

**MODELAGEM FUZZY PARA AUXILIAR NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO
ESCOLAR**

FUZZY MODELING TO ASSIST IN ASSESSING SCHOOL PERFORMANCE

MODELADO DIFUSO PARA AYUDAR A EVALUAR EL RENDIMIENTO ESCOLAR

 <https://doi.org/10.56238/arev8n2-082>

Data de submissão: 16/01/2026

Data de publicação: 16/02/2026

Eder Pereira Neves

Professor Doutor

Instituição: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia

E-mail: ederpereira@uems.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9645-7061>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9073897243858609>

Vitor Gabriel Reis Leal

Graduando em Matemática

Instituição: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia

E-mail: vitorreislealsj@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-9529-4907>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4863590669467256>

Marco Aparecido Queiroz Duarte

Professor Doutor

Instituição: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia

E-mail: marco@uems.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2494-448X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7136548365945817>

Regina Litz Lamblém

Professora Doutora

Instituição: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia

E-mail: lamblem@uems.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6354-7375>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9806803051844758>

Irene Coelho de Araújo
Professora Doutora
Instituição: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária
de Cassilândia
E-mail: irene@uembs.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0624-1919>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8521076194875513>

RESUMO

A avaliação escolar continua sendo um dos grandes desafios para aferir o desempenho de estudantes. Entre os tipos de avaliação destacam-se as avaliações objetivas, de caráter quantitativo, e as avaliações subjetivas, consideradas qualitativas. Um dos desafios da educação é mensurar esses dois critérios, atribuindo ao aluno uma avaliação substancial. Diante desse cenário, no presente trabalho é apresentado um modelo fuzzy capaz de integrar dados objetivos e subjetivos na aferição do desempenho escolar. O modelo proposto incorpora três critérios, Frequência, Nota e Participação, combinados em um conjunto de 27 regras e aplicado por meio de um sistema de inferência Takagi-Sugeno. A eficiência do modelo é comprovada por meio de testes, cujos resultados apontam consistência entre as variáveis avaliativas utilizadas na modelagem. Além de constituir uma importante ferramenta para auxiliar o professor em suas decisões avaliativas, o modelo permite ajustes em seus parâmetros e variáveis, podendo ser adaptado a novos contextos educacionais.

Palavras-chave: Métricas Educacionais. Tomada de Decisão. Indicadores de Aprendizagem.

ABSTRACT

School assessment remains one of the major challenges in measuring student performance. Among the types of assessment, objective assessments, of a quantitative nature, and subjective assessments, considered qualitative, stand out. One of the challenges in education is measuring these two criteria, assigning a substantial evaluation to the student. In this context, this work presents a fuzzy model capable of integrating objective and subjective data in measuring school performance. The proposed model incorporates three criteria: Attendance, Grade, and Participation, combined into a set of 27 rules and applied through a Takagi-Sugeno inference system. The model's efficiency is proven through tests, whose results indicate consistency between the evaluative variables used in the modeling. In addition to being an important tool to assist teachers in their evaluative decisions, the model allows adjustments to its parameters and variables, and can be adapted to new educational contexts.

Keywords: Educational Metrics. Decision Making. Learning Indicators.

RESUMEN

La evaluación escolar sigue siendo uno de los principales desafíos para medir el rendimiento estudiantil. Entre los tipos de evaluación, destacan las evaluaciones objetivas, de naturaleza cuantitativa, y las evaluaciones subjetivas, consideradas cualitativas. Uno de los desafíos en educación es medir estos dos criterios, asignando una evaluación sustancial al estudiante. En este contexto, este trabajo presenta un modelo difuso capaz de integrar datos objetivos y subjetivos en la medición del rendimiento escolar. El modelo propuesto incorpora tres criterios: Asistencia, Calificación y Participación, combinados en un conjunto de 27 reglas y aplicados mediante un sistema de inferencia Takagi-Sugeno. La eficacia del modelo se demuestra mediante pruebas, cuyos resultados indican la consistencia entre las variables evaluativas utilizadas en el modelado. Además

de ser una herramienta importante para ayudar al profesorado en sus decisiones evaluativas, el modelo permite ajustes en sus parámetros y variables, y puede adaptarse a nuevos contextos educativos.

Palabras clave: Métricas Educativas. Toma de Decisiones. Indicadores de Aprendizaje.

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos métodos que procuram avaliar o desempenho escolar dos alunos. Entre os métodos de avaliação, destacam-se os métodos objetivos, considerados quantitativos, que buscam mensurar o aprendizado por meio de instrumentos padronizados, como provas, testes e trabalhos escritos, e os métodos subjetivos, que consideram aspectos qualitativos do processo educativo, como a participação, o interesse, o esforço e o engajamento do estudante nas atividades propostas. Conner *et al.* (2024) defendem uma abordagem metodológica que integra métodos quantitativos e qualitativos na avaliação educacional, articulando-os a uma proposta centrada nas Práticas de Participação dos Alunos (PPA). Segundo os autores, reconhecer o estudante como sujeito ativo do processo de ensino e aprendizagem, valoriza não apenas os resultados mensuráveis do desempenho escolar, mas também aspectos qualitativos, como o envolvimento, a colaboração, o senso de pertencimento e a capacidade de reflexão crítica.

