

Um Visualizador de Modelos 3D Animados para o Ensino de Equipamentos e Processos Industriais

Carlos Henrique C. Cavalcanti
Laboratório de Computação Gráfica
COPPE/UFRJ
caique@lcg.ufrj.br

Cristiana Bentes
Departamento de Engenharia de Sistemas
e Computação - UERJ
cris@eng.uerj.br

Ricardo Farias
Programa de Engenharia de Sistemas
e Computação - COPPE/UFRJ
rfarias@cos.ufrj.br

Resumo

Este trabalho explora a oportunidade de se utilizar a visualização tridimensional no contexto do ensino e treinamento na área da indústria, mais especificamente na área da indústria de petróleo. Desenvolvemos uma ferramenta que chamamos de VM3D-Anim (Visualizador de Modelos 3D Animados) que gera modelos tridimensionais realistas para transmitir conhecimento e ajudar professores e alunos de modo mais eficiente. VM3D-Anim foi elaborada unindo-se técnicas de Gestão do Conhecimento e de Computação Gráfica. O benefício inicial da utilização de nossa ferramenta está sendo o de reduzir drasticamente o tempo e amenizar as dificuldades encontradas no treinamento de novos funcionários.

1 Introdução

A visualização tridimensional tem sido amplamente reconhecida como uma poderosa ferramenta para a análise de informações, muito útil na área de ensino e treinamento. A visualização permite mapear informações em imagens, possibilitando a compreensão de objetos e fenômenos multidimensionais, e a interpretação da dinâmica de processos importantes que normalmente ficariam escondidos dos olhos do estudante ou usuário [6]. Como todas as operações mentais do sistema ótico humano que agem na recepção, no armazenamento e no processamento da informação são cognoscitivas, a percepção visual é o pensamento visual [4]. Em outras palavras, o aprendizado é maior quando incentivado pela percepção visual.

A visualização tem sido usada para aperfeiçoar o ensino em diversas áreas de interesse como Química [17], Mecânica [9], ou Física [11]. O uso da visualização para o ensino de equipamentos industriais, entretanto, tem sido pouco explorado principalmente devido às dificuldades de

se coletar e gerenciar as informações sobre os equipamentos, dado que normalmente estas informações estão dispersas em documentos, livros ou na experiência pessoal dos técnicos que os operam. Centros de formação técnica para profissionais da indústria, como o Senai [12] por exemplo, utilizam apenas uma literatura especializada [8] em seus cursos. Equipamentos industriais, entretanto, são máquinas complexas. É muito difícil descrever o funcionamento de um equipamento complexo com as ilustrações contidas em livros. Estas ilustrações servem como complemento aos textos, e deixam para o leitor a tarefa de imaginar como funcionam as peças dentro dos equipamentos. Na Figura 1, mostramos uma imagem utilizada em livros de equipamentos industriais que exemplifica esta questão.

Este trabalho explora a oportunidade de se utilizar a visualização tridimensional no contexto do ensino e treinamento na área da indústria, mais especificamente na área da indústria de petróleo. A indústria de petróleo é a que mais tem crescido atualmente e, portanto, criado demandas relacionadas ao ensino e à qualificação dos seus profissionais [5]. Dessa forma, nosso objetivo é integrar informações na área de equipamentos industriais de modo a criar um ambiente em que o conhecimento possa ser organizado e disseminado eficientemente. Desenvolvemos uma ferramenta que chamamos de VM3D-Anim (Visualizador de Modelos 3D Animados) que gera modelos tridimensionais realistas para transmitir conhecimento e ajudar professores e alunos de modo mais eficiente. VM3D-Anim foi elaborada unindo-se técnicas de Gestão do Conhecimento e de Computação Gráfica.

