

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

Novembro / 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 de Montes Claros, como exigência para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Professora Orientadora: Prof.^a Msc. Patrícia Takaki Neves

Montes Claros - MG

Novembro / 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, 4 de novembro de 2019.

Orientador: _____

**Prof. Patrícia Takaki Neves, MESTRA
Universidade Estadual de Montes Claros**

Membros:

**Prof. Marcos Flávio Silveira Vasconcelos D'Angelo, DOUTOR
Universidade Estadual de Montes Claros**

**Prof. Maurílio José Inácio, DOUTOR
Universidade Estadual de Montes Claros**

Montes Claros - MG

Novembro / 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a todos os familiares que me apoiaram contribuindo assim para essa realização. Em especial aos meus pais, Eliana Veloso da Paixão Silva e Gilmar Honorato da Silva, e à minha irmã Stephane Paixão Silva. Também agradeço à minha madrinha Edilaine Veloso Paixão e a minha tia Zilda Leal Veloso pelo apoio incondicional.

Agradeço também de maneira especial à minha orientadora Patrícia Takaki Neves pelos ensinamentos, pelo apoio e trabalho desenvolvido e ao professor Marcos Flávio Silveira Vasconcelos D'Angelo pelos ensinamentos acerca da lógica *fuzzy*.

Aos meus amigos dentro e fora da universidade, nas disciplinas ou nos projetos em que me envolvi como Infobits, maratona de programação, iniciação científica e estágio.

A todos os professores que tive ao longo da minha formação.

A persistência é o caminho do êxito.

CHAPLIN, Charles (1997)

RESUMO

A avaliação desempenha papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem sob vários aspectos. Produtos, processos e pessoas presentes no contexto educacional precisam ser continuamente avaliados para que seja possível melhorar o processo pedagógico em curso de forma a corrigir as distorções ou preencher as lacunas identificadas. No contexto da educação a distância o professor desempenha papel primordial para uma experiência de aprendizagem exitosa de seus alunos. Este desempenho docente pode ser percebido por meio de sua atuação frente aos elementos que compõem o modelo de oferta do curso em questão sob a perspectiva do aluno. Nesta direção, o Centro de Educação a Distância da Universidade Estadual de Montes Claros se propôs a realizar uma avaliação dos docentes formadores que atuam nos cursos a distância a partir dos sete elementos que compõem o modelo de oferta do centro: (1) videoaulas, (2) atividades colaborativas, (3) atividades individuais, (4) fóruns de discussão, (5) *webinars*, (6) avaliações presenciais e (7) salas virtuais. Para isso, foi desenvolvido um instrumento para coleta de dados junto aos alunos contendo trinta questões objetivas agrupadas conforme estes sete elementos. A análise tradicionalmente utilizada faz uso de cálculos estatísticos para avaliar o desempenho docente. Este modelo mostra-se limitado quanto à capacidade de capturar a realidade subjetiva do contexto educacional. Assim, com a colaboração de especialistas em educação a distância, este trabalho desenvolveu um modelo de inferência que faz uso dos dados coletados e da teoria dos conjuntos *fuzzy*, proposta por Zadeh em 1969. A lógica *fuzzy*, técnica de inteligência computacional voltada ao tratamento de informações subjetivas, imprecisas e incompletas se apresenta como alternativa para este contexto. Foram obtidas as respostas de 539 alunos. Estes dados foram submetidos a sete sistemas *fuzzy* desenvolvidos em *python* para avaliação dos professores dos cursos a distância frente aos sete elementos citados. Por fim, as saídas dos sistemas *fuzzy* puderam ser confrontadas com a análise estatística convencional. Observando os dados das duas abordagens foi possível perceber divergências nestas avaliações, sugerindo maior adequação dos resultados dos sistemas *fuzzy* frente ao desempenho esperado destes docentes. Através do estudo desenvolvido foi possível desenvolver um modelo de avaliação em que a subjetividade da avaliação do desempenho docente pudesse ser considerada quando da análise das atuações destes docentes. Por fim, foi possível inferir melhor a qualidade da atuação docente utilizando a lógica *fuzzy*.

Palavras-chave: Inferência *Fuzzy*. Avaliação Docente. Lógica *Fuzzy*. EaD. Educação a Distância.

ABSTRACT

Assessment plays a key role in the teaching-learning process in many ways. Products, processes, and people in the educational context need to be continually evaluated so that the ongoing pedagogical process can be improved to correct misstatements or fill in the gaps identified. In the context of distance education, the teacher plays a key role in the successful learning experience of his students. This teaching performance can be perceived through its performance in front of the elements that make up the model of offer of the course in question from the student's perspective. In this sense, the Center for Distance Education of the State University of Montes Claros proposed to conduct an evaluation of the teachers who work in the distance learning courses from the seven elements that make up the center's offer model: (1) video classes, (2) collaborative activities, (3) individual activities, (4) discussion forums, (5) webinars, (6) in-person evaluations and (7) virtual rooms. For this, an instrument was developed for data collection with the students containing thirty objective questions grouped according to these seven elements. The traditionally used analysis makes use of statistical calculations to evaluate the teaching performance. This model is limited in its ability to capture the subjective reality of the educational context. Thus, with the collaboration of specialists in distance education, this work developed an inference model that makes use of the collected data and fuzzy set theory, proposed by Zadeh in 1969. Fuzzy logic, computational intelligence technique focused on the treatment of subjective, inaccurate and incomplete information is presented as an alternative to this context. The answers from 539 students were obtained. These data were submitted to seven fuzzy systems developed in python for evaluation of distance learning teachers against the seven elements mentioned. Finally, the outputs of fuzzy systems could be compared with conventional statistical analysis. Observing the data from both approaches, it was possible to notice divergences in these evaluations, suggesting a better adequacy of the fuzzy systems results in view of the expected performance of these teachers. Through the developed study it was possible to develop an evaluation model in which the subjectivity of the teacher performance evaluation could be considered when analyzing the performance of these teachers. Finally, it was possible to better infer the quality of teaching performance using fuzzy logic.

Keywords: Inference Fuzzy. Teacher evaluation. Fuzz logic. Distance learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representações de conjuntos – Lógica convencional.....	19
Figura 2 – Representações de conjuntos – Lógica <i>fuzzy</i>.....	20
Figura 3 – Sistema de inferência <i>fuzzy</i>	20
Figura 4 – Variável linguística	21
Figura 5 – Modelo de inferência e pré-processamento de suas entradas.....	34
Figura 6 – Representação das variáveis de entrada.....	36
Figura 7 – Representação das variáveis de saída.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Correspondências entre as respostas textuais e seus valores numéricos.....	30
Quadro 2 – Questões referentes ao elemento videoaulas.....	30
Quadro 3 – Questões referentes ao elemento atividades colaborativas.....	31
Quadro 4 – Questões referentes ao elemento atividades individuais.....	31
Quadro 5 – Questões referentes ao elemento fóruns de discussão.....	32
Quadro 6 – Questões referentes ao elemento webinars.....	32
Quadro 7 – Questões referentes ao elemento avaliações presenciais.....	33
Quadro 8 – Questões referentes ao elemento salas virtuais.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Elemento videoaulas	40
Gráfico 2 – Elemento atividades colaborativas.....	41
Gráfico 3 – Elemento atividades individuais.....	42
Gráfico 4 – Elemento fóruns de discussão.....	43
Gráfico 5 – Elemento webinars	44
Gráfico 6 – Elemento avaliações presenciais.....	45
Gráfico 7 – Elemento salas virtuais.....	46
Gráfico 8 – Elemento videoaulas – Questões de 1 a 4.....	48
Gráfico 9 – Elemento atividades colaborativas – Questões de 1 a 4	49
Gráfico 10 – Elemento atividades individuais – Questões de 1 a 4	50
Gráfico 11 – Elemento fóruns de discussão – Questões de 1 a 4	51
Gráfico 12 – Elemento webinars – Questões de 1 a 4	52
Gráfico 13 – Elemento avaliações presenciais – Questões de 1 a 4	53
Gráfico 14 – Elemento salas virtuais – Questões de 1 a 4	54
Gráfico 15 – Resultados das médias aritméticas e dos sistemas de inferência	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Avaliação docente na (EaD)	16
2.2 Lógica <i>Fuzzy</i>	18
2.2.1 Variáveis linguísticas	21
2.2.2 Fuzzificação	22
2.2.3 Base de regras	23
2.2.4 Inferência	23
2.2.5 Defuzzificação.....	23
2.3 Implementação de sistemas de inferência <i>fuzzy</i>	24
2.3.1 <i>Python</i>	24
2.3.2 <i>NumPy</i>	25
2.3.3 <i>Matplotlib</i>	25
2.4 Trabalhos correlatos.....	26
3 DESENVOLVIMENTO.....	29
3.1 Elaboração do questionário	29
3.2 Definição das variáveis linguísticas	35
3.3 Construção das bases de regras	37
4 RESULTADOS OBTIDOS.....	39
4.1 Resultado do questionário	39
4.2 Resultados dos sistemas de inferência	47
4.2.1 Gráficos das variáveis de entrada	47
4.2.2 Resultados dos sistemas de inferência	54
4.3 Discussão dos resultados	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS.....	59

APÊNDICE – BASES DE REGRAS	62
-----------------------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem, por envolver tanto aspectos objetivos quanto subjetivos, pode ser considerado um ambiente complexo e que traz consigo diversos elementos que precisam ser continuamente avaliados. As diretrizes e concepções presentes em seu modelo de oferta são as principais referências para a condução do processo avaliativo em foco.

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 EaD, 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 os *feedbacks* das avaliações realizadas *online*, demonstram aspectos próprios da modalidade. Com isso, torna-se necessário planejar e conduzir processos avaliativos específicos para cada modelo de oferta, pois dois modelos de EaD podem diferir consideravelmente, ainda que utilizem os mesmos elementos em sua metodologia com diferentes proporções, em diferentes momentos ou para diferentes propósitos.

Atualmente o processo de avaliação docente nos cursos de graduação do Centro de Educação a Distância (CEAD) da Unimontes utiliza análises estatísticas descritivas. Estas análises são comuns na maioria das instituições de ensino e no próprio sistema de educação formal. São cálculos em geral baseados em escores brutos com médias, desvios padrão, moda, mediana etc. Esta abordagem é por um lado importante, mas por outro é limitada, posto que não consegue por si só agregar aspectos subjetivos presentes no contexto de uma avaliação docente.

A teoria dos conjuntos *fuzzy*, ou lógica nebulosa, propõe uma alternativa a essa abordagem da lógica clássica, ou lógica booleana. A lógica *fuzzy* possibilita inferir respostas a determinados problemas nos quais os aspectos subjetivos são incorporados na etapa de modelagem do contexto escolhido.

Por meio do uso de variáveis linguísticas para manipular valores vagos, imprecisos ou incompletos é possível capturar a subjetividade do processo de tomada de decisão presente em um especialista humano.

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.

L'Erario e Fabri (2004) afirmam que é importante verificar em instituições de ensino o grau de satisfação dos alunos quanto aos seus professores. No trabalho que desenvolvem é apresentado um modelo de avaliação docente onde são considerados fatores como a assiduidade do professor, a sua frequência e a sua didática. De acordo com os autores valores numéricos atribuídos aos fatores citados não traduzem a realidade quanto à 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 intitulado “Referenciais de Qualidade da Educação a Distância” (BRASIL, 2007), desenvolvido pelo Ministério da Educação do Brasil (MEC), é utilizado para nortear políticas públicas na área da educação a distância, sendo utilizado para direcionar avaliações educacionais em EaD.

Assim, 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 científicas, legislação pertinente e conhecimento de especialistas em gestão da EaD. As questões foram agrupadas conforme os sete elementos que compõem o modelo de oferta de cursos a distância do CEAD/Unimontes. Os dados coletados neste questionário foram utilizados como entrada dos sete sistemas de inferência *fuzzy* desenvolvidos neste trabalho, cada um referente a um elemento. 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

poderá contribuir 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 em cinco capítulos, incluindo esta introdução. O capítulo dois reúne a fundamentação teórica necessária para o presente trabalho. O terceiro capítulo contém detalhes do desenvolvimento dos sistemas *fuzzy*. O capítulo quatro apresenta os resultados obtidos. No capítulo cinco são discutidos os resultados. Por último, tem-se a bibliografia utilizada durante o desenvolvimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta os fundamentos que subsidiaram o desenvolvimento do trabalho. São abordados conceitos relacionados à avaliação docente, educação a distância e lógica *fuzzy*. Ao final são apresentados alguns trabalhos correlatos, com resultados da aplicação da lógica *fuzzy* na educação.

2.1 Avaliação docente na (EaD)

O DECRETO N° 9.057 de 25 de MAIO 2017 (BRASIL, 2017, p.1), que regulamenta a educação a distância no Brasil, define educação a distância como uma:

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.

Litto e Formiga (2012) caracterizam a EAD como uma prática educacional onde os agentes do processo estão separados pelo tempo, pelo espaço ou por ambos durante o ensino-aprendizagem.

De acordo com os Referenciais de Qualidade da EaD (BRASIL, 2007), tornou-se necessário, perante a permanente expansão da educação superior no País, a elaboração de um documento que estivesse 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 contemplem todas as dimensões dos referenciais de qualidade em projetos de cursos na modalidade a distância é preciso avaliar aspectos pedagógicos, recursos humanos e infraestrutura.

Foram estruturados os principais pontos nos seguintes tópicos (BRASIL, 2007):

- (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) Infraestrutura 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 temática 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.

De acordo com Moretto (2007 *apud* SILVA, MATOS e ALMEIDA, 2014, p.75) “Dentre os pontos mais discutidos no processo educativo está a avaliação; a coerência do que o professor ensina e a forma como ele avalia a aprendizagem são os primeiros fatores para encaminhar um bom processo educativo”.

Segundo Boggino (2009) a avaliação constitui uma estratégia de ensino que pode simplificar ou dificultar o processo de aprendizagem. Fernandes (2008) salienta as diversas finalidades de uma avaliação docente, como 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.

