

# Um Sistema de Auxílio ao Aprendizado de Língua Estrangeira Utilizando Abordagens de Hiperfídia Adaptativa e Lógica Fuzzy

Valéria Farinazzo Martins      Daniel Allan Silvério      Fábio dos Santos

Universidade Presbiteriana Mackenzie – rua da Consolação 930

01302-907, São Paulo, SP

E-mail: valfarinazzo@hotmail.com; daniel.silverio@hotmail.com; fmy.fabio@gmail.com

## Abstract

This paper presents a development of an e-learning support system English language without the intervention of a tutor. Some content adaptation techniques are used to improve of efficient of the system. Thus, the system can detect if a student has the knowledge of an specific topic and can direct the student to the next class, or detect if the student is haven difficult and present further lesions. In order to achieve this adaptation, it was used Fuzzy inferences rules. The system evaluation was done with 10 person and the results are presented at the end of the paper.

**Key-word:** *E-learning, Adaptive Systems, Fuzzy Logic.*

## 1. Introdução

Os sistemas computadorizados, em geral, oferecem, além da capacidade de processamento de informações, uma estrutura hierárquica de acesso linear representada por arquivos e diretórios. No entanto, há uma gama de aplicações que envolvem atividades de comunicação e raciocínio que não podem ser representadas e, tampouco, acessadas desta maneira, porque são caracterizados pela não-linearidade. A Hiperfídia é um meio apropriado para a criação e a recuperação não-linear de informações, viabilizando esta estrutura de uma maneira bastante simples, utilizando a ideia de ligações (*links*) e nós [1].

Os Sistemas Hiperfídia (SHs) tradicionais apresentam os mesmos conteúdos e ligações estáticas para todos os usuários. Não consideram as diferenças individuais de cada usuário e nem são capazes de mostrar o caminho percorrido por eles, em suas navegações pelo ambiente. Assim, as informações fornecidas são sempre as mesmas, independente do usuário e muitas vezes este se considera “perdido” num ambiente repleto de muitos *links* que ele não tem interesse em percorrer; também, em aplicações muito complexas é inviável estabelecer todas as ligações entre as informações.

O problema é que o projetista do ambiente cria as informações e os *links* que ele julga interessantes, sem levar em conta as preferências e características de cada usuário. Também o projetista apresenta as informações em determinada mídia (texto, imagem, som, animações) que podem não ser a mais adequada para uma classe de usuários.

A relação entre Sistemas Hiperfídia (SHs) e Sistemas Hiperfídia Adaptativos (SHAs) é estabelecida pelo fato de que os SHAs ampliam a funcionalidade dos SHs quando possibilitam a personalização (adaptação) do ambiente Hiperfídia aos usuários individualmente. Os SHAs monitoram o padrão de atividades dos usuários e, automaticamente, ajustam a interface ou conteúdo provido pelo sistema para acomodar-se ao usuário, assim como às suas mudanças nas habilidades, conhecimentos e preferências. Assim, estes sistemas proporcionam a cada usuário uma visão e possibilidades de navegação individualizada para a interação [2], [3].

Estes sistemas, que tiveram suas pesquisas no início de 1990, utilizam os conceitos de Interfaces Inteligentes quando enfocam a ideia de personalização de ambientes hiperfídia a diferentes usuários. Estes sistemas têm sido o centro de estudo de diversos autores [2], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] que investigam modelos e modelos e técnicas para adaptação de usuários individuais, e modelos, técnicas e processos de desenvolvimento destes sistemas, assim como sua aplicabilidade.

OS SHAs são bastante úteis quando existe a necessidade de disponibilizar informação seletiva e contextual a usuários com diferentes objetivos e níveis de conhecimento. A Hipermídia Adaptativa tem sido aplicada, principalmente, a: Sistemas Educacionais, Sistemas de Informações On-Line; Sistemas de Ajuda On-Line; Recuperação de informações Hipermídia e Visões Personalizadas. Segundo Palazzo [12], novas aplicações começam agora a ser delineadas nas áreas de serviços personalizados, tais como: *marketing*, pesquisa de opinião, agendas coletivas, comunicação pessoal. Sendo assim, os SHAs se tornaram interessantes para a área Educacional, sendo difundidos para tratar de maneira individualizada os alunos de Educação à Distância.

O objetivo dos Sistemas Hipermídia Adaptativos Educacionais (SHAEs) é apoiar o processo de aprendizagem, através da personalização, utilizando técnicas de adaptação do comportamento do sistema às características do aprendiz. Estas técnicas de Hipermídia Adaptativa podem ser utilizadas para resolver uma gama de problemas associados ao uso da hipermídia educacional.

Primeiramente, o conhecimento de diferentes usuários pode variar imensamente e o conhecimento de um usuário em particular pode crescer muito rapidamente. Uma mesma página pode não estar clara para um usuário novato e pode ser, ao mesmo tempo, bastante trivial e não atrativa para um aprendiz avançado. Por outro lado, usuários novatos do hiperespaço do material educacional não conhecem quase nada sobre o assunto. A maioria dos *links* oferecidos para algum nó leva ao material que é completamente novo para eles. Eles necessitam de ajuda navegacional para encontrar seus caminhos através do hiperespaço. Sem tal ajuda, muitas vezes o usuário pode se sentir “perdido” num hiperespaço relativamente pequeno ou utilizar estratégias de navegação ineficientes [2], [3].

Alguns tipos de SHAEs encontrados na literatura são [3]:

- Livros Eletrônicos: têm uma função similar a dos livros tradicionais, com a diferença de poderem adaptar-se ao conhecimento evolutivo do aprendiz. Assim, ele é capaz de sugerir o próximo conteúdo a ser analisado pelo estudante e também os exercícios e exemplos mais recomendados àquele aprendiz;
- Ambientes de Apoio à Aprendizagem: disponibilizam atividades de maneira adaptada às características e necessidades do aprendiz. Com base nestas atividades, o aprendiz pode acessar um sistema hipermídia do conteúdo do domínio da aplicação que esteja vinculado a este ambiente;
- Cursos Adaptativos: implementam cursos que estão baseados em algum tipo de estruturação. Geralmente, eles apoiam o processo de aprendizagem e selecionam os conteúdos e materiais que estejam mais apropriados ao aprendiz, com base em uma sequência curricular de referência.

Silva et al [13] abordaram o uso de Lógica Fuzzy para promover adaptação num sistema de hipermídia adaptativa para procurar candidatos aptos ao preenchimento de vagas de acordo com seu currículo. O sistema é capaz de indicar possíveis candidatos que tenham seu perfil parecido com o exigido para aquela vaga.