Segundo Kearney *et al.* (2022), a frequência regular dos alunos às atividades escolares constitui um elemento fundamental no processo educativo. Sälzer *et al.* (2024) afirmam que, ao acompanhar sistematicamente a frequência escolar, as instituições podem implementar medidas preventivas e intervenções adaptadas às necessidades específicas dos alunos em situação de risco. Os autores destacam que tais medidas possibilitam a identificação precoce de padrões de ausência e favorece ações pedagógicas direcionadas, promovendo, em última instância, o engajamento estudantil e a melhoria do desempenho escolar.

As avaliações escritas objetivas são importantes e desempenham um papel relevante no contexto escolar, uma vez que estão presentes em praticamente todas as etapas da educação. Para Fernandes (2019), esse tipo de abordagem é amplamente utilizado por professores e por sistemas de avaliação em larga escala. Apesar de seu papel de destaque no processo de ensino e aprendizagem, esse instrumento, isoladamente, não consegue mensurar plenamente o desempenho do aluno (Murphy *et al.*, 2023).

A frequência dos alunos, as avaliações escritas quantitativas e a participação constituem critérios tanto objetivos quanto subjetivos para descrever o desempenho escolar, o qual ainda representa um desafio para a maioria dos professores mensurar (Sälzer *et al.*, 2024).

Levando em conta esses critérios, este trabalho tem como objetivo elaborar um Sistema Baseado em Regras Fuzzy para contribuir na avaliação do desempenho escolar.

Inicialmente proposto por Zadeh (1965), um sistema fuzzy permite lidar com variáveis de naturezas distintas, ao contrário da grande maioria dos modelos matemáticos que não estabelece conexões entre suas teorias (Saatchi, 2024). Assim, este estudo tem como base a lógica fuzzy, por se

tratar de um recurso especialmente útil na avaliação escolar, uma vez que combina critérios objetivos, como notas e frequência, com critérios subjetivos, como participação.

Ao atribuir graus de pertinência a cada variável e aplicar regras fuzzy, é possível gerar uma análise integrada e mais precisa do desempenho dos alunos, permitindo que professores tomem decisões pedagógicas fundamentadas em uma visão mais abrangente do processo de aprendizagem.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Os conceitos de lógica fuzzy foram desenvolvidos inicialmente pelo professor e engenheiro de sistemas Loft. A. Zadeh, na Universidade da Califórnia em Berkeley, durante a década de 1960 (Zadeh, 1965).

A lógica fuzzy se destaca como uma ferramenta importante para a modelagem matemática permitindo resolver problemas do mundo real, conectando variáveis subjetivas e objetivas que são características nestes tipos de aplicações (Bassanezi, 2015).

O campo de atuação da lógica fuzzy evoluiu e passou a ocupar uma posição de destaque nos estudos e aplicações em diversas áreas do conhecimento nas últimas décadas. Sua utilização em sistemas inteligentes reforça a importância e a contribuição desse avanço científico (Castillo; Valdez; Melin, 2024).

A lógica fuzzy é considerada uma técnica de inteligência artificial que utiliza variáveis linguísticos para realizar o raciocínio, o que facilita a análise e a interpretação de informações imprecisas.

Na lógica fuzzy o grau de pertinência indica a extensão em que um elemento x

pertence a um conjunto. Ele varia entre 0 e 1, onde 0 representa não pertencer e 1 representa pertinência total.

De maneira geral, se x pertence a um conjunto fuzzy A , seu mapeamento pode ser expresso como

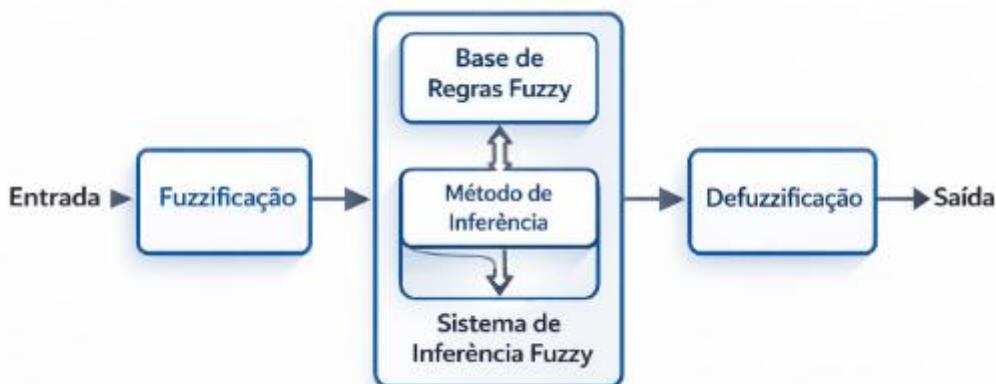
$$\begin{aligned} \mu_A(x) &\in [0, 1] \\ A &= (x, \mu_A(x) | x \in U) \end{aligned} \tag{1}$$