Paixão e Almeida (2016) destacam a avaliação docente pelo discente como imprescindível para o professor e para a instituição, contribuindo para aferir a efetividade da

relação ensino-aprendizagem. Ainda segundo Paixão e Almeida (*apud* Santos e Laros, 2007) “O aluno é o melhor avaliador da qualidade do ensino que lhe é oferecido”.

Castanheira e Ceroni (2007) evidenciam a necessidade dos docentes considerarem a avaliação um importante meio de diagnóstico do trabalho que desenvolvem.

2.2 Lógica Fuzzy

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, a Inteligência Computacional é um campo em constante evolução. Além destes três principais exemplares, tem-se os paradigmas inteligência ambiental, vida artificial, aprendizado cultural, redes endócrinas artificiais, raciocínio social e redes hormonais artificiais. Inovações geradas a partir da evolução da computação inspirada na natureza (IEEE-CIS, 2019).

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.

Kruse *et al.* (2013, p.2) argumentam que

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 análogos à natureza que toleram o conhecimento incompleto, impreciso e incerto [...].(tradução nossa)

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.

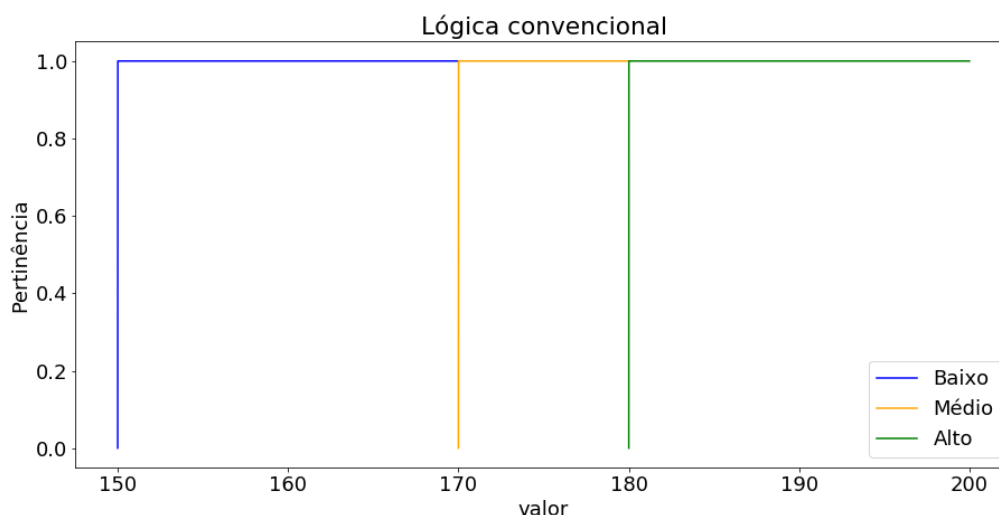
De acordo com Gomide e Gudwin (1994, p. 1),

[...] 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) ilustram, através das figuras a seguir, um paralelo entre a lógica convencional e a lógica *fuzzy*.

Pode-se perceber na Figura 1, um exemplo de utilização da teoria da lógica clássica.

Figura 1 - Representações de conjuntos – Lógica convencional

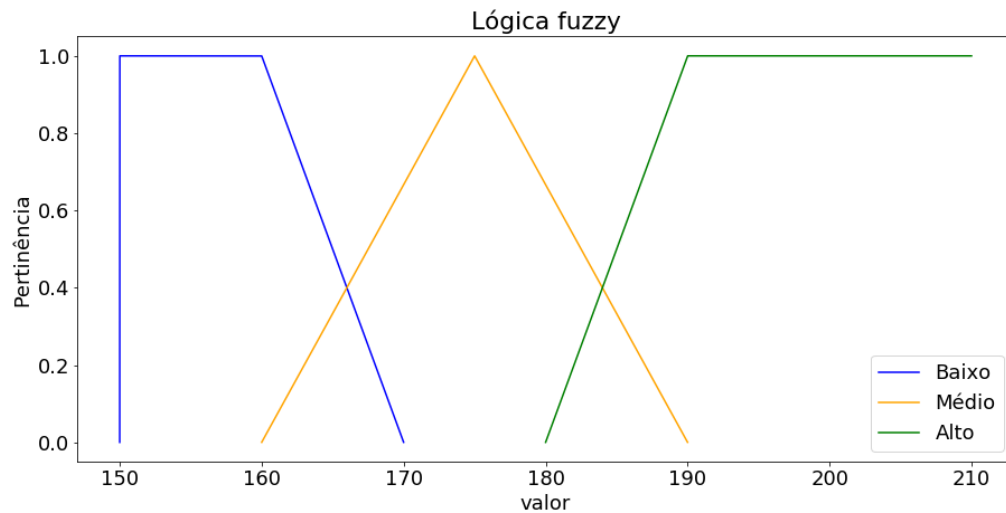


Fonte: Adaptado de Marro *et al.* (2010, p.3), utilizando Matplotlib 2.2.2.

Na Figura 1 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. Existe um valor exato (valor *crisp*) que delimita os limites de cada conjunto, sem sobreposições.

Na Figura 2, é ilustrada a abordagem da lógica *fuzzy*, onde utiliza-se a idéia de que todos os conjuntos admitem graus de pertinência.

Figura 2 - Representações de conjuntos – Lógica *fuzzy*

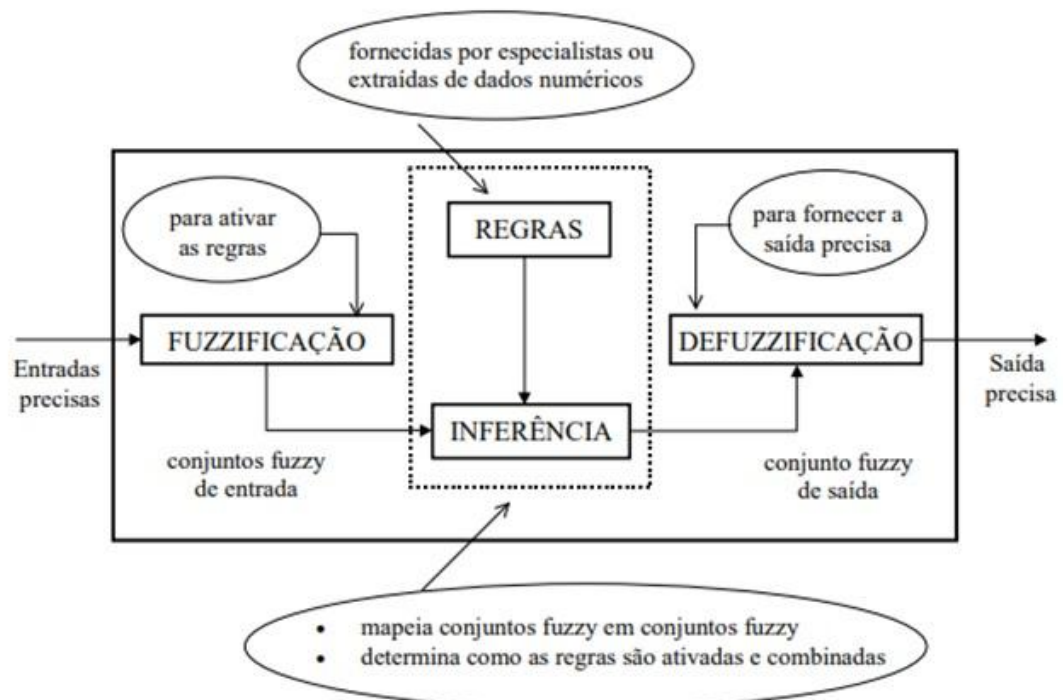


Fonte: Adaptado de Marro *et al.* (2010, p.3) , utilizando Matplotlib 2.2.2.

Pode-se perceber na Figura 2 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 exemplo da Figura 1.

Como se observa na Figura 3, um sistema de inferência *fuzzy* considera como entradas e saídas valores precisos (números reais).

Figura 3 - Sistema de inferência *fuzzy*



Fonte: Tanscheit (2004, p.26).

Como primeira etapa do processamento de um sistema de inferência *fuzzy* tem-se o mapeamento dos valores precisos para os conjuntos *fuzzy* das variáveis de entrada, esse processo é chamado de fuzzificação. Neste momento ocorre, diante das pertinências obtidas, a ativação das regras. Com as respectivas regras ativadas inicia-se o processo de inferência.

Nesta etapa de inferência efetua-se a avaliação das regras obtendo a pertinência dos conjuntos de saída. Após esse processo, é realizada a defuzzificação, etapa na qual é feita a interpretação e conversão dos valores *fuzzy* de saída em um único valor numérico. Para realizar esse processo pode-se utilizar diversos métodos, sendo os mais conhecidos o centro de gravidade (centróide) e média dos máximos.

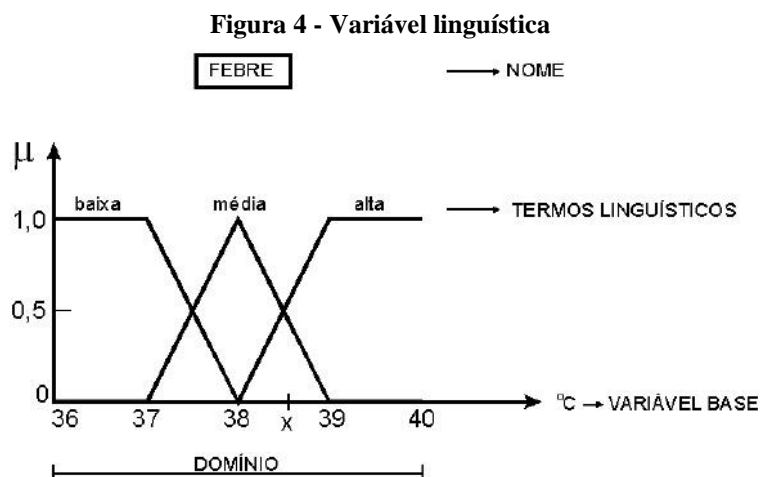
2.2.1 Variáveis linguísticas

Variáveis linguísticas são definidas como um intervalo de valores reais que contém conjuntos *fuzzy*. Conforme Marro *et al.* (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 linguística (ou *fuzzy*) é uma variável que possui o valor expresso de maneira qualitativa por um termo linguístico e de maneira quantitativa através de uma função de pertinência.

A Figura 4 exemplifica uma variável linguística intitulada “Febre”.



Fonte: Ortega (2001, p.27).

Os termos linguísticos 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 linguístico possui um conjunto *fuzzy* associado que o caracteriza.

2.2.2 Fuzzificação

Fuzzificação 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 e Machado (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), nesta etapa os valores numéricos são convertidos em valores linguísticos. Sandri e Correa (1999) explicam que no processo de fuzzificação ocorre a transformação da entrada *crisp* em conjuntos *fuzzy* para que possam se tornar instâncias de variáveis linguísticas a serem manipuladas pela base de regras.

2.2.3 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}.

De acordo com Sandri e Correa (1999), a base de regra é formada da seguinte forma: SE <antecedente> ENTÃO <consequente>.

2.2.4 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 *et al.* (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 Mamdani[sic] [...].

De acordo com Pedrycz e Gomide (1998) citado por Gabriel *et al.* (2012) o método de inferência Mamdani agrega as regras por meio do operador lógico OU, modelado pelo operador matemático \vee e, em cada regra, os operadores lógicos E e ENTÃO modelados pelo operador mínimo \wedge .

2.2.5 Defuzzificação

A defuzzificação 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 defuzzificação 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.

Segundo Gavião e Lima (2015), na etapa de defuzzificação a região resultante da etapa de inferência é utilizado para produzir a saída do sistema, que será uma variável discreta “*crisp*”. O método mais comum para deduzir o resultado da região resultante, segundo o autor, é o centro de gravidade, também denominado centróide.

Para Watanabe (2016), o centro de gravidade é um exemplo de método de defuzzificação muito utilizado na literatura. Segundo o autor, o centro de gravidade, também

denotado por “*COG*”, pode ser calculado em caso discreto via média ponderada, pelas pertinências de cada elemento do conjunto *fuzzy*.

2.3 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 podem ser utilizadas 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 e, em *Python*, o autor cita o *framework* *PyFuzzy*.

2.3.1 *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 cada vez mais utilizada 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.

2.3.2 *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 todas essas 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.

2.3.3 *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 do *matplotlib* ser escrito principalmente em *Python* puro, utiliza-se 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 ou definir propriedades.

2.4 Trabalhos correlatos

Segundo o estudo de caso realizado por Tiago, Baroni e Fonseca (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 auxílio 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.

Já Voskoglou (2011) desenvolveu um modelo geral para representar vários processos no ensino de matemática (por exemplo: modelagem matemática, resolução de problemas) envolvendo imprecisão e incerteza. A cada um desses processos correspondem aos seguintes valores linguísticos: insignificante, “baixo”, “intermediário”, “alto” e

“completo”. Segundo o autor a cognição dos alunos apresenta conceitos que são inerentemente imprecisos. Quando analisado do ponto de vista do professor a noção de sucesso sobre seus alunos em cada uma das etapas do processo de aprendizagem é vaga, justificando assim o estudo da lógica *fuzzy* no contexto de ensino da matemática.

O trabalho de Lopes *et al.* (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, na qual aliam 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 do instrumento foi 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), justificam o uso da lógica *fuzzy* na avaliação discente, argumentando que ela

[...] leva em consideração a maior facilidade do ser humano em lidar com termos linguísticos[sic], ao invés de valores numéricos. Além disto, a Lógica *Fuzzy* tem uma capacidade notável de tratar com verbalizações revestidas de ambiguidade[sic]. 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. A ferramenta verifica se o estudante está acompanhando o grupo de colegas, se merece atenção especial, se determinada atividade é muito complexa e quantos estudantes concluíram determinada atividade com sucesso. Para o monitoramento das ações dos estudantes são utilizadas regras de inferência *fuzzy*.

