

Artigo Original

Recebido em 27/10/2006, aceito em 31/08/2007

Metodologia para desenvolvimento e implementação de manuais *on-line* adaptativos ao usuário para equipamentos eletromédicos

Methodology for the development and implementation of on-line adaptable to the user manuals for electromedical equipment

Andréa Teresa Riccio Barbosa

Centro de Engenharia Biomédica,
Hospital São Vicente de Paulo (HSVP)
Passo Fundo, RS

Glória Millaray Curilem

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de La Frontera
Temuco, Chile

Fernando Mendes de Azevedo*

Instituto de Engenharia Biomédica,
EEL-CTC / UFSC
88040-900 Florianópolis, SC
E-mail: azevedo@ieb.ufsc.br

*Autor para correspondência

Resumo

Este artigo descreve uma proposta de metodologia para o desenvolvimento de *sites* adaptativos que sejam utilizados no treinamento, na aprendizagem colaborativa, no ensino à distância e, principalmente, na educação continuada, aplicáveis à operação de equipamentos médico-hospitalares por profissionais da saúde. O mecanismo de adaptação do *site*, que utiliza as redes neurais dos tipos *Multi-layer Perceptron* e *Interactive Activation and Competition*, está centrado na interface através do uso de diferentes mídias na apresentação do conteúdo. As características do usuário são baseadas na teoria cognitiva das Inteligências Múltiplas (IMs). O sistema modifica automaticamente as formas de apresentação do conteúdo usando texto, fluxograma, desenho e animação, bem como oferece a possibilidade do usuário alterar explicitamente a mídia em que determinado conteúdo é apresentado a fim de adequá-lo às suas necessidades. Para a avaliação do método proposto, um estudo de caso foi implementado, considerando um monitor multiparamétrico. O manual de operação desse equipamento foi implementado em dois *sites*: um "adaptativo" e um "estático", que disponibilizam o mesmo conteúdo, possibilitando a realização de uma avaliação motivacional entre as diferentes abordagens. Os resultados indicam claramente que os benefícios são maiores para o usuário utilizando o *site* com a metodologia proposta.

Palavras-chave: Manual de operação de equipamento eletromédico *on-line*, Redes neurais artificiais, *Sites* adaptativos, Educação continuada, Treinamento.

Abstract

This paper describes a proposed methodology for the development of adaptive sites for use in training, collaborative learning, distance education and, mainly, continuing education, applicable to the operation of hospital equipment by healthcare professionals. The mechanism of adaptation of the site, that employs neural networks of the Multi-layer Perceptron and Interactive Activation and Competition types, is focused on the interface through the use of different media in the content presentation. The user characteristics are based on the cognitive theory of Multiple Intelligences. The system automatically modifies the form of content presentation using text, flow chart, drawing and animation as well as offering the possibility for the user to explicitly alter the medium through which a defined content is presented with the aim of matching this to their current needs. For the evaluation of the proposed method a case study was carried out, based on a multiparametric monitor. The operating manual for the equipment was implemented in two sites: one "adaptive" and one "static" that provide the same content, enabling the carrying out of a motivational evaluation between the different approaches. The results clearly indicate that the benefits to the user are greater using the site with the proposed methodology.

Keywords: *On-line operating manual for electromedical equipment, Artificial neural networks, Adaptive sites, Continuing education, Training.*

Extended Abstract

Introduction

This study presents a methodology that offers a personalised and attractive environment for the user in the acquisition of information, through the employment of various media adapted to the user's cognitive profile. In order to show the applicability of this methodology a case study is presented consisting on the implementation of a manual for medical hospital equipment (EMH). A cognitive theory, known as the Theory of Multiple Intelligences (IMs) (Gardner, 1993), was chosen for the determination of the user's profile.

In the development of this methodology a mechanism of adaptation is necessary. It is proposed that the adaptation system should be based on the use of artificial neural networks (ANN) of the Multilayer Perceptron (MLP) and Interactive Activation and Competition (IAC) types for implementation, respectively, of the adaptation of the medium for the content according to the user's profile and of the explicit changes made by the user.

Material and Methods

The mechanism of adaptation of the system consists of three modules: the User's Module (MU), the Adaptation Generator Module (MGA) and the Interface Module (MI).

User's module – The MU is responsible for determining the user's profile (represented by four IMs: Linguistic-verbal, Logic-mathematical, Visual-spatial and Kinaesthetic-corporal) which is used in the adaptation of the system.

Since the system determines the user's profile it is necessary for the first profile to be established on the first occasion that the system is encountered by the user. This initial profile is obtained through a multiple-choice test presented on the first page of the site that is given and controlled by the MI. In the MU, therefore, the values for the IMs of the users are defined so that the initial adaptation of the system can take place. The test was "represented" through four network-trained MLPs using the node pruning method (one for each Multiple Intelligence considered).

Adaptation generator module – This module (MGA) is responsible for the mechanism of adaptation of the system and constitutes the most important and complex of the three. It is here that the adaptation of the system will occur and, with this aim in mind, the content to be presented is divided in subjects. Each subject can be presented in a chosen media (text, flow chart, drawing or animation) defined in this module, according to the user's profile.

This module is implemented through a hybrid system with two ANNs. First, the MLP, responsible for the initial adaptation, automatically defines the number of subjects from the content, by media, to be presented. Second, the IAC, responsible for adaptability, modifies, eventually, the number of subjects, by media, to be presented according to the new preferences of the user.

Interface module – This module is responsible for the interaction of the user with the system. Initially, it presents a multiple choice test, which enables the quantification of some IMs of the user. After performing the test, the ticks are transferred to the MU, which converts them into scores, stores the result and sends them to the MGA. This module, as explained in the previous section, processes the data and sends to the MI the information relating to how the content should be presented to the user; finally, the system is "built" for the user.

Following the tests, the first page to which the user has access is the main page of the interface, which is not the object of adaptation. The title, the menu and a "finish" button are contained in this page.

The user chooses a subject, through the menu, and this is visualised in the media defined by the MGA. Independent of the defined presentation media, on the page, besides the pertinent subject five other buttons are found: "text", "drawing", "flow chart", "animation" and "menu". If the user chooses a media different to that presented, the MI changes the presentation media. Concomitantly, the MGA is activated and the IAC modifies the number of subjects to be presented by media. When this occurs, the system is "rebuilt" for the user, but the subjects previously visited and not altered by the user will not have their media modified. This whole process of adaptability is transparent to the user.

Results

For the validation and evaluation of the proposed methodology an adaptive site was developed, divided in 20 subjects, which presented an operating manual of a multiparametric monitor. For the validation of the mechanism of adaptation numerous simulations of user actions were performed to examine the behaviour of the system, with the results presented in Table 4.

The method of evaluation consisted of motivational comparison between two sites, called "adaptive" (methodology developed) and "static", which presented the same subject. A study was carried out in which a difference in motivation was noted with the use of the two systems in a sample of users, as shown in Table 8.

Discussion

The simulations revealed that the mechanism of adaptation composed of the two neural networks (MLP and IAC) working in parallel is able to adequately resolve the requirements of adaptivity and adaptability. Therefore, in the validation of the adaptive system, adequate responses were presented.

The evaluations carried out with volunteers provided results that were clearly favourable to the adaptive site in relation to the static system, since the adaptive site was 64.34% more stimulating than the static site.