Por outro lado, Faria et al [14] utilizaram Fuzzy para um sistema de avaliação do desempenho de estudantes num curso de Educação a Distância. Tal sistema está dividido em duas partes que interagem entre si para formar uma única avaliação: avaliação do conteúdo e do comportamento do estudante durante o processo de ensino/aprendizagem.

Já Parreira e Costa [15] desenvolveram uma ferramenta (SGSO) para gerar e corrigir simulados e provas via Web, utilizando Lógica Fuzzy para escolher as questões. Esta escolha é feita automaticamente a partir do nível de dificuldade da avaliação definido a priori pelo professor. Baseado nesta informação e em uma base de conhecimentos mantida pelo sistema, o SGSO é capaz de selecionar dentre inúmeras questões, aquelas que melhor representam o nível de dificuldade selecionado.

O trabalho apresentado neste artigo tem por objetivo mostrar o desenvolvimento e a avaliação de um sistema hipermídia adaptativo educacional do tipo curso adaptativo. Ele serve como ferramenta de auxílio ao aprendizado à distância da língua inglesa utilizando adaptação. Esta adaptação é realizada através de regras Fuzzy vinculadas ao tempo de resposta das

questões, quantidade de respostas corretas e uma sequência de acertos que o aluno está tendo, a fim de promover adaptação de conteúdo do curso. Para tanto, o sistema necessita ter um módulo de Modelo do Usuário a fim de promover a personalização do ambiente. O sistema, utilizando este módulo, pode verificar que o aluno já conhece o conteúdo de maneira profunda e o fazer avançar na matéria; também pode verificar que o aluno está no nível correto; ou ainda decidir se mais informações sobre o assunto devem ser apresentadas a ele.

O artigo está estruturado como segue. A seção 2 apresenta o desenvolvimento do sistema, abordando desde a análise de requisitos até a implementação do sistema. A seção 3 traz os resultados da avaliação do sistema com potenciais usuários finais. A seção 4 traz as considerações finais do trabalho.

## 2. Desenvolvimento do Sistema

A aplicação desenvolvida aplica os conceitos da Hiperfídia Adaptativa, tanto em relação à modelagem de usuário quanto em relação à técnica utilizada para a implementação da Hiperfídia Adaptativa, para o auxílio ao aprendizado do idioma inglês.

Foram utilizados documentos com a descrição da gramática inglesa e da matéria relacionada que, depois de estudados, poderão auxiliar ao aprendizado do idioma e comprovar o entendimento através de questionários.

Através destes questionários sobre a matéria que o aluno responde, é possível avaliar a assimilação do conteúdo. Com o auxílio da Lógica Fuzzy, que tem como base regras pré-definidas, os dados são comparados. Estes dados são: o tempo médio que o aluno demora em responder as questões, a quantidade de questões certas e erradas e a quantidade de certas e erradas em sequência. Com estes dados é possível promover a adaptação do conteúdo que o aluno irá cursar. Baseado nesta avaliação, o sistema pode tomar uma ação para que o aluno possa melhorar o seu conhecimento da matéria; isto pode ser tanto uma ação que o aluno avança mais rapidamente o conteúdo, quanto ao sistema apresentar mais conteúdo para uma melhor assimilação da matéria, ou não tomar nenhuma ação caso sistema entenda que a evolução cognitiva do aluno está adequada.

Como o sistema visa à educação à distância, todo o protótipo foi implementado para Web, o que vem facilitar o acesso ao conteúdo e à avaliação, independente do lugar em que se encontra o aluno.

Para o desenvolvimento da aplicação, optou-se por uma abordagem de desenvolvimento iterativo de sistemas de software, adaptado às peculiaridades de sistemas de hiperfídia adaptativa. Conforme discutido por Stuart [16], esta abordagem combina características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up*, buscando a geração de versões (ou protótipos) que vão sendo sucessivamente refinados, até se chegar a uma implementação que atenda aos requisitos inicialmente identificados [17].

Inicialmente realizou-se a definição dos requisitos funcionais e não-funcionais. Os funcionais foram levantados diretamente com uma professora de língua inglesa. Em seguida, o projeto foi concebido e a implementação realizada. Então, a aplicação foi avaliada com os alunos. Finalmente, alguns usuários fizeram a avaliação do sistema. Esses passos são detalhados nas seções seguintes.

### 2.1 Análise de Requisitos

Para a aplicação em questão, foram diagnosticadas as seguintes necessidades iniciais:

- O usuário deve realizar *Login*;
- O sistema recordará o avanço do usuário na matéria desde o último *Login*;
- O sistema de ensino será dividido em módulos;
- O sistema deve indicar qual é o próximo questionário a ser respondido;
- O sistema deve avaliar o desempenho do aluno através de regras Fuzzy;
- O sistema deverá tomar alguma ação de acordo com a avaliação de desempenho do usuário;
- O usuário deve prosseguir somente se ele conseguir finalizar todos os questionários daquele módulo ou se for diagnosticado que ele pode “pular” fases;

- O acesso a cada módulo é gradual;
- Acesso a um material de referência, ou seja, ajuda.

A seguir é apresentado o diagrama Use Case com as ações que o usuário pode realizar no sistema e que refletem os requisitos funcionais supracitados.

