**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

Curso de Bacharelado em Sistemas de informação

Matheus Felipe Paixão Honorato

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DOCENTE EM CURSOS NA MODALIDADE A DISTÂNCIA DA UNIMONTES**

Montes Claros - MG

Outubro / 2019

**Matheus Felipe Paixão Honorato**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DOCENTE EM CURSOS NA MODALIDADE A DISTÂNCIA DA UNIMONTES**

Projeto de monografia apresentado ao Curso de bacharelado em Sistemas de Informação, da Universidade de Montes Claros como exigência para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.  
  
Professor Orientador: Prof.ª Msc. Patrícia Takaki Neves

Montes Claros / MG

Outubro / 2019

**Matheus Felipe Paixão Honorato**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA FUZZY PARA AVALIAÇÃO DOCENTE EM CURSOS NA MODALIDADE A DISTÂNCIA DA UNIMONTES**

**Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, da Universidade Estadual de Montes Claros como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.**

**Montes Claros, 28 de outubro de 2019.**

Orientador: **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Prof. Patrícia Takaki Neves, MESTRA**

**Universidade Estadual de Montes Claros**

Membros:

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Prof. Nome do Professor Completo, TITULAÇÃO**

**Instituição a que pertence o professor**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Prof. Nome do Professor Completo, TITULAÇÃO**

**Instituição a que pertence o professor**

**Montes Claros / MG**

**Outubro / 2019**

**RESUMO**

**ABSTRACT**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE QUADROS**

**LISTA DE GRÁFICOS**

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**SUMÁRIO**

# INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem, por envolver tanto aspectos objetivos quanto subjetivos, torna-se complexo e traz consigo diversos elementos que precisam ser avaliados tendo por base as diretrizes e concepções presentes em seu modelo de oferta.

No contexto da Educação a Distância (EaD), assim como na educação presencial, há que se identificar os elementos didático-metodológicos do processo de ensino-aprendizagem em curso para que seja possível avaliar o desempenho docente percebido pelo aluno. Elementos característicos da modalidade, como a quantidade e a qualidade da interação dos envolvidos por meio da tecnologia, a adequação dos conteúdos digitais disponibilizados nos ambientes virtuais de aprendizagem e a equivalência das avaliações com o conteúdo disponibilizado faz necessário uma avaliação especifica ao modelo de oferta.

Atualmente o processo de avaliação docente nos cursos de graduação do Centro de Educação a Distancia (CEAD) da Unimontes ocorre através de médias aritméticas. Técnica comum em processos de avaliação, mas limitada por não conseguir por si só agregar aspectos subjetivos presentes no contexto de uma avaliação docente.

Segundo Kruse *et al.* (2013) muitas proposições sobre o mundo real não são verdadeiras ou falsas, tornando a lógica clássica inadequada para o raciocínio com tais proposições. A maioria dos conceitos usados ​​na comunicação humana não tem limites nítidos, o que torna os conjuntos clássicos insuficientes para representar tal conceito. O objetivo principal da lógica difusa, e dos conjuntos difusos, é superar essas limitações da lógica clássica, e dos conjuntos clássicos.

A teoria dos conjuntos fuzzy, ou lógica nebulosa, propõe uma alternativa à abordagem da lógica clássica, ou lógica booleana. A lógica fuzzy possibilita inferir respostas a determinados problemas nos quais os aspectos subjetivos são incorporados quando da modelagem do contexto escolhido. Por meio do uso de variáveis linguísticas para manipular valores vagos, imprecisos ou incompletos permitindo assim que se reproduza o processo de tomada de decisão de um especialista humano.

Segundo L’Erario e Fabri (2004) é importante verificar em instituições de ensino o grau de satisfação dos alunos quanto a seus professores. No trabalho que desenvolvem é apresentado um modelo de avaliação docente onde são considerados fatores como a assiduidade do professor, freqüência e didática. De acordo com os autores valores numéricos atribuídos aos fatores citados não traduzem a realidade quanto a satisfação dos alunos em relação ao corpo docente. Com base nesse problema fazem uso no modelo desenvolvido de conjuntos fuzzy para qualificar linguisticamente a satisfação dos discentes.

O documento referenciais de qualidade da educação a distancia desenvolvido pelo MEC é utilizado para nortear políticas publicas na área da educação. Sendo assim útil para direcionar avaliações educacionais em EaD.

Este trabalho lida com o processo de avaliação docente na perspectiva discente. Foi desenvolvido um sistema fuzzy para processar os dados de um instrumento de coleta de dados disponibilizado online para os alunos da EaD do Centro de Educação a Distância (CEAD) da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes).

Um instrumento de coleta de dados com 30 questões objetivas foi elaborado considerando os Referenciais de Qualidade para a Educação a Distância do MEC, publicações cientificas, legislação pertinente e conhecimento de especialistas em gestão da EaD. As questões foram subdivididas em sete dimensões, correspondentes aos elementos principais do modelo de oferta dos cursos de graduação do CEAD Unimontes. Os dados coletados neste questionário foram utilizados como entrada de sete sistemas de inferência fuzzy, cada um referente a uma dimensão. As bases de regras e as variáveis linguísticas foram desenvolvidas com a contribuição de especialistas em gestão da EaD.

Por meio do sistema fuzzy desenvolvido, espera-se colaborar com o processo de ensino-aprendizagem fornecendo feedbacks importantes quanto à percepção dos alunos sobre o desempenho docente, conforme o esperado. Isso se dará por meio de relatórios gerenciais para subsidiar ações de capacitação docente identificadas como necessárias e ações de melhorias nos processos e tecnologias utilizadas na oferta de cursos na EaD. O uso do sistema contribuirá de maneira significativa para a melhoria das metodologias e ações didáticas promovidas pelos docentes dos cursos na EaD em questão.

O presente trabalho está dividido como segue. O primeiro capítulo apresenta uma introdução para o tema e o problema escolhidos para o projeto. O capítulo dois indica o tema e o problema. O terceiro capítulo justifica a realização da pesquisa proposta no projeto. O capítulo quatro refere-se ao objetivo geral e objetivos específicos. Já o quinto capítulo contextualiza as idéias acerca da lógica fuzzy e os conceitos necessários para a compreensão do trabalho. Nos capítulos seis e sete são abordados, respectivamente, o procedimento metodológico e cronograma do trabalho. Por último, segue a bibliografia que será utilizada durante o desenvolvimento.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta os fundamentos que subsidiaram o desenvolvimento do trabalho. São abordados conceitos relacionados a avaliação docente, educação a distância e lógica fuzzy.

## Avaliação docente na (EaD)

Segundo o DECRETO N° 9.057 de 25 de MAIO 2017, que regulamenta a educação a distância no Brasil, é considerada educação a distância a:

Art. 1º. [...] modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorra com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com pessoal qualificado, com políticas de acesso, com acompanhamento e avaliação compatíveis, entre outros, e desenvolva atividades educativas por estudantes e profissionais da educação que estejam em lugares e tempos diversos. (BRASIL, 2017).