As técnicas de Gestão do Conhecimento empregadas são baseadas no trabalho de Wiig *et al.* [16]. Elas viabilizaram a organização das informações coletadas de dados oriundos de documentos, entrevistas, fotografias, catálogos, desenhos técnicos, esquemas ilustrativos, entre outros. As técnicas de Computação Gráfica possibilitaram a criação de modelos tridimensionais e de imagens,

(ii) organização/armazenamento do conhecimento, (iii) distribuição, e (iv) aplicação/reuso do conhecimento. Os quatro serviços oferecidos por VM3D-Anim abrangem as três primeiras fases do ciclo de vida. O serviço de Aquisição do Conhecimento abrange a primeira fase e o serviço de Modelagem 3D abrange a segunda fase. Os serviços de Elaboração da Animação e Visualização abrangem a terceira fase. Já a quarta fase do ciclo de vida, aplicação/reuso do conhecimento, é totalmente dependente da organização em que ela é aplicada.

O serviço de Aquisição do Conhecimento oferece uma metodologia para se capturar e criar o conhecimento sobre os equipamentos. Nesta etapa, estamos fundamentalmente transformando conhecimento tácito em conhecimento explícito. Realizamos a coleta de dados e informações a respeito dos equipamentos e processos por meio de documentos, fotos, observação da operação do equipamento e entrevistas. As informações coletadas são analisadas, organizadas e classificadas de modo a criar uma taxonomia de equipamentos e unir as descrições fotográficas e textuais. Dessa forma, criamos uma base de dados de descrição de equipamentos e processos, gerando novo conhecimento explícito.

No serviço de Modelagem 3D, utilizamos uma ferramenta de design gráfico que permite a modelagem e geração de imagens e animações sobre os equipamentos e processos. A idéia é gerar modelos CAD tridimensionais a partir das descrições fotográficas e textuais. Nesta etapa, estamos criando novo conhecimento explícito através do conhecimento explícito gerado pela etapa anterior. Os modelos criados são armazenados em uma nova base de dados.

Finalizada a etapa de Modelagem 3D, realiza-se a **Elaboração da Animação**, onde as animações criadas possibilitam a visualização interna dos equipamentos e processos, facilitando seu entendimento global. A etapa de **Visualização do Conhecimento** permite a interação do usuário com as informações geradas pelas etapas anteriores. O usuário, após escolher o equipamento, pode navegar entre animações, imagens, modelos interativos e um hipertexto que detalha o funcionamento do equipamento.

Nossa idéia é fornecer ao usuário um sistema multimídia em que ele possa navegar pela base de dados de equipamentos e processos, cujas principais funcionalidades são:

- visualizar as imagens tridimensionais;
- visualizar as animações referentes ao funcionamento do equipamento;
- obter informações textuais a respeito do equipamento e de seu funcionamento;
- interagir com o equipamento, rotacionando-o, aproximando-o ou afastando-o, selecionando peças para simulação de sua montagem e recuperando informações textuais a respeito de cada peça que compõe o equipamento.

Nas próximas seções detalhamos cada serviço oferecido pela ferramenta VM3D-Anim.

3.1 Aquisição do Conhecimento

Esta etapa é responsável pela organização das informações necessárias para a modelagem digital dos equipamentos e processos. Utilizamos técnicas de gestão do conhecimento, baseadas no trabalho de Wiig *et al.* [16], para coletar dados e classificar os equipamentos.

Para a coleta de dados as fontes de informação mais importantes que utilizamos foram catálogos, fotografias e entrevistas. Os catálogos utilizados continham desenhos técnicos dos equipamentos e alguma informação textual. Diversas fotografias foram tiradas dos equipamentos em seu local de funcionamento ou na área de manutenção. Na Figura 3 mostramos exemplos de fotos do equipamento válvula gaveta utilizada para o bloqueio de fluxo de fluidos. No processo de fotografia, quanto maior a quantidade de fotos, mais detalhada e realista pode ser feita a descrição do modelo do equipamento. Para cada equipamento foram tiradas cerca de trinta fotografias. O ideal é que se consiga visualizar o equipamento por inteiro através das fotos. As entrevistas foram realizadas como um processo complementar às informações obtidas através de catálogos e fotografias. Elas foram realizadas com técnicos da área para elucidar questões referentes ao funcionamento interno dos equipamentos. Esse procedimento facilita a criação do roteiro de animação, que é realizado após a modelagem.