Introdução

O desenvolvimento tecnológico tem propiciado o projeto e implementação de uma grande quantidade e diversidade de Equipamentos Médico-Hospitalares (EMH), os quais têm sido incorporados aos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Apesar do indiscutível benefício que a incorporação destes equipamentos tem trazido ao cuidado da saúde para os dois usuários, profissional da saúde e paciente, um problema tem surgido: a necessidade de treinamento e atualização do profissional da saúde na utilização dos referidos EMH. Este se constitui num ponto extremamente importante visto que o uso inadequado dos equipamentos pode acarretar um comprometimento na qualidade do atendimento ou, até mesmo, provocar problemas aos usuários, em particular ao paciente. Nos hospitais do Sistema Único de Saúde (SUS), os erros de operação ou mau uso em equipamentos são responsáveis por 60% a 80% das falhas, e 20% a 40% dos equipamentos estão subutilizados ou inoperantes (Lucatelli, 2002). Acredita-se que esta realidade não seja diferente em outros EAS que não os do SUS.

Em princípio, equipes de treinamento não são comuns na maioria dos hospitais e, geralmente, treinamentos por parte dos representantes dos EMH são realizados apenas após sua aquisição. Um outro problema, talvez mais crítico, é que há grande rotatividade de pessoal em muitos destes EAS e, geralmente, não há disponibilidade de todo o corpo clínico no momento dos treinamentos oferecidos. Muitos profissionais, portanto, não recebem nenhum tipo de treinamento formal na utilização dos equipamentos, obtendo o conhecimento na prática, através de colegas, ou empiricamente. Muitas vezes nem mesmo lêem os manuais do equipamento visto estes não estarem facilmente disponibilizados nos EAS, além do que, na sua maioria, sua redação é por demais "técnica".

Neste contexto, percebeu-se a necessidade de melhor disponibilizar informações dos EMH para tentar melhorar esta realidade. Neste trabalho propõe-se uma metodologia para o desenvolvimento de manuais personalizados disponibilizados em *sites* (na Internet) para auxiliar no conhecimento, e conseqüente uso, da Tecnologia Médico-Hospitalar (TMH). O ambiente é personalizado e tornado atrativo ao usuário, para a obtenção das informações, através do uso de diversas mídias (texto, fluxograma, desenho e animação) que se adaptam ao seu perfil cognitivo. Nota-se que a Internet é um meio para armazenar e disponibilizar informações, de fácil utilização e cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. A disseminação do

computador e o uso da Internet possibilitam, portanto, uma nova forma de realizar treinamentos (produzindo, armazenando e distribuindo a informação), de desenvolver a aprendizagem colaborativa, o ensino à distância e, principalmente, fornecendo um meio acessível, barato e disponível, para a educação continuada.

A nova cultura baseada em informação está mudando a maneira como as pessoas aprendem, trabalham, interagem e vivem. A educação continuada está se tornando, atualmente, uma das "chaves" para o desenvolvimento. Neste novo contexto, um grande esforço está sendo despendido com o intuito de encontrar ferramentas tecnológicas para apoiar esta nova demanda em educação. Estas ferramentas, para serem consideradas alternativas válidas, deveriam incorporar características do aprendiz que propiciem um processo personalizado de aprendizado (Saldias, 2002).

Na determinação do perfil do usuário foi escolhida uma teoria cognitiva denominada Teoria das Inteligências Múltiplas (IMs). Esta teoria, desenvolvida por Howard Gardner (Gardner, 1993), baseia-se na crença de que processos psicológicos independentes são empregados quando o indivíduo lida com símbolos lingüísticos, numéricos, gestuais e outros. Ele criou uma lista de candidatas à "inteligência humana", as quais eram potências intelectuais que forneciam ao homem capacidade e habilidade de encontrar, resolver e criar problemas. A teoria das IMs, portanto, é uma alternativa para o conceito de inteligência como uma capacidade inata, geral e única, que permite aos indivíduos um desempenho, maior ou menor, em qualquer área de atuação. Gardner identificou, em 1985, oito tipos de inteligências presentes nos indivíduos, quais sejam: Lingüístico-verbal (relacionada às palavras e à linguagem escrita e falada); Lógico-matemática (relacionada ao raciocínio científico, intuitivo e dedutivo); Visual-espacial (inclui a habilidade de criar imagens mentais e o senso de visão e a capacidade de visualização espacial de um objeto); Cinestésico-corporal (relaciona-se com o movimento físico); Musical (baseia-se no reconhecimento de padrões tonais e numa sensibilidade para ritmos e batidas); Interpessoal (envolve a capacidade de compreender as outras pessoas e interagir efetivamente com elas); Intrapessoal (envolve o conhecimento dos aspectos internos do ser como o conhecimento dos sentimentos, a intensidade das respostas emocionais, auto-reflexão); e Naturalista (consiste em observar padrões da natureza, identificando e classificando ob-

jetos, compreendendo os sistemas naturais e aqueles criados pelo homem).

Esta teoria foi escolhida posto que tanto a pedagogia quanto a psicologia consideram que o indivíduo, ao obter informações de forma adaptada às suas características cognitivas, assimila o conteúdo com maior eficiência (Brusilovsky, 2001). Observa-se que esta é uma teoria bem estabelecida em ambientes educacionais, apresentando resultados muito positivos (Project Zero, 2003). Por conseguinte, baseado nessas experiências em outras áreas, é suposto que disponibilizar informações de uma maneira personalizada, mais atrativa e de fácil assimilação, contribuirá efetivamente para minimizar os problemas de treinamento em EAS.

No desenvolvimento de tal metodologia um mecanismo de adaptação faz-se necessário. Neste trabalho propõe-se que a base do sistema de adaptação seja realizada através do uso das redes neurais artificiais (RNAs) dos tipos *Multilayer Perceptron* (MLP) e *Interactive Activation and Competition* (IAC) para implementação, respectivamente, da adaptação da mídia do conteúdo conforme o perfil do usuário e das alterações explícitas realizadas por ele.

Materiais e Métodos

A metodologia proposta e desenvolvida permite a construção de *sites* com a capacidade de modificar automaticamente a forma de apresentação do conteúdo em um sistema hipermídia, de acordo com a percepção inicial do perfil do usuário. O sistema oferece, também, a possibilidade do usuário alterar explicitamente a mídia (texto, fluxograma, desenho ou animação) na qual determinado conteúdo é apresentado, a fim de adequá-lo às suas necessidades atuais.

O estudo de caso se constitui no desenvolvimento de um *site* adaptativo que disponibiliza um manual de operação de um monitor multiparamétrico. Este é um EMH muito utilizado em EAS, para acompanhamento dos sinais vitais do paciente.

O mecanismo de adaptação do sistema é estruturado em três módulos: o Módulo do Usuário (MU), o Módulo Gerador de Adaptação (MGA) e o Módulo de Interface (MI) que serão explicados e detalhados a seguir. A Figura 1 apresenta a relação entre os módulos no sistema.

Módulo do usuário

O MU é responsável pela determinação das características, ou perfil, do usuário (representadas por suas inteligências múltiplas) que são usadas na adaptação do sistema.