A base do sistema fuzzy está associada aos parâmetros e às formas das funções de pertinência, uma vez que estas representam o conjunto fuzzy. Os principais SBRF são os modelos do tipo Mamdani e Takagi–Sugeno (Saatchi, 2024). A característica do modelo Mamdani é que tanto as condições quanto as ações são compostas por variáveis linguísticas, enquanto no modelo Takagi–

Sugeno apenas a ação (consequente) é adotada por funções matemáticas, geralmente lineares ou polinomiais.

Para Ross (2016) um SBRF também denominado como controlador fuzzy é constituído por três módulos principais como ilustrado na Figura. 1. O módulo de entrada denominado fuzzificação, o módulo de processamento constituído pela base de regras e um método de inferência associado e módulo de saída de defuzzificação.

Figura 1: Sistema Baseado em Regras Fuzzy.



Fonte: Construída pelos autores.

Uma aplicação da teoria da lógica fuzzy é o controlador SBRF que tem como característica modelar matematicamente uma determinada situação (Pedrycz; Gomide, 1998), (Camargos, 2002). Nele são definidas interfaces interdependentes que executam etapas importantes para composição de um modelo (Bemvenuti; Franz; Silva, 2022).

A interface de fuzzificação transforma as entradas em variáveis fuzzy por meio de uma função de pertinência (Bassanezi, 2015). Existem diversas formas de função de pertinência, as mais comuns são as triangulares, trapezoidais e gaussianas, representadas pelas equações (2), (3) e (4), respectivamente (Pedrycz; Gomide, 1998).

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

onde $\mu_A(x)$ representa o grau de pertinência da variável de entrada x ao conjunto fuzzy A . Os parâmetros a e c correspondem, respectivamente, aos limites inferior e superior do universo de discurso, nos quais o grau de pertinência é nulo $\mu_A(x) = 0$. O parâmetro b representa o valor central da função triangular, no qual a pertinência atinge seu valor máximo $\mu_A(x) = 1$. A função caracteriza-se por um crescimento linear no intervalo $[a, b]$ e por um decréscimo linear no intervalo $[b, c]$.

$$\mu_A(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c} \right), 0 \right) \quad (3)$$

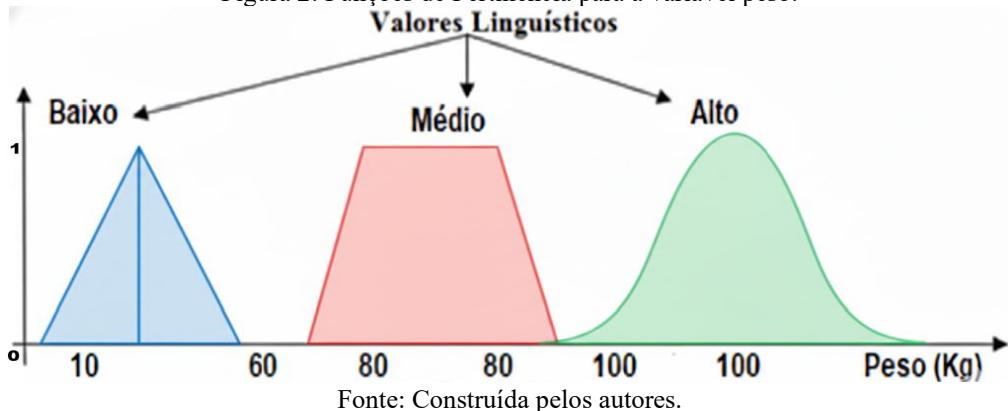
onde, no caso trapezoidal, os parâmetros a e d correspondem, respectivamente, aos limites inferior e superior do universo de discurso, para $\mu_A(x) = 0$. Os parâmetros b e c delimitam o intervalo central da função trapezoidal, no qual a pertinência assume seu valor máximo para $\mu_A(x) = 1$. A função caracteriza-se por um crescimento linear no intervalo $[a, b]$, permanece constante com pertinência máxima no intervalo $[b, c]$, e apresenta decréscimo linear no intervalo $[c, d]$.

$$\mu_A(x) = e^{-0,5 \cdot \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^2} \quad (4)$$

sendo que o parâmetro c corresponde ao valor central da função gaussiana, no qual a pertinência atinge seu valor máximo $\mu_A(x) = 1$. O parâmetro σ representa o desvio padrão, sendo responsável por controlar a largura e a dispersão da curva em torno do valor central.

