

EXPERIMENTAÇÃO TECNOLÓGICA PRÁTICA A DISTÂNCIA

132-TC-C2

maio 2005

Mauricio Alves Mendes, M. Eng.

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR
e-mail: mauricio@cefetpr.br

Francisco Antônio Pereira Fialho, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
e-mail: Fapfialho@aol.com

Categoria: Métodos e Tecnologias

Setor Educacional: Educação Média e Tecnológica

Natureza: Relatório de Pesquisa

Resumo. *A aplicação de softwares simuladores como ferramentas didáticas de apoio à educação tecnológica a distância tem demonstrado ser uma das principais soluções para a viabilização da oferta de cursos que necessitem de demonstrações e ensaios práticos. Os simuladores de dispositivos eletro-eletrônicos, bem como de elementos científicos, já apresentam avançado desenvolvimento tecnológico para tal aplicação, porém carecem de uma avaliação do ponto de vista didático-pedagógico, principalmente no que diz respeito ao aspecto metodológico. Este artigo tem por objetivo a apresentação de resultados obtidos com ensaios utilizando-se softwares simuladores em aulas de graduação em cursos de tecnologia bem como uma análise desta aplicação sob o ponto de vista de sua eficácia na aquisição de conhecimento.*

Palavras-chave: *Simuladores, Ensino a Distância, Laboratórios Virtuais.*

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No ensino tecnológico a distância, além dos recursos multimídia existentes, torna-se necessário o desenvolvimento de softwares tutoriais e de simulação de experimentos práticos específicos, bem como a disponibilização de laboratórios virtuais que venham a atender às diversas programações curriculares. Certamente, as eventuais limitações na utilização destas ferramentas de ensino devem ser estudadas de forma aprofundada, antecedendo-se ao planejamento e desenvolvimento de programas de cursos com exigência de aulas práticas a distância.

Percebe-se um crescimento na aplicação de técnicas de simulação no ensino presencial ou a distância das diversas áreas do conhecimento. A imaginação auxiliada por computador potencializa os recursos e as metodologias de ensino a distância tanto para exemplificação e assimilação de

conteúdos teóricos como para a substituição de experimentos práticos de laboratório.

As técnicas de simulação, em particular aquelas que utilizam imagens interativas não substituem os raciocínios humanos, mas prolongam e transformam a capacidade de imaginação e de pensamento. [1]

Torna-se necessária a dosagem adequada da utilização das diversas ferramentas disponíveis, após uma análise criteriosa da eficácia da utilização de tais ferramentas para o desenvolvimento de cada habilidade e competência esperada. Alguns fatores, estudados em pesquisas de aplicabilidade de ferramentas virtuais, justificam esta dosagem criteriosa da aplicação destes recursos:

a) a virtualidade, em casos práticos de experimentação tecnológica, pode acarretar uma falsa geração de habilidades e destrezas relacionadas ao saber fazer;

b) a comodidade no manuseio de ferramentas virtuais, a ausência de riscos de danificação real de equipamentos e dispositivos, a inexistência de custos dos componentes simulados dos ensaios e a criação de ambientes com controle total de variáveis, inclusive dos defeitos e imperfeições programáveis nos simuladores, podem gerar no estudante uma possível insegurança ou indeterminação em situações práticas reais;

c) a aplicação de ferramentas virtuais no ensino a distância, em substituição aos experimentos reais, com arquiteturas acompanhadas de tutoriais e resultados limitados ou pré-definidos, interfere no desenvolvimento das habilidades dos estudantes ou, de uma forma genérica, no processo de aprendizado de conteúdos tecnológicos;

d) as limitações das ferramentas de simulação existentes atualmente, ou dos modelos utilizados de interface com o usuário, comparativamente aos experimentos reais, podem acarretar uma falsa sensação de domínio do tema em estudo por parte dos alunos ao completarem, com êxito, os experimentos simulados;

e) as deficiências na utilização de ferramentas de simulação no ensino a distância podem ser compensadas com a aplicação prévia de

experimentos reais, ou seja, proporcionando-se aos alunos um contato inicial com instrumentos e componentes reais.