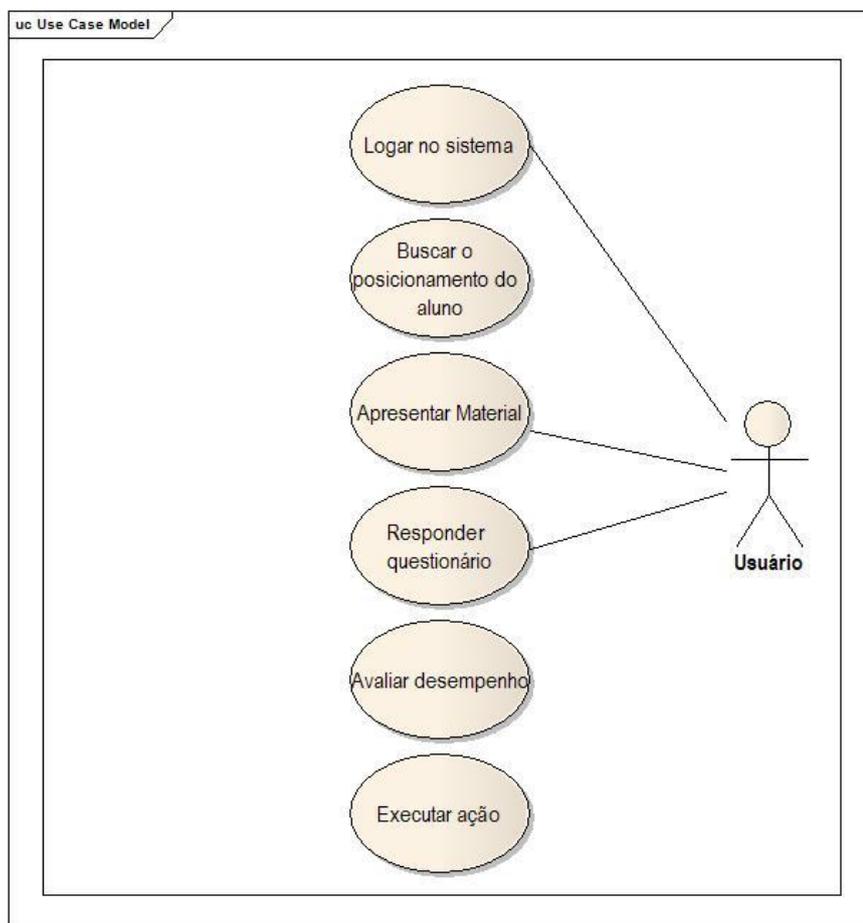


Figura 1 – Diagrama de Use Case do Usuário em relação ao Sistema

## 2.2 Projeto

Esta etapa tem por objetivo examinar fatores ligados às tecnologias que serão empregadas no sistema, incluindo a definição das tecnologias de E/S usadas na aplicação; a definição das tecnologias de suporte e computacionais, tanto de hardware quanto de software; e a definição dos objetos que compõem o ambiente, seus comportamentos e interações. Neste momento também deve ser tratada a arquitetura do sistema.

### 2.2.1 Modelagem Fuzzy

O sistema proposto neste trabalho utilizará a Lógica Fuzzy como meio de avaliação do desempenho do estudante. Possuirá quatro variáveis linguísticas de entrada, que serão utilizadas para realizar a avaliação do desempenho do estudante, e três variáveis linguísticas de saída, que representarão o resultado final da avaliação de desempenho do estudante.

I. Variáveis Linguísticas de Entrada. Foram escolhidas as seguintes variáveis, que serão mostradas no Quadro 1:

- Tempo de Resposta – Leva em consideração o tempo médio de resposta que o estudante levou para responder uma determinada quantidade de questões, e foi classificada com os termos linguísticos Bom, Médio e Ruim;

- Quantidade de Acertos – Esta variável avalia a quantidade de questões respondidas pelo estudante de forma correta, sendo classificada com os termos linguísticos Ótimo, Regular e Péssimo;
- Sequência de Respostas Corretas – Leva em consideração a quantidade de questões respondidas corretamente de forma sequencial. Esta variável foi classificada com os termos linguísticos Muito, Razoável e Pouco;
- Sequência de Respostas Erradas – Leva em consideração a quantidade de questões respondidas erroneamente de forma sequencial. Esta variável foi classificada com os termos linguísticos Muito, Razoável e Pouco.

II. Variáveis Linguísticas de Saída. Foram determinadas as seguintes variáveis, que serão mostradas no Quadro 2:

- Mostrar Apoio – Esta variável de saída determina se o estudante necessita ou não de um material de apoio extra. Foi classificada com os seguintes termos linguísticos:
  - Não – Significa que o estudante não apresentou dificuldades;
  - Nível 1 – Significa que o estudante apresentou dificuldades em responder as questões do módulo, o estudante necessita de um apoio extra para poder prosseguir com os estudos no módulo atual e avançar para o próximo módulo;
  - Nível 2 – Significa que o estudante apresentou dificuldades em responder as questões do módulo, o sistema identificou como relevante e que o estudante já necessitou anteriormente um apoio extra neste mesmo módulo, determinando que o estudante necessita de um apoio extra de nível maior para poder prosseguir com os estudos;
- Ensino – Esta variável de saída determina se o estudante tem ou não condições de prosseguir com os estudos. Recebeu a seguinte classificação de termos linguísticos:
  - Continuar – Significa que o estudante está apto em continuar com os estudos;
  - Parar – Significa que o estudante não está apto em continuar com os estudos através do ensino proposto.
- Pular Fases – Esta variável de saída avalia a forma como o estudante está avançando no ensino num determinado módulo, sendo que dependendo do seu desempenho o sistema automaticamente poderá avançar o estudante para um próximo módulo de aprendizagem. Possui os seguintes termos linguísticos na sua classificação:
  - Não – Significa que o estudante não tem condições de avançar para o próximo módulo sem seguir com o fluxo normal de avaliação;
  - Sim – Significa que o estudante apresenta um ótimo desempenho, e que tem condições de avançar para o próximo módulo de aprendizagem sem a necessidade de continuar até o final do módulo em questão.

**Quadro 1 - Variáveis de Entrada com seus respectivos conjunto Fuzzy e grau de pertinência de cada termo linguístico**

<b>VARIÁVEIS DE ENTRADA</b>			
<b>Nome da Variável</b>	<b>Termos Linguísticos</b>	<b>Grau de Pertinência (Intervalo)</b>	<b>Definição</b>
<b>Tempo de Resposta</b>	Bom	[0.0, 93.5]	Tempo médio de resposta que um estudante levou para responder uma determinada quantidade de questões. Unidade de Medida: segundos.
	Médio	[90.0, 192.0]	
	Ruim	[188.5, 300.0]	
<b>Quantidade de Acertos</b>	Ótimo	[0.70, 1.0]	Quantidade de questões respondidas de forma correta pelo estudante.
	Regular	[0.35, 0.75]	
	Péssimo	[0.0, 0.40]	

<b>Sequência de Corretas</b>	Muito	[0.67, 1.0]	Quantidade de questões respondidas de forma correta pelo estudante de forma sequencial.
	Razoável	[0.34, 0.78]	
	Pouco	[0.0, 0.40]	
<b>Sequência de Erradas</b>	Muito	[0.70, 1.0]	Quantidade de questões respondidas de forma errada pelo estudante de forma sequencial.
	Razoável	[0.40, 0.72]	
	Pouco	[0.0, 0.45]	

