

PROPOSTA PARA MONITORAMENTO DE COMPETÊNCIAS E SELEÇÃO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO PARA CURSOS SUPERIORES E TÉCNICOS POR ANÁLISE MULTICRITÉRIOS, UTILIZANDO O MÉTODO *FUZZY TOPSIS*

Francisco José Martins¹

RESUMO

Diante das novas tecnologias e cenários de atuação para as empresas cada vez mais dinâmicos e globalizados, de alta competitividade na oferta de produtos e serviços, com inovações cada vez mais rápidas e necessárias para o crescimento e sobrevivência nos negócios, há o reflexo no mercado de trabalho tornando-o também mais exigente quanto às competências dos novos profissionais e o aprimoramento constante dos atuais, assim como a formação escolar preparatória dos estudantes, os modelos de ensino-aprendizagem e as avaliações de desempenho individual. O presente estudo tem o objetivo geral de aplicar o método de análise multicritérios *Fuzzy-TOPSIS* (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) em uma situação de seleção de alunos do ensino médio numa instituição educacional, para a sequência em cursos superiores e técnicos na mesma instituição, associando o perfil do aluno em relação aos cursos em três áreas de carreiras: Exatas, Humanas e Biológicas. Para isso, considerou-se a avaliação dos alunos com base nos respectivos históricos escolares de desempenho trabalhados e avaliados nas competências descritas na Teoria do CHA (Conhecimento, Habilidade e Atitude). Dentre os diversos métodos de análise multicritérios aplicáveis para a tomada de decisões, o método *Fuzzy-TOPSIS* foi escolhido por possibilitar avaliar os pesos dos critérios e as pontuações dos alunos de acordo com os julgamentos linguísticos de especialistas e professores, além de possibilitar o uso de uma quantidade não limitada de critérios e de alternativas de alunos. Uma aplicação ilustrativa foi desenvolvida com base numa amostra de alunos e respectivas avaliações, onde verificou-se a viabilidade de uso do método, com devidos estudos complementares e possíveis ajustes de refinamento nos critérios e pesos, promovendo as competências dos alunos e o direcionamento de carreiras alinhadas com o preparo e aptidões dos mesmos, tornando de forma mais assertiva não somente o processo de seleção, mas o rendimento nos cursos superiores e técnicos e a oferta dos futuros profissionais no mercado, alinhado com a realização e expectativas dos alunos e empresas.

Palavras-chave: ensino-aprendizagem; conhecimento; habilidade; atitude; *Fuzzy-TOPSIS*; métodos multicritério.

ABSTRACT

In the face of companies acting in new technologies and business scenarios increasingly dynamic and globalized, highly competitive in offering products and services, with ever faster innovations required for business growth and survival, there is a greater demand in terms of the competencies of the new professionals and the constant improvement of current ones, as well as students' preparatory education, teaching-learning models and individual performance evaluations. The present study has the general objective of applying the *Fuzzy-TOPSIS* (*Technique for Order of Similarity to Ideal Solution*) multicriteria analysis method in a high school students selection situation in an educational institution, for the sequence in higher and technician education courses in the same institution, associating the student profile in relation to the courses in three career areas: Exact, Human and Biological. For this, it was considered

¹ Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos-UFSCar; professor na Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga-FATEC e no Instituto Federal de São Paulo-IFSP; E-mail: martinsfrancisco@hotmail.com.

the evaluation of the students based on their school records of performance worked and evaluated in the competences described in the theory of CHA (Knowledge, Skill and Attitude). Among the various multicriteria analysis methods applicable for decision making, the Fuzzy-TOPSIS method was chosen because it allows to evaluate the weights of the criteria and the students' scores according to linguistic judgments of specialists and teachers, besides allowing the use of an unlimited amount of criterias and student alternatives. An illustrative application was developed based on a sample of students and their assessments, which verified the feasibility of using the method, with appropriate complementary studies and possible refinement adjustments in the criterias and weights, promoting students' skills and career paths aligned with their preparation and skills, making more assertive not only the selection process, but the performance in higher and technical courses and the supply of future professionals in the market, aligned with the achievement and expectations of students and businesses.

