

# Uma Ferramenta Baseada em Teoria Fuzzy para o Acompanhamento de Alunos Aplicado ao Modelo de Educação Presencial Mediado por Tecnologia.

William Roberto Malvezzi<sup>1</sup>, Andreza Bastos Mourão<sup>2</sup>, Graça Bressan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ensino Superior Fucapi (CESF)  
69075-351 – Manaus – AM – Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores (LARC)  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP)  
05508-900 – São Paulo – SP – Brasil

williammalvezzi@fucapi.br, andreza.mourao@poli.usp.br,  
gbressan@larc.usp.br

**Abstract.** *This paper presents a tool developed to follow up and to evaluate the student learning using fuzzy model. This tool enable the coordination of Classroom mediated by technology (CMT) courses at Amazon University to elect the best teaching practices that allow the increasing of student's performance. The course coordinators will have a tool to support decisionmaking, assisting professors in the use of new methods. The learning environment is modeled using fuzzy theory, based on parameters and rules selected by courses coordinators, teachers and pedagogical experts. Analysis of the environment to be modeled and of its requirements shows the parameters to be selected. In the CMT system the teacher has no direct contact with the student in the classroom, to ask direct questions, or even to look facial expressions to detect immediately the doubts of the student. For this reason, the system must monitor the students behavior as they perform different activities, that will be tracked by the system and used in the fuzzy modeling to evaluate individual performance as well as whole learning process. The paper presents the selected parameters, developed rules and the results of the fuzzy model for the evaluation in a real situation.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta uma ferramenta desenvolvida para o acompanhamento e avaliação da aprendizagem dos alunos utilizando a teoria fuzzy. Esta ferramenta permite às coordenações dos Cursos Presenciais Mediado por Tecnologia (CPMT) de uma Universidade Amazonica realizar a escolha das melhores práticas de ensino que permitam o aumento da performance do aluno. Os coordenadores de curso terão uma ferramenta de apoio à tomada de decisões, auxiliando os professores na utilização de novos métodos. O ambiente de aprendizagem é modelado utilizando a teoria fuzzy, com base em parâmetros e regras selecionadas por meio do conhecimento de professores e especialistas coordenadores pedagógicos. A análise do ambiente*

*a ser modelado e das suas necessidades mostra os parâmetros a serem selecionados. No modelo de educação presencial mediado por tecnologia (CPMT) o professor não tem contato direto com o aluno em sala de aula. Por esta razão, o sistema deve monitorar o comportamento dos estudantes e como eles desenvolvem diversas atividades propostas, que serão monitorados pela ferramenta e utilizadas na modelagem fuzzy para avaliar o desempenho individual, bem como todo o processo de aprendizagem. O artigo apresenta os parâmetros selecionados, as regras desenvolvidas e os resultados do modelo fuzzy para a avaliação em uma situação real.*

## **1. Introdução**

O uso de TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) vem crescendo e ganhando espaço, novos meios de disseminação da informação estão sendo lançados no mercado e muitos deles tornam-se soluções possíveis para resolver, e em outros casos minimizar eventuais problemas onde os meios tecnológicos são fatores fundamentais para o processo de aprendizagem.

O Ensino Presencial Mediado por Tecnologia é fruto da necessidade premente que se faz sentir em uma região onde as distâncias geográficas representam um obstáculo que deve ser vencido a fim de que a população interiorana tenha acesso ao desenvolvimento de maneira sustentável.

Trazer à realidade esse novo modelo híbrido que possua características tanto presenciais como remotas tem sido um desafio para o estudo do processo de aprendizagem do aluno amazônico. Aulas a distância assistidas via satélite, mas de maneira síncrona, professores assistentes nos locais onde são assistidas as aulas, o uso de ferramentas LMS (Learning Management Systems) são algumas das características desse modelo desenvolvido no projeto de ensino presencial mediado por tecnologia da Universidade Amazônica, que vem sendo adotado e utilizado com o objetivo de levar Educação Superior para localidades onde a deficiência de profissionais qualificados na área é elevada, assim como de meios de transporte, e de acesso a recursos tecnológicos, entre outros.

