



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTUDANTES DE
ENGENHARIA CIVIL DE UMA IES UTILIZANDO LÓGICA FUZZY**

*EVALUTION OF PERFORMANCE OF STUDENTS OF CIVIL ENGINEERING
OF AN IES USING FUZZY LOGIC*

Graciela Aparecida Marques

RESUMO

O método tradicional de classificar (quantificar) o desempenho acadêmico do aluno usando técnicas aritméticas e estatísticas não oferece necessariamente a melhor maneira de avaliar a aquisição de conhecimentos, habilidades e competências mínimos necessários ao aluno. A ciência e o uso de novas tecnologias podem fornecer subsídios à condução de um processo de avaliação menos subjetivo. O estudo propõe um Sistema Especialista de Avaliação Fuzzy para avaliação de desempenho de alunos da Engenharia Civil em uma Instituição de Ensino Superior – IES- da cidade de Montes Claros, MG. Utilizamos o software Matlab[®] para desenvolver o sistema. As variáveis NP1, NPI e NP2 foram às entradas e o conceito final foi a saída do sistema. A análise final dos dados sugere que a comunidade acadêmica amplie o debate sobre a metodologia de avaliação do desempenho dos alunos, que reflita com maior clareza os anseios, expectativas e motivações dos envolvidos.

Palavras-chave: Avaliação de Desempenho. Lógica Fuzzy. Sistema Especialista. Aprendizagem.

ABSTRACT

The traditional method of classifying student academic performance using arithmetic and statistical techniques does not necessarily provide the best way to assess the acquisition of the minimum knowledge, skills, and competencies required by the student. Science and the use of new technologies may provide support for a less subjective evaluation process. The study proposes a Specialized System of Fuzzy Evaluation for the evaluation of the performance of students of Civil Engineering in a Higher Education Institution (IES) in the city of Montes Claros, MG. We used Matlab software to develop the system. The variables NP1, NPI and NP2 were the inputs and the final concept was the output of the system. The final analysis of the data suggests that the academic community should:

Keywords: Performance evaluation. Fuzzy logic. Specialist System. Learning.



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

INTRODUÇÃO

A avaliação do desempenho acadêmico do aluno geralmente consiste em vários componentes, cada um envolvendo uma série de julgamentos, muitas vezes com base em dados imprecisos como insuficiente, regular, bom, excelente, muito, pouco, etc. Esta imprecisão surge da interpretação humana (professor / tutor) do desempenho humano (alunos). Nesse caso foram utilizados apenas métodos aritméticos e estatísticos para agregar informações desses componentes de avaliação. (RASMANI; SHEN, 2006)

Dos trabalhos consultados percebemos que a avaliação dos acadêmicos geralmente é expressa numericamente, com base nos resultados das avaliações, ou seja, é apenas quantitativa não expressando a qualidade da aprendizagem do aluno. Usando este método de avaliação, a aprovação ou reprovação dos alunos são baseadas apenas nas notas finais. Este método não é muito eficiente para avaliar as habilidades e competências dos alunos.

Assim, um processo de avaliação pautado apenas em provas e exames leva a um resultado diferente do objetivo de uma avaliação de aprendizagem. A função desta é auxiliar o aprendizado dos alunos, porém ela está centrada nas provas e notas, não cumprindo o papel de melhorar aprendizagem.

Esses métodos de avaliação são aceitos por muitas instituições educacionais em todo o mundo, embora existam limitações com essas abordagens tradicionais. Neste sentido vamos considerar um cenário em que foram distribuídos 100 pontos em três atividades acadêmicas. Dois alunos obtiveram as seguintes notas (15, 21, 24) e (24, 21, 15), respectivamente. A nota final obtida por cada um dos dois alunos foi 60 pontos. Podemos concluir da nota final, que o nível de desempenho (habilidades e competências) de ambos os alunos é o mesmo? Claro que não! Os dados indicam que um aluno está progredindo enquanto o outro está em declínio de forma consistente, ou seja, implica que um aluno está aprendendo em sua experiência enquanto o outro não demonstra a mesma evolução.

Fica claro que o método atual de classificar (quantificar) o desempenho acadêmico do aluno usando técnicas aritméticas e estatísticas não oferece necessariamente a melhor maneira de avaliar a aquisição de conhecimentos, habilidades e competências mínimos necessários ao aluno.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Nesse sentido, entendemos que a avaliação do aluno é o processo de determinar o nível de desempenho do estudante em relação aos objetivos da aprendizagem educacional.

Um sistema de avaliação especializada de alta qualidade certifica, apóia e melhora a realização individual e garante que todos os alunos recebam uma avaliação justa para não restringir as perspectivas presentes e futuras desses alunos. O sistema de avaliação deve ser regularmente revisado e melhorado para garantir que seja adequado, justo, imparcial e benéfico para todos os alunos.

Um sistema especializado é um conjunto de programas que manipula o conhecimento codificado para resolver problemas em um domínio especializado que normalmente requer conhecimentos humanos. O raciocínio fuzzy tem provado ser benéfico para implementação desse tipo de sistema. (PATTERSON, 2006, p.326-327)

Desde a sua introdução em 1965 por Lotfi Zadeh (1965), a teoria fuzzy tem sido amplamente utilizada na resolução de problemas em vários campos e, recentemente, na avaliação educacional. As aplicações da abordagem da lógica *fuzzy* para a avaliação do desempenho acadêmico são, em geral, novas nesse contexto. No entanto, alcançou uma ampla gama de áreas de aplicação em sistemas educacionais, além da avaliação do desempenho acadêmico dos alunos, incluindo a avaliação do currículo e a dos educadores, como professores e tutores. (PAVANI et. al, 2012)

A ciência e o uso de novas tecnologias podem facilitar e fornecer subsídios à condução de um processo de avaliação menos subjetivo. Nesse sentido, desenvolvemos um Sistema Especialista de Avaliação Fuzzy (SEAF) para avaliar o desempenho acadêmico dos alunos da engenharia civil de uma Instituição de Ensino Superior –IES- da cidade de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, em contraposição ao modelo tradicional adotado, além de comparar os resultados obtidos em ambos os modelos.