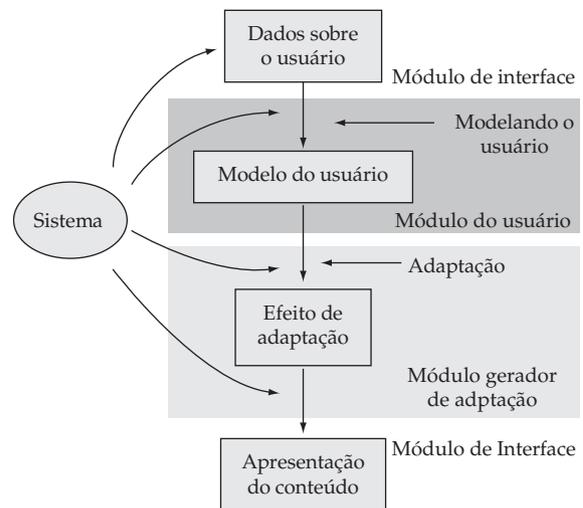


Figura 1. Relação entre os Módulos de Interface, do Usuário e Gerador de Adaptação no sistema hipermídia.
Figure 1. Relation between the Interface Module, the User Module and Adaptation Generator Module in the hypermedia system.

Como o sistema determina o perfil do usuário, faz-se necessário que um primeiro perfil seja estabelecido quando da utilização pela primeira vez do sistema por cada usuário. Este perfil inicial é obtido através de um teste de múltipla escolha presente na primeira página do *site* e que é apresentado e controlado pelo MI. No MU, portanto, são definidos os valores das IMs dos usuários para que possa ser realizada a adaptação inicial do sistema.

A metodologia aqui proposta para implementar adaptação em interfaces de *sites*, de forma a informar, exercitar, desenvolver ou ensinar alguma atividade relativa ao tema, utiliza quatro inteligências, das oito originais, quais sejam: Linguística-verbal; Lógico-matemática; Visual-espacial e Cinestésica-corporal visto serem as quatro que são facilmente associadas a diferentes mídias (Inteligências Linguístico-verbal – texto, Visual-espacial – desenho, Lógico-matemática – fluxograma e Cinestésico-corporal – animações)¹.

Estudos bibliográficos (Antunes, 2001; Armstrong, 2000; Campbell *et al.*, 1998; Gardner, 1993; Saldias, 2002) registram algumas atividades que são utilizadas para o estímulo e o desenvolvimento das IMs. Com estas informações foram definidas as possibilidades de apresentação do conteúdo para as IMs consideradas, utilizando-se mídias possíveis de serem apresentadas através de um computador.

¹ Ou seja, para as outras quatro IMs (Interpessoal, Intrapessoal, Musical e Naturalista) não existem definições de forma a associar uma mídia para apresentação de uma informação com o uso do computador.

A identificação das IMs é realizada através de testes. O teste aqui utilizado, de múltipla escolha, foi desenvolvido pelo pedagogo Celso Antunes² (Antunes, 2001), e é constituído de oito módulos, um para cada IM, totalizando 150 perguntas. Os valores resultantes de cada IM, obtidos por este teste, são numéricos e variam de 1 a 4³.

Em nosso caso (quatro IMs), o teste se reduz a quatro módulos, dois com 20 perguntas cada e dois com 18, totalizando 76 perguntas. Esse número é muito elevado para um usuário responder quando acessa o *site*. Foi necessário reduzir o número de perguntas e, para tal, ao invés de técnicas estatísticas convencionais, optou-se por adaptar um método chamado “podas de nós” que é aplicado às RNAs para resolver o problema de obtenção da melhor topologia de rede MLP. Este método consiste na eliminação de certos pesos sinápticos, durante o treinamento, de uma forma seletiva e ordenada, a partir de uma rede grande e completamente conectada. Ou seja, os pesos que não são considerados importantes (alteram pouco a saída) são eliminados (Chung e Yoon, 1997; Haykin, 1998).

Estas características inerentes ao método levaram-nos a argüir sobre sua utilização na redução da dimensionalidade do teste como alternativa à utilização de técnicas estatísticas mais complexas. O teste foi “representado” através de quatro redes MLP (uma para cada IM considerada), apresentando topologias de três camadas de neurônios. A primeira camada tem um neurônio para cada pergunta e a última um único neurônio correspondendo ao valor numérico do teste de múltipla escolha. Todas as redes foram treinadas com algoritmo *backpropagation* de modo a aprender completamente o conjunto de treinamento que consistia nas relações perguntas/respostas do teste. O conjunto de treinamento foi obtido através de respostas do teste completo de 215 voluntários⁴, aplicado na

² O teste desenvolvido por Celso Antunes é utilizado como base para identificar as Inteligências Múltiplas e foi escolhido pelo fato do autor trabalhar com educação, ter publicado dezenas de livros, sendo muitos deles a respeito de IMs e por ser um teste adequado à realidade brasileira.

³ O teste apresenta quatro opções de resposta para cada pergunta e somente uma das respostas pode ser escolhida, sendo estas: S (sim, com muita ênfase), s (sim, com alguma ênfase), n (Não, com pouca ênfase) e finalmente N (Não, com muita ênfase). O autor atribui pontos para cada item (4 para o S, 3 para o s, 2 para o n e 1 para o N) e depois divide pela quantidade de perguntas, obtendo um valor numérico (1, 2, 3 ou 4) da “inteligência” considerada.

⁴ O projeto de pesquisa “Redução de dimensionalidade de questionário aplicado na mensuração de Inteligências Múltiplas” foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da UFSC, sob número 164/03, sendo aprovado em 29/09/03. Com relação à heterogeneidade da amostra, o teste foi preenchido pelos alunos de pós-graduação em Engenharia Elétrica, em Ciências Médicas e Educação Física; alunos de graduação em Computação e Pedagogia; alunos de cursinho pré-vestibular e profissionais de diferentes áreas como engenharia, biologia, música, fisioterapia e veterinária.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no período de setembro a dezembro de 2003. Os valores dos neurônios da camada de entrada são valores numéricos definidos através das conversões das marcações do teste de múltipla escolha: 1 para resposta **a**, 0,75 para **b**, 0,5 para **c** e 0,25 para **d**⁵. A saída apresenta valores entre 1 e 4 (conforme o teste de Antunes). A quantidade de neurônios na camada intermediária foi escolhida heurísticamente.

As quatro redes foram treinadas utilizando-se o método de podas de nós (definindo-se os parâmetros *relevance threshold* e *time constant* do método) e os pesos menos significativos foram eliminados. Conseqüentemente, alguns neurônios menos significativos da camada de entrada, que representam as perguntas, foram eliminados, definindo, desta forma, quais perguntas eram menos relevantes no teste. As 76 perguntas iniciais foram reduzidas a 30⁶, algumas das quais são apresentadas na Tabela 1.

Quando o usuário acessa o *site*, este número reduzido de perguntas é apresentado pelo Módulo de Interface e as marcações efetuadas pelo usuário são “transferidas” para o MU. Neste, a RNA MLP treinada com método de poda de nós, fornece o valor das IMs consideradas.

⁵ No teste utilizado como base para obtenção das IMs também são utilizados valores lineares para as respostas na obtenção do valor numérico das IMs. Como a entrada da rede neural deve ser numérica, foi realizada a conversão das respostas em valores numéricos.

⁶ Para detalhes da avaliação e validação do teste ver Barbosa, 2004.