Mendonça *et al.* (2015) desenvolveram um MCF (Mapa Cognitivo Fuzzy) cuja função é avaliar o nível de qualidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procopio (UTFPR-CP), na perspectiva de seus alunos. O desenvolvimento se inicia com a determinação das possíveis áreas que afetariam, ou se encaixaram como indicadores para o "Nível de Satisfação" na UTFPR-CP. Através de formulários on-line, foi possível quantificar a influência das áreas inicialmente detectadas: formação de professores, estruturas de laboratórios e quartos, habitação, biblioteca e limpeza. Segundo o autor, de forma geral instituições de ensino não possuem ferramentas que forneçam uma análise crítica de sua qualidade. De acordo com o trabalho, a utilização dos MCF cumpriram seu objetivo quanto a obter resultados quantitativos a partir de dados qualitativos. O trabalho possibilitou que fossem identificados os pontos positivos e negativos que afetam o nível de satisfação dos alunos na UTFPR-CP. O sistema desenvolvido pôde ser sugerido à universidade como uma ferramenta para nortear o corpo diretivo da UTFPR-CP.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve o trabalho desenvolvido, que se classifica segundo Gil (2007) como pesquisa exploratória e estudo de caso, pois se caracteriza por reunir hipóteses e especulações ao início da pesquisa e posteriormente pela exploração do problema estudado de forma a propor uma nova abordagem, no caso para a avaliação docente.

A seguir são descritos 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.

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 utilizadas em computação científica. 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 biblioteca *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 do Anaconda, Inc.

3.1 Elaboração do questionário

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

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 sete elementos foi definido um conjunto de questões que foram respondidas pelos acadêmicos.

Os sete elementos que compõem o modelo de oferta de cursos a distância do CEAD/Unimontes são: (1) videoaulas, (2) atividades colaborativas, (3) atividades individuais, (4) fóruns de discussão, (5) *webinars*, (6) avaliações presenciais e (7) salas virtuais.

As alternativas de resposta disponíveis para cada questão foram: “Discordo totalmente”, “Discordo”, “Não concordo nem discordo”, “Concordo” e “Concordo plenamente”. As respostas dos alunos a cada questão do questionário foram convertidas em valores numéricos numa escala de um a cinco, conforme mostra o Quadro 1:

Quadro 1 - Correspondências entre as respostas textuais e seus valores numéricos

Resposta	Valor
Discordo totalmente	1
Discordo	2
Não concordo nem discordo	3
Concordo	4
Concordo plenamente	5

Fonte: Própria (2019).

O Quadro 2 apresenta as quatro questões referentes ao elemento Videoaulas (VA).

Quadro 2 - Questões referentes ao elemento videoaulas

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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se o uso de slides com textos e imagens, elaborados pelo professor, favoreceu a aprendizagem dos alunos. A segunda questão avalia se os professores utilizaram materiais relevantes e atualizados contribuindo para o engajamento. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se as videoaulas foram objetivas e se os professores aproveitaram bem o tempo disponível. Por fim, a quarta questão avalia se as

videoaulas foram ministradas pelos professores com boa dicção, clareza e segurança na exposição dos conteúdos.

O Quadro 3 apresenta as quatro questões referentes ao elemento Atividades Colaborativas (AC).

Quadro 3 – Questões referentes ao 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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se os professores elaboraram atividades colaborativas que favoreceram a colaboração, induzindo a troca de conhecimentos e experiências entre os alunos. A segunda questão avalia se as atividades elaboradas pelo professor foram compatíveis com o tempo disponível para sua realização. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se as atividades colaborativas que os professores propuseram foram relevantes para a compreensão dos conteúdos. Por fim, a quarta questão avalia se as atividades colaborativas contaram com roteiros claros e completos, incluindo apresentação, objetivos, descrição e critérios de avaliação.

O quadro 4 apresenta as quatro questões referentes ao elemento Atividades Individuais (AI).

Quadro 4 - Questões referentes ao elemento atividades individuais

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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se as atividades individuais elaboradas pelos professores favoreceram a imersão nos conteúdos, induzindo a aprendizagem autônoma dos alunos. A segunda questão avalia se as atividades individuais foram compatíveis com o tempo

disponível. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se as atividades individuais que os professores propuseram foram relevantes para a compreensão do conteúdo. Por fim, a quarta questão avalia se as atividades individuais contaram com roteiros claros e completos, incluindo apresentação, objetivos, descrição e critérios de avaliação.

O quadro 5 apresenta as quatro questões referentes ao elemento Fóruns de Discussão (FD).

Quadro 5 – Questões referentes ao 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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se os fóruns de discussão foram abertos pelos professores com questões geradoras de discussões ricas e relevantes. A segunda questão avalia se os fóruns de discussão foram bem conduzidos e avaliados, com intervenções que proporcionaram a aprendizagem. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se os professores forneceram materiais e orientações suficientes para a participação do aluno. Por fim a quarta questão avalia se os fóruns de discussão foram devidamente finalizados, com destaques para os principais conteúdos e participações da turma.

O quadro 6 apresenta quatro questões referentes ao elemento *Webinars* (WB).

Quadro 6 – Questões referentes ao elemento *webinars*

Com relação aos <i>Webinars</i> (WB),
17. os WB esclareceram suas dúvidas por meio de uma interação ao vivo.
18. os WB forneceram <i>feedbacks</i> 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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se nos *webinars* os professores esclareceram as dúvidas dos alunos por meio de uma interação ao vivo. A segunda questão avalia se os *webinars* realizados pelos professores forneceram *feedbacks* sobre o andamento da disciplina

e o desempenho da turma. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se os *webinars* colaboraram com a aprendizagem do aluno. Por fim, a quarta questão avalia se os *webinars* desempenharam papel relevante na revisão dos conteúdos para as avaliações presenciais.

O quadro 7 apresenta as quatro questões referentes ao elemento Avaliações Presenciais (AP).

Quadro 7 – Questões referentes ao 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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se os professores desenvolveram questões condizentes com o conteúdo por eles ministrados. A segunda questão avalia se as avaliações presenciais foram compatíveis com o tempo disponível. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se as avaliações presenciais elaboradas pelos professores priorizaram a construção do conhecimento em detrimento da memorização. Por fim, a quarta questão avalia se as avaliações presenciais apresentaram níveis de dificuldade compatíveis com o nível trabalhado pelos professores nas disciplinas.

O quadro 8 apresenta seis questões referentes ao elemento Salas Virtuais(SV).

Quadro 8 – Questões referentes ao 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.

Fonte: Própria (2019).

A primeira questão do quadro avalia se os professores disponibilizaram de forma apropriada o plano de ensino e as informações sobre conteúdos, objetivos metodologia e

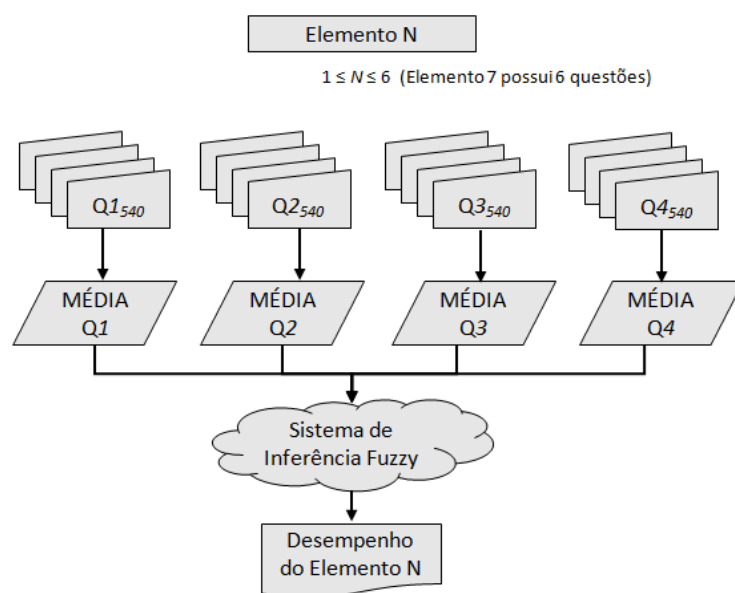
critérios de avaliação da disciplina. A segunda questão avalia se as salas virtuais dos professores atenderam as necessidades de aprendizagem apresentando um formato intuitivo e didático. O conteúdo da terceira questão do quadro avalia se as salas virtuais foram dinâmicas e devidamente atualizadas pelos professores durante a disciplina. A quarta questão avalia se nas salas virtuais os professores viabilizaram a articulação entre a teoria e a prática dos conteúdos. O conteúdo da quinta questão avalia se as salas virtuais foram ambientes de interações respeitadas e éticas entre alunos e professores. Por fim, a sexta questão avalia se as salas virtuais relacionaram os conteúdos ministrados pelos professores das disciplinas com a atuação profissional.

O questionário foi aplicado no sistema de pesquisas do CEAD Unimontes entre os meses de julho e agosto de 2019 e obteve um total de 539 respondentes.

Para cada elemento que compõe o modelo de oferta dos cursos de graduação a distância do CEAD/Unimontes foi desenvolvido um sistema *fuzzy* específico. Assim, tem-se a construção de sete sistemas de inferência *fuzzy*, a saber: (1) Videoaulas, (2) Atividades Colaborativas, (3) Atividades individuais, (4) Fóruns de discussão, (5) *Webinars*, (6) Avaliações presenciais, (7) Salas virtuais.

Cada média calculada corresponde um valor de entrada para o sistema *fuzzy* referente ao Elemento N, conforme Figura 5.

Figura 5 – Modelo de inferência e pré-processamento de suas entradas



Fonte: Própria (2019).

A partir do resultado das 539 respostas dos alunos foram calculadas as suas médias aritméticas como na figura 5. Em seguida cada uma das médias foi inserida em uma variável de entrada para serem fuzzificadas e utilizadas no sistema de inferência referente ao seu respectivo elemento. Todos os sistemas *fuzzy* utilizaram o Mamdani como método de inferência e o centro de gravidade como método de defuzzificação.

Como saída obtemos o desempenho do Elemento N, um valor real dentro de um intervalo de um a cinco.

3.2 Definição das variáveis linguísticas

Cada sistema *fuzzy* possui cinco variáveis linguísticas: quatro variáveis de entrada e uma variável de saída, com exceção do sistema *fuzzy* referente ao elemento Salas virtuais que possui seis variáveis de entrada.

As variáveis de entrada foram definidas em um intervalo de um a cinco com três funções de pertinência triangulares: “Baixo”, “Médio” e “Alto”.

Como as funções de pertinência dos sistemas são triangulares, precisamos de três parâmetros [a,b,c] para definirmos cada função. Estes valores correspondem às projeções no eixo x dos três vértices do triângulo.

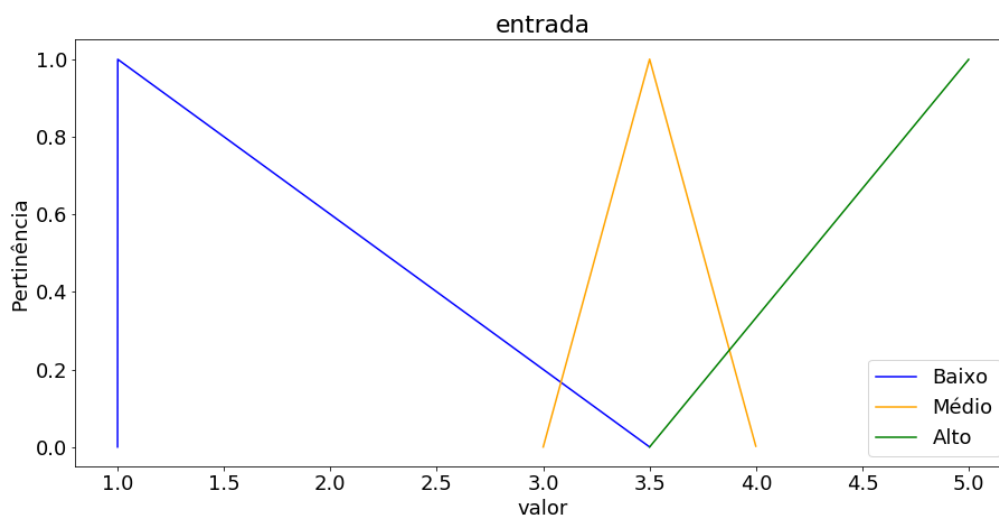
O trecho de código a seguir apresenta os parâmetros que definem três funções de pertinência para as variáveis de entrada.

```
variaveis_de_entrada = [
    [1, 1, 3.5],
    [3, 3.5, 4],
    [3.5, 5, 5] ]
```

A primeira linha da lista `variaveis_de_entrada`, onde estão presentes os valores [1, 1, 3.5] define os parâmetros da função de pertinência “Baixo”. Estes valores indicam que a função triangular assumirá valores decrescentes de um até zero, correspondendo à pertinência a este conjunto, à medida que a variável de entrada cresça de um até três e meio. Já na segunda linha [3, 3.5, 4], que define os parâmetros da função de pertinência “Médio”, tem-se que os valores de pertinência irão crescer de zero até um para valores da variável de entrada variando de três até três e meio, e depois estas pertinências irão decrescer de um até zero para valores de entrada variando de três e meio até quatro. A terceira [3.5, 5,5], que define a função de pertinência “Alto”, tem raciocínio análogo ao da função baixo, porém invertido.

Na Figura 6 é apresentada a representação gráfica das variáveis de entrada definidas.

Figura 6 – Representação gráfica das variáveis de entrada



Fonte: Própria (2019), utilizando Matplotlib 2.2.2.

Cada uma das funções de pertinência é representada em uma cor específica na Figura 6. A função de pertinência “Baixo” é representada na cor azul no lado esquerdo da Figura. Em seguida, em amarelo, está a representação da função de pertinência “Médio” e, por fim, no lado direito da Figura tem-se a representação da função de pertinência “Alto” na cor verde.

Cada sistema *fuzzy* possui uma variável de saída. A variável de saída foi definida em um intervalo de um a cinco com três funções de pertinência triangulares: Baixa, Média e Alta.

