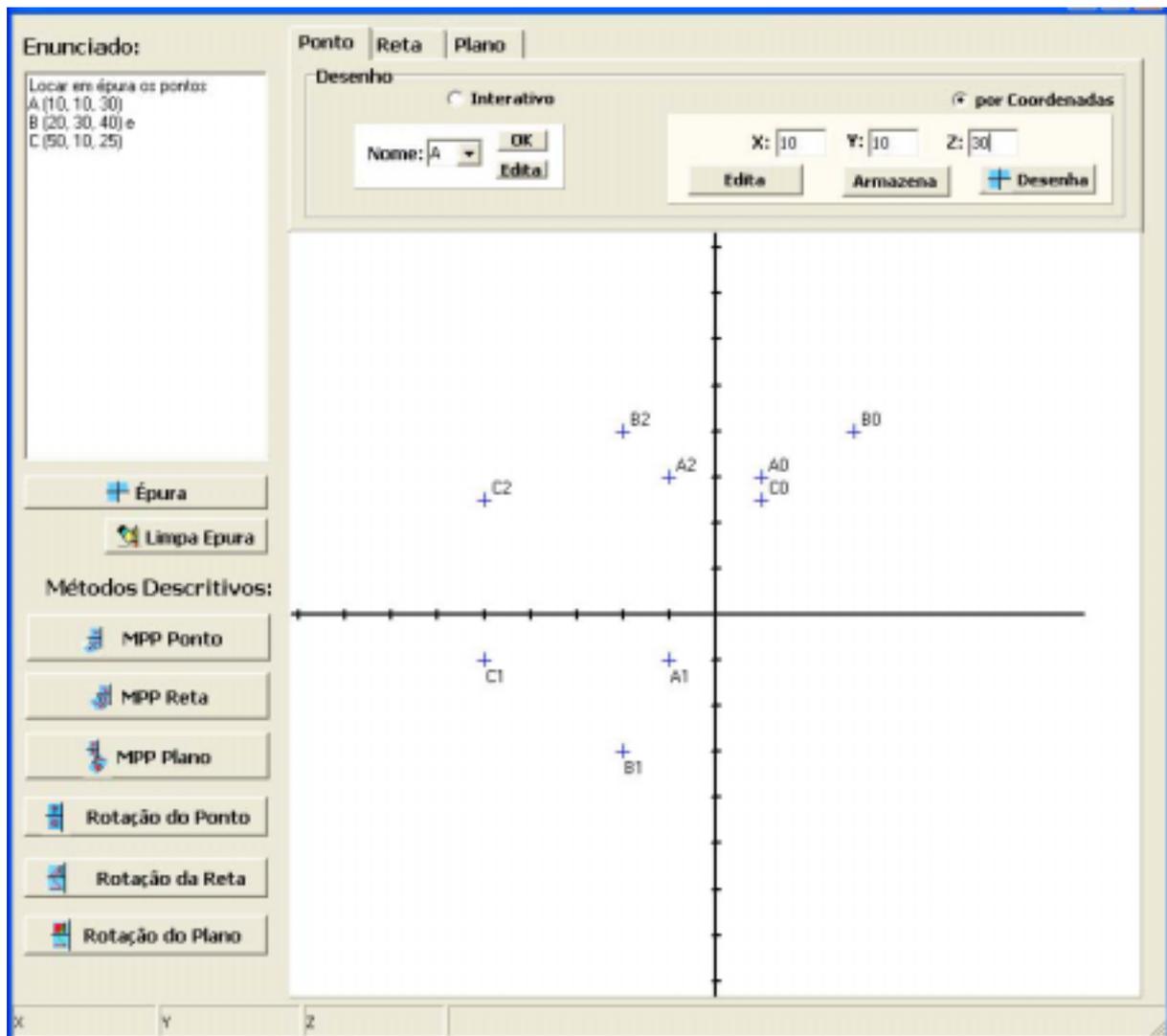


Figura 3 – Interface da ferramenta de desenho para Geometria Descritiva.