Segundo Ross (2016), a função de pertinência pode ser construída com base na opinião de especialista de determinada área ou por algoritmos onde definem os intervalos dos conjuntos fuzzy/valores linguísticos que expressam o contexto de cada aplicação, como pode ser visto na Figura. 2.

Figura 2: Funções de Pertinência para a variável peso.



No próximo módulo o SBRF executa as proposições da base de regras SE -antecedente e Então - consequente das regras, por meio de um método de inferência. Os métodos mais comuns são o de Mamdani e o Takagi-Sugeno – TSK. Eles diferem na fase consequente das regras, o primeiro resulta em valores linguísticos enquanto o outro, em funções polinomiais. Um conjunto de regras R_j do tipo Mandani é expresso pela Equação (5).

$$R_j: SE A \text{ é } A_1^j \text{ e } B \text{ é } B_1^j \text{ ENTÃO } C \text{ é } C_1^j, j = 1, 2, 3, \dots, r, \quad (5)$$

onde A_1^j , B_1^j e C_1^j são os conjuntos fuzzy do j -ésimo antecedente e consequente respectivamente (Mamdani; Assilian, 1975).

Um TSK, representado pela Equação (6), possui um conjunto de regras R_j da seguinte forma

$$R_j: SE A \text{ é } A_1^j, \dots, A_r \text{ ENTÃO } f_j(A_1, \dots, A_n) = a_{j0} + a_{j1}A_1 + \dots + a_{jr}A_r, j = 1, 2, 3, \dots, r, \quad (6)$$

onde A_1^j, \dots, A_r^j são os antecedentes da regra e a_{j0}, \dots, a_{jr} são os parâmetros que definem o polinômio do consequente de cada regra (Sugeno; Kang, 1988).

Nas regras, os operadores lógicos *AND*, *OR* e *NOT* correspondem à interseção, união e complemento dos conjuntos, respectivamente. Os graus de verdade “*A AND B*”, “*A OR B*” e “*NOT A*” correspondem respectivamente a mínimo (*min*), máximo (*max*) e a negação dos graus de verdade dos conjuntos *A* e *B* e são representados pelas equações (7), (8) e (9).

$$\mu(A \text{ AND } B) = \min(\mu(A), \mu(B)) \quad (7)$$

$$\mu(A \text{ OR } B) = \max(\mu(A), \mu(B)) \quad (8)$$

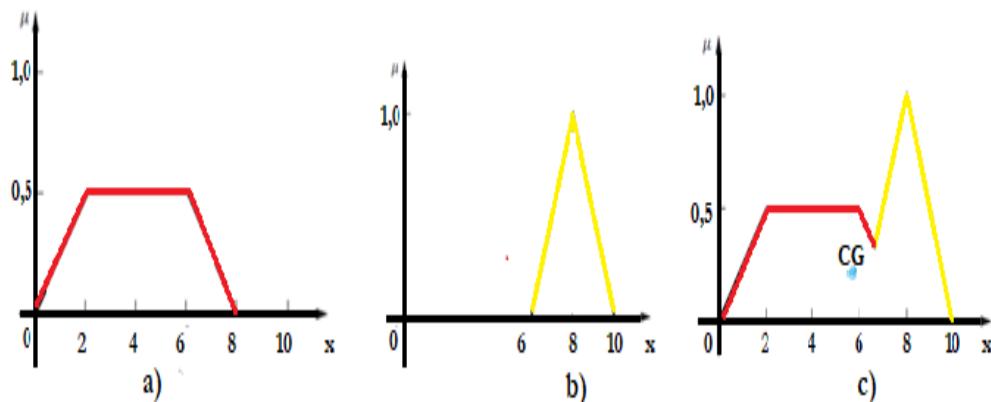
$$\mu(\text{NOT } A) = 1 - \mu(A) \quad (9)$$

A última etapa do SBRF é a defuzzificação, processo que transforma os valores fuzzy em números representativos ao contexto que está sendo abordado (Ross, 2016). Dentre as fórmulas que expressam a defuzzificação se destaca o método centroide - ou centro de gravidade – *CG*, em destaque na Equação (10).

$$CG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)}, \quad (10)$$

sendo $\mu(x)$ a função de pertinência, onde x descreve as inferências máximas e mínimas (max-min) entre as regras. O processo de agregação das regras é ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Funções de pertinência a) e b) e agregação c).



Fonte: Construída pelos autores.

2.2 MODELAGEM PROPOSTA

Para a aplicação de um SBRF na avaliação do desempenho escolar, foram escolhidas três variáveis que contemplam critérios objetivos e subjetivos das avaliações recorrentes realizadas em um determinado período. Assim, as variáveis linguísticas de entrada foram a Frequência (f) e a Nota de prova (n), como avaliações objetivas, e a Participação (p), como variável subjetiva. A variável de saída foi o Desempenho Escolar, atribuído em um intervalo da escala de zero a dez. A Figura 4 ilustra a arquitetura do sistema proposto.