**Quadro 2 - Variáveis de Saída com seus respectivos conjunto Fuzzy e grau de pertinência de cada termo linguístico**

<b>VARIÁVEIS DE SAÍDA</b>			
<b>Nome da Variável</b>	<b>Termos Linguísticos</b>	<b>Grau de Pertinência (Intervalo)</b>	<b>Definição</b>
<b>Mostrar Apoio</b>	Não	[0.0, 0.10]	Dependendo o desempenho do estudante, o sistema irá automaticamente identificar se o estudante necessita de apoio extra.
	Apoio Nível 1	[0.08, 0.73]	
	Apoio Nível 2	[0.67, 1.0]	
<b>Ensino</b>	Parar	[0.0, 0.31]	Dependendo do desempenho do estudante, o sistema irá automaticamente identificar se os estudos devem ou não continuar.
	Continuar	[0.25, 1.0]	
<b>Pular Fases</b>	Não	[0.0, 0.77]	Dependendo o desempenho positivo do estudante, o sistema irá automaticamente elevar o nível de dificuldade.
	Sim	[0.74, 1.0]	

### 2.2.2 Funções de Pertinência

A definição das funções de pertinência para utilização numa aplicação que utilize a Lógica Fuzzy é uma etapa fundamental e complexa no desenvolvimento desta aplicação. Dentre os tipos de funções de pertinências existentes, a função de pertinência utilizada em todas as variáveis, de entrada e saída, neste projeto foi o Trapezoidal.

$$\text{trapmf}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

**Equação 1 - Função de Pertinência utilizada no projeto**

A figura 2 representa o gráfico da função de pertinência da variável de entrada “Tempo de Resposta”, em que a mudança de um termo linguístico para outro ocorre de forma gradual entre os termos Bom, Médio e Ruim.

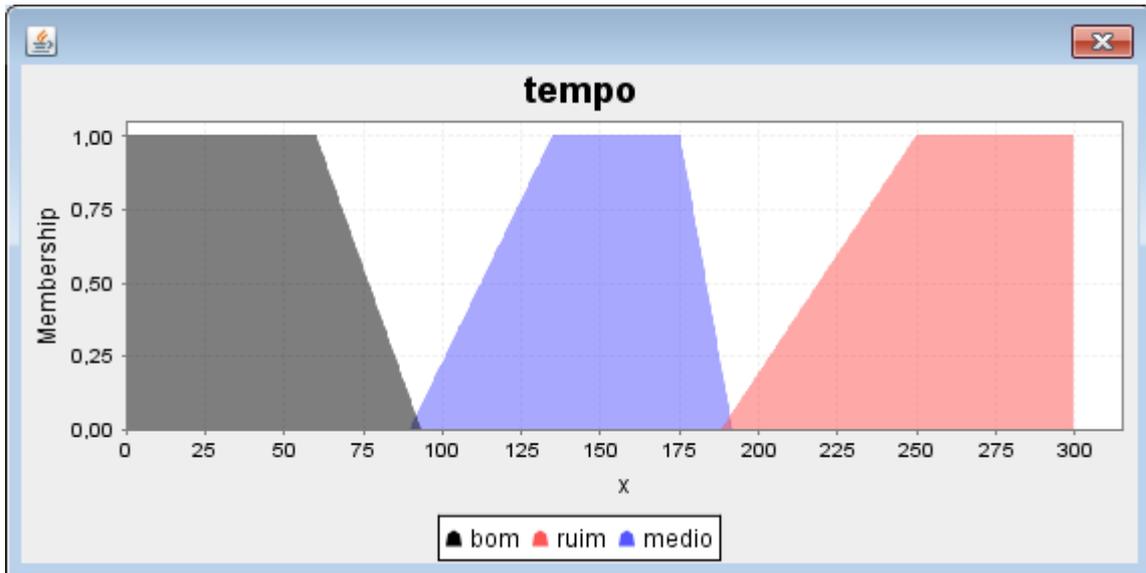


Figura 2 - Função de Pertinência da variável “Tempo de Resposta”

Já a Figura 3 representa o gráfico da função de pertinência da variável de saída “Pular Fases”, em que a mudança de um termo linguístico para outro ocorre de forma gradual entre os termos Não e Sim.

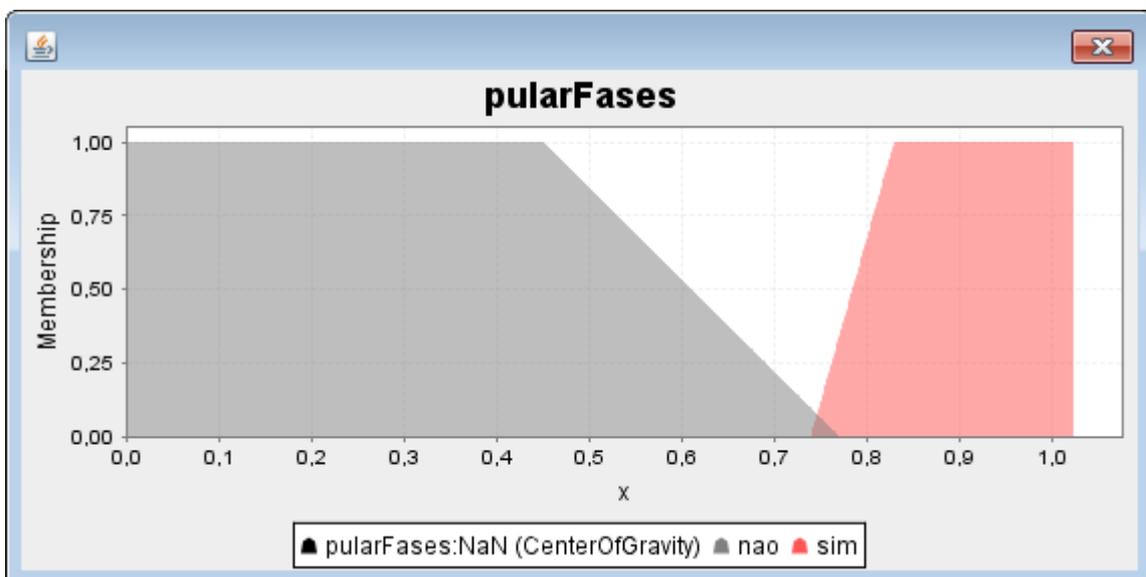


Figura 3 - Função de Pertinência da variável “Pular Fases”

### 2.2.3. Regras de Inferência

A partir de uma modelagem Fuzzy do problema é possível determinar o mecanismo de inferência, onde os conceitos que foram identificados na modelagem como imprecisos serão representados através de conjuntos Fuzzy e variáveis linguísticas. Cada um destes conceitos deverá estar associado um grau de imprecisão, que indicará sua relevância na base de conhecimento durante a ação do mecanismo de inferência Fuzzy; desta forma, o sistema terá condições de avaliar todas as regras Fuzzy utilizando estes graus, apontando qual será o conseqüente a ser executado. No Quadro 3 estão as regras de inferência (regras Fuzzy) utilizadas neste projeto.