Após a coleta dos dados foi realizada a classificação dos equipamentos. Esta classificação foi feita devido à grande quantidade de equipamentos a serem modelados e devido à necessidade de se organizar e hierarquizar o conjunto de equipamentos utilizados. A classificação define os tipos, funções e as peças mais importantes. Todo esse trabalho foi feito com o intuito de mostrar para o aprendiz como é importante entender que um equipamento é composto de peças e que está inserido em um local específico, atuando em conjunto com outros. Criamos, por exemplo, a classificação de equipamentos em dinâmicos e estáticos. Dentro dos equipamentos dinâmicos temos, por exemplo, equipamentos acionados que podem ser bombas, compressores, geradores. Na classificação de bombas temos, por exemplo, bombas centrífugas e rotativas. Uma estrutura de diretório em árvore foi utilizada para armazenar tais informações. Na Figura 4 é mostrado um exemplo da classificação realizada.

3.2 Modelagem 3D

Após as informações sobre os equipamentos terem sido coletadas, classificadas e organizadas, iniciamos a fase de modelagem digital dos equipamentos. Esta etapa foi realizada através de sistemas CAD (Computer Aided Design). Em VM3D-Anim pode-se utilizar softwares como o Maya [2], 3D Studio Max [2] ou Blender [3] para a modelagem. Para a geração dos modelos utilizamos técnicas

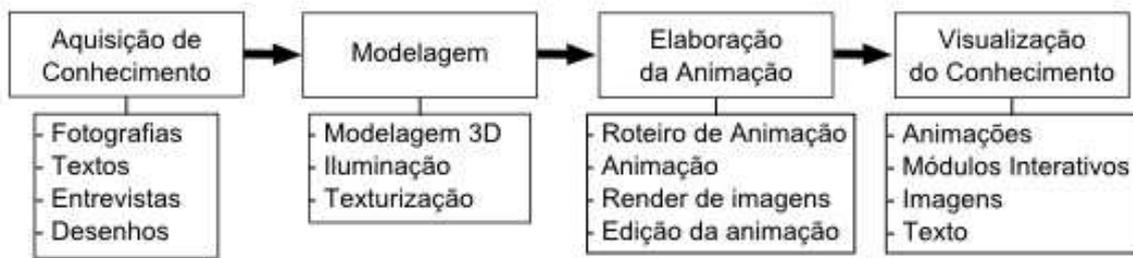


Figura 2. Fases do ciclo de vida da ferramenta VM3D-Anim



Figura 3. Fotos tiradas do equipamento *válvula gaveta* para a obtenção de informações.

básicas como CSG (Constructive Solid Geometry) e subdivisão de malhas [15].

Após a modelagem, são realizadas as etapas de texturização e iluminação, necessárias para obtenção de foto-realismo nas animações. Para a texturização, criamos bibliotecas de texturas a partir das fotografias tiradas. A iluminação da cena é elaborada com o objetivo de realçar e facilitar a percepção da forma do equipamento.

Para terminar o processo de modelagem e corrigir possíveis erros, um processo de validação com os técnicos da área é realizado ao final da etapa. Caso existam erros, a modelagem recomeça para que as correções sejam feitas. Com o modelo completo, o passo seguinte é criar a animação.

3.3 Elaboração da Animação

A primeira etapa da Elaboração da Animação compreende a criação do roteiro de animação. Um roteiro de animação define a seqüência de imagens que serão mostradas de acordo com as posições que uma câmera virtual deve percorrer. Para se criar um roteiro de animação, deve-se ter a exata noção do funcionamento e da dinâmica interna do equipamento. Estas características normalmente são determinadas nas entrevistas com os técnicos. Ao final, uma validação verifica se o conteúdo mostrado pelas imagens está correto.

Em seguida à definição do roteiro da animação, as imagens dos equipamentos e peças são renderizadas. Neste processo, as imagens são geradas de modo a possibilitar um visualização interna do equipamento.

Após as imagens terem sido renderizadas é realizada a edição da animação. Esta edição compreende o processo de reunir as imagens renderizadas em uma única animação. Neste processo, organizamos as imagens em uma linha do tempo que passa a ser chamada de quadro. Dentro da linha do tempo construímos camadas de quadros, de acordo com a complexidade da animação de funcionamento do equipamento. As camadas nos permitem transitar entre detalhes das peças dentro do equipamento que queremos colocar em evidência, através do controle de transparência (ou opacidade). Os quadros, então, são organizados dentro das camadas, que por sua vez são editados para gerar a animação final. Usamos o padrão de 30 quadros por segundo para alcançar um maior realismo.

