

## **PROPOSTA DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA EM CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA: V. AMBIENTE EM RV DE ELETROCARDIOGRAFIA**

**Felipe C. Santos** - felipe@ieb.ufsc.br

**Juliano E. Rathke** - rathke@ieb.ufsc.br

**Paulo R. C. Possa** - possa@ieb.ufsc.br

**Eduardo Andrighetto** - andrighetto@ieb.ufsc.br

**Robson Adur** - robson@ieb.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina - Instituto de Engenharia Biomédica

UFSC Trindade, Campus Universitário.

CEP 88040-900 - Florianópolis – SC

**Fernanda I. M. Argoud** - fargoud@cefetsc.edu.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina

CEFET-SC

Avenida Mauro Ramos, 950, Centro

CEP 88101-410 – Florianópolis - SC

**Fernando M. de Azevedo** - azevedo@ieb.ufsc.br

**José Marino-Neto** - marino@ieb.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina - Instituto de Engenharia Biomédica

UFSC Trindade, Campus Universitário.

CEP 88040-900 - Florianópolis - SC

***Resumo:** Este trabalho é parte integrante do ambiente virtual de ensino denominado Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos - Módulo Didático (SPSB-MD), que é direcionado a dar suporte a aulas práticas em engenharia biomédica. O SPSB-MD, inclui ferramentas de hardware e software para o estudo de características especiais de sinais biomédicos. Este artigo descreve um módulo (software) do sistema desenvolvido por meio de técnicas de Realidade Virtual que possibilita treinamento no uso um Monitor Multi-parâmetro (Módulo de eletrocardiografia) em um ambiente 3D denominado “Hospital Escola-Virtual”.*

***Palavras-chave:** Realidade virtual, Monitor multi-parâmetro, Treinamento hospitalar*

### **1 INTRODUÇÃO**

A formação de profissionais da área de engenharia biomédica tem tido grande ascensão nos últimos anos. A necessidade de novos métodos para o ensino de engenharia biomédica

surge, devido às rápidas e constantes mudanças tecnológicas e sociais, e crescente necessidade de educação continuada. Observando esta necessidade, o Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC) está desenvolvendo e implantando no ensino de graduação em Engenharia Elétrica da UFSC, uma plataforma para o aprendizado de temas em Engenharia Biomédica (Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos - Módulo Didático, ou SPSB-MD). Este sistema pretende contribuir com ferramentas apropriadas para o ensino da Engenharia Biomédica no curso de Engenharia Elétrica da UFSC. Essa plataforma, que equipará um laboratório de aulas práticas em Engenharia Biomédica, está sendo desenvolvida utilizando recursos de hardware (para registro e transmissão de sinais biomédicos) e de software (para visualização e análise dos sinais registrados e na construção de tutoriais inteligentes e ambientes virtuais de ensino baseados na internet). Neste artigo, será abordada a parte do SPSB-MD referente ao software na parte de desenvolvimento de um Ambiente em Realidade Virtual de um Monitor Multi-parâmetro – Módulo Eletrocardiograma (MM), que disponibilizará de interfaces virtuais paciente/equipamento para operação do MM num ambiente hospitalar denominado Hospital Escola-Virtual.

## 2 SPSB-MD VISÃO GERAL

A proposta de desenvolvimento da plataforma de ensino SPSB-MD pode ser dividida em duas partes. A primeira referente ao Hardware e a segunda referente ao Software.

### 2.1 Hardware

O sistema proposto consiste de um Módulo-Base micro controlado, que serve como plataforma para acoplamento de módulos de aquisição de sinais bioelétricos, um módulo de comunicação sem fio e um software para visualização dos sinais adquiridos em um microcomputador.

