AVALIAÇÃO DISCENTE E LÓGICA *FUZZY*: UM ESTUDO DE CASO.

Camila Silveira Redondo[1], Paulo Roberto Barbosa[2], Graziela Marchi Tiago[3].

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP/Câmpus São José dos Campos, Rodovia Presidente Dutra s/nº Saída km 145 (Portão P4, Petrobrás) Jardim Diamante Cep: 12223-201 - São José dos Campos/SP, Brasil, caredondo97@gmail.com[1], paulorb@ifsp.edu.br[2], graziela@ifsp.edu.br[3].

Resumo – Esse artigo propõe o uso de uma ferramenta tecnológica, mais especificamente a Lógica *Fuzzy*, que poderá auxiliar o professor no processo de avaliação das aprendizagens dos discentes. A principal vantagem do sistema proposto é a possibilidade de classificar o desempenho dos discentes considerando o uso de vários indicadores e não apenas as avaliações tradicionais, buscando considerar os aspectos subjetivos atribuídos no processo de avaliação discente. Este trabalho é um estudo de caso aplicado na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I em um curso presencial de Licenciatura em Matemática. Para o modelo *fuzzy*, foram utilizadas duas avaliações e duas atividades de Prática como Componente Curricular como variáveis de entrada e como variável saída o conceito final da disciplina e foi possível observar que a lógica *fuzzy* propiciou a análise dessas atividades para a composição da nota final a partir de noções imprecisas como Insuficiente, Regular, Bom e Excelente. Como resultados, destaca-se o uso de vários indicadores e suas subjetividades para composição da nota final e a habilidade do modelo em representar o conceito final dos discentes.

Palavras-chave: Tecnologias de informação e Comunicação (TIC), Lógica *Fuzzy*, Avaliação Discente, Ensino-aprendizagem.
Área do Conhecimento: Ciências Humanas/Educação.

Introdução

Está cada vez mais crescente o uso de novas tecnologias como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem em sala de aula, propiciando uma abordagem diferenciada de determinados conteúdos. Além disso, elas passam a ser utilizadas no trabalho pedagógico do professor, mostrando-se ferramentas úteis dentre outros para o desenvolvimento de materiais didáticos e auxiliando o professor no processo de avaliação discente.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) são todos os meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar a comunicação utilizando a tecnologia. No contexto pedagógico elas propiciam uma melhor qualificação dos professores, além de possibilitar uma melhor adequação dos contextos e situações referentes ao processo de aprendizagem (OLIVEIRA, 2015). Essas tecnologias possibilitam uma flexibilidade e dinamismo tanto no processo de transmissão de conteúdo, quanto processo avaliativo dentro de sala de aula.

Neste artigo vamos nos limitar ao uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) como ferramenta de apoio ao processo de avaliação discente, fazendo uso da Lógica *Fuzzy*.

> A utilização da Lógica *Fuzzy* permite maior flexibilidade ao sistema, pois é possível expressar valores linguísticos como razoável, normal, ótimo, médio, bom e excelente. Portanto, especifica vários conjuntos *Fuzzy*, tornando-se assim uma ferramenta mais eficiente e abrangente (TIAGO, BARONI, FONSECA, 2014).

A lógica *fuzzy* utilizada como ferramenta para calcular as notas dos discentes permite uma integração do professor com o resultado da avaliação o que é algo positivo, pois torna dinâmico e adaptativo o processo de ensino-aprendizagem. Segundo (LUCKESI, 2009) o ato de avaliar um discente é um processo dinâmico, logo leva-se em conta a evolução do conhecimento do mesmo. Essa evolução pode ser analisada através de diferentes atividades feitas pelos discente ao longo do ano letivo em conjunto com as provas aplicadas.

Se considerarmos apenas as provas ou exames como critério para classificar o discente como apto ou não a seguir para o próximo ano letivo, estaremos engessando o processo de aprendizagem. Além disso, se pensarmos nas provas ou exames como único modo de avaliação, estaríamos enfatizando que o que vale mais para um discente é o valor da nota obtida ao invés do conhecimento adquirido ao longo do ano letivo.

De acordo com Luckesi (2009) essa preocupação com a nota pode fazer com que o processo avaliativo seja visto como uma ameaça ao discente o que não auxilia o processo de ensino aprendizagem, já que estes passarão a estudar por medo da reprovação e não pela aprendizagem em si.