Keywords: teaching-learning; knowledge; skill; attitude; Fuzzy-TOPSIS; multicriteria decision making methods.

1 Introdução

Com o acesso ao conhecimento existente facilitado pelas novas tecnologias de informação, verifica-se uma busca e valorização de outras competências relacionadas à sua compreensão e utilização na criação e ampliação de novos conhecimentos que ajudem as empresas em diferenciação, sobrevivência e crescimento. Na seleção de profissionais, verifica-se cada vez mais avaliações de habilidades e atitudes complementares no perfil dos candidatos. Na educação e formação dos novos estudantes e profissionais, o preparo também requer o desenvolvimento dessas competências complementares, sendo o foco de muitos estudos, revisões constantes de métodos de ensino e utilização de metodologias ativas de aprendizagem.

Embora a informação e o conhecimento tenham sido um alvo recorrente de estudos por muito tempo, a Gestão do Conhecimento (GC) é considerada um assunto ainda emergente (ARPACI, 2017; SHIH; TSAI, 2016). O conhecimento está relacionado com a percepção, compreensão e habilidades que os indivíduos apresentam, sendo fundamental para que estes atuem de forma cada vez mais inteligente. Dessa forma, o conhecimento representa um ativo invisível ou intangível, onde sua aquisição envolve processos cognitivos complexos de percepção, aprendizagem, comunicação, associação e raciocínio (EPETIMEHIN; EKUNDAYO, 2011). Quanto à avaliação contínua e suporte no desenvolvimento dos alunos, ao serem expostos às diferentes disciplinas e professores como avaliadores, é possível verificar uma variedade de interesses, desempenhos e aptidões. Baseando-se nas competências avaliadas no histórico do desenvolvimento escolar do aluno, verifica-se um universo de alternativas e de critérios que podem ser utilizados para melhores processos de seleção para cursos superiores e técnicos, na tomada de decisões e classificação de modomais assertivo quanto à carreira e curso de interesse. Verificam-se em muitos cursos superiores e técnicos um baixo aproveitamento por

parte de alguns alunos e a evasão, decorrente da desistência pelo curso por possível não adequação das competências necessárias ao perfil requerido. A definição sobre “competências” é complexa e possui múltiplas dimensões. A noção de competência é, assim, polissêmica, evocando uma multiplicidade de conhecimentos, saberes, habilidades e diversos outros recursos pessoais, quando colocados ou não em prática nas atividades, situações ou relações (MARINHO-ARAÚJO, C.M., ALMEIDA L.S., 2016).

Podemos abordar um processo de avaliação escolar e de seleção por competências como um problema complexo de tomada de decisão, existindo vários critérios a serem considerados na classificação de múltiplas alternativas, podendo haver incertezas e variabilidade nas avaliações realizadas por múltiplos avaliadores de diferentes áreas de formação e do conhecimento. Com isso, a ideia deste estudo inicial considerando métodos de tomada de decisão multicritérios (*Multicriteria Decision Making – MCDM*), busca um caminho viável para a ponderação e automação de uma efetiva tomada de decisão sobre diferentes desempenhos no universo de alternativas de alunos a serem classificados, baseando-se em competências básicas relacionadas à “Teoria do CHA” (Conhecimento, Habilidade e Atitude) e o histórico do desenvolvimento de cada aluno nessas competências ao longo da sua formação escolar, com o enfoque no preparo pelo ensino médio para os cursos superiores e/ou técnicos.

Em problemas de decisão complexos, geralmente, vários critérios podem ser necessários para uma escolha final entre diferentes alternativas. Os métodos de análise multicritério padronizam o processo de tomada de decisão através de modelagem matemática, auxiliando a resolver situações nas quais existem diversos objetivos a serem alcançados simultaneamente. Existem vários métodos MCDM, com respectivas particularidades, os quais, de um modo geral, envolvem as seguintes etapas em sua aplicação: definição de alternativas; definição dos critérios relevantes para o problema de decisão; avaliação das alternativas em relação aos critérios; avaliação da importância relativa (peso) de cada critério; e determinar a avaliação de cada alternativa de forma global e classificatória.