Com este estudo esperamos determinar o desempenho geral dos alunos na disciplina Cálculo Numérico utilizando um modelo de lógica fuzzy ao invés de métodos clássicos de avaliação, além de comparar esse desempenho utilizando o método tradicional e o sistema proposto.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Definição do problema

Conforme na Introdução, a avaliação dos acadêmicos geralmente é expressa numericamente, com base nos resultados das avaliações, ou seja, é apenas quantitativa não expressando a qualidade da aprendizagem do aluno. Usando este método de avaliação, a aprovação ou reprovação dos alunos são baseadas apenas nas notas finais. Este método não é muito eficiente para avaliar as habilidades e competências dos alunos.

Percebemos que na avaliação tradicional, além de não ser justa em muitos aspectos, torna difícil definir o desempenho do aluno baseado apenas nas notas por ele alcançadas.

É possível determinar de forma coerente às habilidades, competências e deficiências dos alunos em diferentes áreas do conhecimento em engenharia civil usando um sistema de avaliação baseado na lógica *fuzzy*. É possível determinar de forma coerente às habilidades, competências e deficiências dos alunos em diferentes áreas do conhecimento em engenharia civil usando um sistema de avaliação baseado na lógica *fuzzy*. Nesse sentido, desenvolvemos um Sistema Especialista de Avaliação Fuzzy (SEAF) para avaliar o desempenho acadêmico dos alunos da engenharia civil de uma Instituição de Ensino Superior –IES- da cidade de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, em contraposição ao modelo tradicional adotado, além de comparar os resultados obtidos em ambos os modelos.

Logica *fuzzy*

O ser humano em seu mecanismo de raciocínio, impreciso, faz uso de expressões que de alguma forma adjetivam as variáveis envolvidas em um problema, tais como: raramente, muito, caro, barato, alto, normal, baixo, etc. E que não se identificam, diretamente, com a forma binária (falso, verdadeiro, sim, não, 0, 1), tradicionais nas linguagens de programação e usadas, largamente nos computadores.

A lógica clássica trabalha com proposições exatas, verdadeiras ou falsas. Porém, para modelar fenômenos no mundo real precisa-se lidar com incertezas e a lógica *fuzzy* possui ferramentas para se trabalhar com as subjetividades (CASTANHO; PEIXOTO, 2010).

A teoria da lógica *fuzzy* foi usada pela primeira vez em 1965 por Zadeh (1965). Ele desenvolveu uma nova abordagem que era diferente da lógica aristotélica que contém apenas duas possibilidades definidas (0 ou 1). Em contraste, a lógica *fuzzy*



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

fornece uma maneira natural de lidar com problemas em que a fonte da imprecisão é a ausência de critérios bem definidos, em vez da presença de variáveis aleatórias.

Na lógica *fuzzy* uma afirmação pode ser mais ou menos verdadeira. Na lógica clássica, uma afirmação é verdadeira ou falsa, não existe algo intermediário. Assim, a lógica *fuzzy* estende a lógica clássica ao permitir que um computador interprete uma declaração linguística. Em outras palavras, essa lógica está calculando com palavras.

Na lógica aristotélica, todos os sistemas como Matemática ou Estocástica têm três componentes: as entradas, comportamento do sistema e saída. A diferença entre a abordagem *fuzzy* e a lógica aristotélica é que a abordagem da lógica *fuzzy* se divide em quatro módulos (Figura 1) que serão descritos a seguir.

- Módulo de fuzzificação: é o que modela matematicamente a informação das variáveis de entrada por meio de conjuntos *fuzzy*. É neste módulo que se mostra a grande importância dos especialistas (professores) do processo a ser analisado, pois a cada variável de entrada devem ser atribuídos termos linguísticos que representam os estados desta variável e, a cada termo linguístico, deve ser associado um conjunto *fuzzy* por uma função de pertinência;
- Módulo da base de regras: é o que constitui o núcleo do sistema. É neste módulo onde se “guardam” as variáveis e suas classificações linguísticas;
- Módulo de inferência: é onde se definem quais os conectivos lógicos usados para estabelecer a relação *fuzzy* que modela a base de regras. É neste módulo que depende o sucesso do sistema *fuzzy* proposto já que ele fornecerá a saída (controle) *fuzzy* a ser adotada pelo controlador a partir de cada entrada *fuzzy*;
- Módulo de defuzzificação: traduz o estado da variável de saída *fuzzy* para um valor numérico.

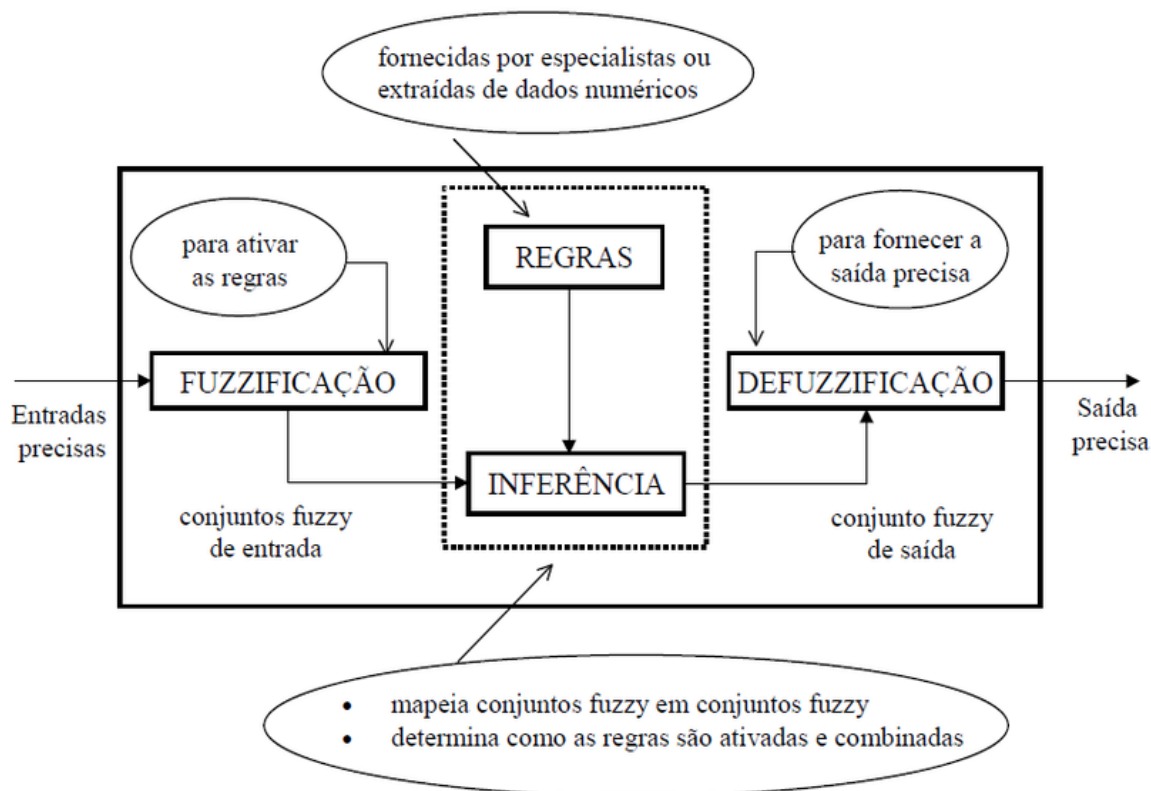
É importante ressaltar que existem diferentes métodos de inferência *fuzzy* com diferentes propriedades. O *Fuzzy Logic Toolbox* do MATLAB[®], usado neste estudo, oferece duas opções: o Método Mamdani e o Método Sugeno. Analogamente, existem diversos métodos de defuzzificação. Devido a simplicidade e eficiência, além de ser bastante condizente com a intuição humana, todo o conteúdo deste artigo foi preparado utilizando-se os seguintes métodos disponibilizados por este *toolbox*: o Método Mamdani, na etapa de inferência, e o Método do centro da