Figura 4. Arquitetura do método proposto.



Fonte: Construída pelos autores.

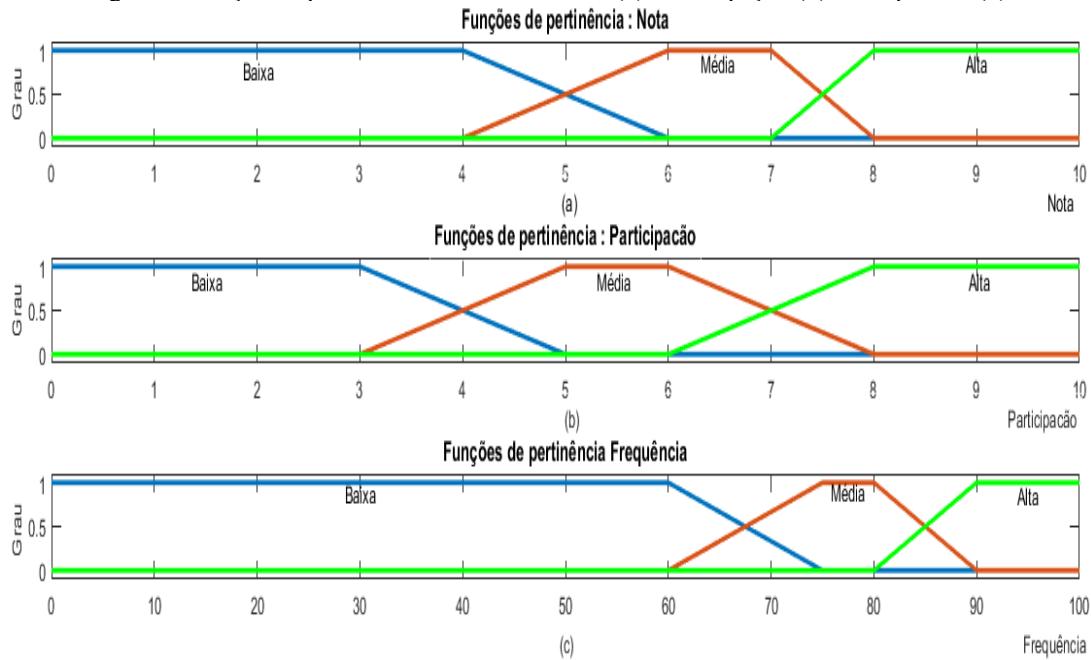
As variáveis de entrada são do tipo trapezoidal e estão representadas pelas Equações (11), (12) e (13). A variável Frequência varia no intervalo $[0, 100\%]$, enquanto Participação e Nota variam no intervalo $[0, 10]$. As funções de pertinência de entrada estão ilustradas na Figura. 5 (a), (b) e (c).

$$\mu_{frequênciia}(f): \left\{ \begin{array}{l} \textbf{Baixa} : \begin{cases} 1, & f \leq 60 \\ \frac{75-f}{15}, & 60 < f < 75 \\ 0, & f \geq 75 \end{cases} \\ \textbf{Média} : \begin{cases} 0, & f \leq 60 \\ \frac{f-60}{15}, & 60 < f < 75 \\ 1, & 75 \leq f \leq 80 \\ \frac{90-f}{10}, & 80 < f \leq 90 \\ 0, & f > 90 \end{cases} \\ \textbf{Alta} : \begin{cases} 0, & f \leq 80 \\ \frac{x-80}{10}, & 80 < f < 90 \\ 1, & f \geq 90 \end{cases} \end{array} \right. \quad (11)$$

$$\mu_{participaçāo}(p): \left\{ \begin{array}{l} \textbf{Baixa} : \begin{cases} 1, & p \leq 3 \\ \frac{5-p}{2}, & 3 < p < 5 \\ 0, & p \geq 5 \end{cases} \\ \textbf{Média} : \begin{cases} 0, & p \leq 3 \\ \frac{p-3}{2}, & 3 < p < 5 \\ 1, & 5 \leq p \leq 6 \\ \frac{8-p}{2}, & 6 < p < 8 \\ 0, & p \geq 8 \end{cases} \\ \textbf{Alta} : \begin{cases} 0, & p \leq 6 \\ \frac{p-6}{2}, & 6 < p < 8 \\ 1, & p \geq 8 \end{cases} \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\mu_{Nota}(n): \left\{ \begin{array}{l} \textbf{Baixa} : \begin{cases} 1, & n \leq 4 \\ \frac{6-n}{2}, & 4 < n < 6 \\ 0, & n \geq 6 \end{cases} \\ \textbf{Média} : \begin{cases} 0, & n \leq 4 \\ \frac{n-4}{2}, & 4 < n < 6 \\ 1, & 6 \leq n \leq 7 \\ \frac{8-n}{1}, & 7 < n < 8 \\ 0, & n \geq 8 \end{cases} \\ \textbf{Alta} : \begin{cases} 0, & n \leq 7 \\ \frac{n-7}{2}, & 7 < n < 8 \\ 1, & n \geq 8 \end{cases} \end{array} \right. \quad (13)$$

Figura 5: Função de pertinência de entrada: Nota (a), Participação (b) e Frequência (c)



Fonte: Construída pelos autores.