O presente estudo teve por objetivo propor critérios iniciais para a avaliação e seleção de alunos do ensino médio numa instituição educacional ligada ao Governo do Estado de São Paulo, para a sequência em cursos superiores e técnicos oferecidos na mesma instituição, a partir do trabalho de desenvolvimento dos mesmos com base nas competências descritas na Teoria do CHA (Conhecimento, Habilidade e Atitude) e a avaliação resultante por aluno, associada ao perfil de competências avaliado como desejável em relação aos cursos oferecidos em três áreas de carreiras: Exatas, Humanas e Biológicas. Pelas características dos critérios a serem considerados, contendo níveis de variabilidade e de incerteza em suas ponderações,

avaliou-se como possível e aplicável o uso do método de análise multicritério fuzzy-TOPSIS. Os métodos TOPSIS e *Fuzzy-TOPSIS* permitem a adoção de uma quantidade não limitada de critérios para avaliar uma quantidade não limitada de alternativas. Além disso, a simplicidade dos procedimentos matemáticos de ambos métodos contribui para a facilidade de implementação e aplicação (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015).

Na seção 2 são apresentados os referenciais teóricos quanto a uma visão geral sobre as competências consideradas neste estudo e sobre o método *Fuzzi-TOPSIS*.

Na seção 3 são apresentadas as definições e pesos relativos das competências e critérios iniciais propostos neste estudo, sendo que na seção 4 encontram-se os resultados de uma aplicação ilustrativa desenvolvida com base numa amostra de alunos e respectivas avaliações.

A seção 5 traz as considerações finais desse estudo e propostas pertinentes de aprimoramento e continuidade de pesquisas relacionadas ao assunto.

Este estudo, de um modo geral, busca contribuir na reflexão e pesquisas voltadas para a formação de indivíduos que atendam às exigências profissionais da sociedade, seja como empreendedores ou a serviço de outras empresas, e que estejam aptos nas competências necessárias para o desenvolvimento de inovações incrementais e radicais.

2 Referencial Teórico

2.1 A Teoria do C-H-A e o desenvolvimento de competências

Numa visão geral, as definições na literatura sobre “conhecimento”, “habilidade” e “atitude” de um indivíduo convergem, de modo sumarizado, em que o conhecimento refere-se ao “conhecer”, a habilidade refere-se ao “saber fazer” e a atitude refere-se ao “querer fazer”. A relação entre essas três competências foi inicialmente estudada e ampliada nos trabalhos de David McClelland, citado por muitos autores como o pioneiro, no início da década de 70, nos estudos e aplicações da avaliação e gestão por competências. Essa relação é comumente conhecida pela Teoria do C-H-A (Conhecimento, Habilidade e Atitude). Muitas organizações, através dos seus departamentos de recursos humanos, aplicam conceitos relacionados com a Teoria do CHA em diversas metodologias adotadas nos processos seletivos e de avaliação de desempenho dos funcionários no trabalho. De acordo com MARINHO-ARAUJO, C.M., ALMEIDA L.S. (2016), o desenvolvimento de um perfil profissional competente e comprometido com as demandas sociais é um processo longo, pois envolve a construção de uma história profissional, articulada às características pessoais e às especificidades do exercício profissional, requerendo o desenvolvimento de competências que permitam considerar e articular teorias, métodos e

experiências no mapeamento e na resolução dos problemas no cotidiano social e laboral. Com o mercado empresarial e de trabalho cada vez mais seletivo, num cenário onde a tecnologia confere continuamente novos processos de negócios e exigências laborais, a habilidade e a atitude dos indivíduos assumem relevância de igual ou maior importância que o próprio conhecimento, uma vez que este último, também pela tecnologia e sistemas de informações atuais, encontra-se cada vez mais explícito e acessível, porém, não gera sozinho resultados e inovações sem as duas outras competências complementares. Diante desse cenário, no longo trabalho com os alunos durante a formação escolar, além de focar a socialização das crianças nas idades iniciais, ao longo das idades mais avançadas, no preparo para o ensino profissional técnico e superior, é importante abordar e aplicar as competências envolvidas na Teoria do CHA, não somente avaliando, mas também monitorando e apoiando os alunos nesse desenvolvimento individual.