Quadro 3 – Regras Fuzzy

<b>REGRAS FUZZY</b>	
1)	Se (Tempo de Resposta é Bom) e (Sequencia de Corretas é Muito) então (Pular Fases é Sim)
2)	Se (Tempo de Resposta é Ruim) e (Sequência de Erradas é Muito) então (Ensino é Parar)
3)	Se (Tempo de Resposta é Médio) e (Quantidade de Acertos é Regular) e (Sequência de Corretas é Pouco) e (Sequência de Erradas é Razoável) então (Mostrar Apoio é Apoio Nível 1)
4)	Se (Tempo de Resposta é Médio) e (Quantidade de Acertos é Péssimo) e (Sequência de Corretas é Pouco) e (Sequência de Erradas é Razoável) então (Mostrar Apoio é Apoio Nível 2)
5)	Se (Quantidade de Acertos é Regular) e (Sequência de Corretas é Razoável) e (Sequência de Erradas é Pouco) então (Ensino é Continuar)

### 2.2.4 Tecnologias Empregadas e Arquitetura do Sistema

Para o desenvolvimento da aplicação foram utilizados várias tecnologias e padrões de projeto, listados a seguir:

- Arquitetura MVC (Model View Controller)
- Padrões de Projeto J2EE: Application Controller, Application Service e Data Access Object (DAO): para implementar a interface com o usuário;
- JSF (JavaServer Faces): utilizado para implementar o *framework* MVC voltado para o desenvolvimento de aplicações Web e de um modelo de interfaces gráficas baseado em eventos;
- Spring: se encarrega de “instanciar” classes de uma aplicação Java e definir as dependências entre elas através de um arquivo de configuração em formato XML;
- JPA (Java Persistence Application): é uma API do Java que faz a persistência para o banco de dados, quando se queira seguir um padrão.
- Gerenciador de Banco de Dados – MySQL: onde estão os questionários e o modelo de usuário;
- Biblioteca Fuzzy em Java (JFuzzyLogic): utilizado para implementar as regras de inferência.

A arquitetura de software utilizada foi o modelo MVC (Model View Controller), em que a aplicação é dividida em três camadas:

- Camada de Lógica da Aplicação (Model) – É a principal camada da aplicação, responsável por tudo o que a aplicação vai fazer. Preocupam-se apenas com o armazenamento, manipulação e geração de dados. Nesta camada foi utilizado o padrão de projeto J2EE Data Access Object (DAO).
- Camada de Apresentação ou Visualização (View) – Não se preocupa em onde e como a informação foi obtida, esta camada simplesmente exhibe a informação. É a camada de interface com o usuário;
- Camada de Controle (Controller) – Esta camada determina o fluxo da apresentação, realizando o papel de camada intermediário entre a camada de apresentação e a camada lógica. É responsável por controlar e mapear as ações. Nesta camada foi utilizado o padrão de projeto J2EE Application Controller.

## 2.3 Implementação

A etapa de implementação tem por objetivo apresentar as principais atividades abordadas na implementação do sistema EAD proposto (Figura 4), que serão detalhadas a seguir.

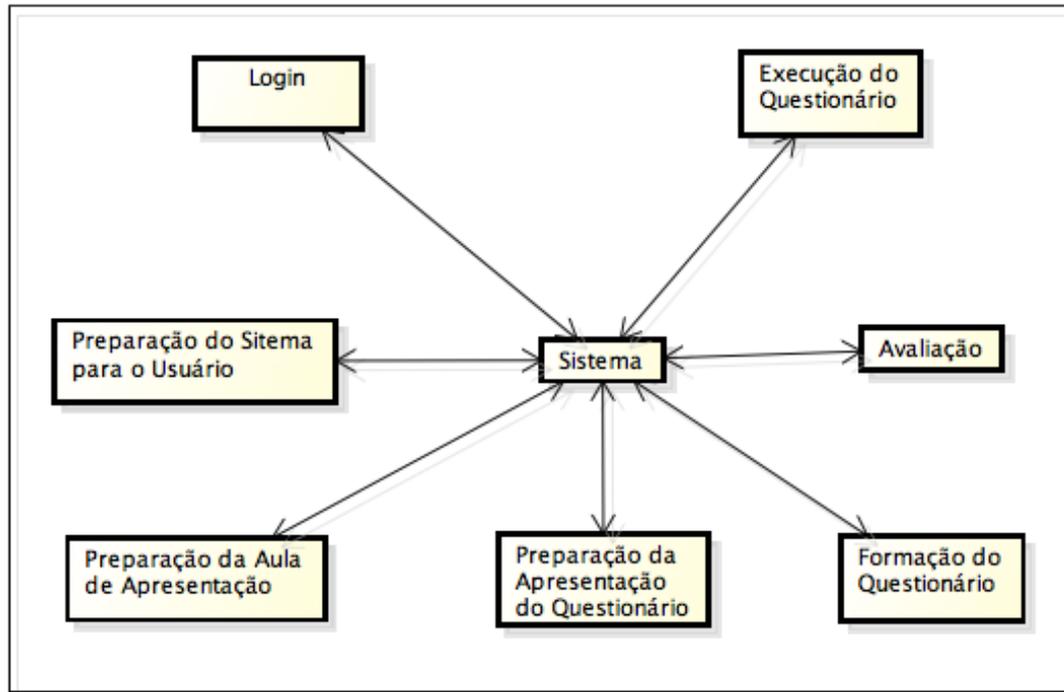


Figura 4 - Atividades de Implementação do sistema

### 2.3.1 Atividade – Login

No início do sistema é analisada a autenticidade dos campos informados pelo usuário para o *login* (usuário e senha).

### 2.3.2 Preparação do sistema para o usuário

Após o usuário ser autenticado com sucesso, o sistema o direciona para a página principal, neste momento o sistema verifica em qual módulo de estudo o usuário se encontra.