Dentre as diversas finalidades de uma avaliação docente, Fernandes (2008) salienta a intenção de aperfeiçoar o desempenho dos professores; responsabilização e prestação pública de contas; melhorar práticas e procedimentos das escolas; compreender problemas de ensino e aprendizagem, contribuindo para a identificação de soluções possíveis; e compreender as experiências vividas por quem está envolvido numa dada prática social.

Segundo Brasil (2007) tornou-se necessário, perante a permanente expansão da educação superior no País, a elaboração de Referenciais de Qualidade para EaD que estivessem de acordo com  determinações específicas da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, do Decreto 5.622, de 20 de dezembro de 2005, do Decreto 5.773 de junho de 2006 e das Portarias Normativas 1 e 2 de 11 de janeiro de 2007. As orientações contidas no documento que foi elaborado a partir de discussões com especialistas, universidades e sociedade são úteis para nortear e subsidiar atos do poder público referentes aos processos de regulação, supervisão e avaliação da EaD.

Para que se contemple todas as dimensões dos referenciais de qualidade em projetos de cursos na modalidade a distância é preciso avaliar aspectos pedagógicos, recursos humanos e infra-estrutura. Foram estruturados os pontos principais nos seguintes tópicos:

(i)   Concepção de educação e currículo no processo de ensino e aprendizagem;

(ii)  Sistemas de Comunicação;

(iii) Material didático;

(iv) Avaliação

(v)  Equipe multidisciplinar;

(vi) Infra-estrutura de apoio;

(vii) Gestão Acadêmico-Administrativa;

(viii) Sustentabilidade financeira.

Os tópicos apresentados não se tratam de entidades isoladas, mas de aspectos que se inter-relacionam. Especificamente no tópico (iv), intitulado “Avaliação”, tem-se a divisão deste em duas dimensões: “A Avaliação de Aprendizagem” e “A Avaliação Institucional”. Nesta última dimensão encontra-se a questão da avaliação docente, como um dos aspectos assinalados na seção “Organização Didático-Pedagógica”. Ainda, no tópico (v), intitulado “Equipe Multidisciplinar”, tem-se a identificação de três categorias profissionais: docentes, tutores e pessoal técnico-administrativo, sendo, portanto, uma segunda menção explícita, nos Referenciais de Qualidade da EaD, à questão da atuação docente necessária à qualidade na educação a distância.

## Inteligência computacional

Segundo a IEEE-CIS (2019) Inteligência Computacional (IC) é a teoria, design, aplicação e desenvolvimento de paradigmas computacionais biologicamente e linguisticamente motivados. Composta tradicionalmente por Redes neurais, Sistemas difusos e Computação evolutiva. Sendo a Inteligência Computacional um campo em constante evolução, além dos três principais constituintes, temos, com a evolução da computação inspirada na natureza, os paradigmas inteligência ambiental, vida artificial, aprendizado cultural, redes endócrinas artificiais, raciocínio social e redes hormonais artificiais.

De acordo com Konar (2005) a inteligência computacional (IC) difere-se da inteligência artificial (IA), técnica que visa emular a inteligência humana nas máquinas, por sua capacidade de adaptação computacional, tolerância a falhas, alta velocidade computacional e menos propensão a erros para fontes de informação ruidosas.

De acordo com Kruse *et al.* (2013)

A área de pesquisa de inteligência computacional (IC) compreende conceitos, paradigmas, algoritmos e implementações para desenvolver sistemas que exibam comportamento inteligente em ambientes complexos. Tipicamente, são adotados métodos sub-simbólicos e análogo à natureza que toleram o conhecimento incompleto, impreciso e incerto[...].(tradução nossa)

## Lógica Fuzzy

Segundo Zadeh (1965) um conjunto fuzzy é um intervalo de valores contínuos com valores de associação. Esse conjunto é caracterizado por uma função de associação (característica) que atribui a cada objeto um grau de associação que varia entre zero e um.

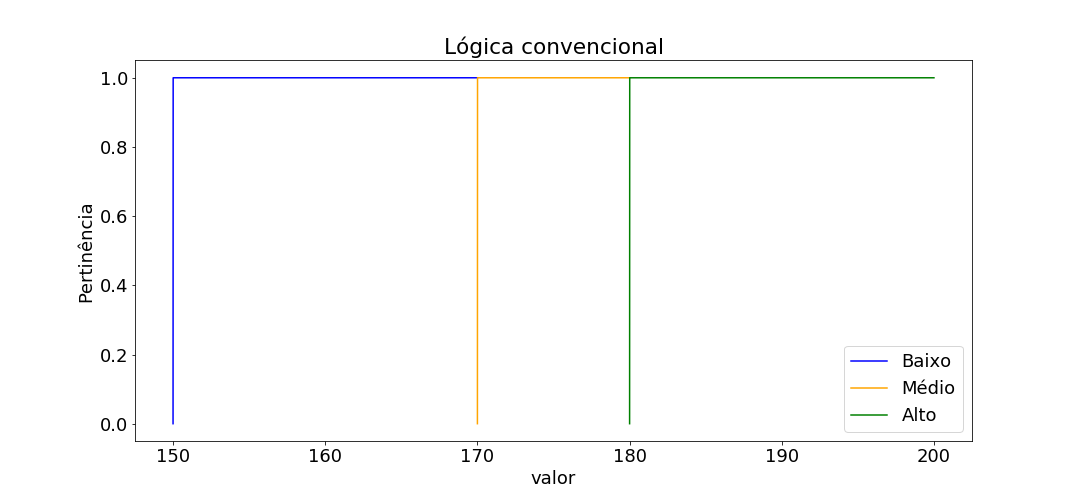
De acordo com Jang, Sun e Mizutani (1997) o cérebro humano interpreta informações sensoriais imprecisas e incompletas fornecidas por órgãos perceptivos. A teoria dos conjuntos difusos fornece um cálculo sistemático para lidar com essas informações, utilizando rótulos linguísticos estipulados por funções de associação. Além disso, uma seleção de regras fuzzy se-então forma o componente chave de um sistema de inferência fuzzy que pode efetivamente modelar o conhecimento humano em uma aplicação específica.

De acordo com Gomide e Gudwin (1994, p. 1)

[...] lógica fuzzy é a lógica baseada na teoria dos conjuntos fuzzy. Ela difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e seus detalhes. Nesta lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas.

Marro *et al*. (2010) ilustra através das figuras abaixo um paralelo entre a lógica convencional e a lógica fuzzy. Podemos perceber na figura a seguir, um gráfico que exemplifica a teoria da lógica clássica.