A decisão de quantas camadas e o que deve aparecer nelas fica dependente da quantidade de peças existentes no equipamento e da complexidade do funcionamento do mesmo. Essa decisão deve ser tomada antes do passo de renderização, onde geramos as imagens que serão utilizadas na edição da animação. Se a quantidade de camadas for insuficiente para explicar o funcionamento, ou alguma parte ficar oclusa, o passo de renderização deverá ser refeito, atrasando muito o processo.

Utilizamos para as animações mais simples apenas 2 camadas, uma para o exterior do equipamento e outra para as partículas que trafegam no seu interior. É exemplificado na Figura 5 o processo de edição das animações mais simples. A quantidade de quadros por camada não necessariamente é a mesma. Por exemplo, existem momentos em que a câmera fica parada por um tempo e temos uma ca-

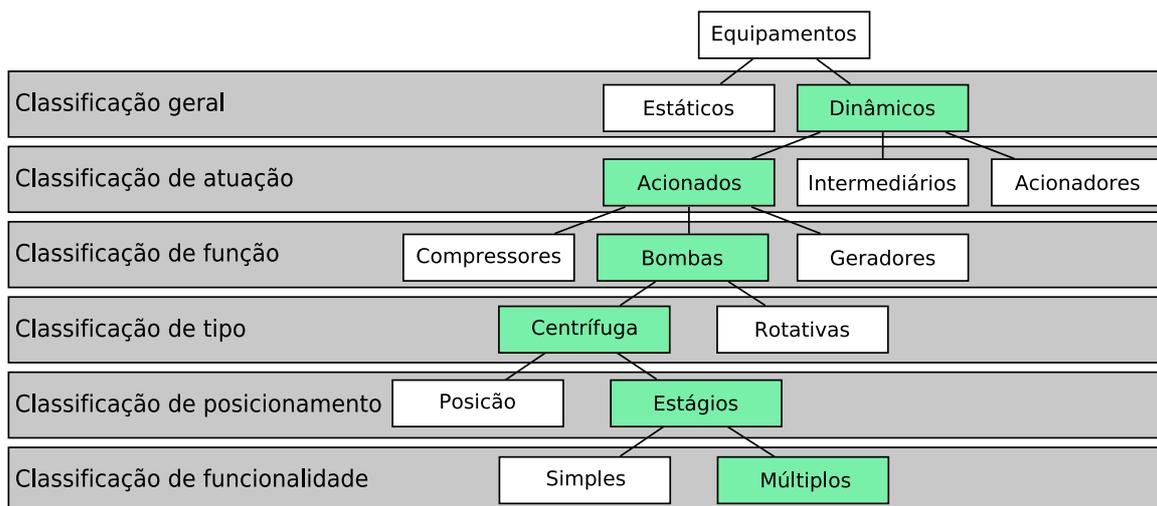


Figura 4. Classificação da bomba centrífuga de múltiplos estágios.

mada em que aparecem apenas partes imóveis do equipamento, a qual chamamos de camada inativa. Podemos renderizar apenas uma camada para cada um desses momentos e usá-la durante todo o tempo. Por outro lado, existem camadas em que fluidos ou partes móveis interagem, o que chamamos de camadas ativas. Nas camadas inativas temos apenas 1 quadro pelo tempo em que a câmera ficar parada. Por esse motivo, e por ser mais didático, procuramos mover o mínimo necessário a câmera dentro do ambiente virtual.

Finalmente, os quadros são organizados, dentro das camadas, na linha do tempo e as animações são concluídas. Cada animação tem em torno de 15 segundos e, por terem poucas camadas ativas, necessitam em média de 500 quadros. Temos, na Figura 6, quadros do processo finalizado. No processo de edição pode-se utilizar o Adobe Premier e o Adobe Photoshop [1].