Com o desenvolvimento desta solução, os vários cursos do sistema presencial mediado serão beneficiados, e uma nova orientação metodológica será construída, aumentando gradativamente o conceito dos cursos e dos professores atuantes. A coordenação pedagógica dos cursos contará com uma ferramenta de apoio à tomada de decisões, auxiliando os professores titulares na utilização de novas metodologias, de acordo com a disciplina a ser ministrada.

Analisando o ambiente a ser modelado constatou-se que muitos parâmetros podem ser definidos, ou seja, há um leque de possibilidades para serem analisadas e utilizadas. No sistema presencial mediado por tecnologia o professor não tem um contato direto com o aluno como ocorre em sala de aula, através de perguntas, ou mesmo expressões onde se torna possível de imediato minimizar ou até mesmo elucidar a dúvida do aluno, o desenvolvimento de atividades então, é um fator complicado, o professor imagina as possíveis dúvidas que os alunos possam ter, baseados em suas experiências anteriores em sala de aula, para então evitar ao máximo a quantidade de dúvidas e questionamentos que possam vir a surgir. É vislumbrando este cenário que acredita ser válida a construção e utilização de um modelo fuzzy capaz de somar e apoiar decisões.

Este artigo tem a proposta de revelar os processos referentes ao modelo fuzzy desenvolvido a fim de realizar o acompanhamento do estudante e contribuir com uma solução que permita às coordenações pedagógicas dos cursos do modelo presencial mediado a eleger melhores práticas pedagógicas que possibilitem o aumento do desempenho dos estudantes.

A estrutura do artigo compreende os seguintes tópicos: na seção 2 será apresentado o cenário do modelo do sistema presencial mediado; na seção 3 o modelo fuzzy e finalizando, na seção 4 são apresentadas as considerações finais.

## **2. Sistema Presencial Mediado por Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas.**

O Sistema presencial mediado analisado e observado como modelo para a construção deste artigo são os cursos presenciais mediados que ocorrem em uma Universidade localizada na região Amazônica, que oferecem para diversos municípios da região, uma educação de nível superior com qualidade e conteúdo, onde o seu quadro em sua maior parte é composto pelos professores dos cursos superiores da própria instituição.

As aulas são transmitidas ao vivo via satélite a partir de Manaus para as comunidades distantes onde estão sincronicamente assistida.

De acordo com os cursos e disciplinas oferecidas, metodologias e recursos são utilizados. Cada disciplina ministrada é composta por três professores titulares responsáveis pela elaboração do material didático, dos roteiros das aulas e correção das avaliações finais.

Em cada sede localizada no interior do estado, encontram-se os professores denominados assistentes que exercem a função de monitores das aulas, e também dão retorno ao professor titular quanto as possíveis dúvidas dos alunos referente as aulas ministradas, exercícios propostos e resolvidos, exemplos mostrados, avaliações a serem realizadas e frequência, que permite ao professor titular avaliar seu desempenho e obter uma visão parcial do aprendizado dos alunos. As aulas são realizadas ao vivo pelos professores titulares e transmitidas do estúdio na capital do estado via satélite às localidades remotas distribuídas pelo interior do estado.

O Sistema a ser desenvolvido tem como objetivo ajudar o professor titular a obter uma nota referente ao aproveitamento do aluno em relação ao uso de ferramentas do ambiente virtual de aprendizagem utilizado em paralelo as aulas ministradas de forma assíncrona. Segundo Carneiro (2003), é necessário que o professor conheça bem essas tecnologias, sua linguagem, as potencialidades de uso de convergências, riscos de falhas e, principalmente como integrá-las ao processo de ensino, transformando-as em meios que promovam a aprendizagem.