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

gravidade (*centroid*), na etapa de defuzzificação. A Figura 1 retrata um sistema de inferência *fuzzy* onde estão identificadas as funções de cada módulo.

Figura 1 - Fluxo do Sistema de Inferência *Fuzzy*.



Fonte: Adaptado de (TANSCHKEIT, 2003, p. 26).

METODOLOGIA

Este estudo é de natureza quantitativa, de formato transversal com enfoque descritivo. O processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes. (Perovano, 2009)

Neste trabalho de pesquisa, o Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy* (SEAF) foi implementado no MATLAB. Usamos o *Toolbox Logic* para este trabalho de pesquisa. O Sistema desenvolvido foi testado com as notas de uma turma de alunos do 3º período do curso de engenharia civil de uma IES.

O processo para o desenvolvimento e aplicação do Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy* é descrito a seguir



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engenhagens Itajubá-MG, Brasil

Conjuntos *fuzzy*

Antes de iniciar a sequência de instruções associadas ao uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* no MATLAB, seguem alguns conceitos que devem ser observados porque são essenciais para a identificação, pelo usuário especialista, do conjunto de variáveis do processo em estudo que devem ser da classe das denominadas variáveis *fuzzy*.

O primeiro conceito está associado à definição de conjuntos *fuzzy*. Um subconjunto *A* de um conjunto *U* é considerado subconjunto *fuzzy* de *U* se for descrito como um conjunto de pares ordenados segundo o que segue na Equação 1:

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in U \quad \mu_A(x) \in [0,1]\} \quad (1)$$

onde $\mu_A(x)$ é uma função de pertinência ou valor de associação que determina com que grau *x* está em *A*:

$\mu_A(x) = 1$, *x* pertence ao conjunto *A*;

$0 < \mu_A(x) < 1$, *x* pertence parcialmente ao conjunto *A*;

$\mu_A(x) = 0$, *x* não pertence ao conjunto *A*.

Sendo assim, a álgebra entre os conjuntos *fuzzy* não segue a teoria clássica usual, em especial devido ao fato de que as operações de união e de intersecção de um conjunto e seu complementar são diferentes de 1 e vazio respectivamente, e portanto operações específicas entre os conjuntos *fuzzy* devem ser estabelecidas.

Neste artigo, usamos a função de associação trapezoidal (Figura 2). Essas funções são caracterizadas por um conjunto de quatro valores **a**, **b**, **c** e **d**, onde **a** e **d** determinam o intervalo dentro do qual a função de pertinência assume valores diferentes de zero, **b** e **c** determinam o intervalo dentro do qual a função de pertinência é máxima e igual a 1 (Equação 2).

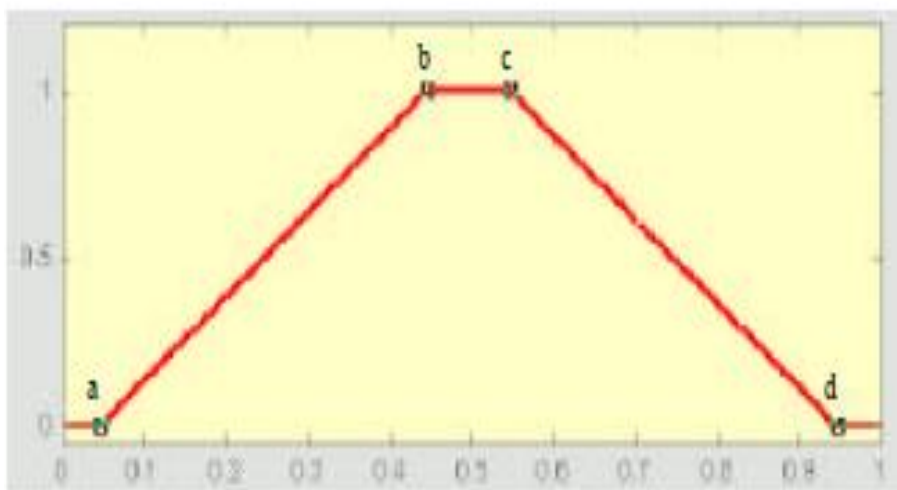
$$\text{Trapezoidal}(x, a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}, 0\right)\right) \quad (2)$$

As funções de associação permitem representar graficamente um conjunto *fuzzy*. O eixo *x* representa o domínio, enquanto o eixo *y* representa o grau de associação no intervalo [0,1].



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Figura 2- Função de Pertinência Trapezoidal.



Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).