Figura 1 – Representações de conjuntos – Lógica convencional

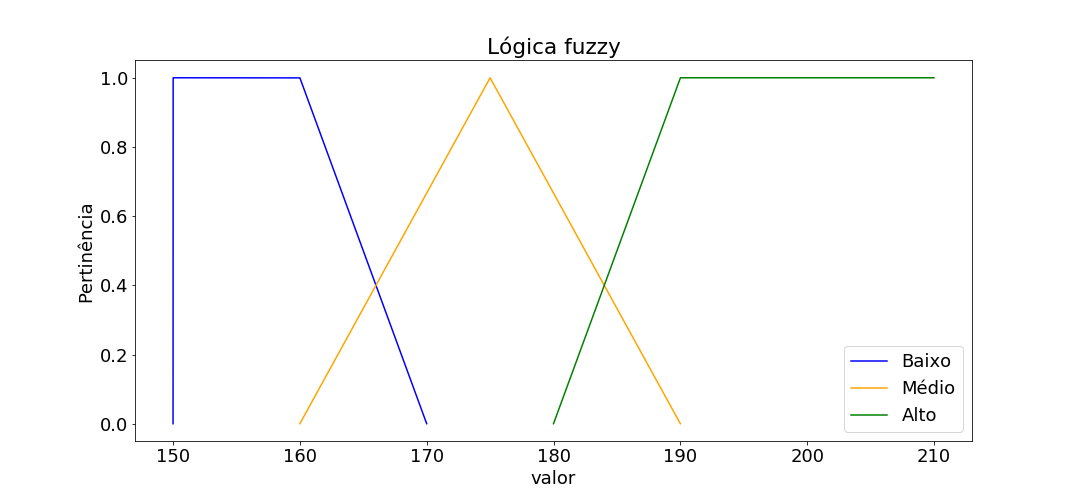


Fonte: Adaptado de Marro *et al.* (2010, p.3) , utilizando Matplotlib 2.2.2

No exemplo colocado pelo autor a altura de uma pessoa é representada a partir de três conjuntos: baixo, médio e alto. Neste exemplo um dado elemento pertence ou não a um determinado conjunto e além disso, tal elemento não pertence a mais de um conjunto.

Na segunda figura, é ilustrada a abordagem da lógica fuzzy onde utilizamos a idéia de que todos os conjuntos admitem graus de pertinência.

Figura 2 – Representações de conjuntos – Lógica fuzzy

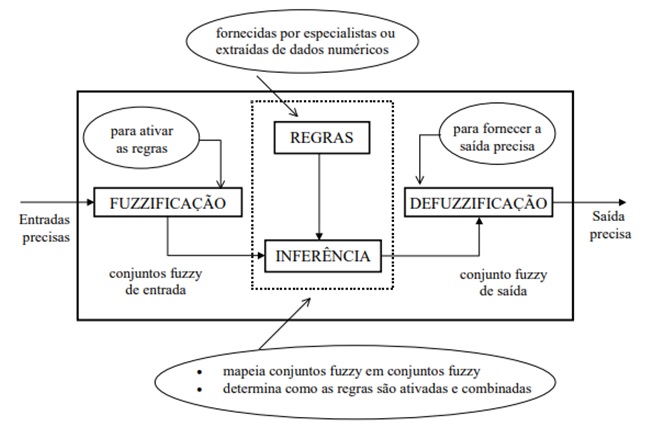


Fonte: Adaptado de Marro *et al.* (2010, p.3) , utilizando Matplotlib 2.2.2

Podemos perceber na figura que um dado elemento pode pertencer a mais de um conjunto com diferentes graus de pertinência como por exemplo: o valor 169 está contido tanto no conjunto baixo quanto no conjunto médio com diferentes graus de pertinência o que não seria possível no primeiro exemplo.

Como podemos observar na figura abaixo segundo Tasheit (2004) em um sistema de inferência fuzzy, sistema baseado na teoria da lógica fuzzy, considera-se como entradas valores precisos (números reais). Como primeira etapa do processamento de um sistema de inferência fuzzy temos o mapeamento dos valores precisos para os conjuntos nebulosos das variáveis de entrada, esse processo é chamado de fuzzyficação. Neste momento ocorre diante das pertinências obtidas a ativação das regras. Agora com as respectivas regras ativadas iniciamos o processo de inferência, começando com a agregação. Etapa onde efetuamos a avaliação das regras obtendo a pertinência dos conjuntos de saída. Obtidas as pertinências dos conjuntos fuzzy que compõem a variável de saída, necessitamos agora que os valores de pertinência de cada conjunto fuzzy de saída sejam convertidos em um único valor de pertinência para cada conjunto, essa é a segunda etapa da inferência intitulada de composição. Etapa necessária, pois mais de uma regra pode ativar diferentes valores de pertinência para um mesmo conjunto de saída. Obtidos valores únicos de pertinência para cada conjunto que compõe a variável de saída fuzzy, necessitamos agora que esse valores sejam convertidos em um único valor numérico através do processo de defuzzyficação. Para realizar esse processo podemos utilizar diversos métodos sendo os mais conhecidos na literatura: centro de gravidade e média dos máximos.

Figura 2 – Sistema de inferência fuzzy



Fonte: Tascheit (2004, p.26)

### Variáveis linguísticas

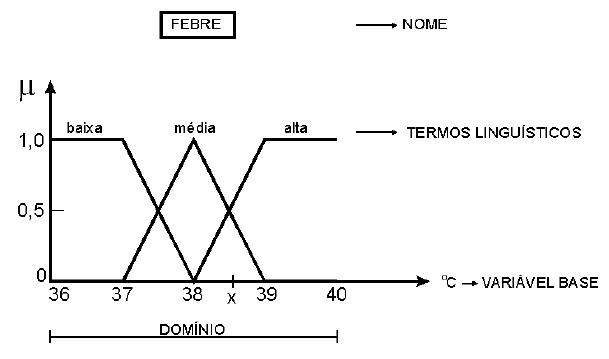
Variáveis linguísticas são definidas como um intervalo de valores reais que contém conjuntos fuzzy. Conforme Marro (2010, p. 5)

Pode-se considerar uma variável linguística (ou fuzzy) como uma entidade utilizada para representar de modo impreciso – e, portanto, linguístico – um conceito ou uma variável de um dado problema. Uma variável linguística, diferentemente de uma variável numérica, admite apenas valores definidos na linguagem fuzzy que está utilizando-se dela[...].

De acordo com Ortega (2001) uma variável lingüística (ou fuzzy) é uma variável que possui o valor expresso de maneira qualitativa por um termo lingüístico e de maneira quantitativa através de uma função de pertinência.

Ortega (2001) exemplifica através da figura abaixo uma variável linguística como o nome Febre. Os termos lingüísticos que atribuem um significado semi-quantitativo a Febre são: baixa, média e alta. O domínio da variável (valores que pode assumir) se encontra no intervalo [36,40]. Cada termo lingüístico possui um conjunto fuzzy associado que o caracteriza.

Figura 3 – Variável linguística



Fonte: Ortega (2001, p.27)

### Fuzzificação

Fuzzicação é o processo em que se obtém a pertinência do valor numérico da variável linguística de entrada, referente a cada uma de suas funções de pertinência.