O professor titular de posse de uma orientação poderá adotar metodologias ou técnicas de ensino adequadas e eficientes, buscando melhorar o índice de aproveitamento dos alunos na disciplina, incentivando-os na realização dos exercícios e trabalhos em grupos, estimulando-os a aprender e trabalhar em equipe, enfim diminuindo barreiras.

A coordenação pedagógica precisa obter um retorno quanto ao aproveitamento dos alunos em determinadas disciplinas, buscando dessa forma obter subsídios concretos para trabalhar novas abordagens e metodologias de ensino com os professores titulares e assistentes.

A proposta deste trabalho é uma busca dentro do enfoque da avaliação formativa geral e que visa suprir a grande necessidade de mais pesquisas a respeito de como concretizar informações esparsas a respeito do aluno e suas interações partindo do rastreamento dos atos e ações dos estudantes. O tema central é trazer a realidade uma ferramenta que possibilite um *feedback* tanto aos próprios alunos quanto aos professores e que possibilitem as possíveis correções a tempo hábil.

Aqui a ênfase não é apenas avaliar por medir, mas um sentido mais amplo onde o ato de avaliar parte de um consistente levantamento de informações relativas à aprendizagem do aluno e que possa induzir a um processo de tomada de decisões que permitam garantir o êxito de todo o processo. A análise de “como” será feita a avaliação sugere o estabelecimento de “como” se permitirá que os dados elicitados possam contribuir ao diagnóstico de todo o ensino que foi ministrado e assimilado pelo aluno durante o processo de aprendizagem. Tais informações, após consolidadas possibilitarão uma ponderação a respeito das práticas desenvolvidas, se efetivas ou não.

### 3. Modelo Fuzzy.

Costa (2006) trata do acompanhamento do estudante em ambientes de aprendizagem utilizando lógica fuzzy, diferenciando-se pelo contexto analisado e pelo sistema, que enfatiza a educação à distância.

O modelo fuzzy proposto mostra a representação do cenário com a inferência do sistema, onde o professor titular planeja suas aulas a serem ministradas por tecnologia, monta o seu roteiro de aula e diariamente as executa, onde o aprendizado do aluno é analisado e retransmitido via professor assistente, o qual está locado no município e transmite ao professor titular o *feedback* das aulas, do aprendizado, dúvidas e questionamentos dos alunos.

Rezende (2003) relata como os modelos de inferência fuzzy são especialmente adequados em processos que exigem tomadas de decisão por parte de operadores e gerentes de operação.

A figura 2 representa o sistema a ser modelado, e a ferramenta (sistema de inferência fuzzy) proposto para apoiar tomadas de decisões, auxiliando a melhoria da qualidade do ensino-aprendizado.

Algumas situações ou processos são determinados de maneira vaga, imprecisa, incerta. Alguns parâmetros são analisados e definidos, porém muitas vezes difíceis de mensurar. O modelo fuzzy trata e gera resultados baseados na utilização das ferramentas do ambiente virtual de aprendizagem pelos estudantes.

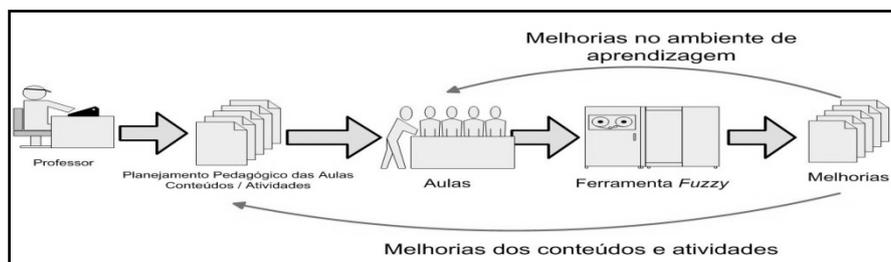


Figura 2- Modelo Fuzzy do Sistema Presencial Mediado

A teoria fuzzy, devido a sua capacidade de assemelhar-se ao pensamento humano em relação a informações imprecisas para a tomada de decisão possui características que a diferem da formato lógico clássico, que demanda uma compreensão profunda de um sistema, e suas equações precisas. A teoria fuzzy congrega uma maneira alternativa de pensamento, que admite a modelagem de sistemas complexos, empregando um grau mais elevado de abstração, permitindo exprimir esse conhecimento com conceitos subjetivos como "insuficiente" e "muito bom", que são mapeados em intervalos numéricos precisos. Muitas vezes são utilizados conceitos vagos na avaliação de alunos devido à existência de incerteza por parte dos avaliadores.