3.4 Visualização

Para alcançar o público alvo de nossa ferramenta, concluímos que a melhor forma de apresentá-la seria utilizando tecnologia *web* e linguagem de ensino já existente nos livros didáticos. Para obtermos um bom resultado, reduzimos ao máximo o tamanho dos arquivos de imagens e animações. As animações foram finalizadas fazendo uso do formato SWF (Shockwave Flash), que pode ser utilizado em qualquer navegador que possua o *plugin* do Flash [1]. Com o SWF conseguimos diminuir cerca de 100 vezes o tamanho de cada animação, possibilitando assim um tráfego viável pela rede.

Outra forma de visualização obtida foram modelos interativos em VRML. A partir do modelo VRML é possível realizar rotações, ampliações e translações permitindo ao usuário analisar o equipamento virtualmente. A geração do modelo VRML é bem simples. Os softwares atuais já possuem mecanismos que exportam o modelo no formato WRL.

Todas as animações, modelos interativos, imagens

e hipertextos explicativos foram reunidos em páginas HTML (Hypertext Mark-up Language), cuja interface é bastante intuitiva, conforme mostra a Figura 7.

A interface de VM3D-Anim possui uma região de visualização dos equipamentos e processos, uma região de hipertexto e um menu principal localizado no rodapé, conforme mostra em detalhes a Figura 8. O usuário pode acessar, tanto no menu principal como na região de hipertexto, a animação, as imagens e o modelo VRML referentes ao equipamento. É possível também através da interface navegar pela classificação de equipamentos. O usuário pode aprender e entender a classificação de um determinado equipamento ou simplesmente acessá-lo diretamente utilizando um mapa de *links* diretos localizado também no menu.

4 Resultados

A ferramenta VM3D-Anim encontra-se, atualmente, em uso em cursos promovidos pela Petrobras. O público alvo dos cursos são operadores de refinarias que estarão ingressando na atividade profissional brevemente. VM3D-Anim pode ser usada em qualquer sistema operacional que suporte navegadores de internet com *plugin* Shockwave Flash da Macromedia.

Construímos 53 equipamentos modelados e animados com alta qualidade visual. Foram feitas mais de 20 minutos de animações produzidas em computadores Pentium 4 HT 3.0 GHz, com 2GB de memória RAM e placa de vídeo NVIDIA GeForce FX 5200LE foram usados como máquinas de produção. O tempo médio para renderizar de cada quadro foi estipulado em aproximadamente 12 min. Cada modelo tem em média 101.762 faces.

Realizamos um experimento no âmbito do curso de Formação de Operadores da Reduc, na Petrobras, com 70 alunos e 3 professores. VM3D-Anim foi usada durante o curso e aplicamos, no final, um formulário de avaliação com as seguintes perguntas: 1) Qual seu grau