De acordo com Moreira (2005, p. 9)

Como os sistemas nebulosos trabalham com termos linguísticos, há a necessidade de transformar esses dados de entrada em conjuntos nebulosos. Portanto, é executado um mapeamento dos dados de entrada (em geral números discretos) em números nebulosos. É o processo de fuzzyficação.

Segundo Franco (2014) [..] Nessa etapa os valores numéricos são transformados em valores linguísticos.

### Base de regras

A base de regras é um conjunto de regras “SE ENTÃO” que serão utilizadas no processo de inferência de sistemas fuzzy. Determinam as associações que geram as pertinências dos conjuntos da variável de saída.

Conforme Ortega (2001, p. 29)

A regra fuzzy é uma unidade capaz de capturar algum conhecimento específico, e um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em suas várias possibilidades. Cada regra fuzzy, da mesma forma que uma afirmação clássica, é composta por uma parte antecedente (a parte Se) e uma parte consequente (a parte Então), resultando em uma estrutura do tipo Se {antecedentes} Então {consequentes}.

### Inferência

O processo de inferência gera as pertinências dos conjuntos da variável de saída a partir da base de regras e dos valores de pertinência dos conjuntos das variáveis de entrada.

Segundo Marro (2010, p. 8)

A inferência fuzzy é um processo de avaliação de entradas com o objetivo de, através das regras previamente definidas e das entradas, obter conclusões utilizando-se a teoria de conjuntos fuzzy. Esse processo pode ser feito através de modelos de inferência, cuja escolha deve levar em consideração o tipo de problema a ser resolvido, obtendo-se assim um melhor processamento. Existem vários métodos de inferência, mas o que geralmente é mais utilizado é o método Mamdami[...].

De acordo com Gabriel *et al.* (Pedro e Gomide, 1998) o método de inferência Mamdani agrega as regras por meio do operador lógico OU, modelado pelo operador matemático ∨ e, em cada regra, os operadores lógicos E e ENTÃO modelados pelo operador mínimo  ∧ .

### Defuzzificação

A defuzzicação é a conversão dos valores de pertinência dos conjuntos fuzzy da variável de saída, em um valor numérico real.

Segundo Ortega (2001, p. 47)

A defuzificação é um procedimento que nos permite interpretar a distribuição de possibilidades da saída de um modelo linguístico fuzzy de forma quantitativa, ou seja, ele nos fornece um valor numérico representativo que captura o significado essencial dessa distribuição de possibilidades.[...]

De acordo com Franco (2014) na etapa de defuzzificação, as regiões resultantes do processo de inferência do sistema, são transformadas de valores linguísticos para valores numéricos e então associados a uma variável de saída.

## Implementação de sistemas de inferência fuzzy

Para a implementação de sistemas computacionais que utilizam conceitos de um sistema de inferência fuzzy existem diversas possibilidades. A implementação do sistema pode utilizar um controlador fuzzy construído pelo próprio desenvolvedor ou o mesmo pode utilizar bibliotecas, frameworks e toolboxes que estão disponíveis em linguagens de programação com diferentes propósitos e abordagens.

Arruda *et al.* (2013) relaciona tecnologias para o desenvolvimento de sistemas difusos, entre elas a biblioteca JFuzzyLogic implementada na linguagem Java, Fuzzy Logic *Toolbox* disponível em MatLab. Em Python o autor cita o *framework* PyFuzzy.

### Python

Python é uma linguagem de programação dinâmica, interpretada, de alto nível, orientada a objetos, que foi desenvolvida com o objetivo de aumentar a produtividade e legibilidade dos códigos.

Segundo Pedregosa (2011) a linguagem de programação Python está se estabelecendo como uma linguagem popular para computação científica. Devido ao fato de ser uma linguagem de alto nível e com ecossistema amadurecido de bibliotecas, Python tem sido uma linguagem de propósito geral cada vez mais usada na academia e indústria.

De acordo com Millman e Aivazis (2011) durante a última década, o Python tornou-se, sem dúvida, o padrão de fato para a pesquisa científica exploratória, interativa e baseada em computação.

### Numpy

Segundo Eli (2012) operações básicas utilizadas na computação científica incluem vetores, matrizes, integração, solucionadores de equações diferenciais e estatísticas. Python por padrão não possui algumas dessas funcionalidades, a linguagem possui apenas operações matemáticas básicas que podem lidar apenas com uma variável e não com um vetor ou matriz. No entanto os pacotes numpy e scipy possuem tais recursos, permitindo assim que o Python seja utilizado de forma eficiente para computação científica.

### Matplotlib

De acordo com Hunter e Dale (2007) o matplotlib é uma biblioteca para criar gráficos 2D de matrizes em python. Embora tenha origens na emulação dos comandos gráficos do MATLABTM, não requer o MATLABTM. Apesar de o matplotlib ser escrito principalmente em python puro, utiliza muito o NumPy e outros códigos de extensão para fornecer bom desempenho mesmo para matrizes grandes.

Segundo Barret *et al.* (2005) o matplotlib foi desenvolvido com a filosofia de que o usuário da ferramenta deve ser capaz de criar plotagens simples com apenas alguns comandos, ou apenas um. Se o usuário deseja ver um histograma dos seus dados, não precisará instanciar objetos, chamar métodos, definir propriedades.

## Trabalhos correlatos

Segundo o estudo de caso realizado por Tiago *et al.* (2014) em geral avaliações aplicadas por professores buscam quantificar a aprendizagem discente por meio de critérios subjetivos. Diante deste contexto os autores apresentam o desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica, baseada em Lógica Fuzzy, que possibilita o auxilio aos professores na tarefa de avaliar a aprendizagem de seus discentes. No estudo de caso, os autores utilizaram notas de avaliações e atividades desenvolvidas por discentes, onde utilizaram-se da lógica fuzzy para compor uma nota final a partir de noções imprecisas como Insuficiente, Regular, Bom e Excelente. De acordo com o estudo a principal vantagem do sistema proposto foi a possibilidade de classificar o desempenho dos alunos considerando o uso de vários indicadores.

Em trabalho proposto por Vosklogou (2011, p.1, tradução nossa):

Desenvolvemos um modelo geral para representar vários processos em Educação Matemática (por exemplo, aprendizado, modelagem matemática, resolução de problemas, etc.) envolvendo confusões e incerteza. Para cada um dos principais estágios desses processos, responderá um subconjunto difuso do conjunto dos rótulos linguísticos.

O trabalho de Lopes (2008) apresenta um sistema de avaliação de desempenho do estudante para cursos a distância baseado na lógica fuzzy. O sistema desenvolvido foi dividido em duas partes: Avaliador de Conhecimento e Avaliador de Comportamento. Estes avaliadores do sistema foram construídos de forma a interagirem entre si com o objetivo de gerar uma única avaliação. O desenvolvimento do trabalho se baseou em uma plataforma multiagente.