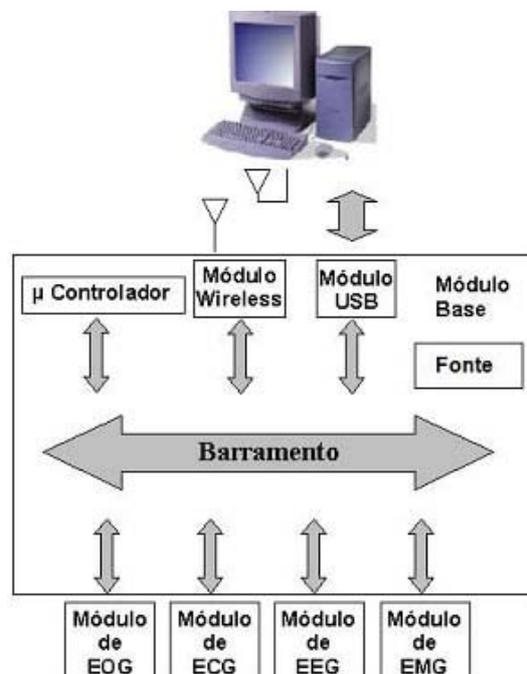


Figura 1 – Diagrama de Blocos SPSB-MD parte de Hardware (ANDRIGHETTO *et al*, 2007).

Inicialmente serão desenvolvidos módulos didáticos de aquisição de ECG, EMG, EOG e EEG. A opção pelo desenvolvimento do Módulo-Base deu-se em virtude do objetivo de se priorizar modularidade e eventuais expansões do sistema. Neste módulo foram alocados os circuitos de digitalização e processamento dos sinais provenientes dos módulos de aquisição de sinais bioelétricos. Além disso, o Módulo-Base inclui duas interfaces de comunicação com o computador: via protocolo USB e via Módulo *Wireless*.

A distinção que qualifica este equipamento como “didático” é dada pelo baixo nível de integração dos componentes dos circuitos. Neste contexto, são disponibilizados ao usuário de cada módulo do sistema, diversos “pontos de acesso” aos circuitos internos onde se permite testar/alterar parâmetros, ou mesmo substituir integralmente circuitos específicos do módulo. Além disso, todos os módulos serão acompanhados de roteiros de aulas práticas.

## 2.2 Software

A parte de software, denominada Ambiente Virtual de ensino, se divide em duas metodologias. A primeira referente ao Módulo Tutorial Teórico-Prático e a segunda referente Ambiente em Realidade Virtual de um Monitor Multi-parâmetro: Módulo Eletrocardiografia. O Módulo Tutorial Teórico-Prático será constituído por um Sistema Tutorial Hipermissão contendo uma introdução teórica aos temas “Eletrocardiografia” e “Eletrocardiógrafo”, um roteiro completo de uma aula prática sobre amplificadores de biopotenciais juntamente com um módulo de hardware para análise e teste de circuitos de aquisição e amplificação de Eletrocardiograma (ECG) (POSSA *et al*, 2007).

O Sistema Tutorial Hipermissão apresentará os conteúdos de Fisiologia Cardíaca; Eletrocardiografia; Amplificadores de Biopotenciais; Eletrocardiógrafo; Artefatos; Histórico, além de um Glossário e um Questionário. A ferramenta utilizada para a construção do sistema é um STI, implementado dentro do portal Saúde+Educação do IEB-UFSC, sendo um STI, que tem como principal objetivo realizar a tarefa de ensino de um dado conteúdo (domínio) na forma mais adaptada às necessidades do aluno. Ele tem a função de disponibilizar recursos computacionais que possibilitam ao conteudista a inclusão de material referente ao tutorial (neste caso o tema de Eletrocardiografia).

Com relação a Ambientação do ambiente de Experimento Virtual 3D, este trabalho apresenta um ambiente de RV não-imersivo desenvolvido para realização de procedimentos práticos relacionados a um Monitor Multi-parâmetro – Módulo Eletrocardiografia (MM; equipamento que permite visualizar e monitorar a atividade cardíaca de pacientes). O MM utilizado como modelo para a simulação virtual, foi o DX2010 da empresa Dixtal. Com este experimento virtual 3D, os engenheiros elétricos/biomédicos podem ter uma vivência no uso de equipamentos médico-hospitalares. Este é o foco principal deste artigo, e será melhor discutido nos próximos itens.

## 3 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO AMBIENTE EM RV

Nos sub-itens abaixo serão apresentados aspectos de implementação do ambiente virtual a ser implementado.

### 3.1 Ambientação do experimento

Este trabalho apresentará um ambiente de RV não-imersivo desenvolvido para realização de procedimentos práticos relacionados a um Monitor Multi-parâmetro – Módulo de Eletrocardiografia (MM).