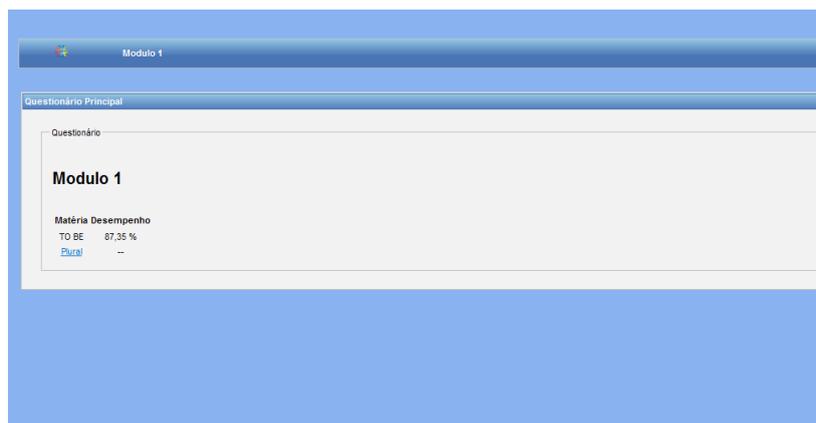
### 2.3.3 Preparação da Aula de Apresentação

Ao ser acionada a funcionalidade de Aula de Apresentação, o sistema realiza a verificação de qual é o próximo estudo a ser abordado no questionário habilitado para o usuário.

### 2.3.4 Preparação da Apresentação do Questionário

Ao ser acionada a funcionalidade de Apresentação do Questionário, o sistema realiza a verificação dos estudos abordados pelo usuário e obtém a sessão do usuário e o módulo em que se enquadra, então é realizado um processo de busca em base dados resgatando o desempenho do mesmo.

A Figura 5 ilustra a tela onde o usuário poderá visualizar os questionários já respondidos, com os respectivos desempenhos obtidos, e também visualizar o próximo questionário a ser respondido.



**Figura 5 – Apresentação do Questionário**

### 2.3.5 Formação do Questionário

Na funcionalidade de Apresentação do Questionário, ao ser acionado, o sistema realiza o processo de formação do questionário a ser respondido. Este procedimento tem como base o estudo que está atrelado ao questionário; a partir do estudo o sistema realiza uma busca na base de dados e resgata todas as alternativas que estão relacionadas a questões que por sua vez estão ligadas ao estudo em questão.

### 2.3.6 Avaliação

No momento de execução do questionário é realizada a busca da ação a ser tomada após o avanço de cada questão respondida.

Para a realização da avaliação é utilizada a biblioteca de Lógica Fuzzy que leva em consideração algumas variáveis referentes ao assunto em questão, dentre elas estão o tempo acumulado no questionário, o número de questões respondidas corretamente, o número máximo de sequências de respostas corretas realizadas até o momento dividido pelo número de questões apresentadas no questionário até o momento; o número máximo de sequências de respostas erradas realizadas até o momento dividido pelo número de questões apresentadas no questionário até o momento. Essas variáveis são obtidas através de uma busca na base dados analisando o fluxo de respostas do usuário em relação ao estudo em questão.

O sistema possui dois processos de avaliação descritos a seguir:

- **Avaliação de Ação:** O sistema verifica qual é a ação que deve ser tomada a partir das variáveis e técnicas descritas neste tópico. Para realização da avaliação é acionado o processo de avaliação da biblioteca de lógica Fuzzy, onde, como resultado, é apresentado o grau de pertinência do usuário para cada possibilidade de ação que o sistema pode aplicar, e, a partir deste resultado, é realizada uma análise de qual é a ação com o maior grau de pertinência do usuário, sendo esta enquadrada como a ação que o sistema deve aplicar.
- **Avaliação do Desempenho:** O sistema verifica qual é a porcentagem de desempenho que o usuário obteve a partir das variáveis e técnicas descritas neste tópico. Como na Avaliação da Ação, é obtido o grau de pertinência para cada possibilidade de ação que o sistema pode aplicar, com base neste resultado é realizada uma análise de qual é a ação com o maior grau de pertinência do usuário, sendo este grau o número de referência para o cálculo da porcentagem de desempenho.

## 2.7 Execução do Questionário

Ao ser acionada a execução do questionário, o sistema se baseia na pilha de questões e alternativas formadas, cada apresentação do fluxo é um elemento desempilhado que consiste em uma questão e suas respectivas alternativas.

A cada apresentação do fluxo acionada, inicia-se a contagem do tempo até o momento que é acionado o avanço do fluxo. Neste momento o sistema realiza o processo de armazenamento da ação do usuário no sistema que leva em consideração a alternativa respondida e o tempo de resposta. Após o processo de armazenamento, o sistema realiza o processo de avaliação da ação

que deverá ser aplicado. Para acionar este processo, o sistema obtém o usuário da sessão e o estudo em questão. Com base nos resultados desta avaliação, o sistema apresenta os seguintes comportamentos:

1. CONTINUAR: Este comportamento implica em continuar o fluxo do questionário, o sistema desempilha um elemento da pilha de questões e alternativas e apresenta na página para análise do usuário.
2. PULAR FASES: Este comportamento implica em encerrar o questionário do estudo em questão com aprovação, indicando que o usuário tem pleno conhecimento do assunto e não necessita continuar o questionário, o sistema direciona o usuário para a página de próximos assuntos.
3. MOSTRAR MATERIAL DE APOIO 1 e 2: Este comportamento implica em apresentar um material de apoio referente ao estudo abordado no questionário em questão, o sistema realiza uma busca em base de dados a partir do estudo em questão e pode receber como retorno “APOIO 1” ou “APOIO 2”; o primeiro é apresentado quando o usuário possui um grau de dificuldade ainda não crítico e o segundo é apresentado como crítico. Ao obter os resultados da busca que consiste no material de apoio, o sistema o apresenta na página no lugar do fluxo do questionário. Após a análise do usuário, ao acionar a opção de ‘continuar’, o sistema desempilha um elemento da pilha de questões e alternativas e apresenta na página para que o usuário continue a responder o questionário. A Figura 6 ilustra a tela onde o usuário responde a uma questão.

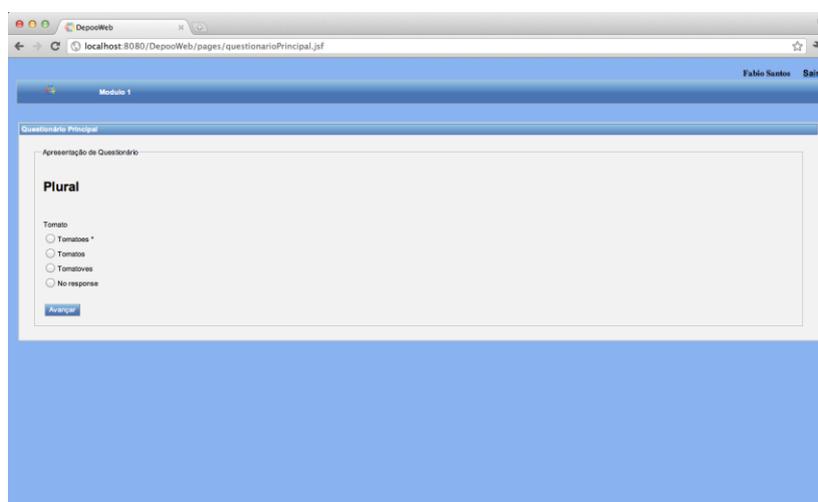


Figura 6 – Apresentação de Questões para o Aluno

## 2.4 Testes

Após a implementação do protótipo foram realizados testes funcionais no sistema. A seguir serão listados os principais testes a serem realizados.