Fabri e Fabri (2002) apresentam uma especificação de ferramenta fuzzy para acompanhamento do desempenho de alunos em cursos a distância, onde alia a teoria dos conjuntos fuzzy à tecnologia digital, principalmente a internet.  A ferramenta sugerida não se propõe a substituir a avaliação presencial, mas a complementá-la. O objetivo da ferramenta é verificar se um aluno ou grupo de alunos que utilizam um determinado curso a distância está(ão) apto(s) ou não a avançar um módulo do curso. A ferramenta fornece mais subsídio para verificar se o curso está atingindo os objetivos propostos, possibilitando que o professor possa acompanhar e avaliar seus alunos.

Toledo e Conceza (2004, p. 1) em seu trabalho justificam uso da lógica fuzzy na avaliação discente:

Esta nova abordagem leva em consideração a maior facilidade do ser humano em lidar com termos lingüísticos, ao invés de valores numéricos. Além disto, a Lógica Fuzzy tem uma capacidade notável de tratar com verbalizações revestidas de ambigüidade. Adicionalmente, sabe-se que a teoria do raciocínio aproximado fornece um método, baseado em subconjuntos fuzzy, tanto para representar como para raciocinar com informações imprecisas.

Rissoli e Santos (2011) retratam uma arquitetura de Sistema Tutor Inteligente (STI) que inclui agentes humanos na colaboração com um assistente inteligente no processo de ensino e aprendizagem. Este processo incorpora a lógica fuzzy como recurso de acompanhamento da metodologia educacional baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa, que utiliza os Mapas Conceituais como elementos organizadores do conteúdo do domínio da aplicação. O STI acompanha o esforço, participação e desempenho de cada estudante por meio de análises quantitativas e qualitativas que fazem uso de regras fuzzy no tratamento de incertezas e imprecisões de informações, o sistema então tem como resultado a situação de aprendizagem do aluno.

Costa (2006) apresenta uma ferramenta que proporciona aos professores, informações de desempenho individual ou em grupo como se o estudante está acompanhando o grupo de colegas, se merece atenção especial, se determinada atividade é muito complexa, quantos estudantes concluíram determinada atividade com sucesso. Para o monitoramento das ações dos estudantes são utilizadas regras de inferência fuzzy.

# DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve “CARACTERIZAR” os principais procedimentos utilizados na construção de um modelo de avaliação docente na educação a distância utilizando lógica fuzzy, mostrando como os conteúdos abordados no referencial teórico foram aplicados no desenvolvimento do trabalho.

## Construção do questionário

Para a construção do questionário utilizado no trabalho foi necessário a contribuição de especialistas no modelo de oferta de educação a distancia implementado no CEAD da Unimontes. Cada instituição de ensino superior no Brasil possui seu próprio modelo de oferta de cursos sendo assim não seria possível a utilização de um questionário já validado em pesquisas anteriores.

O trabalho desenvolvido é composto de uma avaliação para cada elemento que compõe o modelo de oferta de cursos a distância do CEAD da Unimontes. Para cada um dos elementos foi definido um conjunto de questões que foram respondidas pelos acadêmicos.

Questionário aplicado no sistema de pesquisas do CEAD Unimontes para os alunos dos cursos de graduação EaD, dividido por elemento. Alternativas de resposta para cada questão: Discordo totalmente, Discordo, Não concordo nem discordo, Concordo e Concordo plenamente.

- Elemento Vídeoaulas

|  |
| --- |
| **Com relação às Videoaulas (VA), você considera que:** |
| 1. as VA utilizaram slides com textos e imagens que favoreceram a aprendizagem. |
| 2. as VA utilizaram materiais relevantes e atualizados que geram engajamento. |
| 3. as VA foram objetivas e aproveitaram bem o tempo. |
| 4. as VA foram ministradas com boa dicção, clareza e segurança na exposição dos conteúdos. |

- Elemento atividades colaborativas

|  |
| --- |
| **Com relação às Atividades Colaborativas (AC),** |
| 5. as AC favoreceram a colaboração, induzindo a troca de conhecimentos e experiências entre os alunos. |
| 6. as AC foram compatíveis com o tempo disponível. |
| 7. as AC foram relevantes para a compreensão dos conteúdos. |
| 8. as AC contaram com Roteiros claros e completos, incluindo Apresentação, Objetivos, Descrição e Critérios de Avaliação. |

- Elemento atividade individual

|  |
| --- |
| **Com relação às Atividades Individuais (AI),** |
| 9. as AI favoreceram a sua imersão nos conteúdos, induzindo a aprendizagem autônoma. |
| 10. as AI foram compatíveis com o tempo disponível. |
| 11. as AI foram relevantes para a compreensão do conteúdo. |
| 12. as AI contaram com Roteiros claros e completos, incluindo Apresentação, Objetivos, Descrição e Critérios de Avaliação. |

- Elemento fóruns de discussão

|  |
| --- |
| **Com relação aos Fóruns de Discussão (FD),** |
| 13. os FD foram abertos com questões geradoras de discussões ricas e relevantes. |
| 14. os FD foram bem conduzidos e avaliados, com intervenções que proporcionaram a sua aprendizagem. |
| 15. os FD contaram com materiais e orientações suficientes para a sua participação. |
| 16. os FD foram devidamente finalizados, com destaques para os principais conteúdos e participações da turma. |

- Elemento webinars

|  |
| --- |
| **Com relação aos Webinars (WB),** |
| 17. os WB esclareceram suas dúvidas por meio de uma interação ao vivo. |
| 18. os WB forneceram feedbacks sobre o andamento da disciplina e o desempenho da turma. |
| 19. os WB colaboraram com a sua aprendizagem. |
| 20. os WB desempenharam papel importante na revisão dos conteúdos para as Avaliações Presenciais. |

- Elemento avaliações presenciais

|  |
| --- |
| **Com relação às Avaliações Presenciais (AP),** |
| 21. as AP contiveram questões condizentes com o conteúdo ministrado. |
| 22. as AP foram compatíveis com o tempo disponível. |
| 23. as AP priorizaram a construção do conhecimento em detrimento da memorização. |
| 24. as AP apresentaram níveis de dificuldade compatíveis com o nível trabalhado na disciplina. |