Tabela 1. Exemplos de algumas das 30 perguntas do teste de múltipla escolha para identificar as IMs. **Table 1.** Some examples of 30 questions about multiple choice test for identify Multiple Intelligences.

Itens	S	s	n	N
É bom para fazer sínteses (resumos)				
Incorpora palavras novas ou seu falar				
É bom aluno em Língua Portuguesa				
Adora enigmas (coisas inexplicáveis, mistérios, coisas difíceis de se compreender), senhas, problemas lógicos				
Faz cálculos de cabeça				
Sabe explicar caminhos				
É bom em fazer mapas				
Gosta de praticar atividades esportivas com regularidade				
Acredita que possui jeito para dançar ou outras formas corporais (lutas, por exemplo)				

Módulo gerador de adaptação

Este módulo (MGA) é responsável pelo mecanismo de adaptação do sistema e se constitui no mais importante e complexo dos três. É nele que é definido como será realizada a adaptação no sistema e, para isto, o conteúdo a ser apresentado é dividido em assuntos. Cada assunto pode ser apresentado em uma determinada mídia (texto, fluxograma, desenho ou animação) definida neste módulo, de acordo com o perfil do usuário. Esta definição se dá pelas RNAs que modelam a interpretação de um especialista (por exemplo um pedagogo) que, através das notas de IMs obtidas no módulo anterior, define quantos assuntos do conteúdo serão apresentados em cada mídia, determinando a estratégia pedagógica a ser aplicada.

Este módulo é implementado através de um sistema híbrido com duas RNAs. Primeiro, a MLP, responsável pela adaptação inicial, define automaticamente a quantidade de assuntos do conteúdo, por mídia, a ser apresentada. Segundo, a IAC, responsável pela adaptabilidade, modifica, eventualmente, a quantidade de assuntos, por mídia, a ser apresentada de acordo com as novas preferências do usuário. Para saber mais sobre redes IAC ver De Azevedo, 1993; McClelland e Rumelhart, 1989; Nascimento Jr., 1994.

A MLP é treinada de forma a refletir o comportamento do especialista de domínio, através de um conjunto de exemplos constituído de uma tabela com 124 indivíduos hipotéticos, na qual o especialista determina a quantidade de mídias que devem ser apresentadas, segundo cada nota de IM, ou seja, a relação entrada/saída (nota/quantidade de mídias) desejada. Esta rede apresenta uma arquitetura com três camadas, possuindo quatro neurônios na camada de entrada (cada neurônio representando um valor de inteligência múltipla), seis na escondida e quatro na de saída (cada neurônio representando a quantidade de uma mídia).

Quando um novo indivíduo utiliza o sistema e suas notas de IMs são obtidas (através do teste de múltipla escolha e da MLP com podas de nós no MU) o sistema determina em que mídia cada assunto será apresentado. Como cada conteúdo é composto por diversos assuntos e cada assunto pode ser apresentado em qualquer uma das quatro mídias, a rede define quantos assuntos vão ser apresentados em cada mídia, da mesma forma que o especialista o faria, e posteriormente a distribuição destas quantidades de mídias nos assuntos é realizada aleatoriamente. Nota-se que esta "aleatorização" não é prejudicial ao usuário, posto que ele pode escolher livremente a visualização do conteúdo em outra mídia de sua escolha poden-

do, inclusive, visualizar o mesmo assunto em todas as outras três mídias (através de botões apresentados no final da página de cada assunto).

A tabela com os 124 indivíduos hipotéticos, acrescida dos valores gerados pela MLP para o novo indivíduo que está utilizando o sistema, é convertida em seqüências binárias de forma que o conhecimento seja representado na matriz da IAC (como nesta rede não há treinamento, o conhecimento é estabelecido através do preenchimento desta matriz).

Esta rede IAC, responsável pela adaptabilidade do sistema, modifica, eventualmente, a quantidade de assuntos por mídia a ser apresentada, de acordo com as novas preferências do usuário e as ações passadas, ou seja, adaptando o sistema às novas necessidades do usuário. Portanto, se o usuário recusar o assunto na mídia sugerida pelo sistema (clicando no botão referente à outra mídia), a tela se modifica para a mídia escolhida. A partir deste evento, todas as mídias dos próximos assuntos poderão ser mudadas, pois novas quantidades são geradas pela IAC e o sistema "aleatoriza" novamente a distribuição das mídias no assunto. Observe, todavia, que tais modificações não ocorrem nos assuntos já visitados, mantendo-se, portanto, as mesmas mídias nestes assuntos, para futuras consultas.

A arquitetura da IAC apresenta um total de 10 *pools*, quatro correspondendo às quatro IMs utilizadas (inteligências Lingüístico-verbal, Visual-espacial, Lógico-matemática e Cinestésico-corporal), quatro representando as quatro mídias consideradas (texto, desenho, fluxograma e animações), um representando os indivíduos (hipotéticos mais o usuário atual) e o último, o *pool* escondido. Os resultados gerados por este módulo estão sendo constantemente transferidos para o Módulo de Interface.

Módulo de interface

Este módulo (MI) é responsável pela interação do usuário com o sistema, através de comandos, menu e interface gráfica, utilizando-se elementos de *hardware* e *software*.

Como já mencionado, o MI inicialmente apresenta um teste de múltipla escolha, o qual possibilitará a quantificação de algumas IMs do usuário.

Após a realização do teste, as marcações são transferidas para o MU, que as converte em notas, armazena o resultado e as envia para o MGA. Este módulo, como já explicado na seção anterior, realiza o processamento e fornece as informações para o MI de como deve ser apresentado o conteúdo para o usuário (que tipo de mídia para cada assunto do conteúdo) e o sistema é então "montado" para ele.

Após os testes de múltipla escolha, a primeira página que o usuário tem acesso é a página principal da interface, que não é objeto de adaptação. Nesta página se encontram o título, o menu (onde existem os *links* com os quais o usuário escolhe o assunto do conteúdo a ser visitado) e um botão “finalizar”.

O usuário escolhe um assunto, através do menu, e o visualiza na mídia definida pelo MGA. Independente da mídia de apresentação definida, encontra-se na página, além do assunto, cinco botões: “mesmo assunto em texto”, “mesmo assunto em desenho”, “mesmo assunto em fluxograma”, “mesmo assunto em animação” e “retorno ao menu”. Caso o usuário escolha uma mídia diferente da apresentada, o MI muda a mídia de apresentação. Concomitantemente, o MGA é acionado e a IAC modifica a quantidade de assuntos por mídia a ser apresentada. Ocorrendo isto, o sistema é “remontado” para o usuário, observando-se porém, que os assuntos já visitados anteriormente e não alterados pelo usuário, nunca terão suas mídias modificadas. Nota-se ainda que durante o acesso a um assunto, o usuário poderá modificar a mídia apresentada, quantas vezes desejar. A última mídia de acesso daquele assunto fica registrada, e se o usuário retornar a este assunto novamente vai visualizá-lo através da última mídia escolhida. Todo este processo de adaptabilidade é transparente ao usuário.

Implementação

O *site* adaptativo apresenta o manual de operação de um monitor multiparamétrico. Na implementação, o programa foi desenvolvido parcialmente em MATLAB® e em C (Borland C++, Builder 6) (a parte responsável pela adaptação). Foram também utilizadas as linguagens JSP e HTML para o desenvolvimento das páginas⁷. O manual foi dividido em 20 assuntos cujo acesso é realizado através de um menu localizado na página principal. A seguir é apresentado como foi implementado o *site* adaptativo no MI.