Sistema especialista *fuzzy*

Um sistema especializado é um conjunto de programas que manipula o conhecimento codificado para resolver problemas em um domínio especializado que normalmente requer conhecimentos humanos. (PATTERSON, 2006)

O conhecimento do sistema especializado é obtido a partir de fontes especializadas e codificado em uma forma adequada ao sistema para usar em seus processos de inferência ou raciocínio. O conhecimento especializado deve ser obtido de especialistas (professores) ou outras fontes de conhecimento como textos, artigos de revistas e banco de dados. Uma vez que um conhecimento suficiente de especialistas tenha sido adquirido, ele deve ser codificado de alguma forma, carregado em uma base de conhecimento, depois testado e refinado continuamente ao longo da vida do sistema.

O sistema especialista difere do sistema informático convencional de várias maneiras importantes:

1. Os sistemas especialistas utilizam o conhecimento em vez de dados para controlar o processo de solução.
2. O conhecimento é codificado e mantido como um complemento separado do programa de controle.
3. Os sistemas de especialistas são capazes de explicar como uma conclusão específica foi alcançada e por que a informação solicitada é necessária durante uma conclusão.

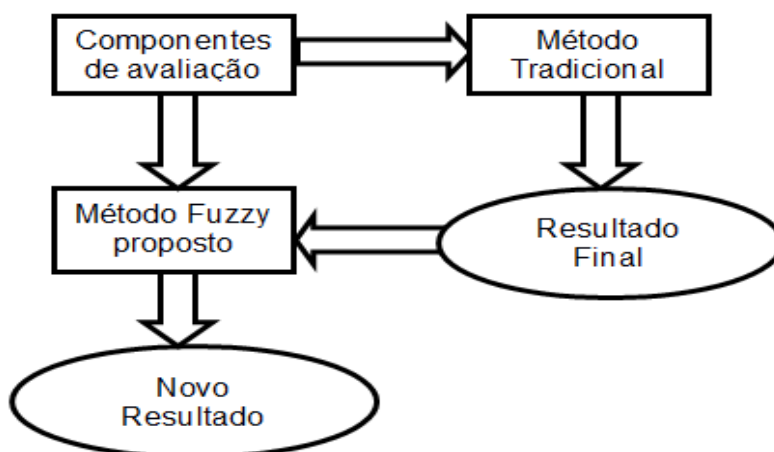


**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

4. O sistema especialista usa representações simbólicas para o conhecimento (regras, redes) e realiza sua inferência através de uma computação simbólica que se assemelha muito a manipulações de linguagem natural (humana).

Para fazer isso, uma abordagem *fuzzy* foi usada para executar o método proposto avaliação do desempenho dos alunos. É importante ressaltar que o objetivo do método proposto não é substituir o atual método tradicional de avaliação, em vez disso, fortalecerá o sistema atual, fornecendo informações adicionais a serem usadas para a tomada de decisão pelo usuário (professor). O sistema está representado na Figura 3.

Figura 3- Sistema Especialista de Avaliação Fuzzy (SEAF).



Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).

A arquitetura do Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy* (SEAF) proposto para avaliação de desempenho acadêmico é dada a seguir:

1. Valor Crisp: é a nota do estudante obtida em cada uma das três atividades propostas: NP1, NPI e NP2.
2. Fuzzificação: significa que o valor crisp (nota do estudante) é convertido em valor de entrada *fuzzy* com a ajuda da função de associação adequada (função de associação trapezoidal).
3. Mecanismo de inferência: define o tipo de regra *fuzz* (SE-ENTÃO) para a avaliação do desempenho acadêmico do aluno.
4. Saída *Fuzzy*: Determina um valor de função de associação de saída para cada regra ativa (regra SE-ENTÃO).

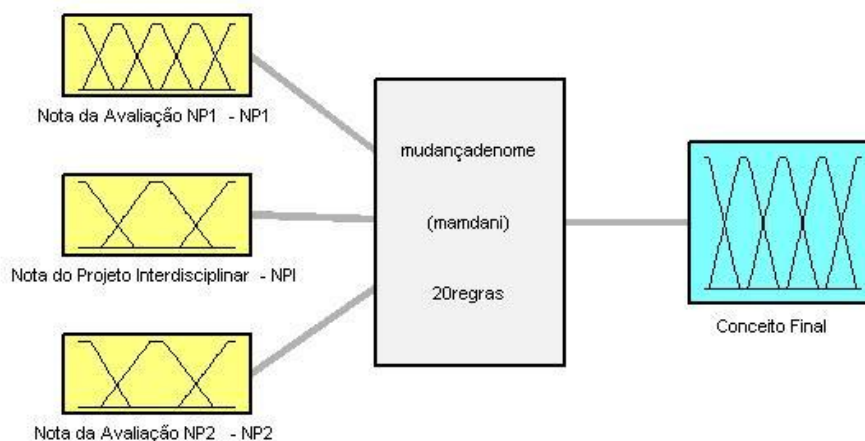


XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

5. Defuzzificação (Desempenho): significa calcular o resultado final (Valor do Desempenho) com a ajuda de um método de defuzzificação adequado. Nesta proposta de trabalho, usamos o Método do centro da gravidade (*centroid*), para a defuzzificação (avaliação de desempenho).

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o *Toolbox Logic* do programa matemático MATLAB[®]. A potencialidade desse *software* está, principalmente, no seu conjunto de *toolboxes*, que são funções externas e adaptáveis para diferentes aplicações. O *toolbox fuzzy* é comumente utilizado para descrição e modelagem de sistemas baseados em lógica fuzzy, e foi aplicado para descrever o modelo deste estudo (Figura 4).

Figura 4 – Modelo fuzzy proposto.



Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).

O desenvolvimento de um sistema de tomada de decisão *fuzzy* é facilmente implementado usando esse *software*. Ele é orientado por menus que permite a implementação de construções *fuzzy* como funções de associação (pertinência) e um banco de dados de regras de decisão.

A aplicação do modelo desenvolvido compreende três estágios:

1. Fuzzificação das 3 entradas: NP1 (Nota da Prova 1), NPI (Nota do Projeto Interdisciplinar) e NP2 (Nota da Prova P2).
2. Determinação das regras SE-ENTÃO e método de inferência.
3. Defuzzificação do valor de desempenho: Para calcular o resultado final com a ajuda de um método de defuzzificação adequado.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Fuzzificação

A distribuição da nota em cada disciplina ocorre da seguinte forma: Prova p1 (35 pontos - 35%), Projeto Interdisciplinar (40 pontos - 40%) e Prova P2 (25 pontos - 25%) totalizando 100 pontos conforme o atual sistema de avaliação.