Quadro 4 – Procedimentos e Resultados Esperados dos Testes

Procedimento:	Expectativa do Resultado/Objetivos:
Realizar o <i>login</i> no sistema, clicar no módulo e clicar no questionário.	Caso o usuário já tenha respondido pelo menos um questionário desde o seu último acesso, o sistema deverá exibir qual matéria o usuário já concluiu com o desempenho obtido, e liberar o próximo questionário a ser respondido.
Selecionar um questionário para responder. Simular as seguintes entradas:	O sistema deverá identificar que o desempenho do aluno é excelente, e que o mesmo não precisa responder as

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões Respondidas = 7; e</li> <li>• Tempo Total = de 0 a 920 segundos; e</li> <li>• Quantidade de Acertos = 6; e</li> <li>• Sequência de Respostas Corretas = 6; e</li> <li>• Sequência de Respostas Erradas = 1.</li> </ul>	demais questões do questionário em questão, devendo o sistema, então, exibir mensagem de conclusão do questionário e liberar o próximo questionário.
<p>Selecionar um questionário para responder. Simular as seguintes entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões Respondidas = 7; e</li> <li>• Tempo Total = de 930 a 1910 segundos; e</li> <li>• Quantidade de Acertos = 3; e</li> <li>• Sequência de Respostas Corretas = 1; e</li> </ul> <p>Sequência de Respostas Erradas = 4.</p>	O sistema deverá identificar que o aluno está tendo dificuldades no atual conteúdo das questões que estão sendo respondidas, devendo o sistema, então, exibir conteúdo de apoio ao usuário.
<p>Selecionar um questionário para responder. Simular as seguintes entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões Respondidas = 10; e</li> <li>• Tempo Total = INDIFERENTE; e</li> <li>• Quantidade de Acertos = 5; e</li> <li>• Sequência de Respostas Corretas = 4; e</li> <li>• Sequência de Respostas Erradas = 4.</li> </ul>	O sistema deverá identificar que o aluno possui desempenho satisfatório para prosseguir com o aprendizado, e o sistema deverá, então, encerrar o questionário atual e liberar o próximo questionário para que o usuário possa respondê-lo.

### 3. Resultados

Os testes envolveram duas fases: primeiramente testes foram realizados pelos membros da equipe, a fim de validar a aplicação em relação ao Quadro 4 apresentado na seção anterior. Os resultados desta fase encontram-se no Quadro 5.

**Quadro 5 – Resultados dos Testes com os Desenvolvedores**

<b>Procedimento:</b>	<b>Resultado Obtido:</b>
Realizar o <i>login</i> no sistema, clicar no módulo e clicar no questionário.	Usuário já cadastrado teve seu perfil recuperado e foram apresentadas as lições já estudadas, conforme o que era esperado.
<p>Selecionar um questionário para responder. Simular as seguintes entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões Respondidas = 7; e</li> <li>• Tempo Total = de 0 a 920 segundos; e</li> <li>• Quantidade de Acertos = 6; e</li> <li>• Sequência de Respostas Corretas = 6; e</li> <li>• Sequência de Respostas Erradas = 1.</li> </ul>	O sistema passou para a próxima lição, sem que fosse necessário o usuário terminar de responder todas as questões, de acordo com o esperado.
<p>Selecionar um questionário para responder. Simular as seguintes entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões Respondidas = 7; e</li> <li>• Tempo Total = de 930 a 1910 segundos; e</li> <li>• Quantidade de Acertos = 3; e</li> </ul>	O sistema apresentou material extra ao aluno, conforme era esperado.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequência de Respostas Corretas = 1; e</li> </ul> Sequência de Respostas Erradas = 4.	
Selecionar um questionário para responder. Simular as seguintes entradas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões Respondidas = 10; e</li> <li>• Tempo Total = INDIFERENTE; e</li> <li>• Quantidade de Acertos = 5; e</li> <li>• Sequência de Respostas Corretas = 4; e</li> <li>• Sequência de Respostas Erradas = 4.</li> </ul>	O sistema não tomou nenhuma das decisões anteriores, permitindo ao usuário prosseguir com o questionário até o final.

Após esta fase, foi percebido que a aplicação estava funcionando como o esperado. Então, a aplicação foi colocada em teste para que pessoas interessadas em utilizar a aplicação pudessem experimentar seu funcionamento.

Foi estabelecido que o usuário do sistema seria qualquer pessoa interessada em utilizar a aplicação, com ou sem experiência no idioma e sem a necessidade de frequência no uso de computadores. Este teste foi realizado com 10 pessoas.

Assim, os testes com os usuários finais foi composta de 4 fases, adaptado de :

- Questionário de pré-teste: o usuário responde a algumas questões relacionadas a seu perfil: idade, frequência de uso de computadores e grau de proficiência em inglês.
- Apresentação dos testes: aqui os usuários são informados sobre a aplicação e o que está sendo testado, deixando claro que a aplicação é que está sendo testada e não os usuários;
- Aplicação dos testes: os usuários são deixados a vontade para realizar o teste, com tempo máximo de 20 minutos;
- Questionário pós-teste: nesta fase os usuários, depois de utilizarem a aplicação, respondem a questões relacionadas à facilidade de uso.

Havia sempre, nestes testes, um observador para verificar se o sistema funcionava com o esperado. Nos 10 testes, percebeu-se que o sistema correspondeu ao esperado e retratado no primeiro teste (Quadro 5).

Os usuários mostraram-se satisfeitos com o uso do sistema, sendo que:

- Dois usuários tiveram texto adicional com material de apoio e responderam ter sido uma estratégia boa de ensino;
- Três usuários que tinham grau de proficiência alta e foram submetidos a testes de grau básico de inglês, tiveram seu teste finalizado antes do término e passado para um nível mais alto de dificuldade. Eles entenderam esta estratégia como bastante útil e motivadora;
- Os cinco outros usuários responderam ao questionário todo (e não tinham grau de proficiência muito alto) e disseram ter gostado do sistema.