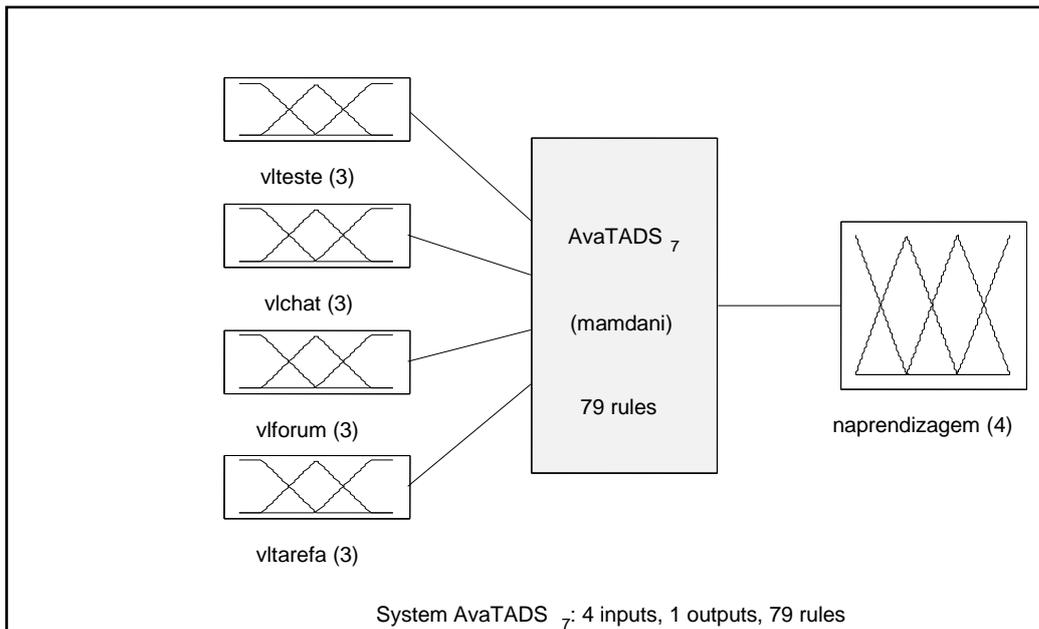
Por exemplo, na afirmação: “Este estudante é muito capacitado, portanto ele deve desenvolver este exercício muito bem”. Ou quando os próprios alunos emitem um juízo de valor sobre si mesmo, poderiam dizer: “Eu sei muito pouco de programação *web*”. Por que ocorre isso? Devido a que eles não possuem o conhecimento preciso. Esta falta de precisão na emissão do juízo de valor pode ser transferida ao sistema, levando a uma avaliação errônea.

Inicialmente, a ferramenta proposta possui um conjunto de quatro variáveis linguísticas para a entrada, três advindas das interações do ambiente virtual de aprendizagem e a outra do resultado da avaliação do aluno, a saber: vlchat, vlforum, vltarefa, vlteste. Partindo do pressuposto de que o que pode ser medido pode ser feito e que se não se medir os resultados, não se pode dizer se houve êxito ou verificar as falhas. E se não se alcança reconhecer o fracasso, não se pode corrigi-lo. Logo, se não se pode ver o êxito, não se pode aprender com ele. Então, faz-se necessário uma saída que expresse de forma mais concisa todo o contexto de interações no ambiente virtual de aprendizagem e o rendimento dos testes escritos. Essa saída será um valor somativo, mas que será formado de variáveis que expressem tanto fatores qualitativos quanto quantitativos.