Figura 1 - Princípios e uso da Teoria do CHA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os métodos de ensino também encontram-se em constante discussão e evolução. Diversas metodologias ativas de aprendizagem vêm sendo aos poucos incorporadas nas escolas, assim como suportadas e em conjunto com as novas tecnologias. São incontestáveis as mudanças sociais registradas nas últimas décadas e, como tal, a escola e o modelo educacional vivem um momento de adaptação frente a essas mudanças. Esse movimento dinâmico traz à tona a discussão acerca do papel do estudante nos processos de ensino e de aprendizagem, com ênfase na sua posição mais central e menos secundária de mero expectador dos conteúdos que lhe são apresentados (DIESEL et al., 2017). Tal condição, reforça ainda mais o espectro mais abrangente de competências a serem incorporadas pelos alunos e profissionais do futuro. Ressalta-se, porém, do ponto de vista metodológico, que o professor deve ser capaz de promover o equilíbrio entre a organização e a “provocação” dos alunos em sala de aula. Uma das dimensões fundamentais do processo de “ensinar”, baseia-se em encontrar uma lógica

dentro do caos de informações disponíveis e organizar uma síntese coerente das informações sobre a área de conhecimento a ser trabalhada (MORAN, 2004).

As metodologias ativas procuram criar ambientes de aprendizagem onde os alunos são incentivados a agir, colocar os conhecimentos em ação, pensar e conceituar o que fazem, construir conhecimentos sobre os conteúdos envolvidos nas atividades que realizam, bem como desenvolver estratégias cognitivas, capacidade crítica, reflexão sobre suas práticas, promover e receber feedback, aprender a interagir com colegas e professor, além de explorar atitudes e valores pessoais e sociais (BERBEL, 2011; PINTO et al., 2013).

Figura 2 - Princípios das metodologias ativas de ensino



Fonte: Adaptado de Diesel et al. (2017).

De acordo com Kadry e Safieddine (2016), as metodologias ativas também podem ser descritas como qualquer atividade de aprendizado envolvida pelos alunos em uma sala de aula, além de ouvir passivamente a palestra de um instrutor. Isso inclui desde práticas de escuta que ajudam os alunos a absorver o que ouvem, exercícios curtos de escrita nos quais os alunos reagem ao material da aula, ou ainda exercícios complexos em grupo nos quais os alunos aplicam material do curso a situações da vida real e/ou novos problemas.

Além do conhecimento, avaliado comumente em provas objetivas e subjetivas, nas atividades complementares de aprendizado, é possível avaliar a “habilidade do saber como fazer”, utilizando o conhecimento para executar as tarefas, resolver e propor novas soluções para os problemas, e a “atitude em querer fazer”, avaliada através de aspectos comportamentais e de resultados esperados pelo aluno, como o comportamento adequado em sala de aula, participação, assiduidade, pontualidade na entrega dos trabalhos, autonomia na realização de atividades, interação e trabalho em grupo com os colegas.