Teste das IMs – Quando o usuário acessa a página, ele é informado sobre o tema do *site* (Figura 2) e tem acesso ao teste de múltipla escolha (das IMs), cujas perguntas foram definidas no MU e devem ser respondidas apenas no primeiro acesso de cada usuário. Ao todo são 30 perguntas, com quatro alternativas cada, e o usuário deve escolher apenas uma alternativa de cada pergunta. Na Figura 3 é mostrada a primeira página deste teste.

⁷ Devido ao uso de diferentes linguagens foi necessário o estabelecimento de uma “comunicação”, entre os programas, realizada através de arquivos que são salvos no disco rígido.



Figura 2. Página inicial do site do Manual de Operação de um sistema de informação fisiológica (monitor multiparamétrico). **Figure 2.** Front page of the site for an Operating Manual about physiological information system.

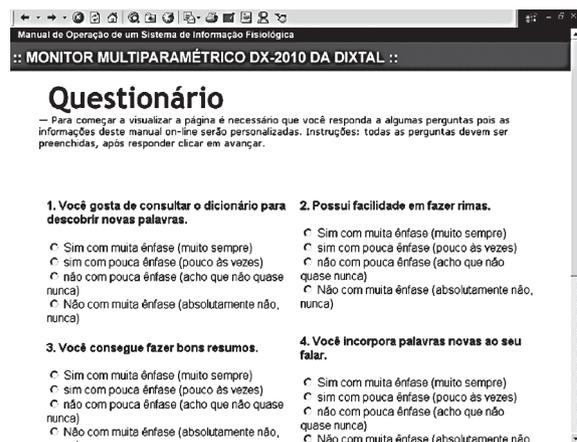


Figura 3. Teste de IM com perguntas de 1 a 4. **Figure 3.** Multiple Intelligences test with questions 1 to 4.

Divisão do conteúdo – O conteúdo do manual foi dividido em 20 assuntos principais que são acessados através do menu principal (Figura 4). O conteúdo do *site* foi obtido do manual impresso que acompanha o equipamento.

Inteligência lingüístico-verbal – Todos os 20 assuntos foram desenvolvidos em texto. As páginas possuem fundo branco, a maioria das letras é preta, sendo que algumas possuem cores diferentes, para destacar a informação (Figura 5).

Inteligência lógico-matemática – Foram utilizados fluxogramas (que são facilmente entendíveis por indivíduos que apresentam inteligência lógico-matemática) para a apresentação dos 20 assuntos. As páginas para esta IM possuem fundo branco e os textos das caixas do fluxograma são pretos (ou azuis, no caso de *links*). A Figura 6 mostra as características do equipamento através de fluxograma.

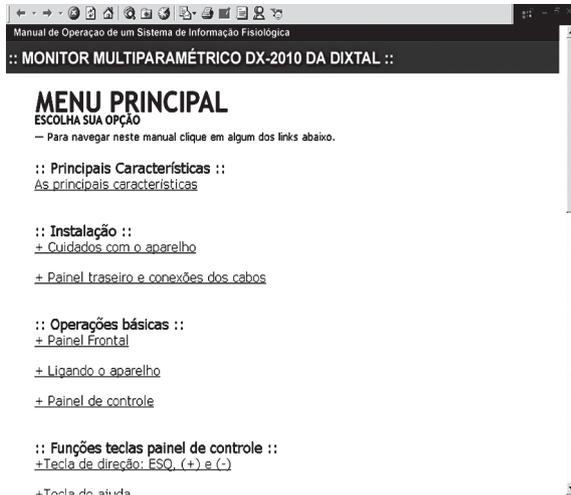


Figura 4. Página principal com menu. *Figure 4. Main page with media.*

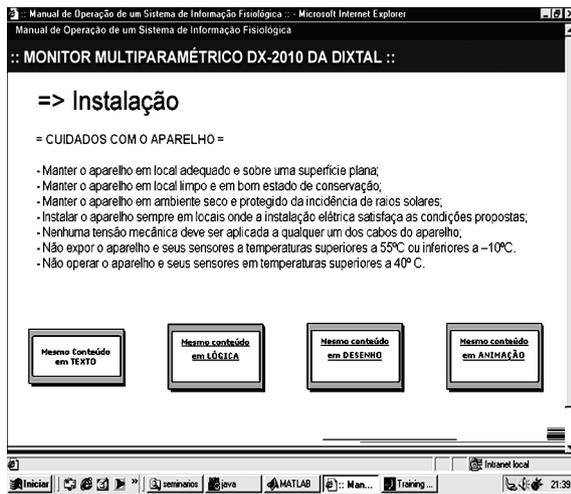


Figura 5. Página com assunto projetado na mídia texto. *Figure 5. Page with subject presented in the text media.*

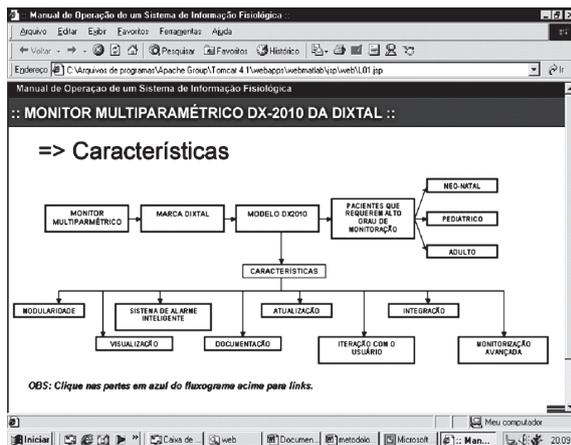


Figura 6. Página com assunto projetado na mídia fluxograma. *Figure 6. Page with subject presented in the flow chart media.*

Inteligência visual-espacial – As 20 páginas utilizaram-se de figuras, desenhos e fotos, explorando assim as características intrínsecas a esta inteligência. Todas as páginas possuem fundo branco e apresentam muitas cores nas letras, desenhos, figuras e fotos, conforme pode ser observado na Figura 7.

Inteligência cinestésico-corporal – Para esta inteligência os assuntos foram projetados utilizando-se animações e vídeos (sempre há algum movimento na tela) conforme a Figura 8. Algumas animações foram realizadas em *Flash*.

Para a avaliação e a validação da metodologia proposta alguns métodos foram desenvolvidos.



Figura 7. Página com assunto projetado na mídia desenho. *Figure 7. Page with subject presented in the drawing media.*



Figura 8. Página com assunto projetado na mídia animação. *Figure 8. Page with subject presented in the animation media.*

Método de validação do sistema adaptativo

Quando o usuário utiliza o sistema, muitas alterações que ocorrem são transparentes a ele. Porém, são realizados processamentos das informações geradas pelas suas decisões e muitas mudanças “internas” (adaptabilidade) são determinadas. Por exemplo, eventual mudança do perfil do usuário⁸, a forma de apresentação, ou seja, as seqüências de mídias, o tipo de mídia, dentre outros.

Para validar a adaptabilidade do sistema são utilizadas, como dados iniciais, as respostas do teste de múltipla escolha que foram realizados com 60 voluntários⁹. São obtidos os valores numéricos (notas) de cada IM utilizando o método de Celso Antunes, e depois as respostas das questões que são apresentadas no sistema adaptativo (questões determinadas pelo método de podas de nós) são separadas e processadas (rede MLP). As notas obtidas pelo método do pedagogo e as geradas pelo sistema são comparadas e o erro obtido.