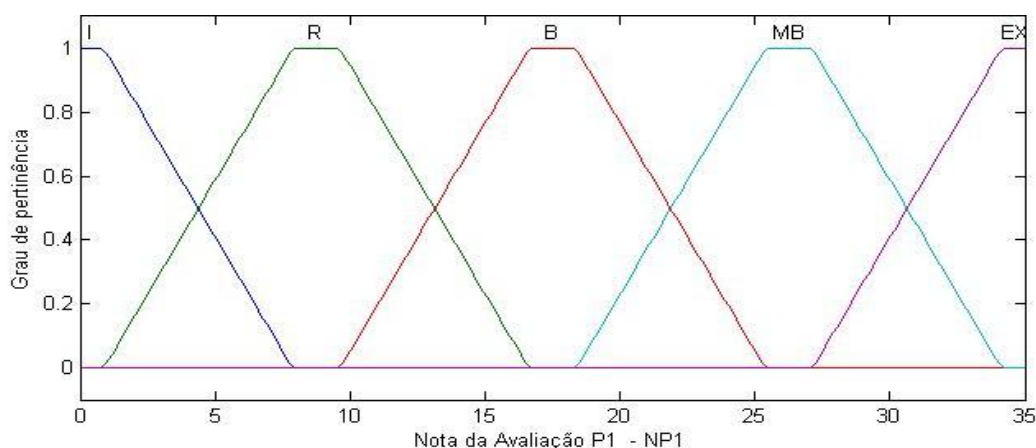
O modelo de avaliação baseado em lógica *fuzzy* será composto por três entradas e uma saída. A fuzzificação dos resultados do Conceito Final foi realizada utilizando as variáveis de entrada e suas funções de associação de conjuntos *fuzzy*.

Cada aluno tem três resultados semestrais e todas as variáveis de entrada são do sistema especializado baseado na lógica *fuzzy*.

O formato das funções de pertinência tanto das variáveis de entrada como na de saída foi o trapezoidal. As funções de pertinências construídas foram:

- cinco para a variável de entrada NP1 (Figura 3) : Insuficiente (I), Regular (R), Bom (B), Muito Bom (MB), Excelente (EX);
- três para a variável de entrada NPI (Figura 4) : Insuficiente (I), Satisfatório (S), Excelente (EX);
- três para a variável de entrada NP2 (Figura 5) : Insuficiente (I), Satisfatório (S), Excelente (EX);
- cinco para a variável de saída Conceito final (Figura 6) : : Insuficiente (I), Regular (R), Bom (B), Muito Bom (MB), Excelente (EX).

Figura 5 - Funções de associação da variável de entrada NP1.

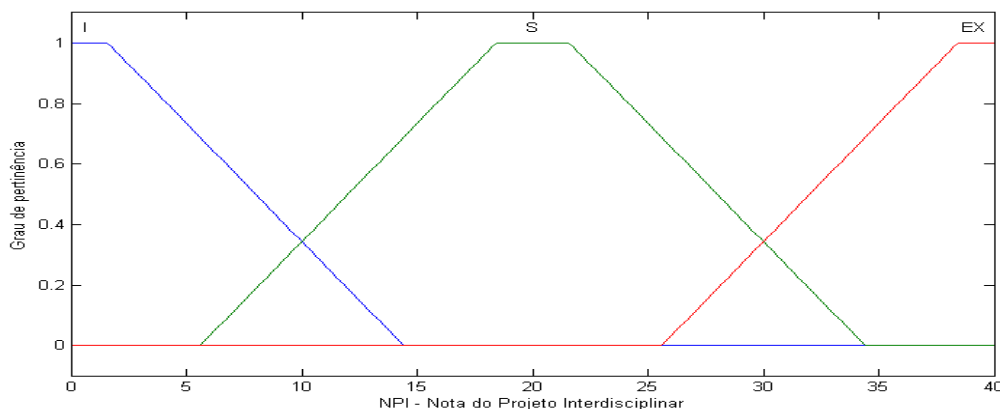


Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).



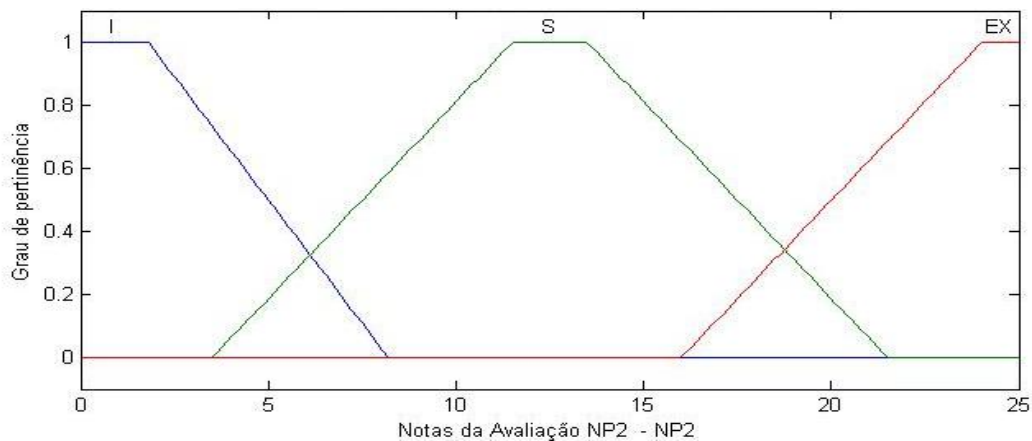
XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Figura 6 - Funções de associação da variável de entrada NPI.