Um monitor multi-parâmetro, é um equipamento destinado a visualizar e acompanhar continuamente (monitorar) a atividade cardíaca do paciente, através do traçado do sinal em questão (neste caso do módulo de Eletrocardiografia), na tela do monitor. O registro do traçado na tela do MM é contínuo com a possibilidade de congelamento da imagem, sendo importante para o tratamento do paciente em situações como: acompanhamento da atividade cardíaca; durante procedimentos cirúrgicos; transportes em macas/ambulâncias. O equipamento foi situado em um ambiente de um Centro de Tratamento intensivo (CTI) de uma sala cirúrgica “Figura 2”, no Hospital Escola Virtual (HEV).



Figura 2 – CTI / sala cirúrgica do Hospital Escola-Virtual

O HEV é um ambiente 3D de aprendizado que reunirá vários ambientes virtuais para treinamento de profissionais da engenharia biomédica em tecnologias médico-hospitalares. Esta sala cirúrgica obedece às normas da ABNT e possibilita ao usuário a oportunidade de realizar estudos de campo do ambiente. Um paciente virtual será disposto na maca cirúrgica para obtenção virtual de seus parâmetros fisiológicos. Desta forma o usuário precisa fazer a colocação dos eletrodos de forma correta para que os sinais electrocardiógrafos, apareçam de forma coerente no MM. O MM Virtual DX2010 “Figura 3”, simulará todas as características do monitor multi-parâmetro real, possibilitando aos usuários o treinamento virtual idêntico ao monitor que é utilizado no mundo real.

Para que o usuário do sistema possa interagir com o paciente, é necessário que ele conheça os princípios de aplicação clínica do MM, obtendo informações da atividade cardíaca humana monitorada por este equipamento. Deste modo ele deve entender o funcionamento fisiológico do corpo humano, e atentar para a correta usabilidade do equipamento. Assim o Módulo Tutorial Teórico-Prático, da suporte ao usuário, auxiliando na compreensão do conteúdo de eletrocardiografia.



Figura 3 – Monitor Multi-Parâmetro inserido na CTI

Para monitoração do sinal cardíaco são colocados eletrodos especiais sobre a superfície corpórea, os quais registrarão a soma de todos os potenciais de ação que ocorrem no coração a cada momento. Usa-se gel condutor entre os eletrodos e a superfície da pele para obter um melhor contato elétrico e conseqüentemente melhor recepção do sinal. A intensidade do potencial de ação depende: da distância entre o foco e o eletrodo; da intensidade do potencial no foco (coração); da inclinação das células em relação ao eletrodo; da resistência elétrica do corpo humano. Neste contexto, os procedimentos virtuais a serem implementados, devem seguir um padrão de rotinas para que seja feito o correto manuseio do equipamento, objetivando melhores resultados na monitoração dos sinais. Nos procedimentos virtuais, a qualidade gráfica adequada aos padrões de aprendizado é intrusiva. Além das características gráficas e computacionais, é importante levar em consideração a confiabilidade do conteúdo apresentado. Assim, o experimento a ser implementado neste trabalho será caracterizado por um padrão de procedimentos e rotinas idênticas às empregadas em um ambiente hospitalar real.

O conjunto de possibilidades de eventos que podem ser gerados na utilização do monitor cardíaco, é de ampla faixa. É de certo modo, é muito complexo a implementação de todas as possibilidades de interatividade entre usuário/paciente dentro do contexto médico-hospitalar. É proposto uma abordagem, onde se escolherá uma gama limitada de eventos gerados na monitoração de parâmetros de ECG, traduzindo a ambientação do mundo real para o virtual, com certo grau de fidelidade.

A interatividade de monitoração do profissional/usuário com o paciente virtual, e as rotinas seguirão três etapas:

- Instalação correta do equipamento: inclusão de cabos e equipamentos na configuração do monitor multi-parâmetro;
- Configuração dos eletrodos: o correto manuseio dos eletrodos deverão ser posicionados no corpo do paciente virtual;
- Operação correta do equipamento: do ponto de vista clínico, o trabalho de análise dos sinais que são monitorados.

### 3.2 Tecnologias envolvidas

O ambiente será desenvolvido utilizando-se de duas tecnologias:

- Adobe Flash: arquivos multimídia para operação do Monitor Multi-parâmetro – Módulo Eletrocardiografia.
- VRML: para visualização de ambientes tridimensionais.