O desenho dos objetos em épura obedece às condições de definição geométrica: um ponto pode ser configurado por suas coordenadas, enquanto uma reta pode ser configurada por dois pontos ou por suas características no sistema mongeano. Se a reta é paralela a um plano de projeção, deve indicar-se o ângulo que faz com o respectivo plano de projeção ortogonal, (figura 4). Já um plano pode ser definido com uma maior variedade de fatores, incluindo seu traço. Estas configurações buscam apresentar de forma clara o conjunto de informações necessárias e suficientes para a configuração de cada objeto, através de nomenclatura apropriada. Além destas definições, os objetos podem ser configurados também de forma

interativa, via clique do mouse sobre a porção da tela determinada como é pura. O desenho interativo configura-se como recurso de desenho rápido aliado à precisão necessária.

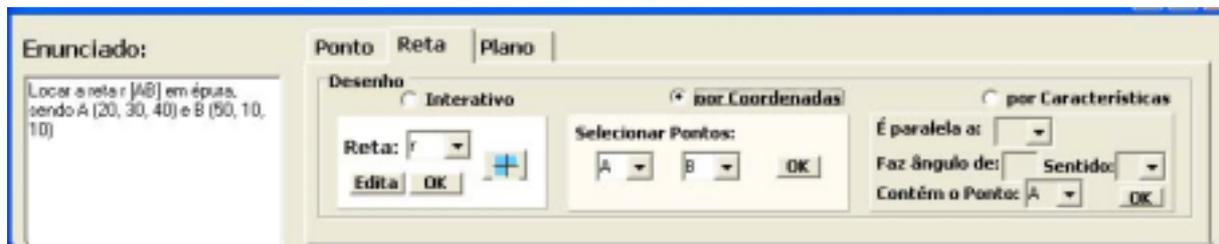


Figura 4 – Possibilidades de definição da reta.

Estes objetos são armazenados de forma vetorial e podem ser desenhados conforme a necessidade de seu emprego, como as camadas independentes (*layers*) dos programas CAD tradicionais. Isto faz com que sejam representados em é pura apenas aqueles elementos que influenciam o problema em determinado momento. Busca-se evitar que a sobreposição de pontos e linhas dificulte a compreensão do raciocínio e da execução de um determinado procedimento, o que ocorre frequentemente no desenho sobre papel.

A forma de representação interna dos objetos geométricos será feita através de equações paramétricas. Neste tipo de representação, existe uma equação independente para cada uma das três coordenadas e todas são função de um único parâmetro t , o qual varia em um intervalo que depende da parametrização escolhida (geralmente $[0, 1]$ ou $[-1, 1]$). A representação paramétrica de linhas e superfícies foi especialmente desenvolvida para a representação computacional de objetos geométricos, uma vez que a forma matemática convencional através de equações explícitas ou implícitas apresenta vários problemas para a representação computacional.

No caso da geometria descritiva, pode-se dizer que a representação paramétrica, tanto de linhas (retas e curvas) como de superfícies, é o seu equivalente analítico (TEIXEIRA, 2003). Pois, assim como na geometria descritiva, os objetos paramétricos são cinemáticos, gerados a partir de movimentos de objetos mais simples. Um exemplo é a representação paramétrica de um segmento da reta, cuja interpretação seria a descrição do movimento entre dois pontos:

$$\mathbf{R}(t) = (1-t) \cdot \mathbf{P}_1 + t \cdot \mathbf{P}_2 \quad (01)$$

onde $t \in [0,1]$, \mathbf{P}_1 e \mathbf{P}_2 são os pontos extremos do segmento. A equação 1 está na forma vetorial, mas é possível expandir a representação para os três eixos cartesianos:

$$\begin{aligned} x_R(t) &= (1-t) \cdot x_1 + t \cdot x_2 \\ y_R(t) &= (1-t) \cdot y_1 + t \cdot y_2 \\ z_R(t) &= (1-t) \cdot z_1 + t \cdot z_2 \end{aligned} \quad (02)$$

Pode-se verificar a correção da representação utilizando valores de t onde a função é conhecida: $\mathbf{R}(0) = \mathbf{P}_1$, $\mathbf{R}(1) = \mathbf{P}_2$ e $\mathbf{R}(0,5) = 0,5 \cdot \mathbf{P}_1 + 0,5 \cdot \mathbf{P}_2$, que é o ponto médio entre as duas extremidades. Assim como esta pode-se definir representação paramétricas para a maioria das formas geométricas conhecidas. Portanto, a adoção desta forma de representação matemática dos objetos geométricos é, além de robusta e poderosa, compatível com os conceitos de geração geométrica da Geometria Descritiva.