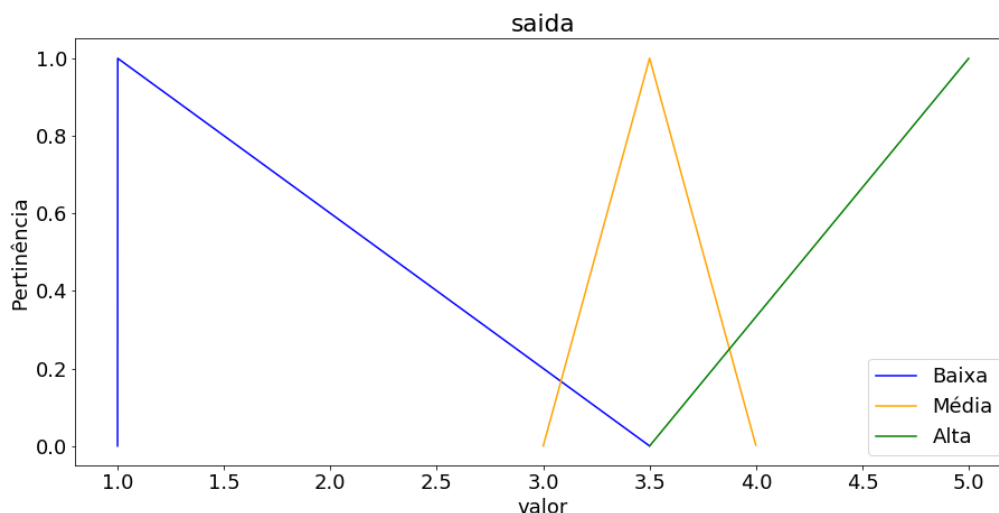
O trecho de código a seguir apresenta os parâmetros que definem três funções de pertinência para nossa variável de saída.

```
variavel_de_saida = [
    [1, 1, 3.5],
    [3, 3.5, 4],
    [3.5, 5, 5] ]
```

A primeira linha da nossa lista `variavel_de_saida` [1, 1, 3,5] define os parâmetros da função Baixa, a segunda linha [3, 3.5, 4] define os parâmetros da função Média e a terceira [3.5, 5,5] define a função Alta. As análises destas funções são similares às das variáveis de entrada.

Na Figura 7 é apresentada a representação gráfica da variável de saída.

Figura 7 – Representação gráfica da variável de saída



Fonte: Própria (2019), utilizando Matplotlib 2.2.2.

Cada uma das funções de pertinência é representada em uma cor específica na Figura 7. A função de pertinência “Baixa” é representada na cor azul no lado esquerdo da Figura. Em seguida, em amarelo, está a representação da função de pertinência “Média” e, por fim, no lado direito da Figura, tem-se a representação da função de pertinência “Alta”, na cor verde.

3.3 Construção das bases de regras

Em conjunto com especialistas em educação a distância do CEAD/Unimontes foram desenvolvidas as bases de regras de cada sistema. O método de inferência escolhido foi o Mamdani, sendo assim todas as regras obtêm seus consequentes a partir de operações lógicas *AND*. Cada variável de entrada do nosso sistema *fuzzy* está associada a uma questão do questionário no elemento avaliado.

Ao todo foram necessárias sete bases de regras, uma para cada sistema *fuzzy* desenvolvido. Na representação das regras utilizadas, cada coluna, com exceção da última é referente a uma variável de entrada do sistema, sendo a última coluna referente ao valor linguístico definido para a variável de saída. Como os sistemas *fuzzy* responsáveis por avaliar

os seis primeiros elementos possuem quatro variáveis de entrada, a base de regras é apresentada com cinco colunas.

A seguir, um fragmento de uma das bases de regras que ilustram esta etapa da construção dos sistemas *fuzzy*.

```
[BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],  
[MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],  
[BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXA],  
[MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIA],  
[MEDIO, MEDIO, ALTO, BAIXO, MEDIA],  
[MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA]  
[BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],  
[ALTO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],  
[ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],  
[ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],  
[MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],  
[ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTA],
```

As sete bases de regras desenvolvidas estão reunidas no Apêndice – bases de regras.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A partir do trabalho desenvolvido têm-se como resultado a avaliação do desempenho dos docentes que atuaram nas disciplinas dos cursos de graduação a distância do CEAD/Unimontes por meio dos elementos que compõem o modelo de oferta em curso. Foram analisados os resultados obtidos pela estatística convencional, utilizando médias aritméticas, e também aqueles obtidos por meio dos sistemas de inferência *fuzzy*.

Nas sessões a seguir as duas abordagens serão apresentadas.

4.1 Resultados do questionário

Os resultados do questionário são apresentados de forma a deixar clara a perspectiva atual de avaliação do CEAD/Unimontes nos cursos de graduação a distância.

A Tabela 1 apresenta os resultados gerais obtidos a partir das respostas dos alunos ao questionário. Foram calculadas as médias aritméticas obtidas para cada questão de cada elemento que compõe o modelo de oferta de cursos a distância do CEAD/Unimontes.

Tabela 1 - Médias das respostas do questionário

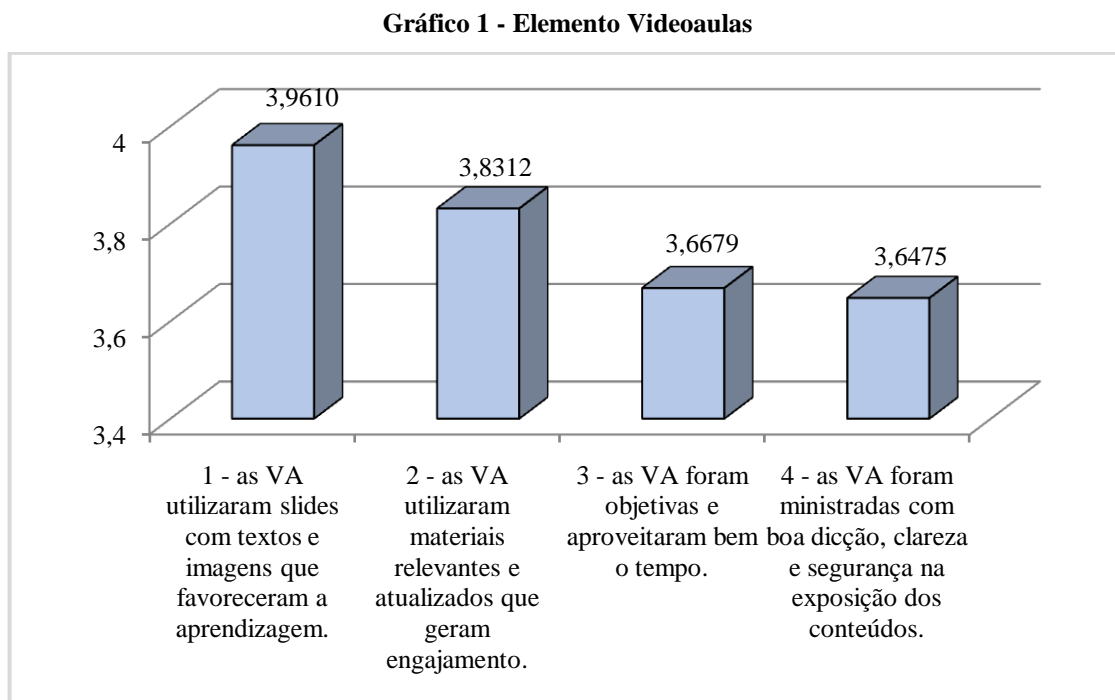
Elemento	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6
Videoaulas	3,9610	3,8312	3,6679	3,6479	-	-
atividades colaborativas	3,9109	3,2968	3,7254	3,5788	-	-
atividade individual	3,8182	3,5937	3,8126	3,6531	-	-
fóruns de discussão	3,6549	3,5584	3,5955	3,5306	-	-
<i>Webinars</i>	3,5158	3,3840	3,6419	3,6679	-	-
avaliações presenciais	3,6401	3,7829	3,5918	3,5993	-	-
salas virtuais	3,6939	3,6419	3,5937	3,6271	3,8219	3,7477

Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna da Tabela 1 apresenta os elementos da EaD avaliados: videoaulas, atividades colaborativas, atividade individual, fóruns de discussão, *webinars*, avaliações presenciais e salas virtuais. O cabeçalho da tabela indica, a partir da segunda coluna, o índice das questões. Nas linhas da tabela são apresentadas as médias obtidas nas questões referentes a cada elemento avaliado.

Os gráficos de índice de 1 a 7 apresentam de forma visual as médias das saídas dos questionários.

O Gráfico 1 representa o elemento videoaulas, são apresentados no gráfico o resultado das médias das quatro questões referentes ao elemento avaliado.

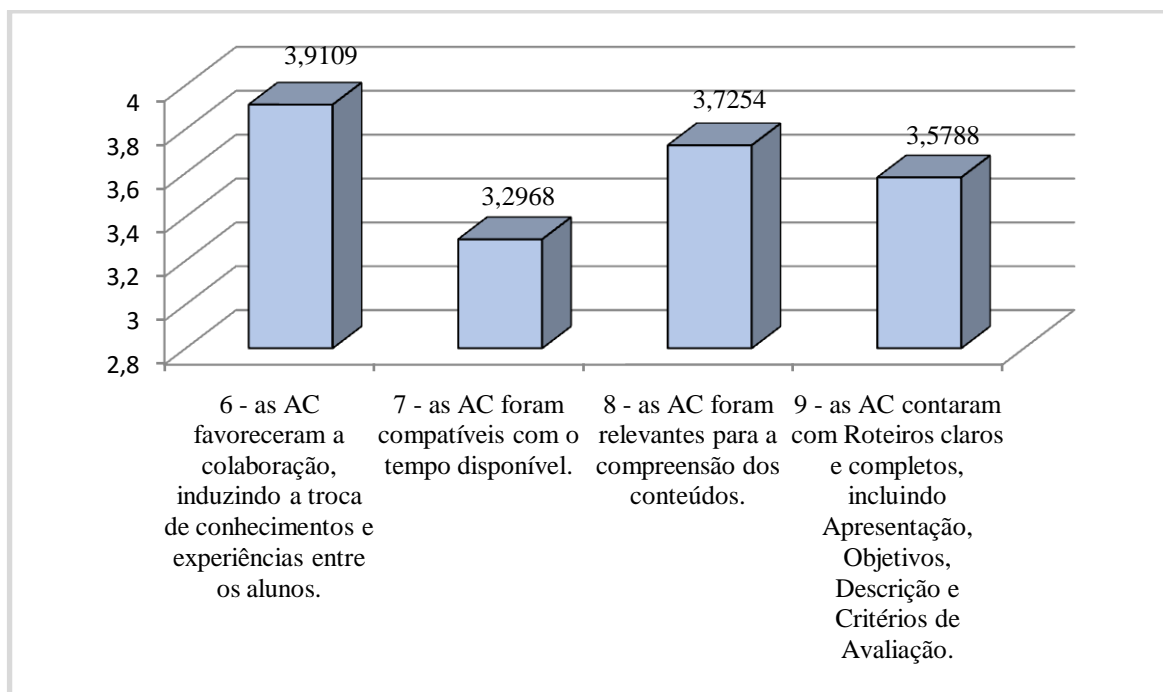


Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento videoaulas. O valor médio foi de 3,9610. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,8312. Em seguida, tem-se a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,6679. Por fim, a quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,6475.

O Gráfico 2 a seguir representa o elemento atividades colaborativas, são apresentados no gráfico os resultados das médias das quatro questões referentes ao elemento atividades colaborativas.

Gráfico 2 - Elemento Atividades Colaborativas

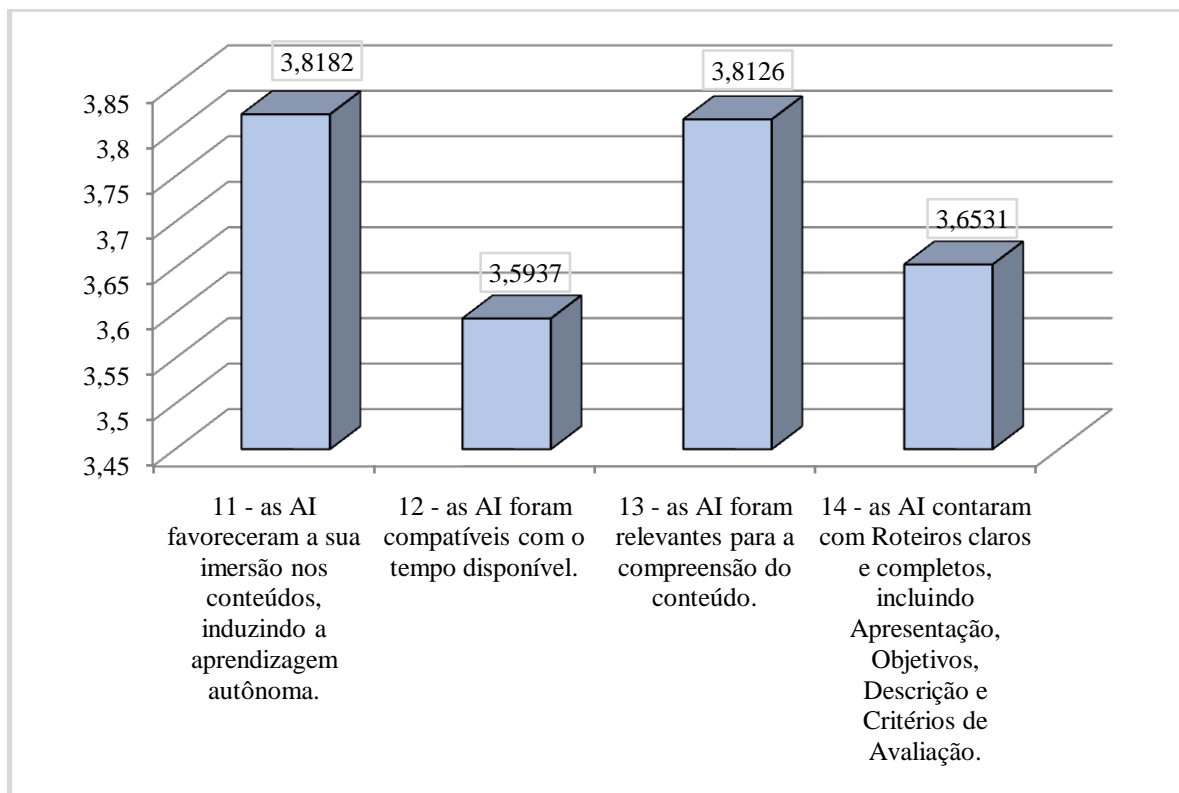


Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento atividades colaborativas. O valor médio foi de 3,9109. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,2968. Em seguida, tem-se a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,7254. Por fim, a quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,5788.