As notas do sistema são processadas pela outra rede MLP (uma das redes do MGA) e as quantidades de mídias são definidas. Este resultado é utilizado na matriz de conhecimento da IAC (outra rede do MGA) que é também processada e as mídias são estabelecidas. No teste são simuladas as “visitas” do usuário a determinados assuntos e mudança de escolha da mídia apresentada. Novos resultados da RNA são gerados e nova seqüência de mídia é determinada e conferida. Na seção Resultados é apresentado o resultado de um dos sessenta testes de validação realizados.

Avaliação motivacional do manual on-line de operação de um monitor multiparamétrico

Foi desenvolvido um método próprio para avaliar o sistema adaptativo implementado. Para tal foi necessário o desenvolvimento de dois *sites* (chamados de “adaptativo” e “estático”, respectivamente) que apresentam o mesmo assunto (manual de operação de um equipamento eletromédico), sendo que o *site* estático¹⁰ é inflexível e se apresenta de maneira idêntica para todos os indivíduos, ao contrário do adaptativo que

⁸ Um usuário não apresenta um único perfil, que seria aquele determinado pelo questionário na primeira interação com o sistema: toda vez que, para um conteúdo, o usuário recusa a mídia em que o sistema apresenta o conteúdo, optando por uma outra mídia, é suposto que seu perfil é modificado. O sistema, então, determina um novo perfil para o usuário.

⁹ Projeto aprovado pelo CEPESH. As respostas utilizadas do teste são algumas obtidas dos 125 voluntários que preencheram o teste completo de IMs.

¹⁰ O *site* denominado estático apresenta o assunto de maneira inflexível, ou seja, idêntica para todos os usuários e utiliza como forma de apresentação textos, desenhos e gráficos.

implementa a metodologia proposta. O método de avaliação consiste na comparação motivacional¹¹ entre os dois sistemas. Realizou-se um estudo em que se observou a diferença de motivação com a utilização dos dois sistemas em uma amostra de 31 usuários, estudantes de pós-graduação do Instituto de Engenharia Biomédica da UFSC. Este grupo teve acesso a ambos os *sites*, primeiro ao *site* estático depois ao adaptativo, respondendo, ao fim de cada acesso, um questionário de identificação da motivação em relação a cada um dos sistemas. O questionário de avaliação utilizado foi o *Website Motivational Analysis Checklist (WebMac) Professional* (<http://www.cyberbee.com/guides.html>). Através dele é possível obter vários parâmetros¹²: estimulantes (E); significativos (S); organizados (O); e fáceis de usar (F); bem como sua mensuração. Depois de calculada a resposta de cada teste de cada indivíduo, uma avaliação estatística foi realizada (a Tabela 5 apresenta o resultado estatístico do teste *t* de Student).

Resultados

Resultados da validação do sistema adaptativo

A Tabela 2 apresenta o resultado das marcações reduzidas do teste de múltipla escolha que são utilizadas na determinação das IMs pelo MLP, com podas de nós. Na coluna 1 é apresentado o número do questionário (numeração utilizada no *site*); na 2 o número da pergunta do teste original; nas colunas 3, 4, 5 e 6 as marcações; na 7 a seqüência de dados que são utilizadas na rede MLP e na coluna 8 o valor de conversão.

Na Tabela 3 são apresentados (linha 2) os valores calculados pelo método original (com todas as perguntas) e os obtidos (linha 3) pela MLP (com podas de nós), as notas (linha 4), as quantidades (linha 6) que são ativadas e geradas pela IAC e a regra (linha 7) utilizada para corrigir os valores resultantes da rede, quando necessário. Os erros entre o valor do teste

¹¹ Análise motivacional diz-se de pesquisa qualitativa realizada com pequenos grupos e destinada a tentar descobrir as motivações inconscientes do consumidor ou usuário. No caso específico desta pesquisa foi realizada uma avaliação para verificar se o *site* era estimulante, significativo, fácil de usar e organizado.

¹² Parâmetros: E - que avalia o *layout* da tela, como os títulos são apresentados, se o *site* é interessante de ser explorado, se as informações nos tópicos são interessantes, se a forma de apresentação do conteúdo (mídias utilizadas) é adequada, se o *site* possui características inéditas, se existem boas surpresas na apresentação e se as cores são agradáveis; S - que avalia se existe menu no início, se apresenta *links* úteis para outros *sites*, se as informações são originadas de fontes seguras, se são atuais, se são precisas e imparciais, se o *site* oferece interatividade; O - que avalia se o objetivo do *site* está claro, se as direções a serem seguidas na utilização do *site* são simples e claras, se existem informações úteis sobre o conteúdo; e F - que avalia se não é necessária uma habilidade especial para navegar no *site*, se em todo tempo é possível controlar as informações que se deseja ver, se o tempo que leva para as figuras aparecerem na tela é razoável.

Tabela 2. Marcações reduzidas do teste de múltipla escolha para determinação das IMs (perfil inicial do usuário do sistema). Onde 'Perg.' representa o número da pergunta do teste original utilizado. Nota-se que os itens 01 a 06 referem-se às perguntas da Inteligência Múltipla Lingüística-verbal, os itens 07 a 15 referem-se às perguntas da Inteligência Múltipla Lógico-matemática, os itens 16 a 23 referem-se às perguntas da Inteligência Múltipla Visual-espacial, e os de 24 a 30 referem-se às perguntas da Inteligência Múltipla Cinestésico-corporal. O símbolo **S** representa a resposta Sim com muita ênfase, **s** representa a resposta sim com pouca ênfase, **n** representa não com pouca ênfase e **N** não com muita ênfase. **Table 2.** Reduced markings about multiple choices test for determination of the IMs (the initial user's profile of the system). 'Perg.' represents the number of the question used at original test. It is noticed that items 01 to 06 mention the questions regarding the Linguistics-verbal Multiple Intelligence, items 07 to 15 mention the questions regarding the Intelligence Multiple Logical-mathematics, item 16 to 23 mention the question regarding the Visual-space Multiple Intelligence, and items 24 to 30 mention the question regarding the Kinaesthetic-corporal Multiple Intelligence. The symbol **S** represents the answer Yes with lot of emphasis, **s** represents the answer yes with little emphasis, **n** represents not with little emphasis and **N** represents not with a lot of emphasis.

Item	Perg.	S	s	n	N	
01	4		X			0,75 s 01s
02	12			X		0,50 n 02n
03	13			X		0,50 n 03n
04	17		X			0,75 s 04s
05	19		X			0,75 s 05s
06	20			X		0,50 n 06n
07	1			X		0,50 n 07n
08	2		X			0,75 s 08s
09	4			X		0,50 n 09n
10	5			X		0,50 n 10n
11	8		X			0,75 s 11s
12	9		X			0,75 s 12s
13	14			X		0,50 n 13n
14	16			X		0,50 n 14n
15	18			X		0,50 n 15n
16	4		X			0,75 s 16s
17	6		X			0,75 s 17s
18	8		X			0,75 s 18s
19	10		X			0,75 s 19s
20	11		X			0,75 s 20s
21	15		X			0,75 s 21s
22	16		X			0,75 s 22s
23	19			X		0,50 n 23n
24	1		X			0,75 s 24s
25	2		X			0,75 s 25s
26	3		X			0,75 s 26s
27	4		X			0,75 s 27s
28	10			X		0,50 n 28n
29	14		X			0,75 s 29s
30	16		X			0,75 s 30s

completo e a resposta da rede MLP para o teste reduzido foram de 7,69% para a IM1, 4,16% para a IM2, e 0 para IM3 e IM4.