Após a definição dos objetos, poderão ser aplicados sobre os mesmos os métodos descritivos tradicionais (Mudança de Plano de Projeção e Rotação) a fim de resolver problemas de forma, posição e dimensões. O processo de Mudança de Plano de Projeção será implementado com o uso de Sistemas de Referência Auxiliares através de transformações

homogêneas, pois são o equivalente analítico do procedimento descritivo. A Rotação (e o Rebatimento) será implementada com o uso de representações paramétricas, uma vez que pode ser necessário realizar rotações em relação a eixos arbitrários de ângulos também arbitrários e, muitas vezes, só há solução possível em um processo de deslocamento incremental. A representação paramétrica do processo de rotação é robusta para atender todos estes requisitos.

Estes métodos têm, por sua vez, etapas específicas, cujas decisões demonstram o nível de compreensão do usuário (aprendiz), portanto cada etapa pode ser considerada uma oportunidade de aprendizado quando na realização de exercícios e também de avaliação do processo de ensino-aprendizagem, tanto pelo programa, através de um mecanismo de tutoria, como pelo professor em atividades presenciais.

A resolução de exercícios terá vários níveis de interatividade. Em um estágio inicial, visando a compreensão dos procedimentos, serão apresentados exercícios de resolução automática, os quais serão como animações com baixo grau de interação. Uma vez escolhido um determinado problema, o programa executa os passos necessários para sua solução esclarecendo estes passos através de janelas que partem dos comandos utilizados.

Posteriormente, serão apresentados exercícios de resolução dirigida, tipo tutoriais. Nos exercícios de resolução orientada cabe ao aluno realizar as ações, as quais são julgadas automaticamente e se forem equivocadas não são realizadas, aparecendo mensagem que orienta a nova execução ou aconselha um tópico teórico a ser verificado no ambiente de aprendizagem.

Em etapa mais avançada de aplicação na prática ou mesmo em avaliações, a resolução de problemas será totalmente livre e dependente da compreensão do usuário. Assim, também é necessário que o programa permita a execução de procedimentos também de forma equivocada para que o conhecimento possa ser construído também através do erro.

3.4 A visualização tridimensional

Como foi mencionado, esta ferramenta é direcionada à manipulação dos objetos em 3D, isto através da conjugação das projeções ortogonais em no mínimo dois planos de projeção, característicos da Geometria Descritiva. As ações do usuário ocorrerão, portanto, em meio bidimensional. Porém, a visualização tridimensional também será disponibilizada em tempo real, através de uma janela específica, de forma a auxiliar na compreensão dos procedimentos. Esta visualização em 3D será apresentada em realidade virtual (VRML) beneficiando-se de resultados de trabalhos desenvolvidos no NCA.

A utilização de realidade virtual colabora para que as projeções sejam entendidas mais facilmente, pois diminui o nível de abstração dos procedimentos e auxilia, também, para demonstrar conceitos complexos, como em modelos virtuais já presentes no ambiente de aprendizagem HyperCAL^{GD}, só que estes serão gerados pelos próprios alunos em tempo real.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta etapa inicial, os objetivos foram delineados e a prioridade de ação está na análise da forma como os recursos serão disponibilizados aos usuários. Pretende-se que estes recursos reflitam as necessidades verificadas em sala de aula ao longo da atividade de ensino de Geometria Descritiva e atendam também às exigências de ferramenta de educação à distância.