O Gráfico 3 representa o elemento atividades individuais, são apresentados no gráfico o resultado das médias das quatro questões referentes ao elemento avaliado.

Gráfico 3 - Elemento Atividades Individuais

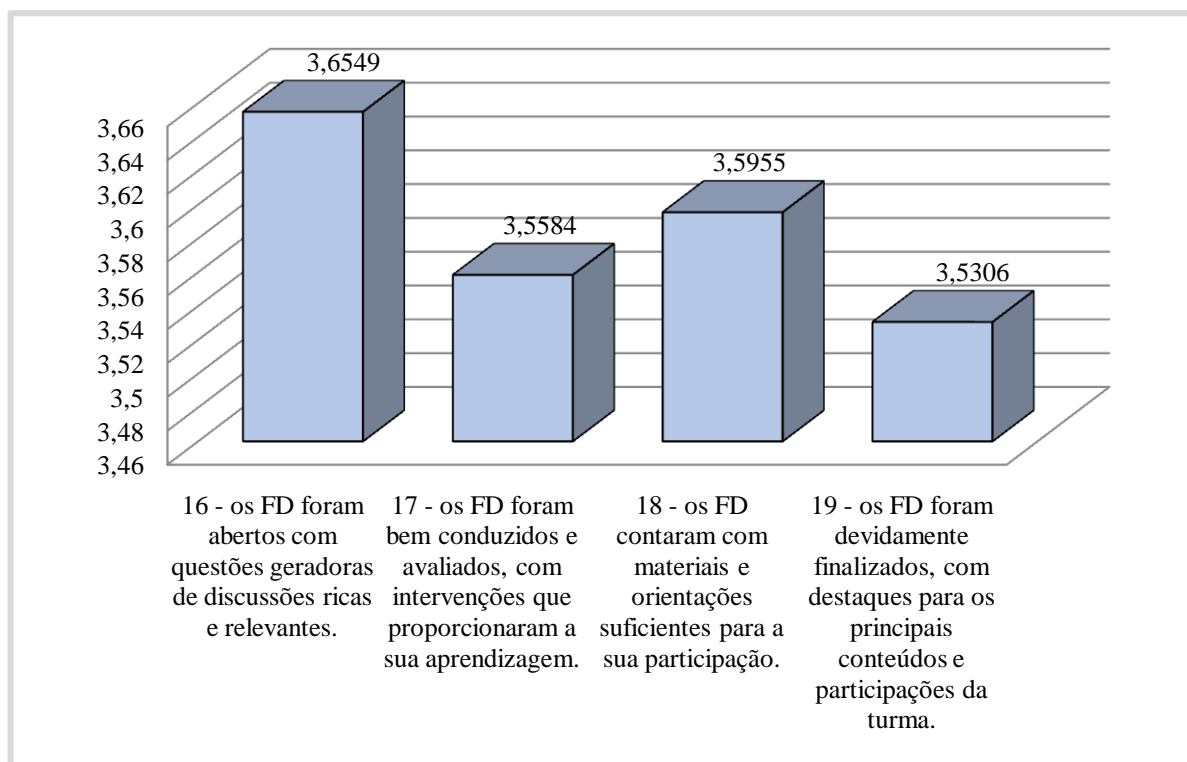


Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento atividades individuais. O valor médio foi de 3,8182. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,5937. Em seguida, tem-se a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,8126. Por fim, a quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,6531.

O Gráfico 4 representa o elemento fóruns de discussão, são apresentados no gráfico o resultado das médias das quatro questões referentes ao elemento avaliado.

Gráfico 4 - Elemento Fóruns de Discussão

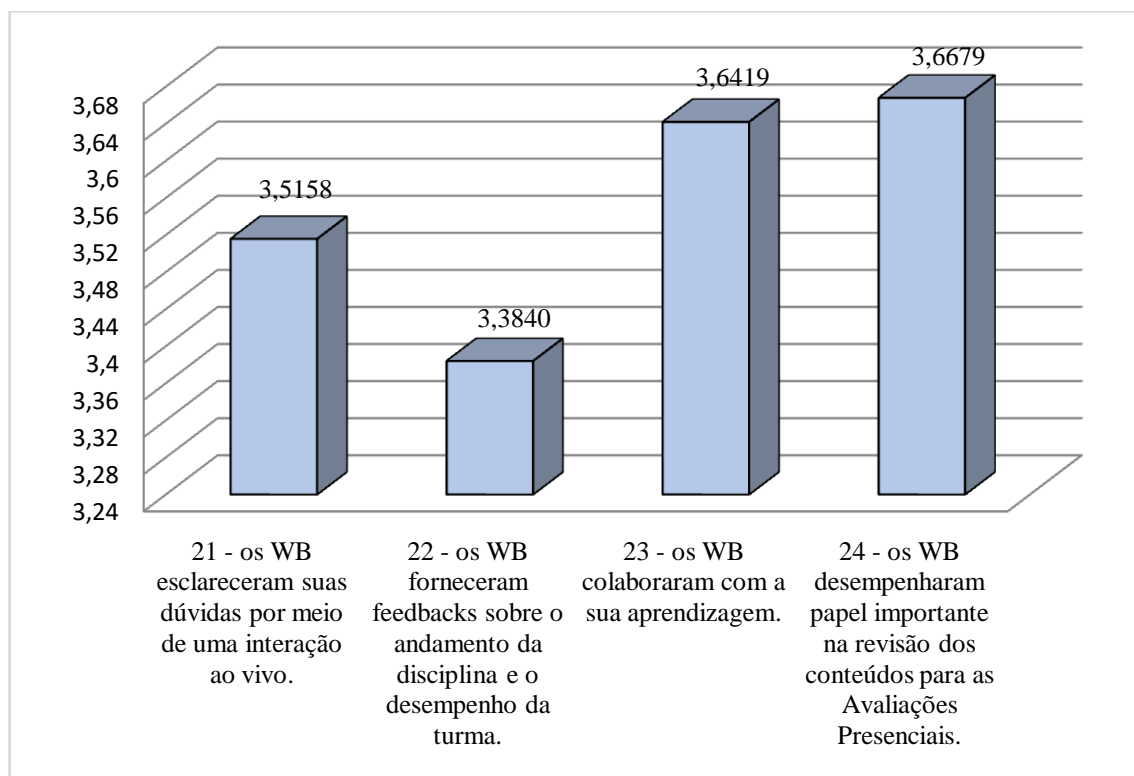


Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento fóruns de discussão. O valor médio foi de 3,6549. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,5584. Em seguida têm-se a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,5955. Por fim, a quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,5306.

O Gráfico 5 representa o elemento *webinars*, são apresentados no gráfico o resultado das médias das quatro questões referentes ao elemento avaliado.

Gráfico 5 – Elemento Webinars

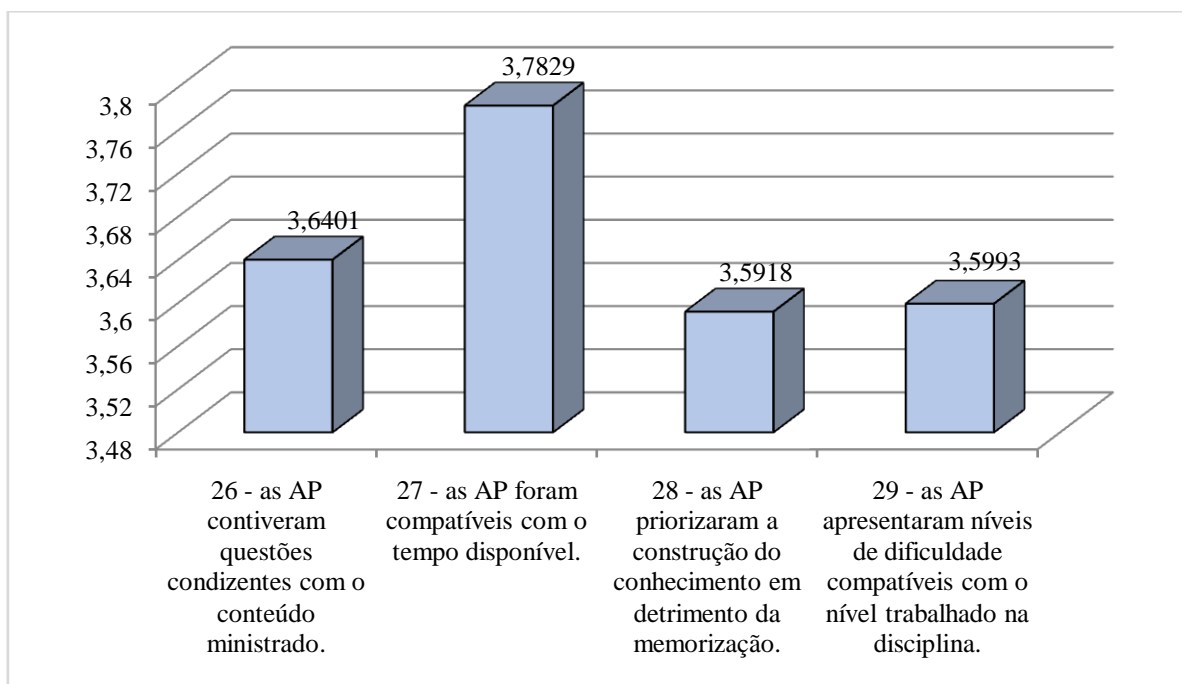


Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento webinars. O valor médio foi de 3,5158. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,3840. Em seguida tem-se a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,6419. Por fim a quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,6679.

O Gráfico 6 representa o elemento avaliações presenciais, são apresentados no gráfico o resultado das médias das quatro questões referentes ao elemento avaliado.

Gráfico 6 – Elemento Avaliações Presenciais

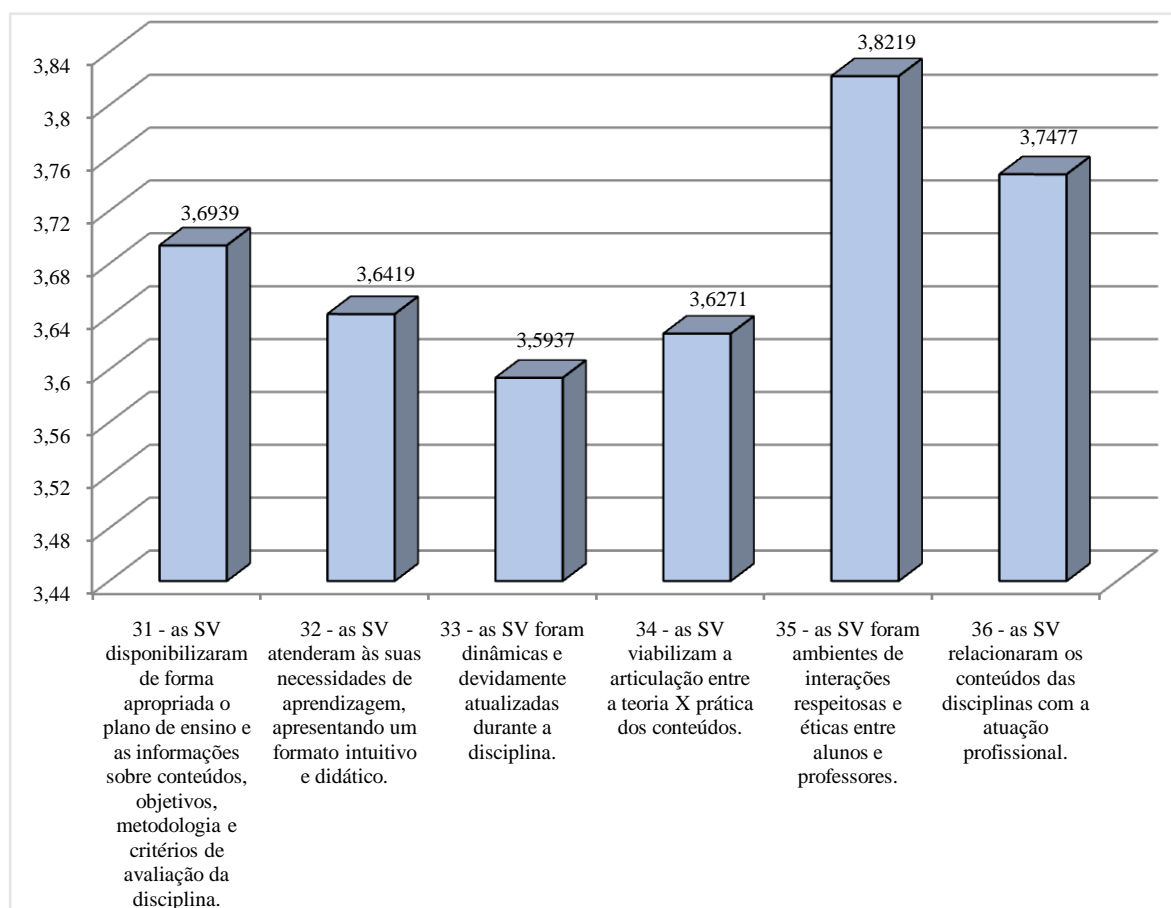


Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento avaliações presenciais. O valor médio foi de 3,6401. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,7829. Em seguida temos a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,5918. Por fim a quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,5993.

O Gráfico 7 representa o elemento sala virtual, são apresentados no gráfico o resultado das médias das quatro questões referentes ao elemento avaliado.

Gráfico 7 – Elemento Sala Virtual



Fonte: Própria (2019).