Anteriormente ao aprimoramento da multimídia e da Internet, utilizava-se de kits experimentos e fitas de vídeo com demonstrações de ensaios práticos encaminhados aos estudantes para suprir as necessidades de experimentações práticas. Naturalmente, este procedimento restringe muito as áreas possíveis de serem ofertadas remotamente.

Atualmente, o fornecimento de kits didáticos relacionados com o ensino prático de microprocessadores, por exemplo, tornaria os cursos inviáveis financeiramente para os estudantes. Além disto, existem instrumentos de medição, de custo elevado, que não poderiam ser disponibilizados. Outra maneira seria a programação de aulas intensivas de laboratório em centros remotos equipados adequadamente. Isto também tornaria oneroso o curso aos estudantes, considerando-se os custos com deslocamento, além do fato de que os conteúdos teóricos ficariam mais distanciados da experimentação e demonstração prática.

Com o desenvolvimento dos multimeios de informação, as aulas em vídeo e os CD ROM's foram ocupando os seus papéis estratégicos. Assim como a Internet e a videoconferência trouxeram a interatividade a patamares nunca antes alcançados.

A aplicação da multimídia e dos dispositivos virtuais interativos inegavelmente vem aprimorar a aquisição de conhecimento nas diversas áreas do saber. A integração de recursos como imagem, áudio, textos e telemática, permite ao estudante o contato com uma extraordinária riqueza de informações que podem ser acessadas de uma maneira dinâmica e interativa. Estes recursos possibilitam ao usuário a opção pela melhor maneira de promover seu autodesenvolvimento, de acordo com suas próprias capacidades/limitações. Desta forma, o paradigma no qual o professor é o único fornecedor do conhecimento passa a ser quebrado. O docente passa a ser um orientador e mediador de conhecimentos. [2]

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Categorias de Ferramentas Virtuais

As categorias de ferramentas virtuais existentes na atualidade e que já foram testadas cientificamente por diversas universidades em ensino presencial e a distância são:

- a) simuladores on-line: tratam-se de aplicativos desenvolvidos em linguagem Java, Shockwave, Flash ou outras formas de programação para disponibilização on-line cuja finalidade é a intercalação de exercícios e experimentos com hipertextos disponibilizados na Internet.
- b) simuladores off-line: são simuladores normalmente aplicados no desenvolvimento de projetos de engenharia em geral, não desenvolvidos, necessariamente para a aplicação em educação. Seus recursos sofisticados permitem uma eficiente aplicação em ensaios práticos devido à rica variedade de instrumentos e componentes disponíveis.
- c) laboratórios remotos: este novo conceito de experimentação remota hoje se tornou possível com a recente inovação na área de engenharia elétrica, mecânica e de computação. No desenvolvimento de protótipos de dispositivos eletrônicos, existem dispositivos chamados fast-prototyping breadboards (bancadas de prototipagem rápida) onde, sem a necessidade de conexões físicas de fios, pode-se estabelecer a ligação entre componentes eletrônicos. Apenas com comandos de computador e o auxílio de interface gráfica e uso do mouse, circuitos eletrônicos reais são experimentados. Trata-se, portanto, de um desenvolvimento de dispositivos reais e não de simulação.
- d) laboratórios de realidade virtual: dispendo-se da tecnologia de realidade virtual) é possível a realização de alguns ensaios básicos com um realismo tridimensional razoável. Com o auxílio de um capacete de áudio e vídeo (HMD) e luvas apropriados, bem como de um microcomputador e softwares de VRML, o estudante passa a executar seus experimentos através de um avatar, que é a representação do ser humano dentro do cenário virtual. [3]

2.1 Simulações via Internet

Através de pesquisa na Internet, já se pode observar que nas mais variadas áreas do conhecimento científico e tecnológico, existe uma grande diversidade de formas de experimentação prática virtual, com livre acesso. Isto amplia o espectro de atuação do ensino a distância via Internet, pois, além da variedade de textos e pesquisas disponíveis na rede, os educadores podem, agora, desenvolver experimentos virtuais e indicar links de simulações de outras Universidades.