Na Tabela 4 foram definidas as mídias a serem apresentadas nos diversos assuntos (coluna 1 - Mídia), sendo 6 deles apresentados em texto, 4 em fluxograma, 5 em desenho e 5 em animação. O usuário teve acesso aos assuntos/mídias: A01, T02, A03, D07, T11, A12, A13, D19 e T17 (não necessariamente nesta ordem – coluna 2 Visitados); ao acessar o assunto 17 em texto (T17), ele não quis a apresentação definida e escolheu visualizar o mesmo assunto em desenho (D17 – coluna 3 Escolhido). A partir da escolha do usuário, a rede neural IAC será ativada (1ª iteração, Tabela 5) com ativações do neurônio 6 no pool mídia desenho (5 + 1, ativação anterior mais 1 pela escolha atual) e neurônio 4 no pool mídia texto (5 – 1, ativação anterior (sem regra) menos 1 da recusa atual). A rede IAC gera como resposta novas notas e novas quantidades, sendo estas: 4 para mídia texto, 4 para fluxograma, 6 para desenho e 5 para animação. Como a soma das quantidades de mídias não é 20 e sim 19, houve correção através de regra e as novas quantidades foram: 4 para mídia texto, 4 para fluxograma, 7 para desenho e 5 para animação. Com estes valores as mídias são novamente geradas (coluna 4, 2ª Iteração – Mídias, Tabela 4) pelo sistema. Observa-se que na seqüência de mídia apresentada, todos os assuntos visitados

Tabela 3. Valores obtidos do teste de múltipla escolha e das redes neurais. Onde IM1 representa a IM Lingüístico-verbal, IM2 representa a IM Lógico-matemática, IM3 representa a IM Visual-espacial e IM4 representa a IM Cinestésico-corporal. A quantidade de mídias geradas pela rede IAC é corrigida, quando necessário, por regras do Sistema Especialista (linha 6). **Table 3.** Values obtained from multiple choice test and neural networks. IM1 represents Linguistic-verbal Multiple Intelligence, IM2 represents Logical-mathematics Multiple Intelligence, IM3 represents Visual-space Multiple Intelligence and IM4 represents Kinaesthetic-corporal Multiple Intelligence. The amount of media generated for IAC networks is corrected, when necessary, for rules of Specialist System (line 6).

	IM1	IM2	IM3	IM4
Real	2,6	2,4	2,8	2,7
Calculando	2,8	2,5	2,8	2,7
Nota IAC	2,8	2,5	2,8	2,7
Mídias	texto	lógica	desenho	animação
Quant, IAC	5	4	5	5
Regra	6	4	5	5

Tabela 4. Descrição das mídias a serem apresentadas e a atuação do usuário (mídias visitadas e escolhidas) nas diversas iterações, onde a letra A representa a mídia animação, T representa a mídia texto, F a mídia fluxograma e D a mídia desenho, seguido do número referente ao assunto. **Table 4.** Description of the media to be presented and the performance of the user (visited and chosen media) in the diverse iterations, where the character A represents the animation media, T represents the text media, F the flowchart media and D the drawing media, following by the number regarding the subject.

Coluna	1ª Iteração			2ª Iteração			3ª Iteração			4ª Iteração			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Mídia	Vis.	Esc.	Mídia	Vis.	Esc.	Mídia	Vis.	Esc.	Mídia	Vis.	Esc.	Mídia	
A01	A01		A01	A01		A01			A01			A01	
T02	T02		T02			T02			T02			T02	
A03	A03		A03			A03			A03			A03	
T04			D04			D04	D04		D04			D04	
F05			F05			F05	F05		F05			F05	
T06			D06			F06	F06		F06			F06	
D07	D07		D07			D07			D07	D07		D07	
D08			F08			F08			F08	F08		F08	
D09			A09			T09	T09		T09			T09	
D10			D10			A10			A10			F10	
T11	T11		T11	T11	A11	A11			A11			A11	
A12	A12		A12			A12			A12	A12		A12	
A13	A13		A13			A13			A13	A13		A13	
A14			D14			T14			D14	D14		D14	
T15			T15			D15			A15	A15		A15	
F16			F16			F16			F16	F16		F16	
T17	T17	D17	D17			D17			D17	D17	T17	T17	
F18			F18			D18			D18			D18	
D19	D19		D19			D19			D19			D19	
F20			F20			F20	F20	D20	D20			D20	

anteriormente e que foram “aceitos” com a mídia apresentada, são mantidos com esta mesma mídia, e o que foi escolhido fica fixado pela mídia escolhida. Na segunda interação, o usuário retorna em assuntos já visitados anteriormente e que foram aceitos na mídia escolhida, mas desta vez, em um deles, modifica a escolha da mídia. A rede IAC novamente é processada e, conforme explicado anteriormente, novas quantidades são obtidas. Desta vez, sem necessidade da atuação da regra, as mídias são geradas, permanecendo sempre iguais as anteriores visitadas e aceitas, e a escolhida. Este processo é repetido até o usuário sair do sistema. Na validação do sistema adaptativo, as respostas fornecidas pelas redes neurais e o sistema foram corretas, apresentando o assunto na mídia escolhida, estabelecendo a mídia correta dos assuntos visitados anteriormente, e apresentando um aumento do número de assuntos nas mídias mais requeridas, e diminuição das mais recusadas pelo usuário, ou seja, o sistema apresentou respostas adequadas (Tabela 4). Esse comportamento foi obtido em todos os sessenta testes realizados.

Resultados da avaliação motivacional

Através dos resultados apresentados na Tabela 6 pode-se concluir que o *site* adaptativo é mais estimulante e significativo que o *site* estático (hipótese nula H_0 falsa), com um nível de significância de 0,01. Já não se pode afirmar que um *site* seja mais organizado e fácil de usar que outro (H_0 verdadeiro). Este resultado é bastante expressivo, pois os parâmetros estimulante e significativo são os que realmente apresentam características distintas entre os *sites* (o *layout* da tela, como os títulos são apresentados, se o *site* é divertido e interessante de ser explorado, se as informações nos tópicos são interessantes, se a forma de apresentação do conteúdo e as mídias utilizadas são adequadas, se o *site* possui características inéditas, se existem boas surpresas na apresentação e se as cores são agradáveis, se há interatividade), ou seja, estes parâmetros avaliam a maneira de se apresentar o conteúdo.

A Tabela 7 apresenta o valor percentual da diferença entre os valores médios do *site* estático e do adaptativo. Verificou-se que o *site* adaptativo foi 64,34% mais estimulante, 12,92% mais significativo, 3,50% mais organizado, 2,12% mais fácil de usar. A diferença do valor percentual médio para o parâmetro “significância” não é muito grande (12,92%) porque não há muitas di-

Tabela 5. Resultados da ativação da rede neural IAC e correção por regra nas iterações. **Table 5.** Results of activation at IAC neural network and correction for rule in the iterations.