Após o desenvolvimento da primeira versão para os objetos básicos, a ferramenta será testada em sala de aula como um estudo piloto no primeiro semestre de 2005. Nesta etapa, serão verificadas e corrigidas eventuais falhas do sistema. Em uma etapa seguinte, será

iniciado o estudo para o desenvolvimento de um segundo módulo do programa, o qual abrangerá o trabalho com superfícies cinemáticas já contemplado no HyperCAL^{GD}.

O conjunto destas ferramentas vem auxiliar o ensino presencial e servir como apoio ao estudo extraclasse e, certamente, trará novas possibilidades, como a utilização de módulos ou mesmo uma experiência com toda a disciplina em ensino não presencial.

Agradecimentos

Às alunas Denise Karniel e Leticia Schwantes, bolsistas do projeto HyperCAL^{GD}.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I. A. C.; CARVALHO, G. L. ; CORREIA, A. M. A.; COSTA, M. D. Campos Conceituais e Geometria Descritiva Computacional: uma experiência. In: 16º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico – GRAPHICA 2003. **Anais**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003.

FRANCO, M.A.; SILVA, J. B. 44 - Ferramentas para criação de provas e exercícios. Boletim EAD - Unicamp 2003/ Centro de Computação. Homepage EAD.Unicamp.

GRAVINA, M. A.; PÓLA, M. C. R. Construindo Mecanismos com o Cabri-Géomètre. In: 16º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico – GRAPHICA 2003. **Anais**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003.

JACQUES, J. AZEVEDO, G. Z., AYMONE, J. L. F., TEIXEIRA, F. G. Nova abordagem para o Ensino de Geometria Descritiva Básica. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: PUC, 2001.

TEIXEIRA, F. G. Modelamento paramétrico de curvas e superfícies. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro, IME, 2003.

TEIXEIRA, F. G.; JACQUES., J.J.; HOFFMANN. A. T.; SILVA, R. P.; SILVA, T. L. K. HyperCAL GD II – Um ambiente de ensino-aprendizagem para Geometria Descritiva básica. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro, IME, 2003.

TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P.; SILVA, T. L. K. A Hypermedia Learning Environment for Descriptive Geometry. In: International Conference on Engineer Education, ICEE 99, Prague. **Anais**. Ostrava, 1999.

MEDINA, N.M.; LUZZI, D.; LUSWARGHI, A. A Educação a Distância no Contexto Iberoamericano. Homepage Associação Brasileira de Educação a Distância-ABED, 03/06/2004.

MELO, S.S. O ensino da geometria projetiva através de situações práticas e com o apoio de ambientes virtuais de ensino. In: 16º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 2003, Santa Cruz do Sul. **Anais**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003.

THE DEVELOPMENT OF A CAD SOFTWARE FOR DESCRIPTIVE GEOMETRY PRACTICE

Abstract: Tools that use information technology are increasingly employed on the development of new teaching and learning methods for different courses and, more significantly, for those which involve comprehension of objects and three-dimensional procedures. An example is the Descriptive Geometry hypermedia virtual learning environment, referred to as HyperCAL^{GD}. HyperCAL^{GD} was developed by NCA – the Applied Computer Graphics group at UFRGS, and was presented in previous editions of this event. In courses like Descriptive Geometry, the understanding of concepts is strongly related to drawing exercises. Therefore, interactivity and the practice of descriptive processes by computational means are very important issues in virtual learning environments designed for such discipline. Taking that into account, in the beginning of 2004 our group has launched the development of a CAD software for the practice of Descriptive Geometry by the students. This CAD software, along with other media, is part of a broad and comprehensive project that has as primary objective the improvement of teaching and learning of this subject. Currently, students make descriptive geometry exercises basically by drawing on paper with instruments, mostly because the commercial drawing-software packages available have rather complex interfaces and are not appropriate for the explanation of particular concepts and methods. Thus, a specific tool such as the CAD software under development is relevant because it provides a special, dedicated interface, including real-time three-dimensional visualization, which allows the students to easily associate two-dimensional drawings to the rationale and concepts behind it.

Key-words: Graphic Computation; Descriptive geometry; Learning environment