- Elemento salas virtuais

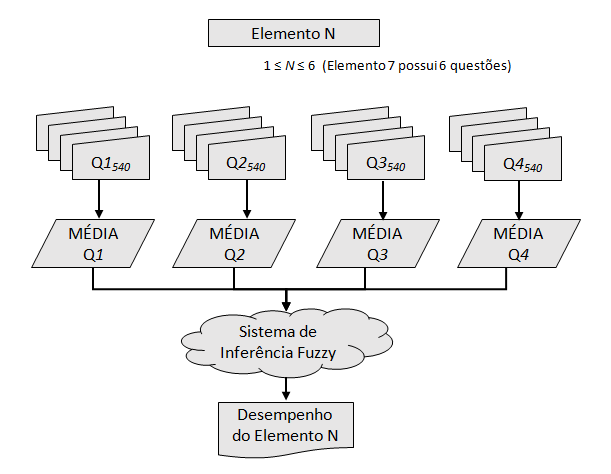
|  |
| --- |
| **Com relação às Salas Virtuais (SV) dos professores,** |
| 25. as SV disponibilizaram de forma apropriada o plano de ensino e as informações sobre conteúdos, objetivos, metodologia e critérios de avaliação da disciplina. |
| 26. as SV atenderam às suas necessidades de aprendizagem, apresentando um formato intuitivo e didático. |
| 27. as SV foram dinâmicas e devidamente atualizadas durante a disciplina. |
| 28. as SV viabilizam a articulação entre a teoria X prática dos conteúdos. |
| 29. as SV foram ambientes de interações respeitosas e éticas entre alunos e professores. |
| 30. as SV relacionaram os conteúdos das disciplinas com a atuação profissional. |

## Construção dos modelos de inferência

Para cada elemento que compõe o modelo de oferta dos cursos de graduação a distância do CEAD/Unimontes foi desenvolvido um sistema fuzzy específico. A resposta de cada questão do questionário foi convertida para um valor numérico em uma escala de um a cinco associado à opção escolhida.

Logo em seguida temos a média dos valores de entrada respondidos pelos alunos para cada questão. Os valores numéricos obtidos são valores de entrada das variáveis linguísticas do sistema.

Figura 4 – Modelo de inferência e pré-processamento de suas entradas



Fonte: própria (2019)

### Definição das funções de pertinência

Cada variável linguística de entrada e de saída dos sistemas é composta por três funções de pertinência triangulares, contidas em um universo de discurso de zero a cinco.

Figura 4 – Definição das variáveis de entrada

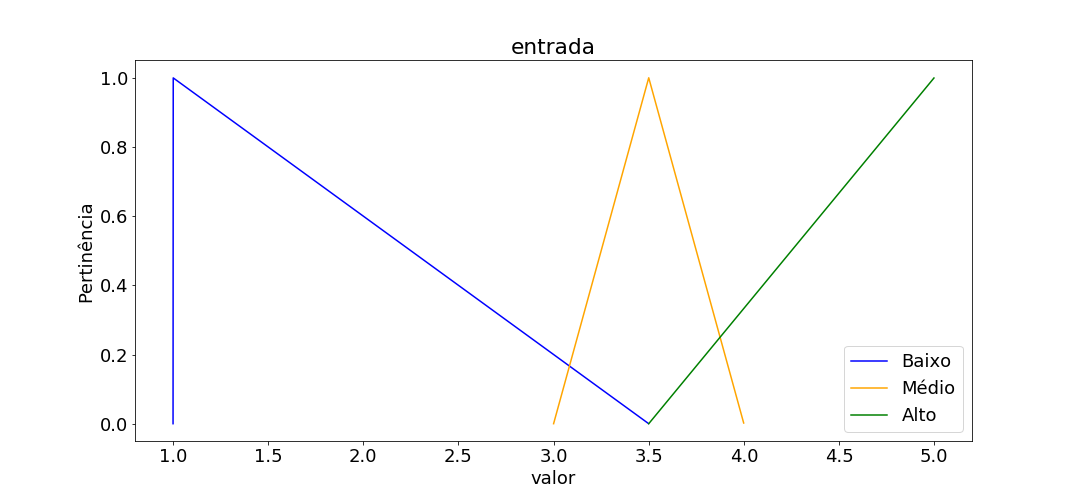
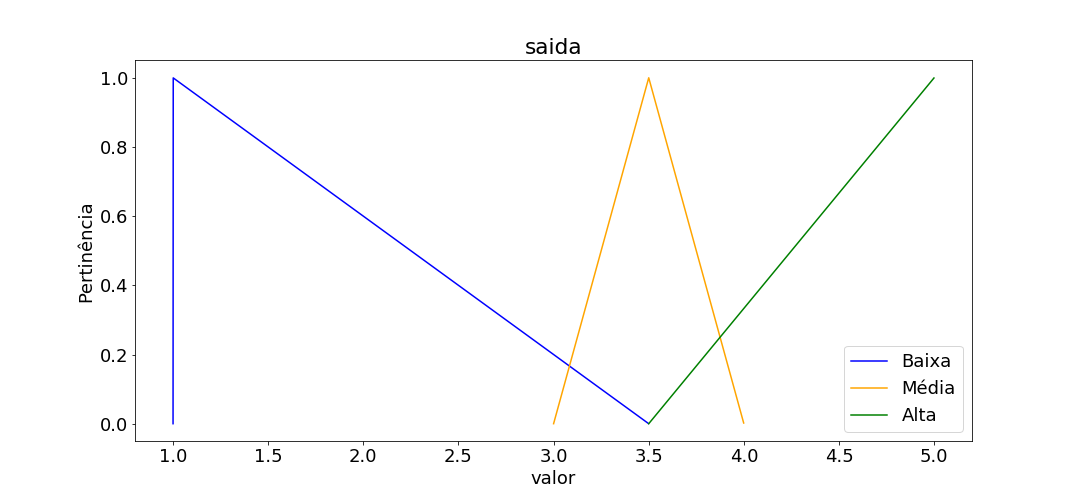
Fonte: própria (2019), utilizando Matplotlib 2.2.2

Figura 5 – Definição das variáveis de saída de cada sistema



Fonte: própria, 2019, utilizando Matplotlib 2.2.2

### Definição das bases de regras

Em conjunto com especialistas em educação a distância do CEAD foram desenvolvidas as bases de regras de cada sistema. O método de inferência escolhido é o mamdami, sendo assim todas as regras obtém seus consequentes a partir de operações lógicas *and.*

## Implementação dos sistemas de inferência

Para a implementação dos sistemas de inferência utilizou-se a distribuição da linguagem de programação Python na sua versão 3.6.5 :: Anaconda, Inc., por possuir bibliotecas e ferramentas frequentemente utilizados em computação cientifica. Para as operações com listas utilizou-se a biblioteca Numpy na sua versão 1.14.3 e para a implementação dos gráficos utilizou-se a bibloteca Matplotlib na versão 2.2.2.

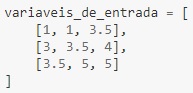
Todo o desenvolvimento foi feito no ambiente Jupyter Notebook versão 5.5.0. Todas as bibliotecas e o ambiente citado anteriormente já estão contidos na instalação Anaconda, Inc.

### Variáveis

Cada variável fuzzy que compõem os sistemas é definida a partir de um conjunto de funções de pertinência. Como as funções de pertinência dos nossos sistemas são triangulares precisamos de três parâmetros para definirmos cada uma: a, b e c.

As variáveis de entrada são definidas cada uma por três funções de pertinência triangulares: Baixo, Médio e Alto.