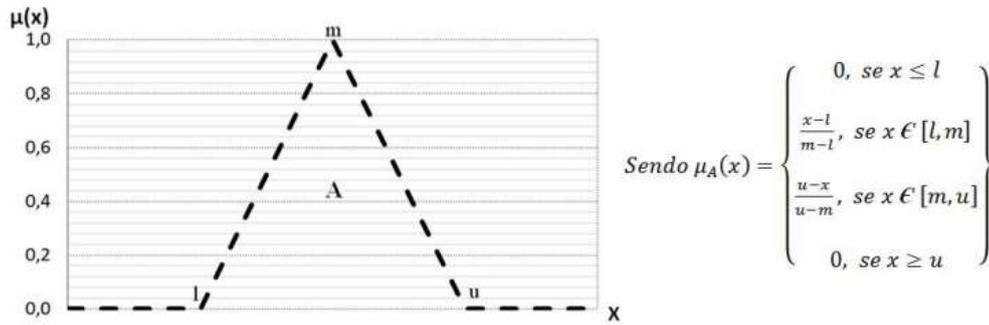
2.2 Método *Fuzzy-Topsis*

Na avaliação e escolha de uma metodologia de análise multicritérios, é relevante a busca de uma técnica adequada e que permita a inclusão e a exclusão de critérios e de alternativas sem gerar inconsistências nos resultados (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014), assim como, para essa proposta inicial, uma menor complexidade operacional na sua aplicação. Partindo-se dessa premissa e considerando-se a característica dos critérios e pesos para a seleção de alternativas adotados nesse trabalho, dentre as diversas técnicas existentes, avaliou-se como possível e aplicável o uso do método *Fuzzy-TOPSIS*, sendo a sua operacionalização na simulação de dados para a sua avaliação realizada utilizando-se o *Microsoft Excel*®.

Os métodos TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) e o *Fuzzy-TOPSIS* (uma adaptação do primeiro) se destacam por sua simplicidade de uso e pela capacidade de avaliar um número ilimitado de alternativas e critérios simultaneamente (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015). Enquanto o TOPSIS utiliza valores numéricos absolutos que são manipulados por meio de cálculos embasados na lógica clássica (ou lógica aristotélica), o método *Fuzzy-TOPSIS* incorpora a Lógica Fuzzy para realizar operações algébricas com valores numéricos intervalares (CHEN, 2000).

A teoria dos conjuntos fuzzy (Fuzzy Set Theory - FST), foi proposta por Zadeh (1965) e vem sendo usada na modelagem de problemas de tomada de decisão que envolvem incerteza, informações imprecisas e julgamentos subjetivos (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015). Enquanto na teoria clássica um elemento está ou não está contido em um conjunto, tendo seu pertencimento total (100%) ou zero, na teoria fuzzy, o pertencimento de um elemento em um determinado conjunto pode assumir valores intermediários, com resultados num intervalo que possuem um grau de grau de pertencimento ao conjunto variando de 0 a 1. Um número fuzzy triangular pode ser escrito na forma (L, m, u), em que m denota um valor crisp formal para o conjunto fuzzy, L é o limite inferior e u é o limite superior (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007). A morfologia de um número fuzzy, definida por meio do comportamento de sua função de pertinência $\mu(x)$, permite a quantificação da imprecisão associada a uma dada informação (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015). A Figura 3 ilustra a representação de um número Fuzzy.

Figura 3 - Exemplo de um número fuzzy triangular



Fonte: Lima Junior; Carpinetti (2014)

O método fuzzy-TOPSIS foi proposto por Chen (2000), sendo uma adequação do método original TOPSIS para a tomada de decisão em cenários de incerteza, incorporando a teoria dos conjuntos fuzzy. Ambos os métodos consistem em escolher uma alternativa o mais próxima possível da solução ideal positiva e o mais distante possível da solução ideal negativa. A solução ideal é formada pelos melhores valores das alternativas avaliadas em relação a cada critério de decisão, enquanto a solução ideal negativa considera, de forma similar, os piores valores. Os passos do método fuzzy-TOPSIS são descritos a seguir (CHEN, 2000; extraído de LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015):

- i. Agregar os valores linguísticos fornecidos por cada um dos tomadores de decisão (DM_r). A Equação 1 é usada para agregar as pontuações das alternativas. Nessa equação, \tilde{x}_{ij} descreve as pontuações da alternativa A_i (i = 1, ..., n), em relação ao critério C_j (j = 1, ..., m), dado pelo tomador de decisão DM_r (r = 1, ..., k). As avaliações dos pesos dos critérios são agregadas usando a Equação 2, em que \tilde{w}_j descreve o peso do critério, dado por DM_r.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^r + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (1)$$

$$\tilde{W}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (2)$$

- ii. Monte uma matriz de decisão fuzzy \tilde{D} para as pontuações das alternativas e um vetor Fuzzy \tilde{W} para o peso dos critérios de acordo com as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{im} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_n & \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nj} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{matrix} \quad (3)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m] \quad (4)$$