A principal limitação dos simuladores on-line atuais está na falta de realismo nas imagens e movimentos, em virtude das limitações de transmissão via Internet ainda existentes. Além disto, estes programas ainda não apresentam recursos de terceira dimensão.

Como exemplo, o simulador apresentado na Figura 1, o dispositivo apresentado é fixo, sem a possibilidade de o aluno alterar a disposição dos componentes. Trata-se de um experimento exclusivamente de exploração do funcionamento da Ponte de Wheatstone, em cursos de Eletricidade, utilizado na Universidade Rei Juan Carlos da Espanha. Os valores de três resistências podem ser alterados. O objetivo principal é o de se obter o valor do resistor desconhecido R_x . Para isto o estudante deverá, além de saber como determinar os valores dos componentes, conectar corretamente os terminais do multímetro simulado nos pontos certos do circuito. Também se faz necessária a opção correta da escala do medidor

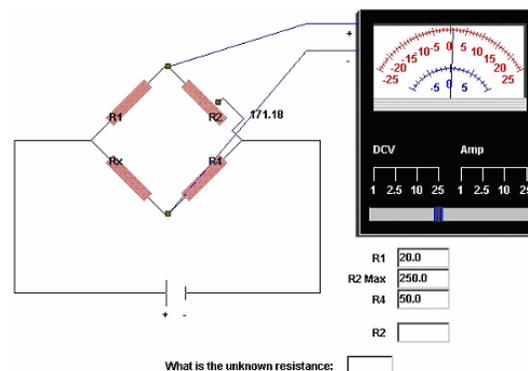


Figura 1: Ensaio on-line com Ponte de Wheatstone - Universidade Rei Juan Carlos - Espanha

Esta ferramenta de simulação on-line desempenha um excelente papel didático no ensino do tema específico de Ponte de Wheatstone, inclusive desafiando o estudante a escolher a escala do medidor e os pontos de teste do circuito mais adequados para se obter o resultado desejado. Este simulador, apesar de não permitir ao estudante a modificação do circuito, ao se tornar um exercício presente num curso a distância, pode substituir demonstrações ou experimentos práticos que complementam as explanações teóricas, considerando a adequação da estratégia pedagógica escolhida.

2.2 Simulação de Experimentos Avançados

Na experimentação prática mais avançada, que exige a utilização de instrumentos com alto grau de sofisticação, bem como a permuta de componentes e elementos físicos virtuais com parâmetros variáveis, a simulação on-line ainda não proporciona recursos e resultados satisfatórios. O porte dos programas para esta finalidade exige aplicações off-line, com a instalação de softwares nos computadores dos estudantes ou em laboratórios de informática em centros remotos, planejados e administrados pelas instituições geradoras dos cursos.

Estes programas nas suas versões mais atuais e completas, incluindo suas bibliotecas de componentes, apresentam no momento dificuldade de serem transmitidos via Internet em virtude da quantidade de bytes de que são constituídos, aproximadamente 100 Mbytes. Suas versões mais básicas podem ser enviadas via Web para que os estudantes possam trabalhar em seus próprios computadores. Porém, isto encarece o curso em função do registro do software distribuído em múltiplas cópias.

Entre os diversos softwares comerciais de simulação de circuitos eletrônicos, a título de exemplo, encontramos o simulador TINA–Complete Electronics Lab que demonstrou ser esta ferramenta uma das mais completas encontradas no mercado atualmente. Possui uma vasta biblioteca de componentes e permite simulações na grande maioria das sub-áreas da Eletricidade e Eletrônica.

