



# UMA ANÁLISE FUZZY DO ENEM COMO UM SISTEMA FUZZY<sup>1</sup>

Micaeli Meira Queiroz<sup>2</sup>, Alexandra Oliveira Andrade<sup>3</sup>

**Resumo:** O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é uma das avaliações mais importantes do Brasil, devido à sua aplicação em grande escala e ao uso da nota para a entrada em Instituições do Ensino Superior. O seguinte trabalho teve como objetivo principal analisar o processo de avaliação de um candidato do ENEM com um olhar Fuzzy. Para isso, foi realizado um estudo sobre a Teoria de Resposta ao Item (TRI) utilizado no ENEM para o cálculo final da nota final atribuída à um participante, com base nos itens respondidos da prova. Para a análise fuzzy da TRI, foi necessário o estudo da noção da Lógica Fuzzy, funções de pertinência e conjuntos fuzzy. Concluiu-se que a Teoria de Resposta ao Item se assemelha com um Sistema Fuzzy pois permite a avaliação mais justa de um candidato, baseando-se em seus traços latentes, dessa mesma forma, pode-se dizer que a Lógica Fuzzy também permite a criação de um sistema mais justo para a avaliação de candidatos.

**Palavras-chave:** ENEM. Lógica Fuzzy. TRI.

## A FUZZY ANALYSIS OF ENEM AS A FUZZY SYSTEM

**Abstract:** The National High School Exam (ENEM) is one of the most important assessments in Brazil, due to its large-scale application and the use of the grade for entry into Higher Education Institutions. The following work had as main objective to analyze the evaluation process of an ENEM candidate with a Fuzzy look. For this, a study was carried out on the Item Response Theory (IRT) used in ENEM for the final calculation of the final grade attributed to a participant, based on the answered items of the test. For the fuzzy analysis of IRT, it was necessary to study the notion of Fuzzy Logic, membership functions and fuzzy sets. It was concluded that the Item Response Theory is similar to a Fuzzy System because it allows a fairer evaluation of a candidate, based on its latent traits, in the same way, it can be said that Fuzzy Logic also allows the creation of of a fairer system for the evaluation of candidates.

**Keywords:** ENEM. Fuzzy Logic. TRI.

### Introdução

O ENEM é uma das avaliações mais importantes do país por ser aplicada em grande escala, possui um processo rigoroso de aplicação para evitar possíveis fraudes e utiliza um método especial para o cálculo da nota final. Esse método tem base na Teoria de Resposta ao Item (TRI) que permite calcular, de forma mais justa, a nota de cada participante.

Da mesma forma que a TRI foi uma revolução para os métodos de avaliação, pode-se dizer que a Lógica Fuzzy também foi para o meio computacional. Esta teoria se baseia em uma lógica multivalorada que, por sua vez, constrói uma teoria matemática utilizando de funções de pertinência.

---

<sup>1</sup> Pesquisa Financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq).

<sup>2</sup> Graduanda de Licenciatura em Matemática na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Contato: micaeliqueiroz11@gmail.com.

<sup>3</sup> Professora titular da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas. Contato: alexsandraOandrade@gmail.com.



No final dos anos 60, Lofti A. Zadeh, um professor do Departamento de EE/CS na Universidade da Califórnia em Berkeley, formulou uma expansão das lógicas clássica e multivalorada conhecida como lógica fuzzy. O esquema usa a mesma ideia básica da probabilidade de que um evento pode ter probabilidade entre 1 (certo de ocorrer) e 0 (certo de não ocorrer). Esta gradação de probabilidade é aplicada em lógica, criando graus de verdade que são aplicados para variáveis.

A Lógica Fuzzy permite a criação de modelos e sistemas que usem variáveis linguísticas que permitem programas de computadores identificarem coisas pré-definidas pelo homem. Desta forma, pode-se dizer que a Lógica fuzzy possibilita a criação de modelos inteligentes, e numa perspectiva de avaliação mais justa.

Com isso, o objetivo geral desse trabalho foi analisar, com um olhar Fuzzy, a Teoria de Resposta ao Item (TRI) que é utilizada para cálculo da nota final do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

### **Material e Métodos**

A seguinte pesquisa é de cunho qualitativo e foi dividida em dois momentos. O primeiro momento foi desenvolvido no primeiro semestre e foi destinado ao estudo da TRI, do ENEM e de como a TRI é utilizada no ENEM para atribuir uma nota final com base nas respostas de cada item de um participante. Todo o processo da pesquisa foi teórico e contamos com a ajuda de materiais encontrados na Internet, bem como artigos, dissertações e livros.