Além disso, de acordo com Tiago, Baroni, Fonseca (2014), a avaliação é um juízo de qualidade, e por isso precisa ser expresso por meio de algum símbolo, seja ele verbal ou numérico.

Tanto os conceitos que são símbolos verbais, quanto as notas que são símbolos numéricos expressam juízos de qualidade sobre a aprendizagem do discente, mas ambos se diferem quando as notas passam de modo indevido de qualidade para quantidade. Segundo Luckesi (2009) isso impossibilita o professor de analisar a real situação do discente em relação a sua aprendizagem.

Diante disto, o desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica, mais especificamente utilizando a lógica *fuzzy* torna-se útil já que esta utiliza tanto o desempenho dos discentes nas atividades quanto nas provas, além de utilizar os símbolos verbais na entrada das variáveis e o resultado final ser oferecido em símbolos numéricos.

Nesse sentido, indicamos neste artigo a possibilidade de utilizar a lógica *fuzzy* no processo de avaliação, pois ela poderá propiciar a análise de várias atividades desenvolvidas pelos discentes considerando noções imprecisas, como bom, ruim, muito bom, entre outras, podendo ser utilizado para apoiar possíveis decisões de educadores em relação ao processo de ensino e aprendizagem.

O grande diferencial deste sistema é a possibilidade de classificar o desempenho dos discentes considerando o uso de vários indicadores, como avaliações, atividades em sala, atividades extra-classe, participação dos discentes durante as aulas, dentre outros. Pensamos que este trabalho poderá colaborar com programas de controle de evasão, devido ao fato de agrupar diversos tipos de atividades e não apenas as avaliações tradicionais (provas). Apresentaremos agora alguns aspectos da Lógica *Fuzzy*.

Metodologia

O termo *fuzzy* foi pela primeira vez citado por Dr. Lotfi Zadeh considerado o pai da lógica *fuzzy*, em um jornal sobre engenharia chamado “Proceedings of the IRE” em 1962 (ZADEH, 1962).

Um paradoxo para ajudar a entender a lógica *fuzzy* é o “Paradoxo do Careca”: você diria que um homem que tem na cabeça um único fio de cabelo é careca? E se ele tiver dois fios? E três? E quatro? Afinal quando você parará de chamá-lo de careca? (KNEALE e KNEALE, 1962). Como analisar este paradoxo? Como utilizar a lógica clássica nesta situação onde os elementos de fronteira de dois conjuntos possuem uma descrição instável que pode oscilar dependendo do observador? É neste contexto de imprecisão e ambiguidade que a lógica *fuzzy* foi desenvolvida.

Um conjunto *fuzzy* pode ser visto como uma generalização dos conjuntos clássicos. Ele pode ser entendido como um conjunto que permite que elementos tenham graus de pertencimento a este conjunto. Além da função de pertinência, um conjunto *fuzzy* deve ser associado a um conceito linguístico, como por exemplo, “Excelente”. Esta associação é utilizada para facilitar a construção das regras pelo especialista, sendo assim compreensível. Adotando uma base de conhecimento (regras de inferência) que relacionam estas funções de pertinência constrói-se o mecanismo de inferência (YEN,1999). Os conjuntos *fuzzy*, as funções de pertinência e as regras de inferência são obtidas a partir do problema proposto, sendo necessário um conhecimento parcial do “especialista” para a modelagem do sistema.

A estrutura de um sistema baseado em lógica *fuzzy* possui quatro etapas: fuzzificação, base de regras, inferência e defuzzificação. Na teoria *fuzzy* valores intermediários, chamados de grau de

pertinência são permitidos e a produção destas funções que definem graus de pertinência é chamada de "fuzzificação". A fuzzificação, então, é o processo no qual são definidas as variáveis de entrada e saída, para as quais são atribuídos termos linguísticos que descrevem seu estado. É nessa etapa do processo que são construídas as funções de pertinência.

Todos os conjuntos *fuzzy* representando as variáveis relacionadas por funções de pertinência são chamadas de base de conhecimento. Um conjunto de regras de inferência é adotado para manipular a base de conhecimento. O método mais utilizado para representar o conhecimento humano é através de expressões de linguagem natural como: SE (antecedente) ENTÃO (consequente). A base de conhecimento tem informações incertas, porém significativas para a modelagem do sistema. Esta incerteza é completamente resolvida com a entrada e saída dos conjuntos *fuzzy* e com a estratégia de manipulação da base de conhecimento pré-definidas.