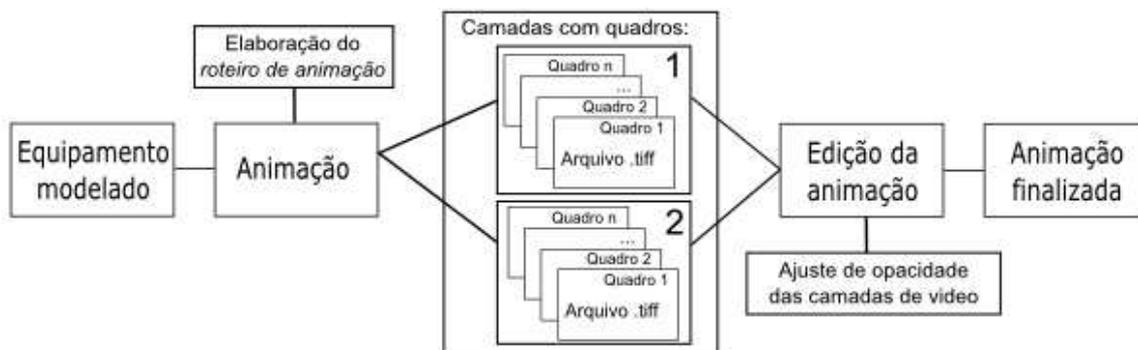


Figura 5. Processo para animação dos modelos - Edição da Animação

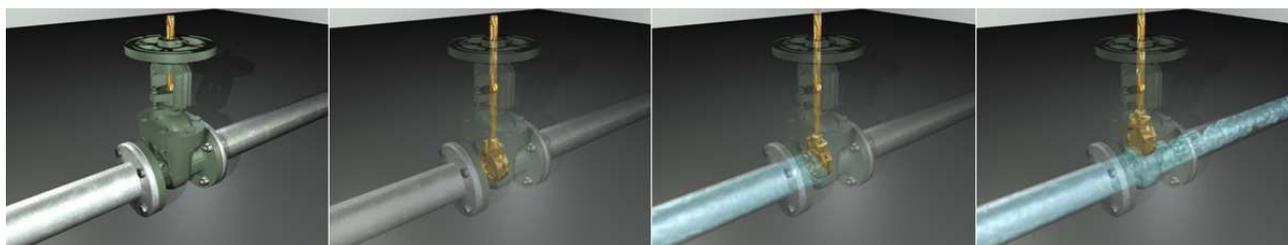


Figura 6. Quadros renderizados já editados que fazem parte da animação final

de conhecimento a respeito dos equipamentos apresentados na ferramenta? 2) Qual meio de consulta para estudos você prefere? 3) O uso do VM3D-Anim é relevante ou útil para suas atividades profissionais? 4) Você considera que a ferramenta pode melhorar os conhecimentos referentes aos equipamentos mecânicos? 5) Você usaria o VM3D-Anim em seu dia-a-dia como fonte de pesquisa? 6) Você considera o VM3D-Anim de fácil usabilidade e navegação? 7) O conteúdo gráfico (animações, imagens) está bem elaborado para que seja possível entender o funcionamento e processos dos equipamentos? 8) Na sua opinião, a informação textual está adequada com a informação visual? 9) O uso do VM3D-Anim é relevante ou útil para que seja possível trabalhar com os equipamentos que você irá trabalhar? 10) Na sua opinião, o quanto a ferramenta ajuda na formação de novos operadores da área petrolífera?

Na Figura 9, apresentamos os resultados obtidos. Para cada questão apresentamos as possíveis respostas e o número de alunos/professores que escolheram cada resposta. Podemos observar pelo gráfico que tanto professores como alunos apontaram a ferramenta como uma excelente fonte de apoio ao curso. Entre os professores, 3 no total, tivemos uma aprovação de 100% em relação às perguntas 4, 5 e 6. Porém, consideraram que a ferramenta poderia ainda melhorar em relação à elaboração das animações e de seu conteúdo textual, perguntas 7 e 8 respectivamente. Dentre os alunos tivemos uma aceitação excelente de 93% em relação a todos os pontos que abordamos em nossa avaliação. É importante ressaltar que a turma a qual realizamos a avaliação teve primeiro aulas sem a ferramenta, depois que a ferramenta foi introduzida no curso, o formulário de avaliação foi aplicado.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho apresentamos a ferramenta VM3D-Anim feita para ajudar e melhorar a capacitação de profissionais da indústria. Focamos sua aplicação em equipamentos e processos de refinarias de petróleo.

Desenvolvemos uma metodologia para a aquisição de conhecimento sobre equipamentos de refinaria e mostramos que é possível organizar e classificar os equipamentos. Com os dados organizados, a modelagem tridimensional permite a geração de imagens e animações muito úteis para gerar informação visual para o processo de aprendizagem.

Podemos concluir que a utilização de animações bem elaboradas, juntamente com módulos interativos, imagens e textos, de fato melhoram e incentivam o aprendizado. Em nosso trabalho pudemos constatar que tanto o professor quanto o aluno não querem mais o velho esquema quadro, giz e discussão, eles querem tudo isso e facilidades na hora de ensinar e aprender. Conseguimos proporcionar tal melhoria com a utilização de tecnologias emergentes e de fácil utilização. O benefício inicial da utilização de nossa ferramenta está sendo o de reduzir drasticamente o tempo e amenizar as dificuldades encontradas no treinamento de novos funcionários. Futuramente, pretendemos contribuir para a formação de uma cultura própria a respeito dos equipamentos e processos em refinarias de petróleo, permitindo, assim um grande salto no capital intelectual da empresa.

Referências

- [1] Adobe. <http://www.adobe.com/>. Adobe, 2006.