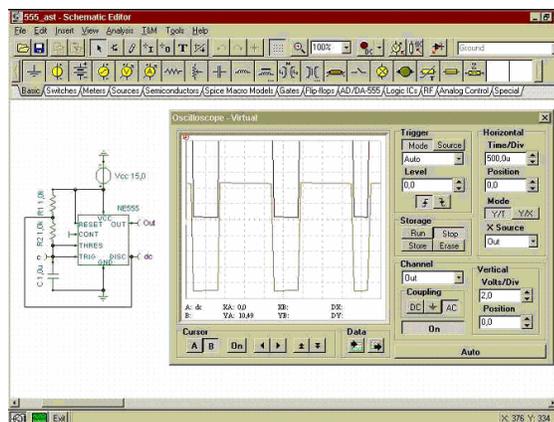


Figura 2: Simulador off-line de Circuitos Eletrônicos TINA

O programa disponibiliza ao usuário treze menus de componentes eletro-eletrônicos com a possibilidade de criação de componentes novos com grande facilidade. Os projetos dos circuitos bem como os principais parâmetros dos componentes já existentes podem ser editados, gravados e, portanto encaminhados via Internet pelos professores e alunos. Existem oito instrumentos eletrônicos de medição e geradores de alto grau de sofisticação e grande quantidade de recursos e ajustes, quais sejam: gerador de funções, multímetro, gravador XY, osciloscópio, analisador de sinais, analisador de redes, analisador lógico e gerador de sinais digitais. Estes instrumentos ainda

não são simulados em programas executados diretamente nos browsers de Internet.

Na figura 2 é apresentada a tela principal do software durante a simulação de um oscilador com o circuito integrado 555, apresentando-se a forma de onda de saída em um osciloscópio.

2.3 Ensaios Remotos com Equipamentos Reais

Esta modalidade de laboratórios está sendo disponibilizada via Internet com tendência a se tornar um instrumento de experimentação muito eficiente. Trata-se de laboratórios remotos com imagens reais e ao vivo com câmeras de vídeo, instrumentos de medição, geradores de sinais e dispositivos eletrônicos e eletromecânicos telecontrolados. [4]

Uma interface eletrônica entre certos tipos de robôs e computadores conectados na Internet permite a grupos de estudantes elaborar experimentos com equipamentos de automação com visualização do que realmente está acontecendo no laboratório. O Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM), no México, desenvolveu um laboratório de automação e reconhecimento de imagens com estas características. Um braço mecânico executa a tarefa de reconhecer fusíveis de automóveis pela forma e pela cor e conectá-los em locais programáveis. A imagem é transmitida simultaneamente ao experimento. Todas as tarefas são monitoradas e telecomandadas via Internet.

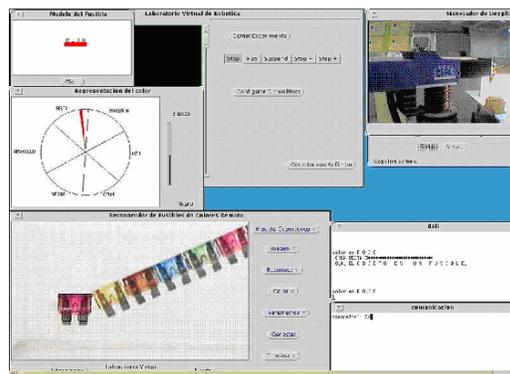


Figura 3: Laboratório Remoto de Automação – ITESM - México

2.4 Simulação com Realidade Virtual

Com o auxílio da Realidade Virtual, o estudante terá a nítida sensação de estar manipulando e/ou interagindo com os equipamentos e os componentes do ensaio. Um exemplo da aplicação desta ferramenta encontra-se no Laboratório de Realidade Virtual da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde foi desenvolvida uma experiência virtual com uma pilha eletroquímica elementar. Numa bancada de laboratório, encontram-se os elementos físico-químicos e o instrumento necessário para o experimento prático. A tela deste laboratório, apresentada na figura 4, constitui o ponto de vista inicial do usuário, de onde observam-se um voltímetro, as placas e demais componentes do ensaio sobre uma “bancada” de laboratório.