Figura 6 – Conjuntos que compõem as variáveis de entrada

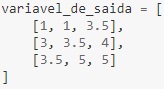


Fonte: própria

A primeira linha da nossa lista variaveis\_de\_entrada define os parâmetros da função Baixo, a segunda linha define os parâmetros da função Médio e a terceira define a função Alto.

A variável de saída utilizada em cada sistema fuzzy também é composta por três funções de pertinência triangulares: Baixa, Média e Alta.

Figura 7 – Conjuntos que compõem a variável de saída



Fonte: própria

A primeira linha da nossa lista variavel\_de\_saida define os parâmetros da função Baixa, a segunda linha define os parâmetros da função Média e a terceira define a função Alta.

### Bases de regras

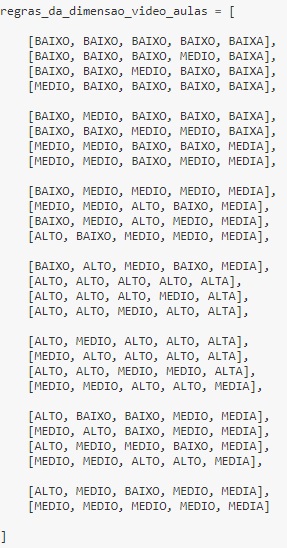
As bases de regras utilizadas em cada sistema fuzzy são baseadas no modelo de inferência Mandami, sendo assim cada uma das regras aplica operações lógicas AND. Cada variável de entrada do nosso sistema fuzzy se refere a uma questão do questionário na dimensão avaliada.

Cada uma das colunas das bases de regras apresentadas abaixo se refere ao valor da questão equivalente no formulário de sua dimensão.

Ex: Col0 = Q0

- Dimensão vídeoaulas

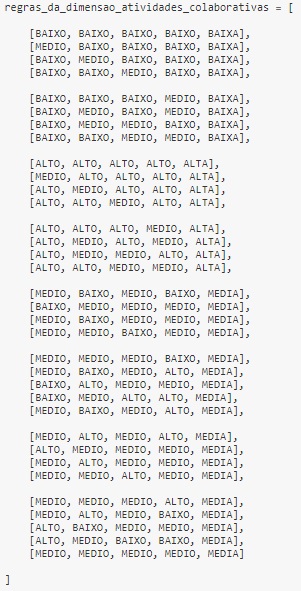
Figura 8 – Base de regras dimensão vídeoaulas



Fonte: própria

- Dimensão atividades colaborativas

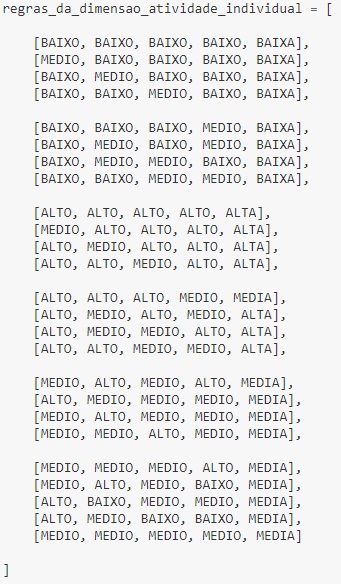
Figura 9 – Base de regras dimensão vídeoaulas



Fonte: própria

- Dimensão atividade individual

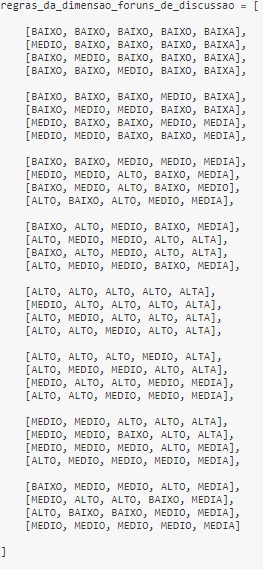
Figura 10 – Base de regras atividade individual



Fonte: própria

- Dimensão fóruns de discussão

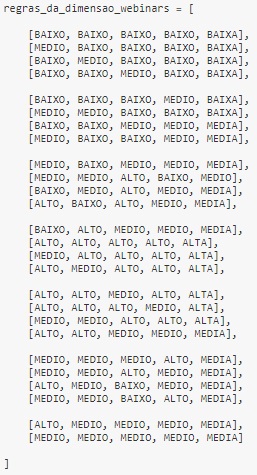
Figura 11 – Base de regras fóruns de discussão

****

Fonte: própria

- Dimensão webinars

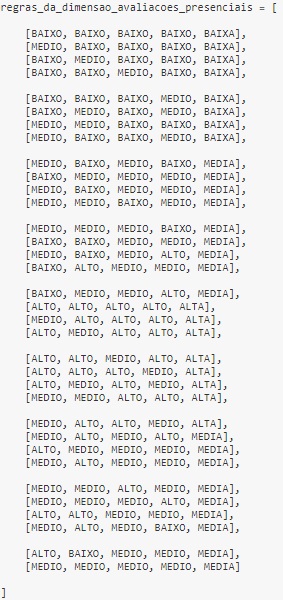
Figura 12 – Base de regras webinars



Fonte: própria

- Dimensão avaliações presenciais

Figura 13 – Base de regras avaliações presenciais



Fonte: própria

# Resultados OBTIDOS

## Resultados do questionário

“GRAFICOS GERAIS E POR ELEMENTO”

## Resultados dos sistemas de inferência

## Discussão dos resultados

# BIBLIOGRAFIA

ARRUDA, Dayse et al. “**Análise comparativa de ferramentas computacionais para modelagem de lógica fuzzy**”. 2013. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/39418400.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

BARRET, Paul et al. “**matplotlib--A Portable Python Plotting Package**”. In: Astronomical data analysis software and systems XIV. 2005. p. 91. Disponível em: [http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/ASPC./0347//0000095.000.html](http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/ASPC./0347/0000095.000.html). Acesso em: 14 out. 2019.

BRASIL. **Lei 9394/1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional).** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância. Referenciais de qualidade para educação superior a distância. Brasília: MEC-SEED, 2007.

DA COSTA, Kelle C.F. et al. **Acompanhamento do estudante em ambientes de aprendizagem utilizando Lógica Fuzzy**. Disponível em:< <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/911/897>> Acesso em: 28 nov. 2018.

BRESSERT, Eli. **SciPy and NumPy: an overview for developers.** " O'Reilly Media, Inc.", 2012.

FABRI, José Augusto; FABRI, Marília GS. **Ferramenta Fuzzy para Acompanhamento do Desempenho dos alunos nos Cursos a Distância.** Disponivel em: < https://www.researchgate.net/profile/Ja\_Fabri/publication/228558570\_Ferramenta\_Fuzzy\_para\_Acompanhamento\_do\_Desempenho\_dos\_alunos\_nos\_Cursos\_a\_Distancia/links/574da8b408aec988526b9a06/Ferramenta-Fuzzy-para-Acompanhamento-do-Desempenho-dos-alunos-nos-Cursos-a-Distancia.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

FERNANDES, Domingos. “**Avaliação do desempenho docente: desafios, problemas e oportunidades**”. 2008. Disponivel em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/5508/1/Brochura\_avaliacao\_docente.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

FRANCO, Cristiano Roberto. **Inteligência artificial**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2014.