O segundo momento foi dedicado ao estudo da Lógica Fuzzy (em particular, conjuntos e funções de pertinência) e buscou-se maneiras de analisar a TRI usada no ENEM como um sistema fuzzy.

Para entender um pouco sobre a história do ENEM, estudamos os documentos oficiais disponibilizados pelo Governo Federal no site do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira).

A TRI permite a criação de um modelo matemático de equação que faça o cálculo da nota final de um participante levando em consideração o nível da questão, o grau de proficiência e os traços latentes de um indivíduo (características que não são facilmente identificáveis). Por isso, se diferencia da Teoria Clássica dos Testes que avalia uma pessoa com base em suas respostas corretas ou erradas em provas objetivas, a TCT não permite identificar os traços latentes de um indivíduo, o que torna menos justo com um participante.

Assim como a TRI permite observar os traços latentes de um indivíduo com base nas respostas de itens de uma determinada avaliação, pode-se ver que desta forma, a Lógica Fuzzy permite que pesquisadores modelem matematicamente, usando o rigor matemático, informações que não são precisas no mundo, bem como, as expressões verbais. Ou seja, com a lógica fuzzy, há a possibilidade de usar expressões da comunicação humana em uma linguagem computacional inteligente.

A pesquisa teve como base o trabalho (TAKAKI 2020) que concebeu um sistema baseado em regras fuzzy o qual foi combinado com a teoria de resposta ao item e teve como saída o estado cognitivo de conteúdos matemáticos inferido para cada competência de área da matemática usada pelo ENEM. Diante disso, com a participação de especialistas da educação matemática, foi possível construir um sistema capaz de melhorar o processo de avaliação dos conhecimentos matemáticos dos discentes submetidos a pesquisa, o que pode identificar com maior eficácia os traços latentes destes estudantes.

## Resultados e discussão

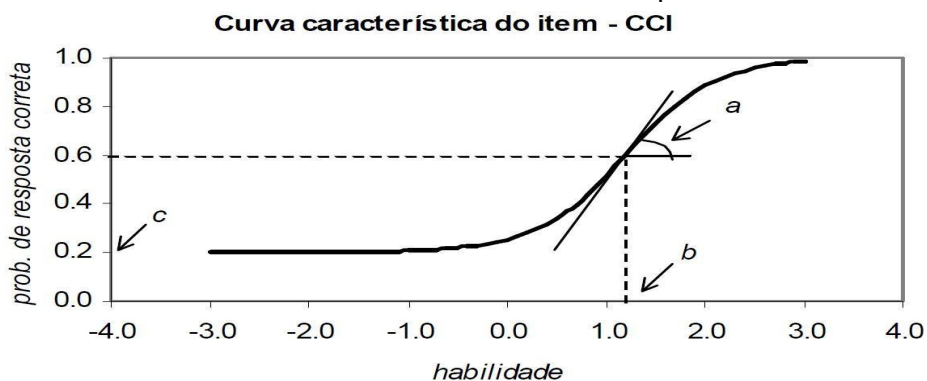
Pode-se dizer que a lógica Fuzzy pode ser usada para criar programas que tomem decisões semelhantes às decisões do ser humano, ou seja, decisões mais subjetivas. Dessa forma, pensar nas possibilidades do uso da Lógica Fuzzy em avaliações, abre espaço para deduções inteligentes a cerca de uma pessoa que está sendo avaliada com base em respostas de um teste.

Semelhantemente, a TRI é uma forma mais justa de avaliar pessoas, pois esta não se baseia apenas em respostas dos itens em verdadeiro ou falso. Mas também em traços latentes dos participantes. Para PASQUALI (2009), “(...) Quando estas relações são expressas numa equação matemática, constando de variáveis e de constantes, temos um modelo ou teoria do traço latente.” (PASQUALI, p. 102)

A equação matemática usada pelo ENEM tem como base a função logística de 3 parâmetros desenvolvida por Birnbaum (1968):

- I. parâmetro a: **poder de discriminação** que cada questão possui para diferenciar os alunos que dominam ou não a habilidade exigida em cada item;
- II. parâmetro b: **dificuldade**;
- III. parâmetro c: a **probabilidade de acerto ao acaso**.