Dado que o sistema possui três variáveis de entrada e cada uma delas apresenta três variáveis linguísticas, obtém-se um total de 27 regras, que compõem a base de regras do sistema com o operador de intersecção “AND”, equivalente a “E”, constituindo as seguintes sentenças:

R-1: SE Nota é Baixa E Participação é Baixa E Frequência é Baixa ENTÃO Saída é 1.

R-2: SE Nota é Baixa E Participação é Baixa E Frequência é Média ENTÃO Saída é 1.

• • • •
 • • • •
 • • • •

R-27: SE Nota é Alta E Participação é Alta E Frequência é Alta ENTÃO Saída é 3.

Para melhor **organização** e identificação das relações entre as variáveis envolvidas, as regras do sistema em estudo são apresentadas de forma resumida na Tabela 1.

Tabela 1: Base de regras

R	N	P	F	D	R	N	P	F	D	R	N	P	F	D
1	1	1	1	1	10	2	1	1	2	19	3	1	1	3
2	1	1	2	1	11	2	1	2	2	20	3	1	2	3
3	1	1	3	1	12	2	1	3	2	21	3	1	3	3
4	1	2	1	1	13	2	2	1	2	22	3	2	1	3
5	1	2	2	1	14	2	2	2	2	23	3	2	2	3
6	1	2	3	1	15	2	2	3	2	24	3	2	3	3
7	1	3	1	1	16	2	3	1	2	25	3	3	1	3
8	1	3	2	1	17	2	3	2	2	26	3	3	2	3
9	1	3	3	1	18	2	3	3	2	27	3	3	3	3

Siglas: R- Regra, N- Notas, P-Participação e D-Desempenho

1-Baixo, 2-Médio e 3-Alto

Fonte: Autores.

A variável de saída, denominada Desempenho Escolar, varia no intervalo [0, 10]. Neste modelo, as notas Baixas, Médias e Altas estão associadas, respectivamente, às regras 1 a 9, 10 a 18 e 19 a 27. Para o modelo foi utilizado o método de inferência Takagi–Sugeno com saída linear dada pela Equação (14).

$$D_i = a * \text{Nota} + b * \text{Participação} + c * \text{Frequência} + d \quad (14)$$

Então cada regra i tem o mesmo consequente. Desta forma, os valores a , b , c e $d = 0$ correspondem os coeficientes lineares importantes para o comportamento do modelo.

A diferença entre as 27 regras está somente nos pesos w_i pois dependem das funções de pertinência das entradas dadas pela Equação (15).

$$\text{Desempenho} = \frac{\sum_{i=1}^{27} w_i \cdot D_i}{\sum_{i=1}^{27} w_i} \text{ com } w_i = \prod_{j=1}^3 \mu_{A_{ij}}(x_j) \quad (15)$$

onde $\mu_{A_{ij}}(x_i)$ função de pertinência da variável j na regra i e D_i consequente da regra i (constante).

A substituição da Equação (14) na Equação (15) resulta na Equação (16), que representa a defuzzificação método centróide aplicado após a agregação das regras.

$$\text{Desempenho} = \frac{\sum_{i=1}^{27} w_i \cdot (a * \text{Nota} + b * \text{Participação} + c * \text{Frequência})}{\sum_{i=1}^{27} w_i} \quad (16)$$