Toda a parte de visualização do ambiente virtual 3D é feita através da tecnologia VRML. Porém, a operação do MM, exige vários métodos internos de software. É objetivo deste trabalho simular com fidelidade estes métodos. A maneira mais otimizada encontrada foi a implementação da tela do MM, “Figura 4” em formato multimídia Adobe Flash e mapeá-lo no objeto VRML 3D do monitor, por meio do EXTERNPROTO *FlashMovie*.

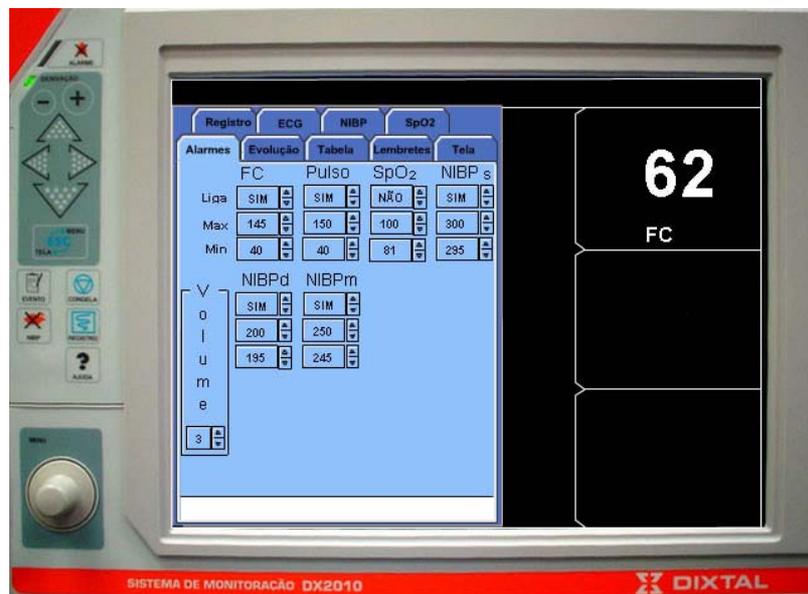


Figura 4 – Tela do Monitor Multi-Parâmetro Virtual DX2010

Os ambientes e objetos VRML serão desenhados com o auxílio do *software* 3dsMax 7. Através deste *software* é possível a criação de modelos tridimensionais (3D) e de animações, são exportadas para o padrão da linguagem VRML.

A linguagem VRML possui em sua sintaxe, nodos *prototype* (*PROTO node*) para criação de objetos que possam ser reutilizáveis. Neste *prototype* é possível declarar campos e eventos que podem ser acessados externamente como translações *SFVect3f* e rotações *SFRotation* que possuem as coordenadas de movimentação dos objetos. O *software* 3DsMax 7 exporta (através do *VRML exporter*) estes movimentos no padrão VRML como *KeyValues* inclusos na definição do *prototype* da cena. Chamou-se este *prototype* de PROTOCENA, pois ele possui todos os registros desta cena que podem ser acessados posteriormente.

A interatividade da cena é executada através de nodos *Scripts* implementados na hierarquia do VRML. Os nodos *Scripts* permitem chamadas de linguagens interpretáveis pelo *browser*, como *JavaScript*, e possibilitam a manipulação de eventos e valores gravados, tais como *KeyValues*, *SFVect3fs* e *SFRotations*. Esta funcionalidade traz dinâmica aos mundos virtuais.

É possível pegar um objeto e levá-lo a outro lugar do mundo virtual de diferentes formas através de eventos VRML, como *touch* e *plane sensors*. Diferentes ações podem disparar diferentes animações, expandindo as possibilidades de manipulação da cena.