A primeira coluna do gráfico contém o resultado da primeira questão sobre o elemento sala virtual. O valor médio foi de 3,6939. A segunda questão representada no gráfico obteve a média de 3,6419. Em seguida temos a representação da média referente a terceira questão, com o valor de 3,5937. A quarta questão representada no gráfico teve o valor de 3,6271. A quinta questão do elemento obteve o valor de 3,8219. Por fim a sexta questão representada no gráfico obteve o valor de 3,7477.

4.2 Resultados dos sistemas de inferência

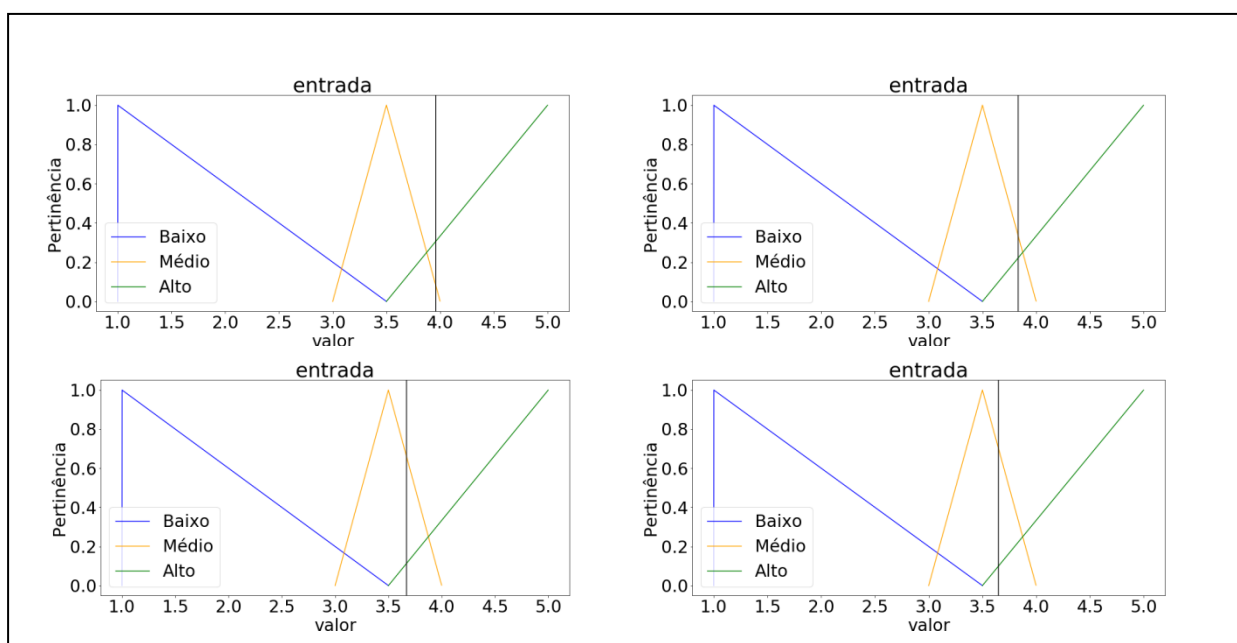
Após o cálculo das médias por questão, estes valores são atribuídos às variáveis de entrada do sistema e então são fuzzificadas, gerando as respectivas pertinências em cada conjunto das variáveis de entrada.

4.2.1 Gráficos das variáveis de entrada

As funções de pertinência apresentadas nos Gráficos 8 a 14 são referentes às variáveis de entrada dos sistemas *fuzzy*.

No Gráfico 8 são exibidas as funções de pertinência referentes às quatro variáveis de entrada do sistema *fuzzy* para o elemento videoaulas. Em azul está representada a função de pertinência “Baixo”, em amarelo a função “Médio” e em verde a função “Alto”. O valor de entrada é representado por uma linha na cor preta na vertical.

Gráfico 8 - Elemento videoaulas – Questões de 1 a 4



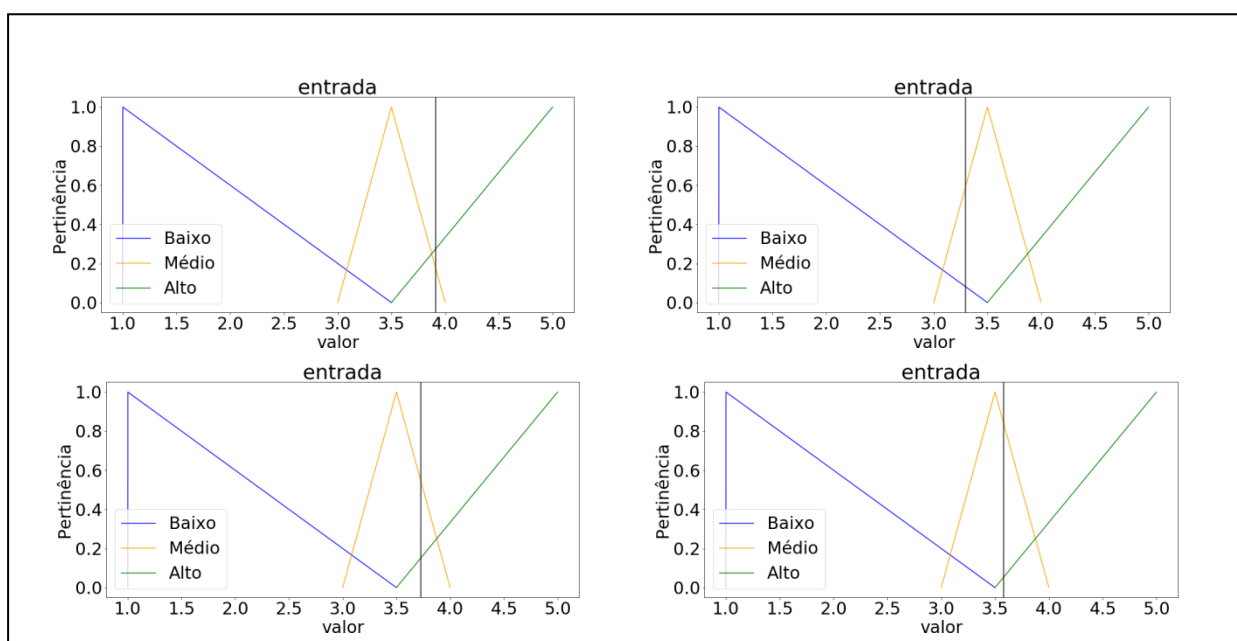
Fonte: Própria (2019).

O gráfico da primeira questão tem como entrada o valor 3,9610. O da segunda questão tem como entrada 3,8312. No gráfico referente à terceira questão a entrada é 3,6679.

Por fim, o gráfico da quarta questão tem como entrada 3,6479. Todos os valores de entrada têm suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”.

No Gráfico 9 são exibidas as funções de pertinência referentes às quatro variáveis de entrada do sistema *fuzzy* para o elemento atividades colaborativas. Em azul está representada a função de pertinência “Baixo”, em amarelo a função “Médio” e em verde a função “Alto”. O valor de entrada é representado por uma linha preta na vertical.

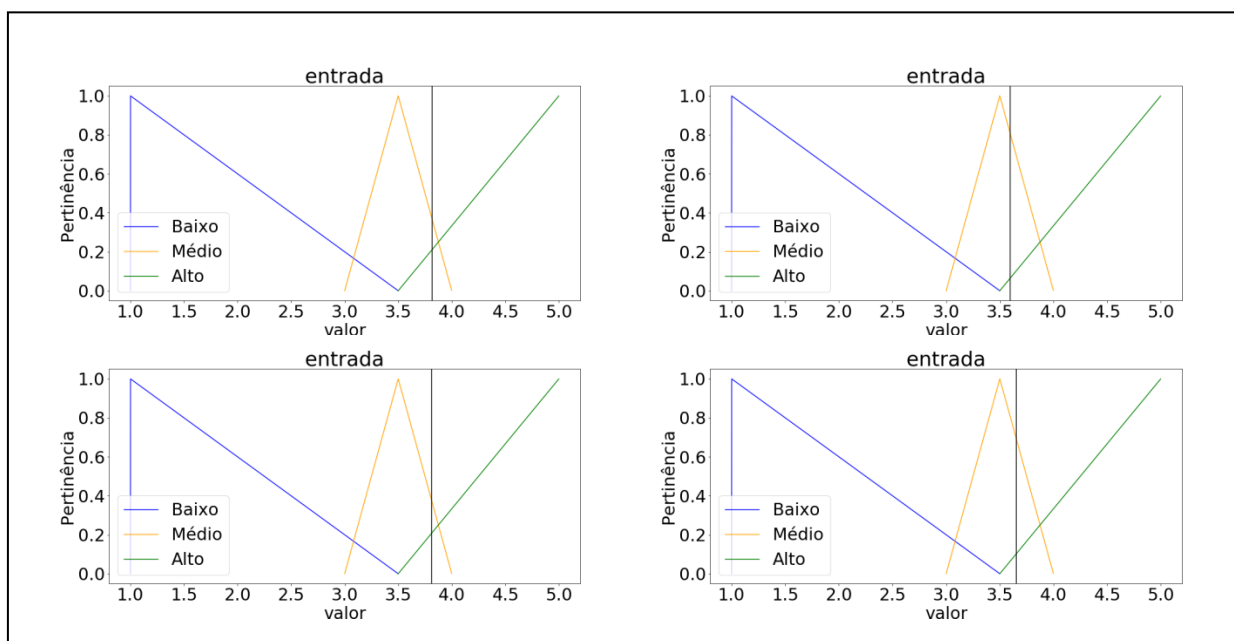
Gráfico 9 - Elemento atividades colaborativas – Questões de 1 a 4



Fonte: Própria (2019).

No gráfico da primeira questão temos como entrada 3,9109. O valor de entrada tem suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”. O gráfico da segunda questão tem como entrada 3,2968. O valor de entrada tem suas maiores pertinências concentradas nas funções “Baixo” e “Médio”. No gráfico referente à terceira questão a entrada é 3,7254. Por fim, o gráfico da quarta questão tem como entrada 3,5788. Estes dois últimos valores de entrada têm suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”. No Gráfico 10 são exibidas as funções de pertinência referentes às quatro variáveis de entrada do sistema *fuzzy* para o elemento atividades individuais. Em azul está representada a função de pertinência “Baixo”, em amarelo a função “Médio” e em verde a função “Alto”. O valor de entrada é representado por uma linha de cor preta na vertical.

Gráfico 10 - Elemento atividades individuais – Questões de 1 a 4

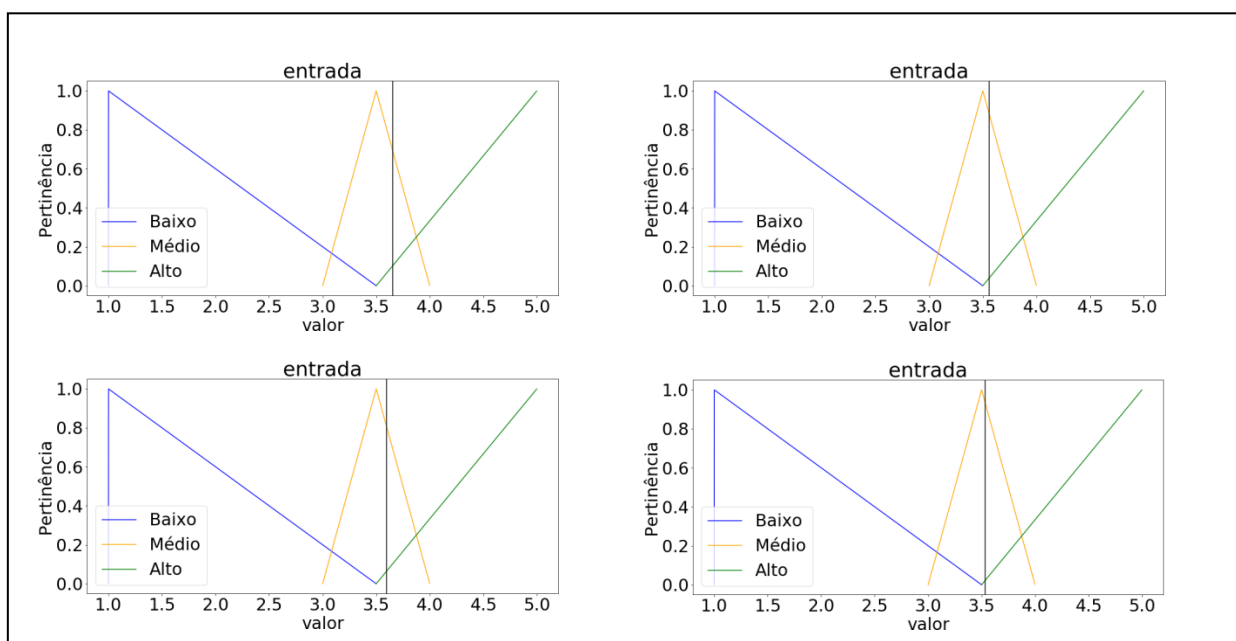


Fonte: Própria (2019).

No gráfico da primeira questão tem-se como entrada o valor 3,8182. O gráfico da segunda questão tem como entrada 3,5937. No gráfico referente à terceira questão a entrada é 3,8126. Por fim o gráfico da quarta questão tem como entrada 3,6531. Os valores de entrada apresentados têm suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”.

No Gráfico 11 são exibidas as funções de pertinência referentes às quatro variáveis de entrada do sistema *fuzzy* para o elemento fóruns de discussão. Em azul está representada a função de pertinência “Baixo”, em amarelo a função “Médio” e em verde a função “Alto”. O valor de entrada é representado por uma linha de cor preta na vertical.