A variável linguística vlchat é aquela advinda das interações síncronas promovidas por meio de *chat* (bate papo) realizadas ou entre alunos e professores ou entre alunos e alunos. A variável vlforum é aquela cuja origem é o resultado das interações assíncronas realizadas por meio de temas que os professores titulares propõem a cada semana. Já a variável vltarefa advém do resultado das tarefas realizadas pelos alunos no ambiente virtual de aprendizagem, Tads Virtual.

Os valores linguísticos dessas variáveis são: insuficiente, bom e muito bom. A variável linguística vlteste é resultado dos testes parciais (NP1 e NP2) e final (NF) do aluno no período avaliado. Os valores linguísticos destas últimas variáveis são: insuficiente, bom e muito bom.

Por não existirem parâmetros definidos para a escolha das funções de pertinência de uma ferramenta fuzzy, aqui, elas serão eleitas baseadas em processos que tentem aperfeiçoar os dados experimentais por meio de simulações realizadas através do MATLAB 7.4.0<sup>®</sup> e uso da ferramenta AVATads, e conforme figura 4 tem-se um resumo do sistema.

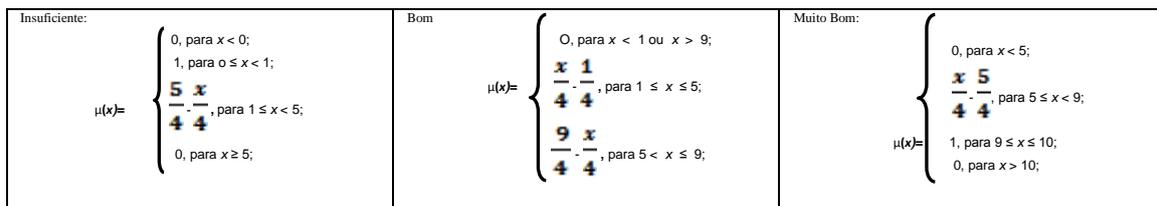


**Figure 4. Resumo da ferramenta**

### 3.1 Aplicação

Logo que definido pelo especialista as reais necessidades, e os parâmetros ou variáveis que possuem potencial de interferir nos resultados da aprendizagem obtém-se, então as variáveis lingüísticas de entrada e saída.

Existem dois tipos de variáveis, um com características não lineares que engloba os juízos de valor relacionados às interações no Tads Virtual e outro relativos aos aspectos lineares, ou seja, notas nos testes e a frequência dos estudantes. Na figura 5 se tem o gráfico que representa as funções de pertinência da variável VLchat (uma das variáveis definidas como entrada).



**Figura 5 – Funções de pertinência da variável VLchat.**

O módulo de aquisição da média fuzzy foi desenvolvido por meio da utilização da API (Interface de Programação de Aplicativos) *jfuzzylogic*, uma biblioteca Java para o desenvolvimento de uma FCL (*Fuzzy Control Language*) baseada no standard IEC 61131-7 (*International Electrotechnical Commission*). Essa linguagem não possui recursos alheios à teoria fuzzy, permitindo a especificação dos conjuntos fuzzy e sua inferência por meio de uma base de regras. A FCL possui um bloco de funções denominado *Function Block* que permite a especificação das características do sistema de controle fuzzy.

Após a determinação das funções de pertinência e seus respectivos valores referentes a cada uma das variáveis de entrada, são aplicadas regras de inferência que determinam a relação entre as variáveis linguísticas que formam o conjunto de entradas e seu relacionamento direto com a saída. Essas regras são baseadas no conhecimento especialista e são do tipo modo afirmativo ou *modus ponens*, *se  $x = A$  então  $y = B$* . Tal base de regras abarca o conhecimento empírico sobre o funcionamento de um determinado processo, que está sendo considerado, ou seja, estas regras linguísticas são utilizadas para representar o conhecimento. A seguir, na figura 19, uma amostra do conjunto de regras utilizada na ferramenta AVATads.