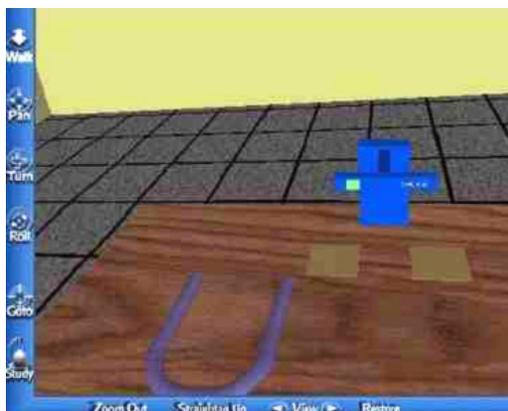


Figura 4: Laboratório Virtual de Química – UFSC

A realidade virtual é algo mais que uma simples simulação, já que ao oferecer a possibilidade de interação com o modelo, fornece uma presença nele mesmo. Mediante esta faceta poderiam se realizar tarefas dentro de um mundo real remoto, ou em um mundo gerado por computador, ou ainda na combinação de ambos. [5]

2.4 Modelagem e Planejamento dos Cursos

A utilização de softwares de trabalho off-line (local) tem um papel relevante nos cursos remotos. A organização de centros remotos contendo laboratórios de Informática nos quais estas ferramentas estejam instaladas proporciona às instituições mantenedoras dos programas de ensino uma redução considerável de custos em virtude da minimização de gastos com equipamentos reais e com a aquisição de programas de computadores, uma vez que não se faz necessária a aquisição de cópias individuais aos estudantes. Os simuladores off-line proporcionam uma ampla riqueza de recursos aos experimentos, tornando-os muito mais próximos dos ensaios reais. Alguns instrumentos de medição virtuais existentes nos softwares aqui apresentados são inacessíveis financeiramente em grande quantidade, como por exemplo, o Bode Plotter, Network Analyzer e osciloscópios multicanais digitais.

Na medida em que a velocidade de acesso na Internet for incrementada e disponibilizada aos estudantes brasileiros, softwares on-line de maior porte e maiores recursos podem ser disponibilizados via Web. Os laboratórios remotos, atualmente em estado primitivo, tornar-se-ão mais viáveis do que no momento. Temos aí uma tecnologia que necessita e merece aprimoramentos, pois ao contrário dos experimentos simulados, a experimentação com laboratórios remotos não apresenta resultados provenientes de cálculos teóricos com apresentação gráfica imitando fenômenos naturais. Não se trata de ilusão próxima da realidade, trata-se de experimentação real, mas remota, tele-controlada.

Considera-se esta a situação ideal, na qual estudantes, sem a necessidade de estarem presentes em laboratórios específicos ou sem que seja necessária a instalação de programas, executam experimentos completos até mesmo a partir de seus lares. As tecnologias emergentes de realidade

virtual e de visualização em terceira dimensão apontam para uma aplicação em laboratórios de ensino totalmente virtuais com uma eficácia que se supõe maior do que a simples simulação, desde que a acessibilidade seja incrementada e os custos dos acessórios relacionados com estas tecnologias tornem-se mais acessíveis.

Dentro do contexto atual, a utilização devidamente planejada dos recursos existentes nas três formas de simulação (on-line, off-line e laboratórios remotos) é recomendada, superando-se assim as deficiências individuais de cada uma destas ferramentas. Todas elas ainda apresentam em algumas situações uma grande distância da realidade.