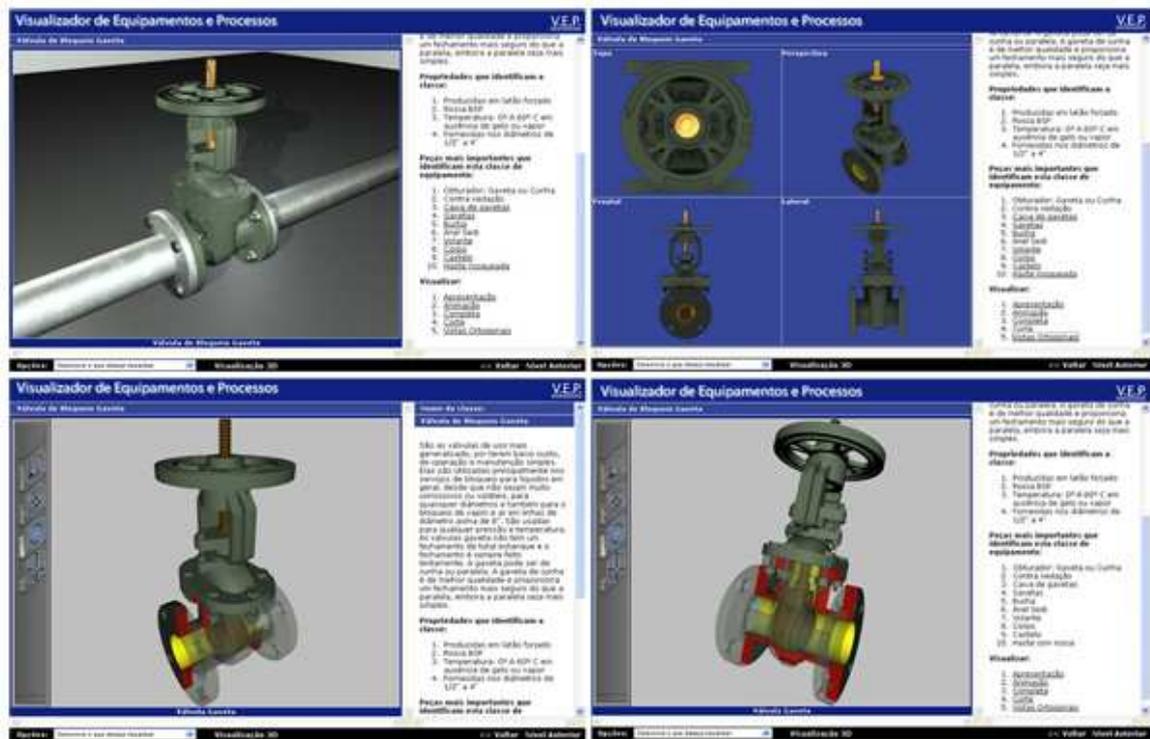


Figura 7. Ferramenta VM3D-Anim, imagens, animações e modelos interativos para Visualização do Conhecimento