GABRIEL, Camila Pires Cremasco. “**Plataforma computacional estruturada com sistemas baseados em regra fuzzy para análise da racionalidade e eficiência da utilização de energia elétrica em empresas de avicultura de postura**”. 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/273128252_Plataforma_computacional_estruturada_com_sistemas_baseados_em_regra_fuzzy_para_analise_da_racionalidade_e_eficiencia_da_utilizacao_de_energia_eletrica_em_empresas_de_avicultura_de_postura_Computing_pl>>. Acesso em: 20 out. 2019.

HUNTER, John; DALE, “**Darren. The Matplotlib User’s Guide**”. 2007. Disponível em: <<https://social.stoa.usp.br/articles/0015/3893/matplotlib.pdf>> Acesso em: 14 out. 2019.

What is Computational Intelligence?. **IEEE Computational Intelligence Society.** Disponível em: < <https://cis.ieee.org/about/what-is-ci>>. Acesso em: 03 maio 2019.

KONAR, Amit. **Computational Intelligence: Principles, Techniques and Applications**. India:Springer Science & Business Media, 2005.

KRUSE, Rudolf. et. al. **Computational Intelligence: A Methodological Introduction.** 1 ed.London, Springer, 2013.

L’ERARIO, Alexandre; FABRI, José Augusto. **Um** **método de avaliação docente utilizando lógica fuzzy**. In X Congresso Argentino de Ciencias de la Computación, 2004.

GOMIDE, Fernando Antonio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. **Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy**. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c4ea/4484bdd2449053d7b7384b05c0e2def86449.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018

INEP. Censo da Educação Superior - Divulgação dos Principais Resultados. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Ministério da Educação (MEC)**, 2016.

JANG, Jyh-Shing Roger; SUN, Chuen-Tsai; EIJI, Mizutani. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational Aprproach to Learning and Machine Intelligence. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil,1997.

JONES, Eric; OLIPHANT, Travis; PETERSON, Pearu. **SciPy: Open source scientific tools for Python.** Disponpivel em: <http://www. scipy. org>. Acesso em: 28 nov. 2018.

LITTO, Fredric Michael; FORMIGA, Marcos (Ed.). **Educação a distância: o estado da arte.** Pearson, 2012.

LOPES, Robson S. et al. Um Sistema de Avaliação em EAD Baseado em Lógica Fuzzy. 2008.

MARRO, Alessandro Assi et al. **Lógica fuzzy: conceitos e aplicações.** Disponível em: < https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32652606/texto\_fuzzy.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543574461&Signature=u7AKxv%2FCkuamq6WG%2BlseJ9V2agY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTexto\_fuzzy.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MOREIRA, Ms Thiago Drummond Ribeiro Gonçalves; MACHADO, Maria Augusta Soares. **UTILIZAÇÃO DA LÓGICA NEBULOSA NA EDUCAÇÃO VIRTUAL.** Disponível em: < http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2005/pdf/arq0206.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MENDONCA, Marcio et al. **Fuzzy cognitive maps applied to student satisfaction level in an university**. Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/publicacoes/13TLA12\_33Mendonca.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.

MILLMAN, K. Jarrod; AIVAZIS, Michael. Python for scientists and engineers. **Computing in Science & Engineering**, v. 13, n. 2, p. 9-12, 2011.

Ministério da Educação. **Decreto n° 9.057, de 25 de maio de 2017**. Regulamenta o art. 80 da Lei n° 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. D.O.U nº 100, de 16 de maio de 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\_docman&view=download&alias=65251-decreto9057-pdf&category\_slug=maio-2017-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 5 de out. 2018.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina.** Disponível em: < https://www.ime.usp.br/~tonelli/verao-fuzzy/neli/principal.pdf> . Acesso em: 28 nov. 2018.

PEDREGOSA, Fabian et al. **Scikit-learn: Machine learning in Python.** Disponível em: < http://www.jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html>. Acesso em: 28 nov. 2018.

PINTO, Raphael Lemos. Aplicaçao **de um sistema especialista fuzzy para reduçao de manobras de dispositivos shunts chaveados automaticamente por um compensador estático.** Disponível em: < http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2010091001.pdf> . Acesso em: 28 nov. 2018.

RISSOLI, Vandor Roberto Vilardi; GIRAFFA, Lúcia Maria Martins; DE PAULA MARTINS, Jeysel. **Sistema tutor inteligente baseado na teoria da aprendizagem significativa com acompanhamento fuzzy.** Disponível em: < https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/2397/1742>. Acesso em: 28 nov. 2018.

RISSOLI, Vandor Roberto Vilardi; SANTOS, Giovanni Almeida. **Um Assistente Inteligente Fuzzy no Acompanhamento da Aprendizagem Significativa.** Disponível em: < https://www.dimap.ufrn.br/csbc2011/anais/eventos/contents/ENIA/ENIA\_Sessao\_Poster\_Artigo\_10\_Rissoli.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

RUSSEL, Stuart J.onathan; NORVING Peter. Inteligência artificial. Tradução de Regina Célia Simille. 3 ed. Elsevier, 2013

TANSCHEIT, Ricardo. **Sistemas fuzzy.** 2004 Disponível em: < http://paginapessoal.utfpr.edu.br/sumar/ensino/sistemas-fuzzy/sistemas-fuzzy/ICA-Sistemas%20Fuzzy.pdf> . Acesso em: 28 nov. 2018.

TIAGO, Graziela Marchi; BARONI, Mariana Pelissari Monteiro Aguiar; DA FONSECA, Rogério Ferreira. **Avaliação discente: uma proposta utilizando a Lógica Fuzzy.** Disponível em: < https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2014v9n2p87/28440>. Acesso em: 28 nov. 2018.

TOLEDO, Olga Moraes; COSENZA, Carlos Alberto Nunes. **Metodologia de avaliação de desempenho baseada em lógica fuzzy.** Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Olga\_Toledo/publication/267230451\_METODOLOGIA\_DE\_AVALIACAO\_DE\_DESEMPENHO\_BASEADA\_EM\_LOGICA\_FUZZY/links/56a8c1ea08ae860e02577ab5.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

VOSKOGLOU, Michael Gr. **Fuzzy logic and uncertainty in mathematics education.** Disponível em: < https://eclass.pat.teiwest.gr/eclass/modules/document/file.php/523103/Vol.%201%20%282011%29/Voskoglou.pdf> . Acesso em: 28 nov. 2018.

ZADEH, Lofti. A. **Fuzzy Sets\*.** Disponível em: < https://www.robertmarks.org/Classes/ENGR5358/Papers/Zadeh1965/ZadehPaper65.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.