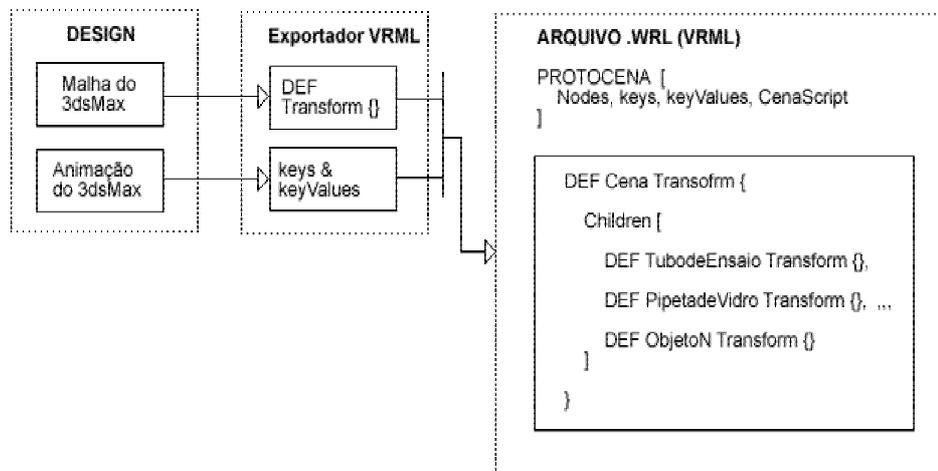


Figura 5 – Estrutura geral do experimento em RV mostrando a interação entre Design e Codificação

É necessário que malha dos objetos seja trabalhada de maneira adequada para otimizar os gráficos, garantindo alta qualidade e baixo número de polígonos. Aplica-se neste caso a técnica *low-poly*. Aspectos de iluminação onde são utilizados a radiação também são necessários para que seja alcançado realismo adequado à cena.

A visão de otimização/produzividade é intrínseca no processo da construção dos ambientes virtuais de ensino. Nesta relação, algumas técnicas/linguagens para implementação de ambientes em realidade virtual podem ser melhores empregadas que outras, já que o desenvolvimento de ambientes de RV é uma tarefa de certo modo complexa. Fica claro que a VRML é a tecnologia WEB3D mais utilizada no ensino médico no trabalho de (JOHN, 2005). O trabalho de (JANKOVIC, 2000), mostra que a agilidade na produção de ambientes virtuais 3D via VRML97, trazendo funcionalidades como: renderização, física, gerenciamento de cenas, fazem que o desenvolvimento seja rápido e de alta qualidade. Neste trabalho partilha-se desta mesma visão, sendo VRML a tecnologia utilizada para implementação dos ambientes virtuais 3D do Hospital Escola Virtual.

#### 4 DISCUSSÃO

A Realidade Virtual (RV) tem sido utilizada em treinamento de pessoal técnico em diferentes tarefas, no planejamento e melhoramento de organizações (JACOBSON, 1993), dando suporte ao treinamento de estudantes e profissionais (ROSENBLUM, 1998) (NETTO et al., 2001). Neste contexto tecnologias WEB3D oferecem treinamento de baixo custo e oportunidades de ensino virtualmente em qualquer hora e local (JOHN, 2005).

Aplicações de RV na educação se tornaram mais visíveis desde o começo da década de 90 com aplicações específicas (BRICKEN, 1990) (BYRNE, 1994). Através da RV é possível a migração de conceitos abstratos em eventos práticos sem os problemas relacionados ao mundo real (segurança, tempo de uso, etc). Os ambientes virtuais provêm aos estudantes uma interação com a prática apesar da distância da instituição de educação (YOUNGBLUT, 1998). Além disso, ambientes virtuais permitem fácil compartilhamento de recursos educacionais e de pesquisa para estudantes e profissionais em geral.

A didática envolvida em mundos virtuais é outro importante aspecto que deve ser levada em consideração. Mundos virtuais provêm campo para o aprendizado construtivista (WINN, 1993), pois através de tarefas experimentais, os estudantes são guiados a descobrir conceitos críticos por eles mesmos (YOUNGBLUT, 1998). Na exploração de um ambiente em realidade virtual o usuário literalmente aprende jogando (JOHNSON, 2005). Deste modo, acredita-se que os ambientes virtuais criam um “ciclo de conhecimento/experiência”, desenvolvendo no usuário estratégias para resolução de diversos problemas.