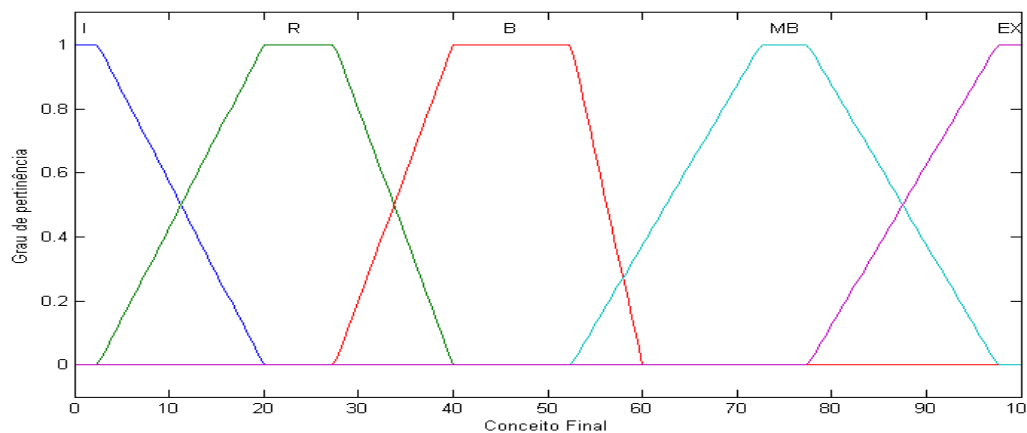
Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).

Figura 7 - Funções de associação da variável de entrada NP2.



Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).

Figura 8 - Funções de associação da variável de saída Conceito Final.



Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

As entradas, em seguida foram submetidas a um conjunto de regras de inferências criadas para a resolução do problema. Esse processo será descrito a seguir.

Para a obtenção do desempenho dos alunos é necessário à construção de regras segundo conhecimento de um especialista (professor), a partir das quais é possível simular cenários distintos.

Para relacionar as entradas e as funções de entrada de saída, as regras de inferência *fuzzy* são usadas no processo de inferência. Elas são flexíveis e podem ser formuladas dependendo do enfoque a ser dado pelos especialistas (professores). As regras determinam as funções de entrada e saída que serão

usadas no processo de inferência. Essas regras são linguísticas e são intituladas SE-ENTÃO. O sistema foi composto por 20 regras. Algumas serão listadas a seguir.

1. Se NP1 é insuficiente e NPI é insuficiente e NP2 é insuficiente então conceito final é insuficiente.
2. Se NP1 é insuficiente e NPI é insuficiente e NP2 é não insuficiente então conceito final é regular.
3. Se NP1 é insuficiente e NPI é não insuficiente e NP2 é insuficiente então conceito final é regular.
4. Se NP1 é insuficiente e NPI é não insuficiente e NP2 é não insuficiente então conceito final é regular.
5. Se NP1 é Regular e NPI é insuficiente e NP2 é insuficiente então conceito final é insuficiente.

Como as conclusões são baseadas na análise de todas as regras no sistema de inferência, essas devem ser combinadas de alguma maneira, a fim de auxiliar na tomada de decisão, neste caso de estudo, do conceito final do aluno (desempenho). Este processo é intitulado “decisão *fuzzy*” ou “inferência *fuzzy*”.

No caso de várias regras estão ativas para a mesma função de associação de saída é necessário que apenas um valor de associação seja escolhido. Este processo é intitulado “decisão *fuzzy*” ou “inferência *fuzzy*”. Vários autores, incluindo Mamdani, Takagi-Surgeno e Zadeh, desenvolveram uma série de técnicas para tomada de decisão *fuzzy* e inferência *fuzzy*. O presente estudo usa o método proposto por Mamdani, mostrado na Equação 3.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil

$$\mu_{B_n^k}(\alpha(i), \alpha(j)) = \max [\min [\mu_{A_{n1}^k}(\alpha(i)), \mu_{A_{n2}^k}(\alpha(j))]] , \text{ for } k= 1, \dots, r \quad (3)$$

em que A_{n1}^k e A_{n2}^k representam conjuntos *fuzzy* antecedentes, μ representam funções de pertinência, B_n^k representa o conjunto *fuzzy* para as entradas consequentes a (i) e a (j) (BARRANTES; TIAGO; FONSECA, 2011, p. 4).

A Equação (3) dá um valor de função de associação de saída para cada regra ativa do nosso sistema de tomada de decisão *fuzzy*. Quando uma regra está ativa, uma operação E é aplicada entre diferentes entradas. O valor de entrada menor é escolhido e seu valor de associação é determinado como o valor da associação da saída para essa regra. Esse método é repetido, de modo que as funções de associação de saída são determinadas para cada regra. Para resumir, as operações de E (min) são aplicadas entre as entradas e as operações de OU (max) são usadas entre as saídas. (YADAV; SINGH, 2011)

Depois de completar o processo de decisão *fuzzy*, o número *fuzzy* obtido deve ser convertido em um valor nítido. Esse processo é conhecido como defuzzificação. Muitos métodos foram desenvolvidos para a defuzzificação. Neste trabalho, foi aplicada uma técnica de centro de área (*Centroid*), qual dos métodos mais comuns. O valor nítido é calculado da fórmula abaixo (Equação 4):

$$Z = \frac{\int \mu_C(Z) \cdot X \cdot dz}{\int \mu_C(Z) \cdot dZ} \quad (4)$$

Resultados

Neste trabalho de pesquisa, o Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy* (SEAF) foi implementado no MATLAB. Usamos o *Toolbox Logic* para este trabalho de pesquisa. O Sistema desenvolvido foi testado com as notas de 50 alunos do 3º período do curso de engenharia civil obtidas nas três atividades do 2º semestre de 2016. Selecionamos 15 alunos dispostos na Tabela 1, onde estão os escores alcançados pelos alunos e também a comparação entre o método clássico e Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy*. Para cada aluno, os resultados dos exames semestrais foram fuzzificados por meio das funções de associação trapezoidal.

Com o intuito de abranger o maior número de situações as simulações foram realizadas utilizando notas reais de alunos nas avaliações NP1, NPI e NP2 na



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

disciplina Cálculo Numérico. A soma das notas de cada aluno foi calculada utilizando o modelo clássico e o modelo *fuzzy* proposto, assim foram obtidas as seguintes classificações: Insuficiente (I), Regular (R), Bom (B), Muito Bom (MB), Excelente (EX).

Tabela 1- Comparação do Desempenho obtido no Método da Lógica Clássica e da Lógica Fuzzy.