- iii. Normalize a matriz \tilde{D} usando uma escala de transformação linear. A matriz normalizada \tilde{R} é dada pela Equação 5, sendo \tilde{r}_{ij} obtido por meio das Equações 6 ou 7.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}^-}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right) \quad (6)$$

sendo $u_j^+ = \max_i u_{ij}$ (critérios de benefício)

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}^-}{u_j^+}, \frac{l_{ij}^-}{m_{ij}}, \frac{l_{ij}^-}{l_{ij}^-} \right) \quad (7)$$

sendo $l_j^- = \min_i l_{ij}$ (critérios de custo)

- iv. Obter a matriz normalizada e ponderada \tilde{V} (Equação 8) por meio da multiplicação dos pesos \tilde{w}_j pelos elementos \tilde{r}_{ij} da matriz normalizada conforme a Equação 9.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (8)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{w}_j \quad (9)$$

- v. Definir a solução ideal positiva fuzzy (Fuzzy Positive Ideal Solution, FPIS, A^+) e a solução ideal negativa (Fuzzy Negative Ideal Solution, FNIS, A^-) de acordo com as Equações 10 e 11, em que $\tilde{v}_j^+ = (1,1,1)$ e $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$.

$$A^+ = \{ \tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_m^+ \} \quad (10)$$

$$A^- = \{ \tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_m^- \} \quad (11)$$

- vi. Calcular a distância D_i^+ entre os valores de FPIS e as pontuações das alternativas da matriz \tilde{R} usando a Equação 12. Analogamente, calcular a distância D_i^- entre os

valores de FNIS e as pontuações das alternativas usando a Equação 13. Nas Equações 12 e 13, $d(\cdot, \cdot)$ representa a distância entre dois números fuzzy de acordo com o método vertex, que pode ser obtida por meio da Equação 14 (para o caso de números fuzzy triangulares).

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\hat{v}_{ij}, \hat{v}_j^+) \quad (12)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\hat{v}_{ij}, \hat{v}_j^-) \quad (13)$$

$$d(\bar{x}, \bar{z}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_x - l_z)^2 + (m_x - m_z)^2 + (u_x - u_z)^2]} \quad (14)$$

- vii. Para cada uma das alternativas avaliadas, calcular o coeficiente de aproximação CC_i de acordo com a Equação 15.

$$CC_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (15)$$

- viii. Finalmente, define-se um ranking a partir da ordenação decrescente dos valores de CC_i . Quanto mais próximo a 1,0 for este valor, melhor é o desempenho global da alternativa.

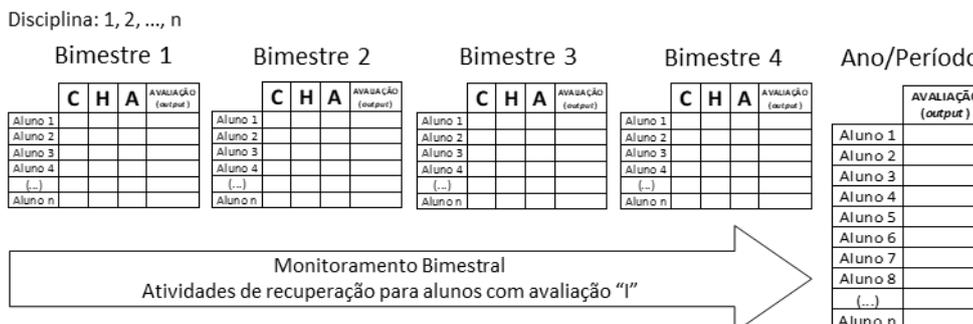
Nos métodos de tomada de decisão baseados em lógica fuzzy, as pontuações das alternativas e o peso dos critérios de decisão são definidos a partir de variáveis linguísticas. Uma variável linguística é aquela cujos valores são sentenças definidas em linguagem natural ou artificial, permitindo distinguir qualificações por meio de faixas de gradações. O uso de variáveis linguísticas requer a definição de um conjunto de termos linguísticos para mensurar seus valores de forma adequada, sendo comumente representados por números fuzzy. Essa condição pode ser visualizada na seção 3, na apresentação das definições dos termos linguísticos associados nas avaliações e pesos para os critérios propostos neste trabalho.