Desta forma, a criação de ambientes em RV para realização de aulas práticas no ensino de engenharia biomédica se mostra promissora, e visualiza-se além deste trabalho, um grande campo de aplicações que possam ser inseridos dentro do Hospital Escola-Virtual. O ambiente em RV deste trabalho irá nutrir alguns ramos da pesquisa como: uso de pacientes virtuais em CTI's em RV; o impacto da formação de profissionais com auxílio de monitores multi-parâmetros virtuais; a influência dos ambientes virtuais 3D no ensino de engenharia biomédica para engenheiros elétricos; ambientes virtuais 3D para ensino médico: usabilidade e ergonomia; vantagens e desvantagens do uso de tecnologias 3D no ensino/aprendizado de engenharia biomédica (visão tutor/aluno); enfim, deverá passar por um processo de validação o qual alunos/profissionais, serão parte do processo de levantamento de dados, permitirão fazer avaliações do impacto que esta tecnologia trará à educação, e possíveis alternativas e soluções para o tratamento dos possíveis problemas levantados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostrou a proposta do SPSB-MD que visa melhorias no processo de aprendizagem dos alunos de engenharia elétrica, através da vivência prática de seus conhecimentos na área de engenharia biomédica. A proposta inclui um ambiente virtual de ensino, em que tutoriais de eletrocardiografia estarão disponíveis, bem como o ambiente de treinamento em RV de um monitor multi-parâmetro – módulo eletrocardiografia, que auxiliará tanto aos alunos de engenharia elétrica como o profissional das áreas da saúde, no treinamento em tecnologias médico-hospitalares dentro Hospital Escola-Virtual. Configura-se, assim, uma proposta de uma plataforma robusta de ensino/aprendizagem, que gerará uma grande gama experiências, indicando possíveis soluções e rumos na prática da educação de engenharia biomédica.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGHETTO, E. et al. **Proposta de uma plataforma didática para o ensino de Engenharia Biomédica em Cursos de Graduação de Engenharia Elétrica: I Os Sinais Bioelétricos.** In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, 4., Porlamar. 2007.

BRICKEN, W. **Learning in virtual reality.** Human Interface Technology Laboratory (Memo: No. 90-5). Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, 1990. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/m-90-5>> Acesso em 10 jul. 2006.

BYRNE, C. **Virtual reality and education.** In. *INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON EXPLORING A NEW PARTNERSHIP: CHILDREN, TEACHERS AND TECHNOLOGY*, Philadelphia, Proceedings, 1994. p. 181-189.

JACOBSON, R. After the virtual reality gold rush: the virtual world paradigm. **Computers & Graphics**, New York, v.17, n.6, p. 695-698, 1993.

JANKOVIC, L. Game development in VRML. **Virtual Reality**, London, v. 5, p.195-203, 2000.

JOHN, N. The impact of Web3D Technologies on medical education and training. **Computers & Education**, New York, v.5, p. 117-123, 2005.

JOHNSON, S. **Everything Bad is Good for You**, London: Allen Lane press, 2005.

NETTO, A.; MACHADO, L.; OLIVEIRA, M. **Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações.** Revista Eletrônica de Iniciação Científica, v.3, n.1, 2002. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e1/tutoriais/>> Acesso em: 08 out. 2006.

POSSA, P. R. C. et al. Proposta de uma plataforma didática para o ensino de Engenharia Biomédica em Cursos de Graduação de Engenharia Elétrica: II. Tutorial e Ambiente 3D para o estudo da Eletrocardiografia no Hospital-Escola Virtual. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, 4., Porlamar. 2007 (**submetido**).

ROSENBLUM, L. VR Reborn. IEEE. **Computer Graphics and Application**, Los Altos Hills, v.18, p. 21-23, 1998.

WINN, W. **Humann Interface Technology Laboratory (Technical Rep. No. 93-9)**. Washington Technology Center, University of Washington. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>> Acesso em: 10 de jul. 2006.

YOUNGBLUT, C. **Educational Uses of Virtual Reality Technology.** Alexandria, 1998, Tese (Doutorado), Institute for Defense Analysis: Alexandria.

**PROPOSAL OF DIDACTICAL PLATFORM FOR BIOMEDICAL  
ENGINEERING EDUCATION ON ELECTRICAL ENGINEERING DEGREE  
PROGRAMS: VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT OF  
ELECTROCARDIOGRAPHY**

**Abstract:** *This work is integrant part of the education virtual environment called Biomedical Signals Processing System - Didactical Module, or BSPS-DM that is directed to give support to biomedical engineering practical classes. The BSPS-DM, includes hardware and software tools to the study of special characteristics of biomedical signals. This describes a system*

*(software) module developed by VR techniques that enable the training of a Multi-parameter Monitor (electrocardiography module), inner the "Virtual School Hospital".*

**Key-words:** *Virtual reality, Multi-parameter Monitor, Hospitalar training*