3 RESULTADOS

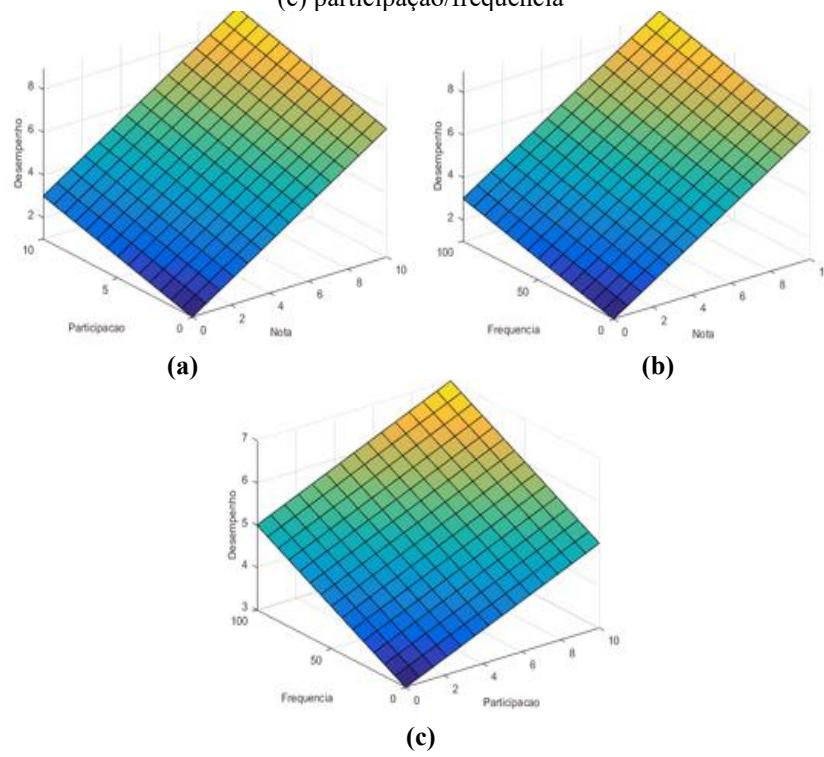
A implementação computacional do modelo foi realizada utilizando um software [JuzzyOnline](#), gratuitamente disponibilizado na web. Os coeficientes a , b , c e $d = 0$ da Equação linear (13) foram obtidos observando as saídas do modelo. Ao coeficiente a foi atribuído um valor 0,4, que representa

um peso maior em relação as outras notas, tendo ainda $b = 0,3$ e $c = 0,03$. Com estes coeficientes, a Equação (17) representa o consequente das regras do modelo proposto.

$$D_i = 0,4 * \text{Nota} + 0,3 * \text{Participação} + 0,03 * \text{Frequência} + 0 \quad (17)$$

Após a inserção das 27 regras que compõem a base de conhecimento do sistema, empregando o método de inferência Takagi–Sugeno e o método de defuzzificação centro de gravidade (centroide), obtiveram-se os mapas de contorno apresentadas na Figura. 5 (a), (b) e (c).

Figura 6: Mapa de contorno: (a) nota/participação, (b) nota/frequência e (c) participação/frequência



Fonte: Construída pelos autores.

Para demonstrar a eficiência do modelo proposto, foram testados 45 ternos de entrada, envolvendo Notas de provas objetivas, Frequência e Participação, sendo esta última considerada avaliação subjetiva. Os resultados são as saídas do sistema proposto fornecendo o Desempenho Escolar, com resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados do modelo para 45 alunos.

A	1E	2E	3E	S	A	1E	2E	3E	S	A	1E	2E	3E	S
1	10	10	100	10	16	6	9	35	6.45	31	6.5	0	60	3.75
2	4	8	60	6.20	17	4	6	45	4.95	32	9.5	2	20	4.25
3	5	6.5	100	7.10	18	1.5	4.5	80	4.65	33	8	8	30	6.50
4	3.5	8	80	6.65	19	5.5	2	90	5.15	34	3.5	7	80	6.25
5	8	7	65	7.15	20	6	1.5	70	4.50	35	2	5	70	4.70
6	9.5	2.5	40	5.05	21	7	3	10	3.60	36	2.5	3.5	40	3.35
7	2.5	10	90	7.45	22	8	0	25	3.15	37	9.5	4.5	90	7.35
8	1	8	40	4.70	23	3	10	35	5.95	38	10	1.5	60	5.40
9	0	4.5	30	2.70	24	2	8	65	5.75	39	6.5	6	40	5.55
10	7	7	55	6.55	25	5	9	20	5.70	40	7	9	50	7.20
11	2.5	2	10	1.85	26	8	7	10	5.50	41	8	8	20	6.20
12	1	7	20	3.70	27	3	7.5	70	6.00	42	6	4	10	3.70
13	4.5	5.5	80	5.95	28	2	6	90	5.70	43	3.5	3	30	3.15
14	7.5	7	90	7.75	29	1	3.5	100	4.70	44	4.5	7	20	4.75
15	9	8	100	8.90	30	4.5	1.5	40	3.15	45	4	5	70	5.30

A: Aluno, 1E: Participação, 2E: Notas, 3E: Frequência, S: Saída.

Fonte: Autores.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na Tabela 2 revelam uma importante relação entre avaliações objetivas e subjetivas. Pelos resultados observados, destaca-se que existem casos, como os dos alunos 7 e 37, em que uma Frequência alta eleva o Desempenho Escolar. Por outro lado, embora as notas de provas objetivas e a participação sejam altas, uma Frequência muito baixa pode levar o aluno a atingir apenas um desempenho escolar mediano, como pode ser observado no aluno 33 da Tabela 2.

O maior peso atribuído à variável Nota objetiva evidenciou sua importância, como no caso do aluno 6, cuja participação e frequência foram consideradas baixas. Os resultados apresentados na Tabela 2 comprovam que o Desempenho Escolar pode variar de mediano a bom quando duas variáveis são altas. Por outro lado, podem ocorrer quedas significativas no desempenho quando duas variáveis são altas e uma é baixa, como é o caso do aluno 41.