3 Materiais, Métodos e Critérios

Diante do objetivo geral deste trabalho e do referencial teórico abordado, o ponto de partida para a avaliação e seleção dos alunos para cursos superiores e/ou técnicos considera a histórico de competências pontuado na formação escolar do aluno. Durante a sua formação e sucessivas avaliações bimestrais, o aluno apresenta desempenhos avaliados nas competências do C-H-A, sobre os quais existe o trabalho docente do monitoramento por respectivas

disciplinas. Nos casos de “insuficiência” em determinada competência avaliada, cabem planos de ações no suporte e recuperação do aluno. O resultado consolidado ao final do ano, a princípio, será considerado para o uso na seleção e classificação dos alunos. A Figura 4 permite uma visão geral dessa avaliação por cada disciplina e professor avaliador.

Figura 4 - Visão geral da avaliação do histórico de competências por disciplina.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para a avaliação de cada competência no C-H-A, considerou-se inicialmente, para fins desse trabalho e aplicação ilustrativa, a adoção dos seguintes termos linguísticos (já utilizados na instituição de ensino considerada) e formas de avaliação:

- Desempenho na avaliação de cada competência: Termos Linguísticos:

INSUFICIENTE = I

REGULAR = R

BOM = B

MUITO BOM = MB

- **Conhecimento:**

- Resultados das avaliações (provas) Objetivas e Subjetivas.
- Capacidade de entendimento e aplicação do conteúdo teórico.
- Capacidade de argumentação.
- Capacidade de correlacionar e distinguir fundamentos.

- **Habilidade:**

- Resultados das atividades e trabalhos realizados em sala ou extra-classe.
- Clareza na expressão oral e escrita.
- Capacidade de coletar dados e informações.
- Interação e trabalho em grupo com os colegas.

- **Atitude**

- Resultado atribuído ao aluno pela observação do professor em função de aspectos comportamentais: comportamento adequado em sala de aula, participação, assiduidade, pontualidade na entrega dos trabalhos, autonomia na realização de atividades, interação e trabalho em grupo com os colegas.

A avaliação individual por disciplinas, com base nas quatro possíveis avaliações para as três competências a serem avaliadas, remete a uma base de regras pré-definida por um conjunto de especialistas na área educacional da instituição. Neste estudo, foi proposto para o conceito ou avaliação bimestral na disciplina as regras apresentadas no quadro 1, critérios similares aos hoje seguidos por boa parte dos professores da instituição, porém, não como base de regras sistematizada.

Quadro 1 - Base de regras para as avaliações bimestrais por disciplinas.

C	H	A	AVALIAÇÃO
Conhecimento	Habilidade	Atitude	(output)
I	I	I	I
I	I	R	I
I	I	B	I
I	I	MB	I
I	R	I	I
I	R	R	R
I	R	B	R
I	R	MB	R
I	B	I	I
I	B	R	R
I	B	B	R
I	B	MB	R
I	MB	I	I
I	MB	R	R
I	MB	B	R
I	MB	MB	R
R	I	I	I
R	I	R	R
R	I	B	R
R	I	MB	R
R	R	I	R
R	R	R	R
R	R	B	R
R	R	MB	R
R	B	I	R
R	B	R	R
R	B	B	R
R	B	MB	B
R	MB	I	R
R	MB	R	R
R	MB	B	R
R	MB	MB	B

C	H	A	AVALIAÇÃO
Conhecimento	Habilidade	Atitude	(output)
B	I	I	I
B	I	R	R
B	I	B	R
B	I	MB	R
B	R	I	R
B	R	R	R
B	R	B	R
B	R	MB	B
B	B	I	R
B	B	R	B
B	B	B	B
B	B	MB	B
B	MB	I	R
B	MB	R	B
B	MB	B	B
B	MB	MB	MB
MB	I	I	I
MB	I	R	R
MB	I	B	R
MB	I	MB	R
MB	R	I	R
MB	R	R	R
MB	R	B	B
MB	R	MB	B
MB	B	I	R
MB	B	R	B
MB	B	B	B
MB	B	MB	B
MB	MB	I	R
MB	MB	R	B
MB	MB	B	MB
MB	MB	MB	MB