Alunos	NP1	NPI	NP2	Classificação Tradicional	Classificação fuzzy	Índice Tradicional	Índice fuzzy
1	17.50	20.00	15.00	B	MB	50.00	75.00
2	15,30	2,0	10	R	B	27.30	51.00
3	34.00	38.00	25.00	EX	EX	97.00	91.1
4	19,25	8,00	20,00	B	MB	47.25	62.5
5	23,8	28,00	5,00	B	MB	56.80	62.5
6	32,00	6,00	1,00	R	MB	39.00	66.50
7	17.50	8.00	1,00	R	R	26.50	37.50
8	29,75	4,00	5,00	R	MB	38.75	62.10
9	28,35	36	10	MB	MB	74.00	75.50
11	10,50	6,00	5,00	R	R	21.2	39.10
12	3,5	40	15	B	R	58.5	34.9
13	25,00	15,00	5,00	B	MB	45.00	62.5
14	0	0	0	I	I	0	7.29
15	35	40	25	EX	EX	100	92.70

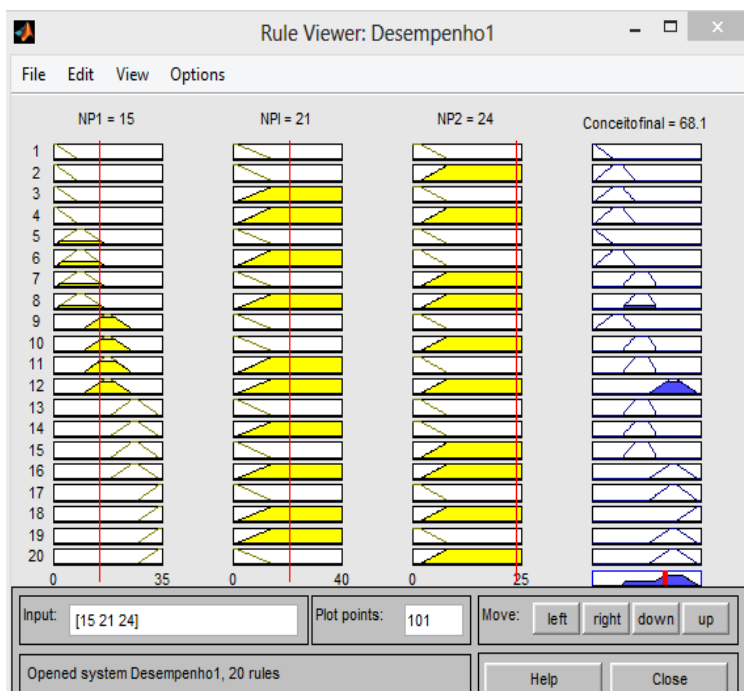
Fonte: Desenvolvida pela autora(2017).

A Figura 9 mostra as regras ativas e o valor do conceito final para as entradas correspondentes.

Figura 9 - Regras ativas e valor de desempenho.



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**



Fonte: Desenvolvida pela autora (2017).

O conjunto *fuzzy* da variável de saída Conceito Final é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2- Conjunto fuzzy da variável de entrada.

Variável Linguística	Função de associação	Intervalo
Insuficiente (I)	Trapezoidal	[00 0 20[
Regular (R)	Trapezoidal	[20 22.5 27.5 40[
Bom (B)	Trapezoidal	[40 47.5 52.5 60[
Muito Bom (MB)	Trapezoidal	[60 72.5 57.5 80[
Excelente (EX)	Trapezoidal	[80 97.5 100 100[

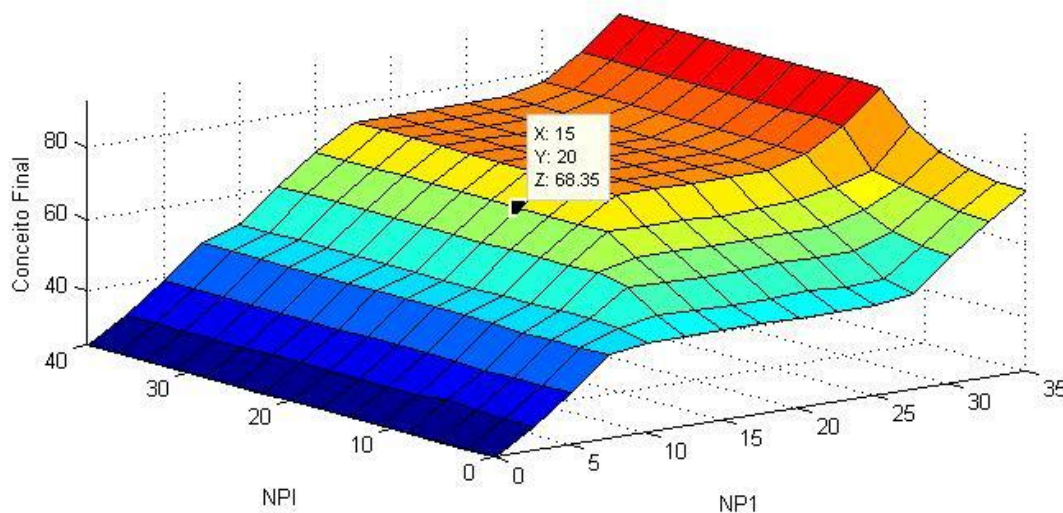
Fonte: Desenvolvida pela autora (2017).

Para cada valor atribuído às variáveis de entrada o sistema proposto gera um valor para a variável de saída. Assim, o sistema *fuzzy* realiza o mapeamento entradas/saída, cujo gráfico 3D é a superfície gerada pelas operações lógicas de inferência. A influência das variáveis NP1 e NPI na variável conceito final, que representa a nota do aluno, pode ser observada na Figura 10 através do mapeamento de entrada- saída.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Figura 10 - Mapeamento de entrada-saída nota de Avaliação NP1 e da nota do Projeto Interdisciplinar- NPI .



Fonte: Desenvolvido pela autora (2017).

É interessante ressaltar que a utilização das notas no modelo proposto, em ordem diferentes, altera o valor de desempenho do aluno. Considerando os mesmos alunos do cenário descrito na introdução com as notas (15 24 25) e (24 21 15), respectivamente. Lembrado que a nota final foi de 60 pontos para cada um dos alunos no modelo de avaliação tradicional. Nesse sistema o desempenho de ambos os alunos é igual.

Utilizando o Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy* obtivemos como nota final 68.1 e 75 pontos, respectivamente. O desempenho dos alunos seria considerado Muito Bom no modelo adotado. Já no modelo tradicional seria classificado como Bom.