A partir das quatro variáveis de entrada é estabelecida uma única variável de saída que expressa o nível de aprendizagem que foi alcançado pelo estudante, isto é, por meio das variáveis de entrada, se adquire o valor fuzzy “aprendizagem”. Este, por sua vez, possui os termos linguísticos, insuficiente, regular, bom e muito bom.

A inferência, na teoria fuzzy, fornece um conjunto fuzzy ou a sua função de pertinência como um resultado. Entretanto um elemento de controle não é capaz de interpretar diretamente esse processo de informação fuzzy, portanto, o resultado do processo de inferência deve ser convertido em valores numéricos nítidos, também conhecidos como valor *crisp*. Nesta conjuntura, esse número *crisp* a ser determinado (normalmente um número real) deve fornecer uma boa representação das informações abarcadas no conjunto fuzzy.

No desenvolvimento da ferramenta AVATads foi utilizado o método de defuzificação denominado como Centro de Área ou COA (*Centre of Area Method*), onde o valor de saída é determinado como sendo o valor da abscissa do centro que divide a área sob a função de pertinência, em duas áreas do mesmo tamanho. Na figura 6 observa-se o método de defuzificação centro de área aplicado à variável de saída aprendizagem.

### **3.2 Análise dos Resultados**

Na ferramenta AVATads, a evolução ou retrocesso de cada aluno pode ser monitorado por meio da variável de saída do sistema, aprendizagem.

No exemplo da figura 6 pode-se observar que o desempenho do aluno nos quesitos vlchat, vlforum, vltarefa e vlteste, com suas respectivas partições fuzzy, insuficiente, bom e muito bom, dispara um conjunto de regras semânticas que permitem a inferência fuzzy a ser efetuada.

Em tal processo, onde ocorre a inferência, existem entradas escalares para cada variável que se transformam em um conjunto de graus de pertinência, cujo vetor é empregado para limitar os conjuntos fuzzy de saída da variável aprendizagem, baseado no conjunto de regras especificadas no sistema. Sendo assim, os valores para vlchat = 0.0, vlforum = 7.5, vltarefa = 7.9 e vlteste = 10 ativaram um conjunto de regras relativas às suas condições, e finalmente obtendo um valor para a variável aprendizagem = 6.73. O método de defuzificação utilizado foi o Centro de Área.