Gráfico 11 - Elemento fóruns de discussão – Questões de 1 a 4

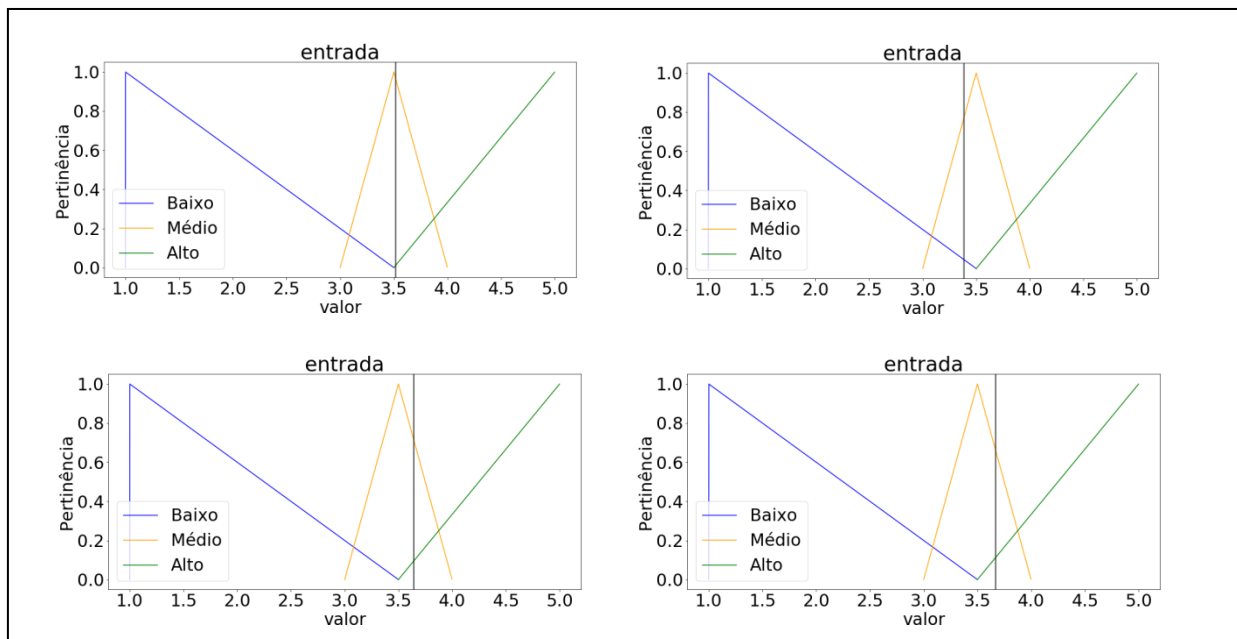


Fonte: Própria (2019).

No gráfico da primeira questão tem-se como entrada o valor 3,6549. O gráfico da segunda questão tem como entrada 3,5584. No gráfico referente à terceira questão a entrada é 3,5955. Por fim, o gráfico da quarta questão tem como entrada 3,5306. Estes valores de entrada têm suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”.

No Gráfico 12 são exibidas as funções de pertinência referentes as quatro variáveis de entrada do sistema *fuzzy* elemento *webinars*. Em azul está representada a função de pertinência Baixo, em amarelo a função Médio e em verde a função Alto. O valor de entrada é representado por uma linha na cor preto na vertical.

Gráfico 12 - Elemento webinars – Questões de 1 a 4

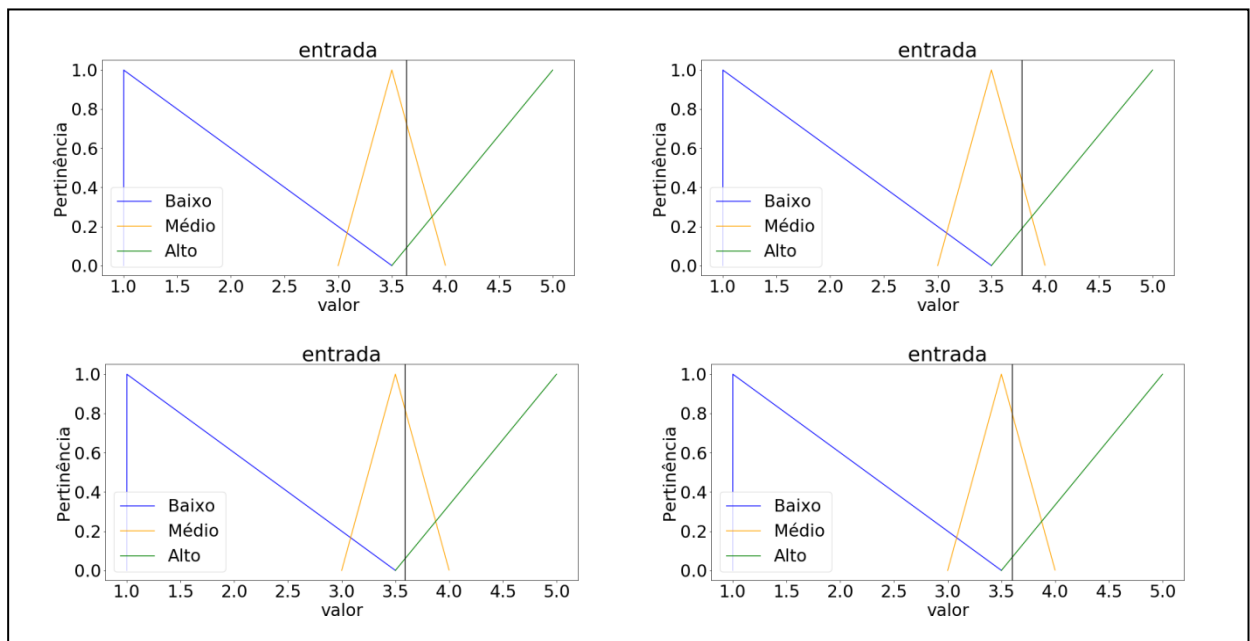


Fonte: Própria (2019).

No gráfico da primeira questão tem-se como entrada o valor 3,5158. O valor de entrada tem suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”. O gráfico da segunda questão tem como entrada 3,3840. O valor de entrada tem suas maiores pertinências concentradas nas funções “Baixo” e “Médio”. No gráfico referente à terceira questão a entrada é de 3,6419. Por fim o gráfico da quarta questão tem como entrada 3,6679. Os valores de entrada destas duas últimas questões têm suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”.

No Gráfico 13 são exibidas as funções de pertinência referentes às quatro variáveis de entrada do sistema *fuzzy* elemento avaliações presenciais. Em azul está representada a função de pertinência “Baixo”, em amarelo a função “Médio” e em verde a função “Alto”. O valor de entrada é representado por uma linha na cor preta na vertical.

Gráfico 13 - Elemento avaliações presenciais – Questões de 1 a 4

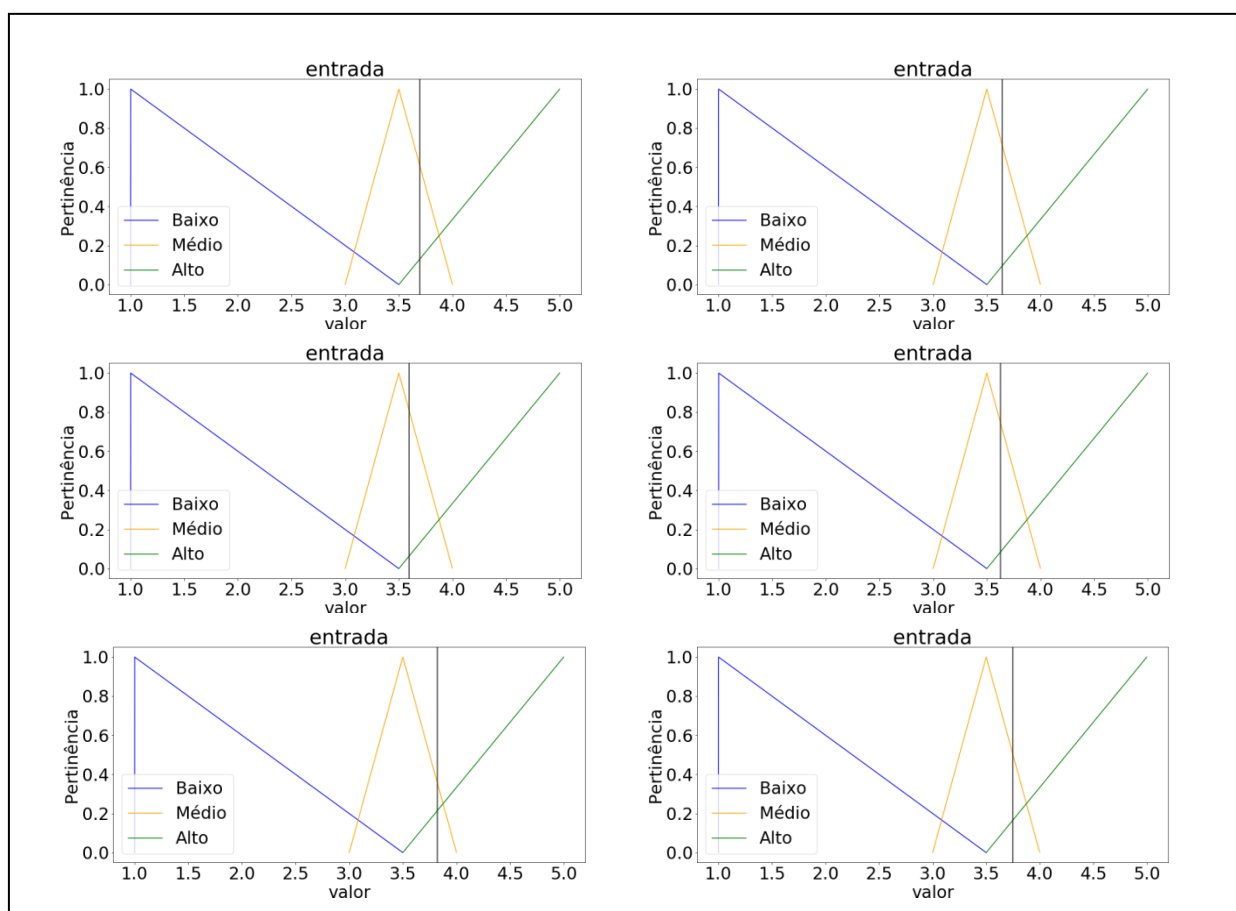


Fonte: Própria (2019).

No gráfico da primeira questão tem-se como entrada o valor 3,6401. O gráfico da segunda questão tem como entrada 3,7829. No gráfico referente à terceira questão a entrada é 3,5918. Por fim o gráfico da quarta questão tem como entrada 3,5993. Todos os valores de entrada referentes à avaliação presencial têm suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”.

No Gráfico 14 são exibidas as funções de pertinência referentes às seis variáveis de entrada do sistema *fuzzy* para o elemento salas virtuais. Em azul está representada a função de pertinência “Baixo”, em amarelo a função “Médio” e em verde a função “Alto”. O valor de entrada é representado por uma linha de cor preta na vertical.

Gráfico 14 - Elemento salas virtuais – Questões de 1 à 6



Fonte: Própria (2019).

No gráfico da primeira questão tem-se como entrada o valor 3,6939. O gráfico da segunda questão tem como entrada 3,6419. No gráfico referente à terceira questão a entrada é 3,5937. O gráfico da quarta questão tem como entrada 3,6271. No gráfico referente à quinta questão o valor de entrada é 3,8219. Por fim, o valor de entrada da sexta variável é 3,7477. Todas as entradas do elemento sala virtual tiveram suas maiores pertinências concentradas nas funções “Médio” e “Alto”.

4.2.2 Resultados dos sistemas de inferência

A Tabela 2 apresenta os resultados gerados pelos sistemas de inferência *fuzzy* referentes à avaliação de cada um dos elementos que compõem o modelo de oferta do CEAD/Unimontes.

Tabela 2 - Resultados dos sistemas de inferência

ELEMENTO DA EAD	SAÍDA
videoaulas	3,6518
atividades colaborativas	3,5338
atividades individuais	3,5506
fóruns de discussão	3,4994
webinars	3,5013
avaliações presenciais	3,5005
salas virtuais	3,5036

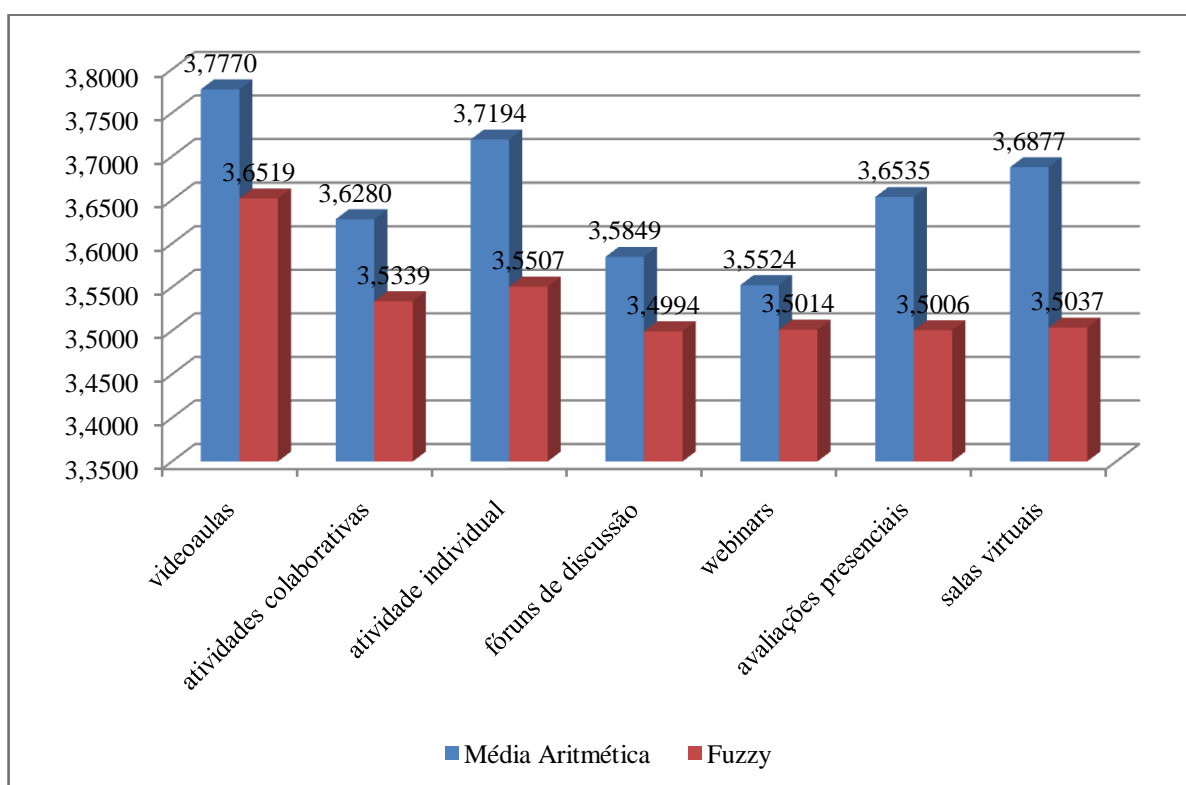
Fonte: Própria (2019).