De acordo com a abordagem atual de avaliação tradicional o sucesso ou o fracasso separam-se através de certos limiares de pontuação. A abordagem da avaliação é rígida, assim o desempenho baseado em critérios rígidos de pontuação pode não ser apropriado.

A comparação do método clássico com o sistema proposto (Tabela 1) revela diferenças no desempenho dos alunos, mas se analisarmos com mais atenção percebemos que das duas últimas colunas fica provado que há uma relação linear entre a abordagem clássica e o sistema proposto.

Constatamos da análise dos dados que os estudantes com nota maior ou igual a 20 e menor ou igual a 40 pontos, de acordo com o método clássico, estão obtendo



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

notas maiores no método *fuzzy*. Como, o aluno 4 com notas (19.25, 8.00, 20.00) no método clássico está obtendo 47.25 pontos (Bom) e na abordagem *fuzzy* o aluno fica com 62.5 pontos (Muito Bom). O mesmo acontece com o aluno 8 cujas notas são (29.75,4.00,5.00) totalizando 38.75 pontos no modelo tradicional de avaliação. Já no modelo proposto obteve 62.10 pontos. Tendo seu desempenho saído de Regular para Muito Bom.

No entanto, para alunos com mais de 40 pontos, o desempenho por método *fuzzy* é menor do que o método tradicional de avaliação. Por exemplo, o aluno 5, no sistema tradicional suas notas foram (23.80, 28.00, 5.00) totalizando 56.80 pontos (Bom). No método proposto obteve 62.50 pontos (MB).

Para implementar o Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy*, uma comissão pode ser formada, incluindo especialistas de cada área para que ocorra a interdisciplinaridade acadêmica. Essa comissão deve reunir-se e chegar a um acordo sobre regras e funções de associação. Também é necessária uma abordagem *fuzzy* para informar os alunos antecipadamente sobre as regras de avaliação.

O método *fuzzy* proposto de avaliação dos alunos não é sugerido para substituir completamente o método de avaliação tradicional atual, mas poderá fortalecer o sistema atual, fornecendo informações adicionais a serem usadas para a tomada de decisão pelos usuários.

O sistema de avaliação implementado neste trabalho não visa desaprovar os professores/tutores, mas orientá-los durante o processo de aprendizagem, indicando suas potencialidades conforme literatura utilizada.

Esse método de avaliação *fuzzy* analisa essencialmente o aluno em todos os aspectos. Outro fato importante neste método é que os aspectos qualitativos predominam sobre os aspectos quantitativos. Um estudante que não foi aprovado no método tradicional pode ser aprovado no método *fuzzy*, mas orientado a tomar aulas extras em áreas específicas de deficiência, bem como ser estimulado em áreas onde o aluno possui maior habilidade e competência, ou seja, conhecimento. Por outro lado, se o aluno não foi aprovado no método *fuzzy* por causa de uma grande deficiência nas três áreas de conhecimento (NP1,NPI e NP2), ele também não será aprovado no método clássico de notas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Neste artigo, foi proposto um Sistema Especialista de Avaliação *Fuzzy* (SEAF) para a avaliação do desempenho acadêmico dos alunos do curso de Engenharia Civil de uma IES localizada na cidade de Montes Claro-MG com base em lógica *fuzzy*. Quando os resultados são comparados a partir de um sistema especialista *fuzzy*, uma diferença nos resultados é observada. Enquanto o método clássico adere a uma regra matemática constante, a avaliação com lógica *fuzzy* tem grande flexibilidade e confiabilidade. Fica claro que o método proposto (NSEF) é mais adequado para a avaliação do desempenho dos alunos em comparação com a lógica clássica.

É importante lembrar que este estudo pode ser explorado para expandir as regras utilizadas e incorporar outras entradas e saídas para a avaliação. Além disso, a mesma metodologia pode ser aplicada em diferentes áreas, além da área de controle de notas, como por exemplo, controle de evasão, repetência.

Com uma análise mais detalhada, o foco do aluno pode mudar, aumentando a curva de aprendizado, que é uma representação do nível médio cognitivo de aprendizagem para uma determinada área, e consequentemente expressando a qualidade do ensino.

A análise final dos dados sugere que a comunidade acadêmica amplie o debate sobre a metodologia de avaliação do desempenho dos alunos, que reflita com maior clareza os anseios, expectativas e motivações dos envolvidos.

REFERÊNCIAS

BARRANTES, A. C; FONSECA, R. F; G. M., TIAGO. **Sistema de Inferência Fuzzy Aplicado na Avaliação Discente**. Consistec , [S.l.], p. 1-7, out. 2011.

CASTANHO, M. J.; PEIXOTO, M. . Teoria dos conjuntos: Fuzzy no Matlab. 1ºCongresso Brasileiro de Sistema Fuzzy , [S.l.], p. 1-40, 2010.

LUCKESI, C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. 20. ed. São Paulo:Cortez,2009.

PATTERSON, Dan. W. **Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems**. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, pp. 326-327, 2006. [The Mathworks. Fuzzy Logic Toolbox User's.



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

PAVANI, SIRIGIRI. et al. Evaluation of Teacher's Performance Evaluation Using Fuzzy Logic Techniques. **International Journal of Computer Trends and Technology**, p. 200-205, 2012.

PEROVANO, D. G. **Manual de metodologia científica: para segurança pública e defesa social**. 1 ed. São Paulo: Jurua Editora, 2014.

RASMANI, K.A, Shen, Q. Data-Driven Fuzzy Rule Generation and its Application for Student Academic Performance Evaluation. **International Journal of Applied Intelligence**, p. 305-319, 2006.

TANSCHUIT, Ricardo. **Sistemas Fuzzy**. Rio de Janeiro, DEE –PUC -Rio .Disponível em:<<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/LN-Sistemas%20Fuzzy.pdf>>. Acesso em dez 2016.

YADAV R.S. , Singh, V.P. Modeling Academic Performance Evaluation Using Soft Computing Techniques: A Fuzzy Logic Approach. **International Journal on Computer Science and Engineering**, p.676-686, 2011.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets: Information and Control**. V.8, p.338-354,1965. Disponível em < <http://www.cambridge.org/core/journals/article/zadeh>>Acesso em: dez 2016.