	1ª Interação				2ª interação				3ª interação				4ª interação			
	6	4	5	5	4	4	7	5	3	5	6	6	2	4	7	7
Escolha	4	-	6	-	3	-	-	6	-	4	7	-	3	-	6	-
Nota IAC	2,8	2,8	3,2	3,0	1,4	2,1	2,2	2,3	1,2	1,8	2,6	2,5	1,4	2,1	2,2	2,3
IAC	4	4	6	5	3	5	6	6	2	4	7	7	3	5	6	6
Regra	4	4	7	5	3	5	6	6	2	4	7	7	3	5	6	6

Tabela 6. Resultados do teste 't' de Student para os parâmetros **E**, **S**, **O** e **U**, onde **E** representa o parâmetro estimulante, **S** significativo, **O** organizado e **U** fácil de usar. **Table 6.** Results of Student's 't' test for the parameters **E**, **S**, **O** and **U**, where **E** represents stimulating parameter, **S** significant, **O** organized and **U** easy to use.

Análise estatística	Características motivacionais			
	E	S	O	U
Tamanho de amostra (número de pares)	31	31	31	31
Média (site estático)	12,4838	13,4838	18,4193	18,2580
Média (site dinâmico)	20,5161	15,2258	19,0645	18,6451
Média da diferença	8,0322	1,7419	0,6451	0,38709
Desvio padrão das diferenças	3,3910	1,1245	3,5828	2,9852
Test "t"	13,1883	8,6248	1,0025	0,7219
gl (distribuição 't' de Student)	30	30	30	30
Nível de significância	0,01	0,01	0,01	0,01
p (probabilidade de significância)	2,5439E-14	6,3688E-10	0,1620	0,2379
Decisão	Ho falso	Ho falso	Ho verdadeiro	Ho verdadeiro

Tabela 7. Diferença percentual entre os valores médios dos parâmetros dos sites estático e adaptativo. **Table 7.** Percentage difference between the average values for the parameters of the static and adaptive sites.

Características	Valor médio		Diferenças	Diferenças (%)
	Estático	Adaptativo		
Estimulante (E)	12,48	20,52	8,03	64,34
Significativo (S)	13,48	15,23	1,74	12,92
Organizado (O)	18,42	19,06	0,65	3,50
Fácil de usar (U)	18,26	18,65	0,39	2,12
V (E + S)	25,97	35,74	9,77	37,64
ES (O + U)	36,68	37,71	1,03	2,81
Motivação total	62,65	73,45	10,81	17,25

ferenças nos itens avaliados entre os *sites*, sendo esta diferença apenas quanto ao quesito fornecimento de interatividade. O resultado da avaliação foi bastante satisfatório, demonstrando que o desenvolvimento de interfaces adaptativas pode trazer um estímulo maior para acessar o conteúdo apresentado. Os usuários provavelmente fixam mais o conhecimento através da transmissão da informação na mídia mais adequada e acham o conteúdo mais significativo.

Conclusões

Este trabalho apresentou uma nova metodologia para implementação de *sites* adaptativos com vista a aplicações na área Biomédica, mais especificamente a suporte a treinamento, ensino à distância, educação continuada e outros. Para validar e avaliar a metodologia proposta foi implementado um *site* adaptativo para treinamento de profissionais da área da saúde na operação de um monitor multiparamétrico.

As simulações mostraram que o mecanismo de adaptação composto pelas duas redes neurais (MLP e IAC) trabalhando em conjunto é capaz de resolver adequadamente os requerimentos de adaptatividade¹³ e adaptabilidade. Nos testes iniciais, as avaliações realizadas com voluntários mostram resultados favoráveis ao *site* adaptativo em relação ao sistema estático. Os resultados de avaliação demonstraram um maior estímulo na utilização dos sistemas adaptativos, pois o *site* adaptativo foi 64,34% mais estimulante do que o *site* estático.

Estes dois resultados mostram que a metodologia proposta é promissora na implementação de qualquer sistema que necessite de adaptação podendo ser utilizada em sistemas educacionais, instrucionais e formais. Finalizando, foi demonstrado através do estudo de caso que esta metodologia pode ser utilizada para resolver o problema de treinamento de EMHs por profissionais da saúde nos EAS.

Referências

- ANTUNES, C. **Como identificar em você e em seus alunos as inteligências múltiplas**. 5 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2001.
- ARMSTRONG, T. **Multiple Intelligences in the Classroom**. 2 ed. Alexandria: Association for Supervision & Curriculum, 2000.
- BARBOSA, A. **Mecanismo de Adaptação Baseado em Redes Neurais Artificiais para Sistemas Hipermídia Adaptativos**. Florianópolis, 2004. 212 p. Tese – (Doutorado) Instituto de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
- BRUSILOVSKY, P. Adaptive hypermedia. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, v. 11, p. 87-110, 2001.
- CAMPBELL, L.; CAMPBELL, B.; DICKINSON, D. **Teaching and Learning through Multiple Intelligences**. 2 ed. New York: Allyn & Bacon, 1998.
- CHUNG, K.; YOON, J. Performance comparison of several feature selection methods based on node pruning in handwritten character recognition. In: **Proceedings of the Fourth International Conference on Document Analysis and Recognition – ICDAR'97**, 1997, v. 1, p. 11-15, 18-20 aug. 1997.
- DE-AZEVEDO, F. **Contribution to the Study of Neural Networks in Dynamical Expert Systems**. Namur, Belgium, 1993. 220 p. Tese – (Doutorado), Institute d'Informatique, FUNDP.
- GARDNER, H. **Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences**. New York: Basic Books, 1993.
- HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. 2 ed. Atlanta: Prentice Hall, 1998.
- LUCATELLI, M. V. **Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médico-hospitalares**. Florianópolis, 2002. 286 p. Tese – (Doutorado), Instituto de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
- McCLELLAND, J. L.; RUMELHART, D. E. **Explorations in Parallel Distributed Processing: A Handbook of Models, Programs, and Exercises**. Cambridge: The MIT Press, Bradford Book, 1989.
- NASCIMENTO-Jr., C. L. **Artificial Neural Networks in Control and Optimization**. Manchester, 1994. 195 p. Thesis – (PhD), Faculty of Technology, University of Manchester.
- PROJECT ZERO. **Project Zero at the Harvard Graduate School of Education**. Disponível em: <<http://www.pz.harvard.edu>>. Acesso em: Abril 2003.
- OPPERMANN, R.; ROSSEN, R.; KINSHUK. Adaptability and adaptivity in learning systems. In: Behrooz, A. (Ed.). **Knowledge Transfer**. v. 2, p. 173-179.
- SALDIAS, G. M. J. C. **Metodologia para a Construção de Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes**. Florianópolis, 2002. 238 p. Tese – (Doutorado), Instituto de Engenharia Biomédica, UFSC.

¹³ Em sistemas computacionais há uma separação no conceito de adaptação, em adaptatividade (*adaptivity*) e adaptabilidade (*adaptability*). Sistemas com adaptatividade têm a capacidade de modificar suas próprias características, de acordo com a percepção das necessidades e características pessoais do usuário. Sistemas com adaptabilidade oferecem ferramentas para que o usuário altere explicitamente certas características do sistema, para adequá-lo ao seu comportamento (Oppermann *et al.*, 1997).