De forma habitual, os avaliadores recorrem à média aritmética para atribuir a nota final aos seus alunos. Quando se trata de notas que pertencem ao mesmo intervalo, é possível mensurar esse desempenho, como nos casos da nota objetiva e da participação subjetiva utilizadas neste modelo. A variável frequência foge dessa relação por apresentar um intervalo diferente, variando de 0 a 100%. Ainda assim, o modelo conseguiu justificar sua importância em relação às duas variáveis analisadas.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um modelo para avaliar o desempenho escolar dos alunos para quaisquer disciplinas.

O modelo fuzzy com inferência Takagi-Sugeno demonstrou elevada capacidade para integrar variáveis de natureza distintas tais como, Frequência, Nota e Participação, proporcionando uma avaliação mais adequadas e flexível do desempenho escolar. A estrutura do sistema permitiu representar relações não lineares entre as entradas, atribuindo pesos diferenciados conforme o grau de influência de cada variável no resultado.

Os experimentos mostraram que o modelo responde adequadamente a cenários em que discrepâncias entre Frequência, Participação e Notas impactam o desempenho final, evidenciando sua sensibilidade e coerência na interpretação das situações avaliadas. Dessa forma, o sistema apresenta-se como uma ferramenta robusta para apoio à tomada de decisão no ambiente educacional, contribuindo para avaliações mais consistentes.

O modelo, embora apresente resultados satisfatórios, permite ajustes, acréscimos de novas variáveis de avaliação, inclusão de novos conjuntos fuzzy e modificações nos coeficientes lineares, caso o avaliador julgue necessário.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul -UEMS pela concessão da bolsa de estudos, cujo apoio foi fundamental para a realização desta pesquisa, possibilitando o desenvolvimento do trabalho, a dedicação exclusiva às atividades acadêmicas e a obtenção dos resultados aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

- BASSANEZI, Rodney Carlos. Modelagem Matemática: teoria e prática. São Paulo: Contexto, 2015. 240 p. ISBN 978-85-7244-893-2.
- CAMARGOS, Fernando Laudares. Lógica Nebulosa: uma abordagem filosófica e aplicada. Florianópolis: UFSC, 2002.
- CASTILLO, O., VALDEZ, F., MELIN, P., DING, W. Uma pesquisa sobre sistemas de lógica fuzzy tipo-3 e suas aplicações de controle. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 11 (8), 1744-1756, 2024.
- CONNER, Jerusha et al. How teachers' student voice practices affect student engagement and achievement: exploring choice, receptivity, and responsiveness to student voice as moderators. *Journal of educational change*, v. 26, n. 1, p. 89-118, 2025.
- FERNANDES, Domingos. Avaliações externas e aprendizagens dos alunos: uma reflexão crítica. *Linhas Críticas*, v. 25, 2019.
- FRANZ, L. A. dos S.; SILVA, M. A. G.; BEMVENUTI, R. H. Aplicação da Lógica Fuzzy na Segurança e Saúde do Trabalho. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, Curitiba, v. 10, n. 17, p. 97–112, jul. 2022.
- JuzzyOnline – Fuzzy Logic Toolbox. Disponível em: <https://juzzyonline.com>. Acesso em: 03 fev. 2026.
- PEDRYCZ, Witold; GOMIDE, Fernando. Uma introdução aos conjuntos fuzzy: análise e projeto. MIT Press, 1998.
- KEARNEY, Christopher A.; BENOIT, Laelia; GONZÁLVEZ, Carolina; KEPPENS, Gil Antoine. School attendance and school absenteeism: A primer for the past, present, and theory of change for the future. *Frontiers in Education*, Lausanne, v. 7, p. 1044608, nov. 2022.
- MAMDANI, Ebrahim H.; ASSILIAN, Sedrak. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.
- MURPHY, Dillon H.; LITTLE, Jeri L.; BJORK, Elizabeth L. O valor do uso de testes na educação como ferramentas para a aprendizagem — e não apenas para a avaliação. *Educational Psychology Review*, v. 35, n. 3, p. 89, 2023.
- ROSS, Timothy J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. Chichester: Wiley, 2016.
- SAATCHI, Reza. Fuzzy logic concepts, developments and implementation. *Information*, v. 15, n. 10, 2024.
- SÄLZER, Christine; RICKING, Heinrich; FELDHAUS, Michael. Abordando o absenteísmo escolar por meio do monitoramento: uma revisão de políticas e práticas educacionais baseadas em evidências. *Education Sciences*, v. 14, n. 12, p. 1365, 2024.

KANG, Geun-Taek; SUGENO, Michio. Fuzzy modelling. *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*, v. 23, n. 6, p. 650-652, 1987.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. *Information and Control*, Londres, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965.