Cada um dos valores da Tabela 2 é resultado do sistema *fuzzy* referente ao elemento avaliado. Na primeira linha é apresentada a avaliação *fuzzy* do elemento videoaulas: 3,6518. A segunda linha contém a avaliação do elemento atividades colaborativas: 3,5338. O elemento atividades individuais tem sua avaliação na terceira linha da tabela: 3,5506. A quarta linha apresenta o resultado dos fóruns de discussão: 3,4994. Na quinta linha é apresentada a avaliação do elemento *webinars*: 3,5013. A sexta linha apresenta a avaliação do elemento avaliações presenciais. Por último a sexta linha da tabela exibe a avaliação do elemento salas virtuais: 3,5036.

4.3 Discussão dos resultados

O Gráfico 15 apresenta um comparativo entre os resultados das avaliações utilizando médias aritméticas e com o uso da lógica *fuzzy*.

Gráfico 15 - Resultados das médias aritméticas e dos sistemas de inferência.



Fonte: Própria (2019).

O elemento videoaulas foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,7770 e 3,6519 utilizando a lógica *fuzzy*, a diferença entre as duas abordagens foi de 0,1181. O elemento atividades colaborativas foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,6280 e 3,5339 utilizando a lógica *fuzzy*, uma diferença de 0,0941. Já o elemento atividades individuais foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,7194 e 3,5507 utilizando a lógica *fuzzy*, uma diferença de 0,1687. O elemento fóruns de discussão foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,5848 e 3,4994 utilizando a lógica *fuzzy*, uma diferença de 0,0854. Já o elemento

webinars foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,5524 e 3,5014 utilizando a lógica *fuzzy*, uma diferença de 0,051. O elemento avaliações presenciais foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,6535 e 3,5006 utilizando a lógica *fuzzy*, uma diferença de 0,1529. Por fim, o elemento salas virtuais foi avaliado na abordagem utilizando média aritmética com o valor de 3,6877 e 3,5037 utilizando a lógica *fuzzy*, uma diferença de 0,184.

Pôde-se perceber, por meio dos resultados obtidos, diferenças entre a abordagem tradicional e *fuzzy*. O elemento salas virtuais fez uso do maior número de variáveis de entrada e mesmo utilizando a menor base de regras, obteve a maior discrepância em relação aos dois métodos, sugerindo um maior impacto da quantidade variáveis de entrada dos sistemas X bases de regras.

A lógica *fuzzy* por utilizar bases de regras em seu cálculo pôde capturar o processo de tomada de decisão humano com precisão e assim priorizar determinadas questões em detrimento de outras.

O principal fator a que se atribuem menores valores obtidos pelos sistemas *fuzzy* em relação ao método tradicional está além do conhecimento do especialista, no uso do método Mamdani para o processo de inferência. Por obter o resultado de cada regra a partir de operações lógicas “*and*”, operação em que o resultado é o menor de todas as entradas, se faz natural que os resultados dos sistemas *fuzzy* sejam mais acurados em relação ao método tradicional como observado nos resultados obtidos.

Como no estudo realizado por Tiago, Baroni e Fonseca (2014) em que desenvolveram uma ferramenta para avaliação discente baseada na lógica *fuzzy*, foi possível que as avaliações fizessem uso de diversos indicadores no qual cada elemento utilizou-se de pelo menos quatro indicadores, capturados por cada questão presente no questionário.

Também como no trabalho desenvolvido por Mendonça *et al.* (2015) foi possível através da lógica *fuzzy* obter resultados quantitativos a partir de dados qualitativos, modelando de maneira mais adequada o processo de tomada de decisão humano, pois segundo Toledo e Conceza (2004, p. 1), a lógica *fuzzy* leva em consideração a maior facilidade do ser humano em lidar com termos linguísticos ao invés de valores numéricos.

Através da abordagem desenvolvida foi possível gerar uma avaliação mais fidedigna em relação ao contexto subjetivo da avaliação docente considerando a maior adequação da lógica *fuzzy* para capturar o conhecimento de um especialista humano, abrangendo pontos que não estão inclusos no método convencional por si só, possibilitando uma avaliação mais completa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Processos de avaliação educacional se fazem necessários para o constante aperfeiçoamento do ensino-aprendizagem nas instituições de ensino, contribuindo para desenvolvimento social e econômico de um país. O contexto da educação a distância envolve tanto conceitos objetivos quanto subjetivos sendo necessário um modelo de avaliação que incorpore sua subjetividade e características específicas. O modelo de avaliação docente utilizado atualmente no CEAD/Unimontes faz uso de médias aritméticas para o cálculo das avaliações de seus docentes, técnica que por si só não contempla tal realidade subjetiva inerente ao contexto educacional.

A lógica *fuzzy* por fazer uso de termos linguísticos, se faz uma técnica adequada como o observado na literatura para contextos que envolvem informações vagas, subjetivas ou incompletas, como nos contextos educacionais.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de desenvolver um modelo de avaliação docente para o CEAD/Unimontes baseado na lógica *fuzzy*, incorporando os sete elementos que compõem o modelo de oferta de seus cursos.

Em conjunto com especialistas em educação a distância do CEAD/Unimontes um instrumento de coleta de dados foi elaborado com o objetivo de capturar a avaliação dos docentes do CEAD por parte de seus alunos. Então sistemas *fuzzy* foram modelados para avaliar individualmente cada um dos sete elementos que compõem o modelo de oferta do CEAD.

Médias aritméticas foram calculadas a partir das respostas dos acadêmicos a cada questão e posteriormente foram utilizadas como entrada dos sistemas *fuzzy*. Para cada elemento foi implementado um sistema *fuzzy* independente.

A avaliação fazendo uso da lógica *fuzzy* pôde ser confrontada ao método de avaliação atual. Foi possível observar divergências em todos os elementos avaliados, onde avaliações fazendo o uso de médias aritméticas tiveram maiores valores em relação às que faziam uso da lógica *fuzzy*. Sendo observada uma discrepância de até 0,184, observada nas avaliações referentes ao elemento salas virtuais e de pelo menos 0,051 observada no elemento *webinars*, diferença esperada pelo funcionamento do método de inferência utilizado que faz o uso de operações de mínimo para gerar o resultado de cada regra.

Tendo como objetivo desenvolver um modelo de avaliação docente na perspectiva discente baseado na lógica *fuzzy* que considera os elementos que compõem o

modelo de oferta do CEAD/Unimontes. Considera-se que o objetivo do trabalho foi alcançado.

Igualmente, os objetivos específicos de desenvolver um instrumento de coleta de dados para a avaliação docente e fornecer uma segunda visão analítica sobre estes mesmos dados coletados foram atendidos. Tais avaliações têm o potencial de colaborar com a gestão da EaD do CEAD/Unimontes.

Como trabalhos futuros tem-se o estudo da utilização de outras técnicas para o desenvolvimento da base de regras utilizada pelos sistemas *fuzzy*. Também se faz pertinente o estudo de abordagens com outros métodos de defuzzificação e com outras funções de pertinência. Como trabalho futuro tem-se também a implementação do sistema desenvolvido de maneira integrada ao sistema de pesquisas do CEAD/Unimontes.

REFERÊNCIAS

- 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> Acesso em: 14 out. 2019.
- BRASIL. **Lei 9394/1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional)**, 2017 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.
- BOGGINO, Norberto. A avaliação como estratégia de ensino. Avaliar processos e resultados, 2009. Disponível em: <http://sisifo.ie.ulisboa.pt/index.php/sisifo/article/view/150/255> Acesso em: 30 out. 2019.
- CASTANHEIRA, Ana Maria; CERONI, Mary Rosane. **REFLEXÕES SOBRE O PROCESSO DE AVALIAR DOCENTE CONTRIBUINDO COM SUA FORMAÇÃO**, 2007, Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aval/v12n4/a09v12n4.pdf> Acesso em: 30 out. 2019.
- COSTA, Kelle C.F da . *et al.* **Acompanhamento do estudante em ambientes de aprendizagem utilizando Lógica Fuzzy**, 2006, Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/911/897> Acesso em: 28 nov. 2018.
- Eli, Bressert. **Scipy and NumPy**, 2012. Disponível em: <http://astronomi.erciyes.edu.tr/wp-content/uploads/astronom/pdf/SciPy%20and%20NumPy%20-%20Eli%20Bressert.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.
- FABRI, José Augusto; FABRI, Marília GS. **Ferramenta Fuzzy para Acompanhamento do Desempenho dos alunos nos Cursos a Distância**, 2012 Disponível 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. Disponível 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 *et al.* **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.
- GAVIÃO, Luiz Octavio; LIMA, Gilson Brito Alves. **Indicadores de sustentabilidade para a educação básica por modelagem fuzzy**. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/15416/pdf> Acesso em: 30 out. 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMIDE, Fernando Antonio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. **Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy**, 1994. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c4ea/4484bdd2449053d7b7384b05c0e2def86449.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

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.

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

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

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

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

L'ERARIO, Alexandre; FABRI, José Augusto. **Um método de avaliação docente utilizando lógica fuzzy**. In X Congresso Argentino de Ciencias de la Computación, 2004. Disponível em: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22428/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 10 out. 2019.

LITTO, Frederic M.; FORMIGA, Marcos. **EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: o estado da arte**. São Paulo: Pearson, 2012.

LOPES, Robson S. *et al.* **Um Sistema de Avaliação em EAD Baseado em Lógica Fuzzy**, 2008. Disponível em: http://www.proativa.virtual.ufc.br/sbie/CD_ROM_COMPLETO/sbie_posters/Um%20Sistema%20de%20Avaliao%20em%20EAD.pdf Acesso em: 10 out. 2019.

MARRO, Alessandro Assi *et al.* **Lógica fuzzy: conceitos e aplicações**. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32652606/texto_fuzzy.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWO WYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543574461&Signature=u7AKxv%2FCkuamq6WG%2BlseJ9V2agY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTexto_fuzzy.pdf Acesso em: 28 nov. 2018.

MENDONÇA, Marcio *et al.* **Fuzzy cognitive maps applied to student satisfaction level in an university**, 2015. 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.

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.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina**, 2001. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~tonelli/verao-fuzzy/neli/principal.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

PAIXÃO, Roberto Brasileiro; Almeida, Bonifácio Chades de. **Avaliação docente pelo discente: análise das percepções de utilização ideal e efetiva**, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/26769> Acesso em: 30 de out. 2019.

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.

RISSOLI, Vandor Roberto Vilardi; SANTOS, Giovanni Almeida. **Um Assistente Inteligente Fuzzy no Acompanhamento da Aprendizagem Significativa**, 2011. Disponível em:

https://www.dimap.ufrn.br/csbc2011/anais/eventos/contents/ENIA/ENIA_Sessao_Poster_Artigo_10_Rissoli.pdf
Acesso em: 28 nov. 2018.

SANDRI, Sandra; CORREA, Cláudio. **Lógica Nebulosa**, 1999. Disponível em:
<http://www.ele.ita.br/cnrrn/minicursos-5ern/log-neb.pdf> Acesso em: 10 out. 2019.

SILVA, Danile Scherre Garcia da; Matos, Poliana Michetti de S.; Almeida, Daniel Manzoni. **Métodos avaliativos no processo de ensino e aprendizagem: uma revisão**, 2014. Disponível em:
<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/4651/3497> Acesso em: 10 out. 2019.

TANSCHKEIT, 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**, 2014. 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**, 2004. 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.

VOSKOGLU, Michael Gr. **Fuzzy logic and uncertainty in mathematics education**, 2011. 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.

WATANABE, Ricardo Augusto. **Um Estudo sobre um Método de Defuzzificação para Eventos Fuzzy em Sistemas Baseados em Regras**, 2016. Disponível em:
http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/307050/1/Watanabe_RicardoAugusto_M.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.

ZADEH, Lofti. **A. Fuzzy Sets**, 1965. Disponível em:
<https://www.robertmarks.org/Classes/ENGR5358/Papers/Zadeh1965/ZadehPaper65.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

APÊNDICE – BASES DE REGRAS

Base de regras – dimensão videoaulas

```

regras_da_dimensao_video_aulas = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA] ]

```

Base de regras – dimensão atividades colaborativas

```

regras_da_dimensao_atividades_colaborativas = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [BAIXO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA] ]

```

Base de regras – dimensão atividades individuais

```

regras_da_dimensao_atividade_individual = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA] ]

```

Base de regras – dimensão fóruns de discussão

```

regras_da_dimensao_foruns_de_discussao = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, ALTO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [BAIXO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA] ]

```


Base de regras – dimensão webinars

```

regras_da_dimensao_webinars = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA] ]

```

Base de regras – avaliações presenciais

```

regras_da_dimensao_avaliacoes_presenciais = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [BAIXO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, ALTO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, ALTO, MEDIO, BAIXO, MEDIA],
    [ALTO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA] ]

```

Base de regras – salas virtuais

```

regras_da_dimensao_salas_virtuais = [
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, MEDIO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [MEDIO, BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, BAIXA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, BAIXO, MEDIO, MEDIA],
    [BAIXO, BAIXO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIO, MEDIA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, MEDIA, MEDIA, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTO, MEDIO, ALTA],
    [ALTO, MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTO, ALTO, ALTA],
    [BAIXO, ALTO, ALTO, MEDIO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [ALTO, BAIXO, MEDIO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [BAIXO, MEDIO, BAIXO, ALTO, MEDIO, ALTO, ALTA],
    [MEDIO, BAIXO, ALTO, ALTO, BAIXO, ALTO, ALTA] ]

```