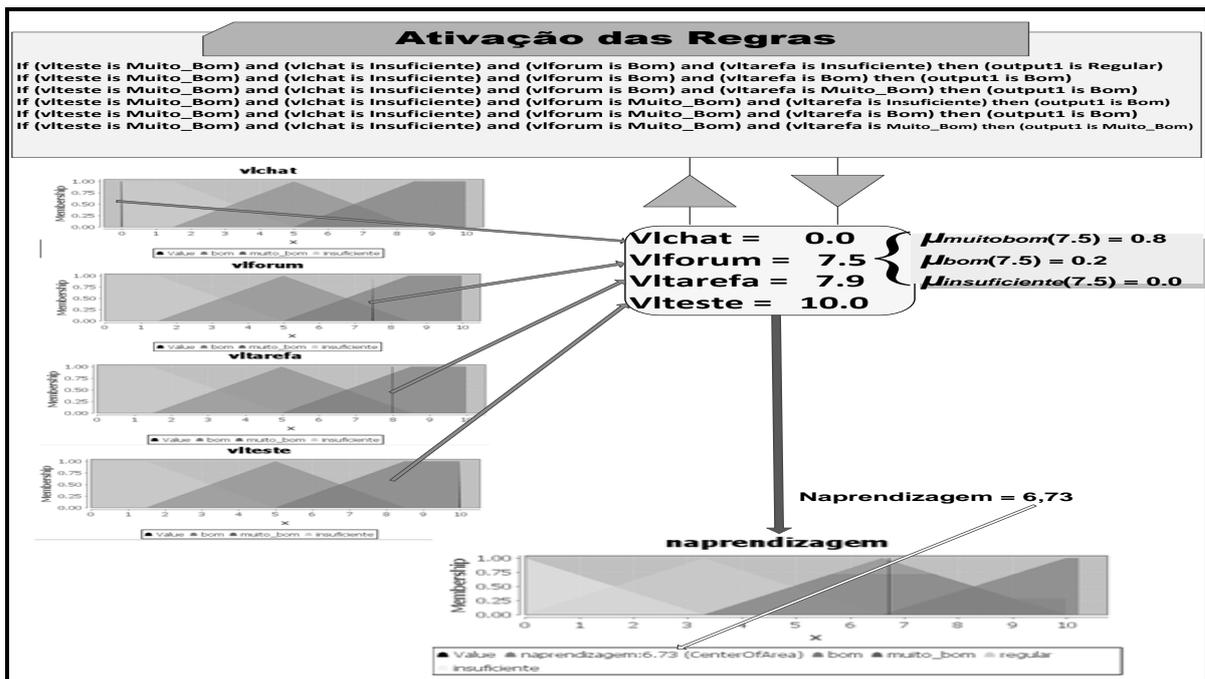


Figura 6 - Representação do modelo de inferência da ferramenta AVATads.

Na figura 7 se tem uma visão clara de resultados obtidos pela utilização da ferramenta, onde é realizada uma comparação entre médias aritméticas e médias fuzzy, em uma evolução progressiva e sempre incrementadas de 1 em um universo de discurso variando de 0 a 40, que reflete possibilidades das quatro entradas de valores entre 0 e 10. Do total de 40 notas foi observado que as médias fuzzy se apresentam maiores que as médias aritméticas em 65% do total da simulação, elas são iguais em 1% e as médias aritméticas são maiores em 44%. De maneira geral os valores das médias fuzzy se demonstraram 1,2 vezes maiores que o valor das aritméticas.

Uma observação importante é a diferença entre as médias aritméticas e fuzzy ocorridas no sexto e sétimo grupo de notas. Essa diferença serve para compreender o comportamento da ferramenta em relação às notas de inserção. No sexto grupo se tem os valores de inserção {5;0;0;0} cuja média aritmética é 1,25 e a média fuzzy é 1,05. Já no seguinte grupo de notas, o sétimo grupo, a situação se inverte, pois com a inserção {2;2;2;0} se obtém uma média aritmética com valor 1,5 e a média fuzzy 3,03, ou seja, a média fuzzy é 2,02 vezes maior que a aritmética. A explicação de tal diferença é que quanto mais atividades o aluno participa, maior se apresenta as médias fuzzy. No sexto grupo, houve pouca participação do aluno, pois apresenta três notas zero. No grupo seguinte, apesar de apresentar valores baixos referentes às notas de inserção, ele só possui uma nota zero. Este é um dos exemplos que pode evidenciar como a utilização da teoria fuzzy por meio do conhecimento especialista pode ajudar a moldar as saídas da ferramenta de acordo com as necessidades apresentadas pelo modelo presencial mediado por tecnologia.