Ainda levando-se em consideração as limitações das ferramentas existentes, recomenda-se que não aconteça nos planejamentos de programas de ensino prático a substituição de todas as experiências por situações simuladas, devendo-se selecionar criteriosamente quais são os experimentos que são propostos com a finalidade principal de fixação ou por comprovação/consolidação de projetos e quais são propostos para que o estudante adquira experiência prática com situações de instabilidade ou de interferência de variáveis externas não controláveis. Neste último caso, recomenda-se o experimento real ou no máximo demonstrações via vídeo, com comentários salientando a diferença entre as situações teóricas ou simuladas eventualmente exploradas e as reais.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando-se o desempenho de estudantes em experimentos reais e com a utilização de simuladores, observa-se que a simulação facilita a exploração de diversas situações que, na prática, não seriam analisadas por questões de custos, desperdícios ou riscos. As conexões de componentes na montagem de experimentos são muito mais simplificadas quando feitas com ferramentas virtuais. Existe uma tendência de os alunos trabalharem de forma empírica, sem um planejamento e cuidados prévios, pois caso haja algum dimensionamento ou montagem incorreta, eles receberão no máximo uma mensagem de erro. Isto acarreta, nos alunos, uma falsa sensação de domínio de certas habilidades, o que deve ser devidamente corrigido através de orientação dos professores. Situações como a inversão da polaridade de um capacitor eletrolítico, por exemplo, na prática podem acarretar explosão do componente, enquanto numa simulação, ocorrerá apenas uma mensagem de erro ou simplesmente o dispositivo ensaiado não funcionará.

As limitações dos experimentos simulados, comparados com os experimentos reais, devem ser salientadas pelos tutores do processo ensino-aprendizagem de forma a minimizar a tendência de acomodação do estudante diante das facilidades e ausência de riscos e custos do ambiente virtual.

O estado atual do desenvolvimento dos *softwares* de simulação aliado à banda estreita da Internet, ainda preponderante no Brasil, implicam o uso de programas de experimentação prática no ensino a distância alternadamente às demonstrações iniciais presenciais ou por videoconferência e tutoriais remotos com o auxílio de simuladores. Em pesquisa realizada no CEFET-PR, através da análise do desempenho dos estudantes que tiveram a oportunidade de manter contato com os instrumentos de medição antecipadamente observou-

se, o melhor aproveitamento dos ensaios simulados. Ficou claro, nestes alunos, que houve uma nítida associação entre os instrumentos e componentes virtuais com os reais já apresentados previamente, criando-se um senso de responsabilidade e profissionalismo maior. Naturalmente, esta conclusão não descarta a possibilidade de substituição dos equipamentos reais por simulados, apenas salienta a validade e a necessidade de um contato prévio dos estudantes com os equipamentos reais para efeito de associações futuras com as situações simuladas.

No sentido inverso, ou seja, analisando-se o efeito do aprendizado prévio com simuladores em situações práticas nos laboratórios reais, destaca-se ainda mais a necessidade de explicações escritas ou demonstrativas com imagem sobre as interferências das variáveis reais não encontradas ao longo das simulações, evitando assim a formação de profissionais despreparados para atuação nas diversas situações a que podem vir a ser submetidos em seus trabalhos futuros.

Ao se planejar a utilização destas ferramentas, deve-se levar em consideração que a proficiência a respeito da ferramenta de simulação não se torne mais importante do que o conteúdo estudado. Uma das principais desvantagens da aplicação desta espécie de ferramenta vem a ser a necessidade de um domínio mínimo dos recursos do *software* para se obter maior aprofundamento e exploração de conteúdos. Isto ocorre mais especificamente com os simuladores *off-line*, haja vista a maior simplicidade dos instrumentos *on-line* e também o fato de estes serem experimentos parcialmente pré-elaborados.