- [2] A. . Alias. <http://usa.autodesk.com/>. *Autodesk - Autodesk Maya*, 2006.
- [3] Blender. <http://www.blender.org/>. *Blender*, 2006.
- [4] M. E. L. M. Castanho. Função educacional da arte. *Educação Temática Digital*, 6(2):69, 2005.
- [5] A. T. Dantas. Indústria do petróleo no brasil: formação e capacitação técnico-econômica para a atividade offshore. *Encontro Nacional da Associação de Centros de Pós-graduação em economia - ANPEC*, 1999.
- [6] T. A. Defanti, M. D. Brown, and B. H. McCormick. Visualization in scientific engineering research opportunities. *Computer Graphics*, 21(6), 1989.
- [7] S. Goose, I. Gruber, S. Sudarsky, K. Hampel, B. Baxter, and gNassir Navab. 3d interaction and visualization in the industrial environment. *Conference on Human Computer Interaction*, 2001.
- [8] F. S. Hachbart, R. C. Rodrigues, and P. F. Gonzaga. Equipamentos industriais. *Curso de Formação de Operadores de Produção e Refino de Petróleo e Gás*, 2003.
- [9] T. Hampel, R. Keil-Slawik, and F. Ferber. Explorations - a new form of highly interactive learning materials. In *Proceedings of WebNet'99, World Conference of the WWW and Internet*, pages 463–468, 1999.
- [10] V. V. Kumar, N. Kansari, J. F. Groves, and J. C. Bean. The creation of web-based interactive virtual experiments on microelectronics for early engineering students. *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2002.
- [11] A. McKenna and A. Agogino. Engineering for middle schools: A web-based module for learning and designing with simple machines. In *Proceedings of FIE'97, Frontiers in Education Conference*, pages 1496–1501, 1997.
- [12] Senai. <http://www.senai.br>. *Senai*, 2005.
- [13] Q. Sun, K. Stubblefield, and K. Gramoll. Internet-based simulation and virtual city for engineering education. *American Society of Engineering Education*, 2000.
- [14] Q. Sun, K. Stubblefield, and K. Gramoll. Internet-based distributed collaborative environment for engineering education and design. *American Society for Engineering Education*, 2001.
- [15] A. H. Watt. 3d computer graphics. *Addison Wesley*, 1999.
- [16] K. Wiig. Comprehensive knowledge management - working paper. *Knowledge Research Institute, Inc.*, 1999.
- [17] D. Yaron, R. Freeland, D. Lange, and D. J. Milton. Using simulations to transform the nature of chemistry homework. *Carnegie Mellon University, Pittsburgh*. <http://www.ched-cce.org/confchem/2000/b/yaron/Default.htm>, 2001.



Figura 8. Interface da Ferramenta

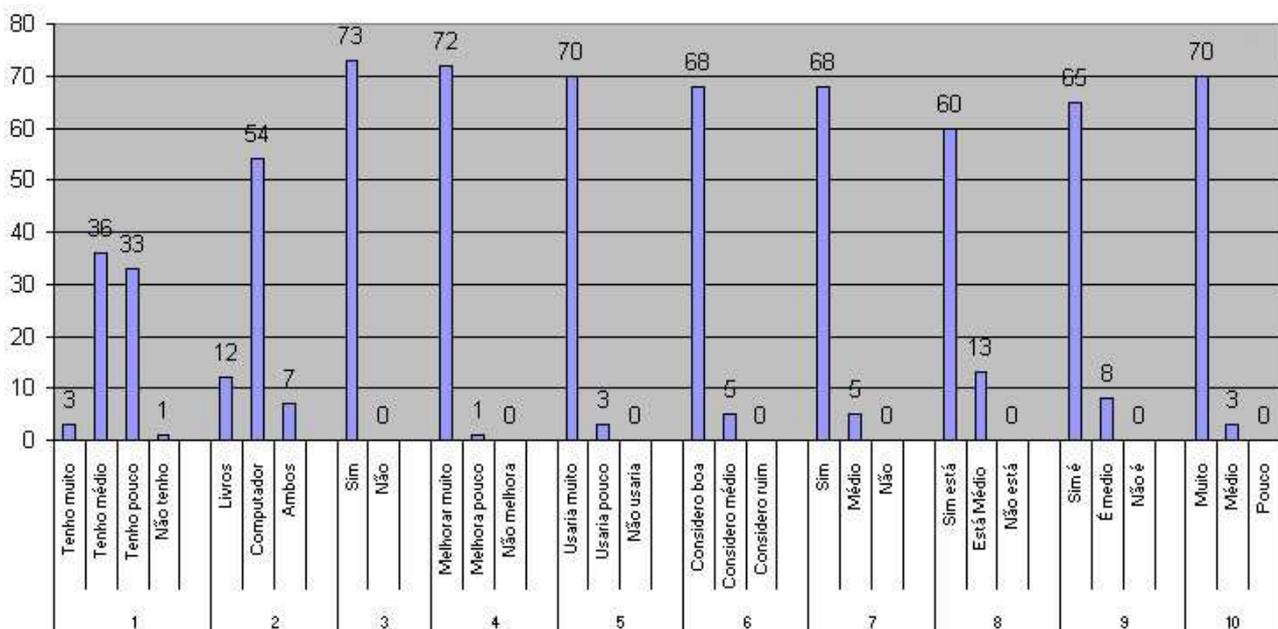


Figura 9. Resultados da avaliação realizada da Ferramenta VM3D-Anim