## 4. Conclusão

Este trabalho apresentou o uso de regras de inferência Fuzzy para tratar a adaptação de um sistema hiperfídia adaptativa para a área educacional. Através de variáveis de entrada como tempo de resposta, número de respostas corretas que o aluno responde, o sistema pode perceber se o aluno já retém o conhecimento sobre aquele tema específico e já o direcionar à próxima aula, ou perceber que o aluno está com dificuldade e apresentar a ele aprendizado adicional.

Visto as considerações citadas na seção 3, o resultado da aplicação foi considerado satisfatório e a utilização de Lógica Fuzzy como mecanismo de avaliação foi abrangente o suficiente para detectar com precisão os pontos de regressão e evolução de estudo de um determinado aluno. Através das variáveis utilizadas pelas funções de pertinência e com base dos fatos históricos manipulados pelos alunos envolvidos, é possível que o sistema interaja para que

o mesmo consiga ter uma continuidade ideal dos estudos, bem como um reforço maior em uma matéria ou apenas uma apresentação superficial de um assunto que o aluno já o conheça bem.

O conhecimento do status de estudo dos alunos e as tomadas de decisões são de muita importância para um sistema EAD, pois o objetivo do sistema é de proporcionar um aprendizado efetivo; o sistema mostrou fielmente ao aluno se o grau de aprendizado está satisfatório ou ineficiente. A Lógica Fuzzy proporcionou total eficiência em avaliar dentro do sistema o aluno, fazendo tomada de decisões de forma transparente sem nenhuma intervenção de um professor ou de um tutor.

Há diversas maneiras de promover adaptação para um SHA, tais como redes neurais, sistemas tutores e lógica Fuzzy. Optou-se pela terceira abordagem por sua simplicidade de ser implementada e compreendida. Esta abordagem mostrou-se satisfatória, conforme pode ser vista nos resultados apresentados na seção anterior.

Estudos e pesquisas ainda podem ser realizadas com o intuito de avaliar qual técnica de adaptação seria mais eficiente utilizar Sistemas Fuzzy ou Sistemas Tutores Inteligentes, levando em conta o desempenho, confiabilidade e o grau de dificuldade de implementação de cada uma.

Uma linha interessante a ser seguida, talvez não seja em verificar qual das duas técnicas é mais eficiente, e sim pesquisar a possibilidade de ambas serem aplicadas em conjunto, a fim de abstrair o máximo de qualidade de cada uma e trabalhem de forma complementar.

## Referências

- [1] ARAGÃO, A. L. Utilização de Aprendizado de Máquina para Adaptação de Estruturas em Hipermídia Adaptativa, Dissertação (mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Carlos. São Paulo: 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-11052004-103808>>. Acesso em: 2012.
- [2] BRUSILOVSKY, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction, v. 6, n. 2-3, p. 87-129, 1996.
- [3] OLIVEIRA, J. M. P., FERNANDES, C. T. Sistemas Hipermídia Adaptativos Educacionais: Breve Panorama e Modelo de Referência. Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem, Florianópolis, 2004.
- [4] WU, HONGJING. A Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Systems. In: ACM Conference on Hypertext and Hypermedia – Hypertext’ 01, 12., 2001, Arhus, Denmark. Proceedings, 2001.
- [5] OPPERMAN, R., SPECHT, M. ACE – Adaptive Courseware Environment. In: Proceedings of 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia (HYPERTEXT’98), Pittsburgh, USA, 20-24, Junho, pp. 141-161, 1998.
- [6] BRUSILOVSKY, P., SANTIC, T., DE BRA, P., A Flexible Layout Model for a Web-Based Adaptive Hypermedia Architecture. Proceedings of the AH2003 Workshop, TU/e CSN 03/04, pp. 77-86, Budapest, Hungary, 2003.
- [7] LEIVA, W. D. Um modelo de hipertexto para apoio ao ensino mediado pela Web. Tese (Doutorado em Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação), Universidade de São Paulo, 12 set. 2003. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-17112003-071043>. Acesso em: 01 abr. 2005.

[8] KOBASA, A.; KOENEMANN, J.; POHL, W. Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships. Technical Report no. 66 GMD, German National Research Center for Information Technology. St. Augustin, Germany, 1999.

[9] HENZE, Nicola; NEJDL, Wolfgang. Extendible Adaptive Hypermedia Courseware: Integrating Different Courses and Web Material. In: International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems – AH'2000, Trient - Italy, 2000. Proceedings...2000.

[10] CAMPBELL, B., GOODMAN, J. M. HAM: A General Purpose Hypertext Abstract Machine. Communications of the ACM. 30 (7), 1988, 856-861.

[11] HALAZ, F., SCHWARTZ, M. The Dexter Reference Model In: Proceedings of NIST Hypertext Standardization Workshop, pp. 95-133, 1990.

[12] PALAZZO, L. A. M.. Modelo Proativos para Hipermissão Adaptativa. Tese (Doutorado em Informática) - Instituto de Informática. Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: < <http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/Aulas/HA/>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

[13] SILVA, A. O. ; ALONSO, F. ; SILVA, A. O. ; MARTINS, Valéria Fartinazzo ; JERONIMO, R. A. . Utilization of the Fuzzy Theory in the Adaptive Hypermedia Systems. In: Fourth International Conference on Systems, 2009, Cancun. 2009 Fourth International Conference on Systems - ICONS 2009, 2009. p. 153-158.

[14] FARIA, M.N.; MALVA, G.R.O.; DORÇA, F.A.; LOPES, R.S.; FERNANDES, M.A.; LOPES, C.R. Um Sistema De Avaliação em Ead Baseado em Lógica Fuzzy, Revista Horizonte Científico, Uberlândia, 2008.

[15] PARREIRA, A.P. JR; COSTA, H.A.X. SGSO – Um Sistema Baseado em Lógica Fuzzy para Geração e Correção de Simulados e Provas via Web. In WIE XV Workshop Sobre Informática na Escola, Publisher: XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Pages: 1881-1890, 2009.

[16] STUART, R. The Design of Virtual Environments. Fairfield, Pennsylvania, McGraw-Hill, 1996.

[17] SOMMERVILLE I. Engenharia de Software. 6 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

[18] MARTINS, V. F.; MOURA JR, L. de A. Evaluation Methodology Criteria for Automatic Transcription System of Radiology Reports. Communications in Computer and Information Science (Print), v. 3, p. 194-203, 2011.