A tecnologia dos laboratórios remotos em desenvolvimento na atualidade poderá trazer uma ferramenta complementar na experimentação prática de programas de ensino a distância. Por mais que venham a ser desenvolvidos dispositivos remotos de baixo custo e com as facilidades de alterações dos circuitos e componentes remotamente e de utilização de meios de comunicação de banda larga, poderá haver o emprego compartilhado de ferramentas das diversas espécies aqui estudadas, haja vista a peculiaridade e a versatilidade de cada ferramenta individualmente.

Podemos classificar os experimentos tecnológicos em duas categorias básicas: aqueles projetados para tornar conceitos teóricos mais claros e experimentos programados para substituir ensaios de laboratórios reais, cuja finalidade principal é aproximar o estudante de situações em que existam múltiplas variáveis e parâmetros dificilmente controláveis. Experimentos básicos, envolvendo demonstrações e gráficos, encontram nas ferramentas de simulação *on-line* a melhor opção, pela facilidade de intercalação com hipertextos. Esta técnica pode vir a auxiliar, também, na substituição dos exercícios de assimilação e compreensão, comuns em aulas teóricas. Ensaios que envolvem equipamentos mais sofisticados ou que necessitam de ênfases sobre as variáveis ambientais ou sobre os parâmetros reais dos componentes e instrumentos, tendem a ser melhor realizados em laboratórios remotos. Nas situações em que os estudantes devem desenvolver projetos, ensaiá-los em múltiplas situações, com orientação e acompanhamento remoto do professor, os simuladores *off-line* apresentam melhores recursos. Enfim, nenhuma das tecnologias aqui estudadas é excludente, todas são complementares e merecem estudos e melhorias tanto no aspecto funcional como de metodologias para sua melhor aplicação no ensino a distância.

Portanto, as ferramentas de simulação fazem com que os estudantes adquiram conhecimentos de uma forma participativa e não de forma simplesmente passiva ou observatória. [6]

Para que consigamos concretizar o desafio de levar os estudantes da simples assimilação até a apropriação do conhecimento necessitamos desenvolver meios que alavanquem a construção do conhecimento por aprendizes de todos os níveis, ajudando-os a encontrar sentido nas fontes de informação inconsistentes e incompletas.[7] [8]

Cada ser humano responde de forma diferenciada a estímulos externos, em situações diversas, tais como numa simulação e numa ação real. Fazem-se necessárias, também, metodologias próprias de ensino para cada área do conhecimento.

4.REFERÊNCIAS

- 1 LÉVY, Pierre . **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Ed.34, 1.999.
- 2 LITWIN, Edith. **Tecnologia Educacional**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1.997.
- 3 RIOS, Homero Figueroa. **Potencial de la Realidad Virtual**, 1.994.
- 4 SAM, Hsu, BASSEN, Alhalabi, and ILYAS, Mohammad. **A Java-Based Remote Laboratory for Distance Education", International Conference on Engineering Education**. Taipei, Taiwan, Ago. 2.000.
- 5 CASAS, Luis Alberto Alfaro. **Contribuições para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em realidade virtual**. Tese de doutorado. Florianópolis: UFSC, 1.999.
- 6 DEDE, Chris. **Testimony to the U.S. Congress, House of Representatives, Joint Hearing on Educational Technology in the 21st Century**. Washington, p.10,Out. 1.995.
- 7 DEDE, Chris. **Emerging Technologies and Distributed Learning**. The American Journal of Distance Education. New York, Jan. 1.996
- 8 DEDE, Chris. **Emerging Influences of Information Technology on School Curriculum**. Journal of Curriculum Studies. New York, 2000.

Sites Internet

Universidade Rei Juan Carlos - Espanha

<http://www.urjc.es>

<http://212.128.3.185/general/dirinteresmostoles.html#LABORATORIO>

(acessado em 12/04/2005)

Instituto Tecnológico de Monterrey - México

<http://www-cia.mty.itesm.mx/~gordillo/LVRM/LVRM.res.html>

(acessado 12/04/2005)