Em seguida é definido o modelo de inferência utilizado. Os tipos de modelos de sistemas de inferência *fuzzy* são diferenciados pela habilidade em representar diferentes tipos de informação, ou seja, na forma que se representa a base de regras. Os dois modelos mais conhecidos na literatura da área são: Mamdani e Takagi-Sugeno (SUGENO, 1985; MAMDANI, 1975 e 1976). Após definidas as regras e o método utilizado, ocorre a inferência.

Neste estudo utilizaremos o *software* Matlab, através de seu *toolbox fuzzy*. O MatLab (*Matrix Laboratory*) é um *software* de alta performance, criado no fim dos anos 70 por Cleve B. Moler, com interface amigável, voltado especialmente para o cálculo numérico (MATHWORKS, 2013). 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*.

Modelo *Fuzzy* proposto

Neste trabalho, propomos um modelo *fuzzy* para avaliação discente em um curso presencial de Licenciatura em Matemática, na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. Ressaltamos que a escolha de tal disciplina se fez por vários aspectos. Segundo Rezende (2003), o Cálculo é uma grande rede que interage com o próprio conhecimento matemático, com a física e as ciências naturais de um modo geral, com as ciências sociais e econômica e com o desenvolvimento de novas tecnologias. Ainda segundo o autor, o Cálculo é imprescindível para a formação do cidadão.

A escolha da turma para esse estudo de caso foi realizada pelo especialista, que neste caso é o próprio professor/autor do trabalho. Esta escolha foi motivada pelo seu conhecimento e relação com os discentes, pois ele ministrou aulas para essa turma em outros semestres, o que possibilitou reconhecer as estratégias de estudo (realização de atividades, pesquisas, dúvidas e dificuldades, consulta de outras referências, entre outros aspectos) de cada um dos 26 estudantes, assim como identificar a postura dos mesmos frente à construção de conhecimento e a realização das tarefas propostas nas aulas relacionadas a Prática como Componente Curricular (PCC), tão importante para o futuro profissional de um licenciado. Faremos a comparação entre a nota final dos discentes na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, utilizando o método do professor, que denominamos aqui de índice clássico e o sistema utilizando o modelo *fuzzy*, indicado aqui como índice *fuzzy*.

Neste sistema foram definidos quatro tipos de variáveis de entrada, sendo que duas foram avaliações individuais, escritas e sem consulta, denominadas Avaliação 1 e Avaliação 2, cada uma admitindo notas de 0,0 a 4,0. As outras duas foram as atividades denominadas PCC 1 e PCC 2, por sua vez cada uma admitindo notas de 0,0 a 1,0, atividades realizadas em grupo, até pela importância das discussões relacionadas aos conteúdos envolvidos com a sua futura prática docente.

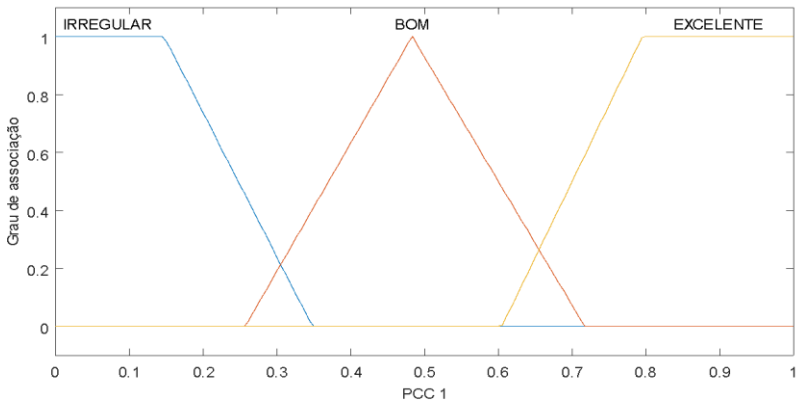
As variáveis de entrada Avaliação 1 e Avaliação 2 foram construídas com duas funções de pertinência trapezoidais e duas triangulares, enquanto as variáveis PCC 1 e PPC 2 foram construídas com duas funções de pertinência trapezoidais e uma triangular. Na Figura 1, encontra-se a representação gráfica desses conjuntos de entrada relacionados a PCC 1. Este modelo *fuzzy* apresenta uma única variável de saída denominada Conceito Final com notas variando entre 0,0 a 10,0 composta por duas funções de pertinência trapezoidais e duas triangulares (Fig. 2).