**FIGURA 01.** Curva Característica do Item com os parâmetros a, b e c.



Fonte: ANDRADE, 2000.

Para calcular a nota de um participante, com na função monotônica logística de Birnbaum, é preciso considerar os três parâmetros. Para encontrar a probabilidade  $P$  de uma resposta correta do participante  $j$  ao item  $i$  ( $u_{ji} = 1$ ), em função do parâmetro de proficiência  $\theta_j$  e dos parâmetros do item  $a_i$ ,  $b_i$  e  $c_i$  é dada por:

$$P(U_{ij} = 1 | \theta_j, a_i, b_i, c_i) = c_i + \frac{1 - c_i}{1 + e^{-a_i(\theta_j - b_i)}} \text{ com } i = 1, 2, \dots, l \text{ e } j = 1, 2, \dots, n.$$

Para se obter a nota do participante do Enem, basta estimar (encontrar) o valor do parâmetro  $\theta$ , que representa a nota do participante, levando em consideração o vetor de respostas dele e os parâmetros dos itens que compõem a prova.

Um dos processos da montagem da prova do ENEM começa com a seleção de questões, onde são classificadas com o nível e habilidade requerida. Desde essa etapa, pode-se analisar como Lógica Fuzzy pois leva em consideração o nível de dificuldade de cada questão em variáveis linguísticas “fácil”, “médio” e “difícil”.

Portanto, levando em consideração as variáveis linguísticas quanto ao nível de dificuldades, a TRI consegue distinguir se um candidato domina ou não as habilidades de cada item. Tal como considerar o acerto ao acaso: se o candidato acertou uma questão difícil e errou uma questão fácil, então são grandes as possibilidades do



acerto ao acaso. Usando ainda mais lógica: se o candidato acertou uma questão difícil e acertou uma questão fácil então ele possivelmente domina as habilidades requeridas para cada questão.

Desta forma, a TRI toma decisões mais justas e inteligentes acerca da proficiência de um candidato, sendo desta forma, semelhantes ao uso da lógica fuzzy.

Portanto, levando em consideração as variáveis linguísticas quanto ao nível de dificuldades, a TRI consegue distinguir se um candidato domina ou não as habilidades de cada item. Tal como considerar o acerto ao acaso: se o candidato acertou uma questão difícil e errou uma questão fácil, então são grandes as possibilidades do acerto ao acaso. Usando ainda mais lógica: se o candidato acertou uma questão difícil e acertou uma questão fácil então ele possivelmente domina as habilidades requeridas para cada questão.

Desta forma, a TRI toma decisões mais justas e inteligentes acerca da proficiência de um candidato, sendo desta forma, semelhantes ao uso da lógica fuzzy.

### **Conclusões**

Percebeu-se que todo esse processo de avaliação usado no ENEM pode ser analisado por uma perspectiva Fuzzy. Fazendo comparações, pode-se dizer que a TRI considera variáveis linguísticas quanto ao nível de dificuldade de cada item da prova do ENEM e relaciona com as habilidades requeridas. E com base nessas variáveis linguísticas, consegue distinguir se um candidato domina ou não a habilidade do item, a partir dos 3 parâmetros de poder de discriminação, dificuldade e probabilidade de acerto ao acaso.

### **Referências Bibliográficas**

1. GOVERNO FEDERAL. **gov.br**, 2019. **Enem : histórico**. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/historico>. Acesso em: 03, fev. de 2022.
2. PASQUALI, Luiz; PRIMI, Ricardo. **Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI**. Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment, v. 2, n. 2, p. 99-110, 2003.
3. TAKAKI, Patrícia et al. **AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA DE CONHECIMENTOS MATEMÁTICOS UTILIZANDO LÓGICA FUZZY E TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM**. Educação: Diálogos convergentes e articulação interdisciplinar, p. 1-388–416. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/54194>. Acesso em: 09, nov. de 2021.
4. TAKAKI, Patrícia et al. **Lógica Fuzzy na Avaliação Diagnóstica de Conhecimentos Matemáticos**. Congresso Internacional de Educação e Tecnologias. 2020.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa. À professora Alexsandra Oliveira Andrade pela orientação. Ao professor Roque Mendes Trindade pela colaboração com o trabalho. Aos colegas de estudo, Alexandre e Rogério, do Laboratório de Processamento de Imagem Computacional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB pelo apoio.