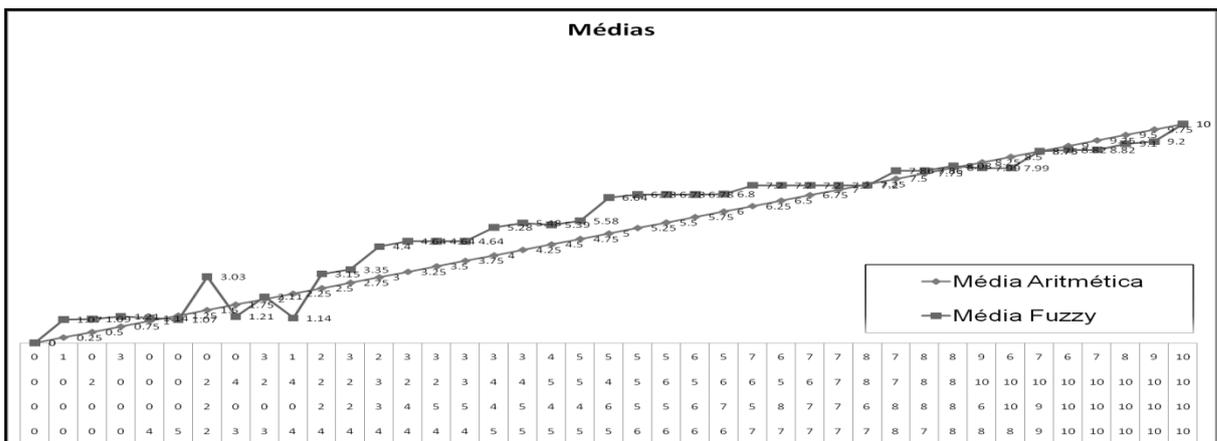


Figura 7 - Gráfico comparativo das médias

#### 4. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma ferramenta baseada na teoria fuzzy para o acompanhamento de estudantes no modelo presencial mediado por tecnologia. Levando em consideração que o objetivo da ferramenta é o apoio à decisão, ela, por meio de simulação, se demonstrou capaz de realizar o processamento das informações e dados que possuíam uma natureza imprecisa e vaga e trazer à realidade ou materializar algo tão abstrato que é o nível de evolução da aprendizagem do estudante. A utilização dos modelos de inferência fuzzy se demonstrou especialmente apropriado para esse fim, onde o conhecimento e a prática existentes do processo ensino/aprendizagem puderam ser invocados de especialistas e permitiram a criação de regras capazes de espelhar a realidade do ambiente de aprendizagem, possibilitando traçar especificidades próprias do modelo presencial mediado por tecnologia. A probabilidade de depreender a evolução da aprendizagem dentro de um aspecto temporal, ou seja, se o aluno evoluiu ou não no período averiguado supre a verificação e possíveis correções no processo que possam permitir a recuperação do nível de aprendizagem, dentro dos aspectos formativos e qualitativos da avaliação.

#### Referências

Araújo, Sandra Maria (2007). **Capacitação de Professores para Atuação em EAD: Um Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Ceará e Universidade Norte do Paraná. Brasília.

Carneiro, Vânia Lúcia Quintão (2003). **Televisão, vídeo e interatividade em educação a distância: aproximação com o receptor-aprendiz**. In: Fiorentini, Leda Maria Rangearo; Moraes, Raquel de Almeida (orgs.) - Linguagens e interatividade na Educação a Distância, Rio de Janeiro: DP&A.

Costa, Kelle C. F. da. Harb Maria da Penha de A. A. et al (2006). **Acompanhamento do estudante em ambientes de aprendizagem utilizando Lógica Fuzzy**. XII Workshop de Informática na Escola - Anais do XXVI Congresso da SBC.

- Chen, G. et al. (2003). **A Fuzzy Logic Based Multiagent Coordination Framework**. Proceedings of International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce.
- Depresbiteris, L.(1991). **Avaliação da aprendizagem**: revendo conceitos e posições. In: SOUSA, Clarilza Prado de. (Org.). Avaliação do rendimento escolar. Campinas, SP: Papyrus, 1991. p. 51-76.
- Faria, M. N.; et al.(2009). **Um Sistema de Avaliação em EAD baseado em lógica fuzzy**. Revista Horizonte Científico. Volume 1, n 8, 2008. Disponível em: <http://www.horizontecientifico.propp.ufu.br/include/getdoc.php?id=785&article=240&mode=pdf>. Acesso em: 08 de Outubro 2009.
- Feitosa, H . A. (1992). **Princípios fundamentais da teoria fuzzy**. Rio Claro. 89p. Dissertação (Mestrado em Matemática/Fundamentos da Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Haydt, R.C. (2002). **Avaliação do processo ensino-aprendizagem**. São Paulo: Ática.