A base de regras foi composta por apenas oito regras, projetadas com o mesmo peso e a partir do conhecimento do especialista. Exemplo de duas destas regras: a) Se a Avaliação 1 for Irregular ou a Avaliação 2 for Irregular, então o Conceito Final será Irregular; b) Se a Avaliação 1 for Irregular e a

Avaliação 2 for Bom e o PCC 1 for Excelente e o PCC 2 for Excelente, então o Conceito Final será Bom.

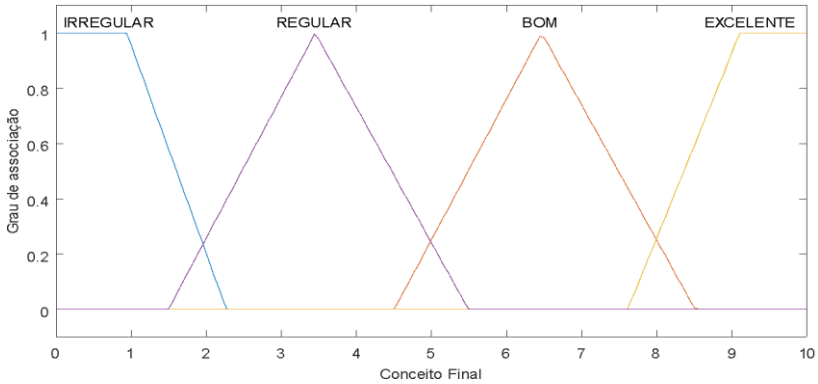
Dentre os testes realizados, o modelo desenvolvido utilizou o cálculo do centróide como método de defuzzificação e o método de inferência Mamdani

Figura 1- Funções de pertinência para variável de entrada PCC 1.



Fonte: o autor.

Figura 2- Funções de pertinência para variável de saída Conceito Final.



Fonte: o autor.

Resultados

Para a modelagem do sistema foram feitos testes inicialmente aleatórios e em seguida foi aplicado a disciplina em estudo. Para a comparação foi utilizado como conceito final para o índice clássico: Avaliação1+Avaliação2+PCC1+PCC2 e comparado ao índice *fuzzy* desenvolvido pelo especialista. Para o curso em questão, discentes com notas finais maiores ou iguais a 6,0 são considerados aprovados; discentes com notas finais maiores ou iguais a 4,0 e menores que 6,0 estão aptos ao Exame Final da disciplina; e discentes com notas inferiores a 4,0 são considerados reprovados.

Na Tabela 1 estão representados os resultados com os valores das notas das Avaliações 1 e 2, PCC 1 e PCC 2, índice clássico e índice *fuzzy*.

Tabela 1 – Resultados dos Índices Clássico e Índices *Fuzzy*.

Casos	Avaliação 1	Avaliação 2	PCC 1	PCC 2	Índice Clássico	Índice *Fuzzy*
01	3,50	4,00	1,00	0,90	**9,40**	**9,00**
02	3,70	1,00	1,00	1,00	6,70	6,70

03	1,47	3,45	0,90	0,90	**6,72**	**8,98**
04	3,47	3,80	1,00	0,90	9,17	9,00
05	1,87	1,56	0,90	0,90	5,23	5,00
06	0,87	0	0,90	0,50	2,27	0,82
07	1,35	0,62	0,90	0	2,87	0,87
08	3,50	3,87	1,00	0,90	9,27	9,00
09	4,00	3,50	1,00	1,00	**9,50**	**9,00**
10	1,47	1,82	0,90	0,90	5,09	5,00
11	1,87	2,71	0,90	1,00	6,48	6,50
12	0,20	0	0,90	0,50	1,60	0,82
13	1,00	0	0,90	0	1,90	0,82
14	1,75	2,52	0,90	0	5,17	5,00
15	2,15	4,00	0,90	1,00	**8,05**	**9,00**
16	2,27	3,12	0,90	1,00	7,29	7,45
17	3,45	3,00	0,90	1,00	8,35	8,98
18	1,97	0	0,90	1,00	**3,87**	**0,82**
19	1,40	0	0,90	0,90	3,20	0,82
20	3,75	3,75	1,00	1,00	**9,50**	**9,00**
21	1,07	0	0,90	0,90	2,87	0,82
22	0,95	1,06	1,00	0	3,01	1,07
23	3,07	3,75	1,00	1,00	8,82	9,00
24	1,35	2,82	1,00	0,90	6,07	6,49
25	3,45	3,75	1,00	1,00	9,20	9,00
26	0,27	0	1,00	0	1,27	0,82

Fonte: o autor.

Discussão

Neste trabalho, buscamos uma reflexão sobre quais são os fatores relevantes que devem ser considerados na avaliação discente e o desenvolvimento de um sistema de avaliação que permita considerar diferentes aspectos. Ou seja, buscamos traduzir sua subjetividade e não apenas a nota de uma prova como ocorre usualmente, transformando conceitos em notas finais.

Pela Tabela 1, verificamos que o índice *fuzzy* conseguiu acertar todas as classificações dos estudantes com relação a aprovação, reprovação e apto ao exame final da disciplina. Devemos considerar também que o modelo *fuzzy* proposto está em desenvolvimento e que o processo de avaliação é algo dinâmico e realizado continuamente e assim pequenos ajustes ainda necessitam ser feitos no modelo *fuzzy* em estudo, pois como percebemos nos casos 01, 09, 20, por exemplo, houve uma queda na nota final da disciplina, mesmo acertando suas classificações. Estes ajustes podem ser realizados, por exemplo, nas funções de pertinência tanto das variáveis de entrada como na variável de saída (conceito final).

Agora, faremos algumas considerações acerca dos casos 03, 15 e 18. Nos casos 03 e 15, observa-se que, considerando o critério de aprovação descrito pelo especialista e o cálculo da nota por meio do índice clássico e do índice *fuzzy*, os estudantes estariam aprovados. Os discentes considerados mostraram desempenho bem superior na Avaliação 2, em comparação com Avaliação 1 e também excelentes desempenhos nas atividades de PCC, o que reflete as regras impostas pelo especialista, buscando valorizar o melhor desempenho dos discentes ao longo do processo

avaliativo, por isso uma nota bem superior obtida pelo índice *fuzzy*. Com relação ao caso 18, colocou em destaque o fato do discente obter desempenho insatisfatório nas duas avaliações, colocando também a importância das provas nas notas finais dos estudantes perante os demais tipos de atividades.

Conclusão

É consenso que a avaliação das aprendizagens discentes apresenta muita subjetividade, causando algumas vezes desconfortos entre discentes e professores no momento da composição quantitativa da nota final. Além disto, o que deve influenciar mais a nota final de um estudante, seu desempenho em uma prova, ou seu desempenho em outros tipos de atividades?

Para evitar essa subjetividade, propomos neste trabalho um modelo de composição da nota a partir da Lógica *Fuzzy*. Mesmo o modelo *fuzzy* acertando todas as classificações do conceito final dos discentes em comparação ao índice clássico (Tab. 1), consideramos o modelo em desenvolvimento e deverá ser aprimorado para trabalhos futuros. Destaca-se que o modelo *fuzzy* proposto permite adequar os parâmetros para melhor representar as diferentes concepções envolvidas nas atividades avaliativas e ainda contemplar diversas características fundamentais em um processo de avaliação discente, o que de acordo com Luckesi (2009) é de suma importância pois o processo de aprendizagem é algo dinâmico e contínuo, não podendo se pautar apenas em uma avaliação (prova).

Por fim, o grande diferencial do sistema é considerar o uso de vários indicadores e a representação de suas subjetividades para composição da nota final em uma disciplina

Referências

KNEALE, W.; KNEALE, M. The development of logic. Londres: Oxford University Press, 1962.

LUCKESI, C. Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. 20. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

MAMDANI, E.H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. **International Journal of Man-Machine Studies**. v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.

MAMDANI, E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers. **International Journal of Man-Machine Studies**. v. 8, n. 6, p. 669-678, 1976.

OLIVEIRA, C. de. Tic's na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. Pedagogia em Ação, [S.l.], v. 7, n. 1, dez. 2015. ISS 2175-7003. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/pedagogiacao/article/view/11019>. Acessado em: 22 ago. 2018.

REZENDE, W.M. O ensino de cálculo: dificuldades de natureza epistemológica. 450 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2003.

SUGENO, M. (1985). Industrial applications of fuzzy control, Elsevier Science Pub. Co.YEN, J. Fuzzy Logic: A Modern Perspective. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, v.11, n. 1, p. 153-165, 1999.

TIAGO, G.; BARONI, M.; FONSECA, R. Avaliação discente: uma proposta utilizando a Lógica *Fuzzy*. **REVEMAT**. Florianópolis-SC, v.9, n. 2, p. 87- 109, 2014.

ZADEH, L.A. From Circuit Theory to System Theory. **Proceedings of the IRE**. v. 50, n. 5, p. 856-865, 1962.