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Tabela 2, no mesmo racional, apresenta uma base de regras proposta para o fechamento da avaliação anual, apoiada no histórico bimestral de desempenho dos alunos, considerando inclusive fatores como a regularidade, a recuperação, quando de insuficiência e ações adotadas, e a evolução dos mesmos.

Tabela 2 - Base de regras para a avaliação consolidada anual por disciplina.

BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	AVAL. (output)	BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	AVAL. (output)	BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	AVAL. (output)	BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	AVAL. (output)
1	I	I	I	I	65	R	I	I	I	129	B	I	I	I	193	MB	I	I	I
2	I	I	I	R	66	R	I	I	R	130	B	I	I	R	194	MB	I	I	R
3	I	I	I	B	67	R	I	I	B	131	B	I	I	B	195	MB	I	I	B
4	I	I	I	MB	68	R	I	I	MB	132	B	I	I	MB	196	MB	I	I	MB
5	I	I	R	I	69	R	I	R	I	133	B	I	R	I	197	MB	I	R	I
6	I	I	R	R	70	R	I	R	R	134	B	I	R	R	198	MB	I	R	R
7	I	I	R	B	71	R	I	R	B	135	B	I	R	B	199	MB	I	R	B
8	I	I	R	MB	72	R	I	R	MB	136	B	I	R	MB	200	MB	I	R	MB
9	I	I	B	I	73	R	I	B	I	137	B	I	B	I	201	MB	I	B	I
10	I	I	B	R	74	R	I	B	R	138	B	I	B	R	202	MB	I	B	R
11	I	I	B	B	75	R	I	B	B	139	B	I	B	B	203	MB	I	B	B
12	I	I	B	MB	76	R	I	B	MB	140	B	I	B	MB	204	MB	I	B	MB
13	I	I	MB	I	77	R	I	MB	I	141	B	I	MB	I	205	MB	I	MB	I
14	I	I	MB	R	78	R	I	MB	R	142	B	I	MB	R	206	MB	I	MB	R
15	I	I	MB	B	79	R	I	MB	B	143	B	I	MB	B	207	MB	I	MB	B
16	I	I	MB	B	80	R	I	MB	MB	144	B	I	MB	MB	208	MB	I	MB	MB
17	I	R	I	I	81	R	R	I	I	145	B	R	I	I	209	MB	R	I	I
18	I	R	I	R	82	R	R	I	R	146	B	R	I	R	210	MB	R	I	R
19	I	R	I	B	83	R	R	I	B	147	B	R	I	B	211	MB	R	I	B
20	I	R	I	MB	84	R	R	I	MB	148	B	R	I	MB	212	MB	R	I	MB
21	I	R	R	I	85	R	R	R	I	149	B	R	R	I	213	MB	R	R	I
22	I	R	R	R	86	R	R	R	R	150	B	R	R	R	214	MB	R	R	R
23	I	R	R	B	87	R	R	R	B	151	B	R	R	B	215	MB	R	R	B
24	I	R	R	MB	88	R	R	R	MB	152	B	R	R	MB	216	MB	R	R	MB
25	I	R	B	I	89	R	R	B	I	153	B	R	B	I	217	MB	R	B	I
26	I	R	B	R	90	R	R	B	R	154	B	R	B	R	218	MB	R	B	R
27	I	R	B	B	91	R	R	B	B	155	B	R	B	B	219	MB	R	B	B
28	I	R	B	MB	92	R	R	B	MB	156	B	R	B	MB	220	MB	R	B	MB
29	I	R	MB	I	93	R	R	MB	I	157	B	R	MB	I	221	MB	R	MB	I
30	I	R	MB	R	94	R	R	MB	R	158	B	R	MB	R	222	MB	R	MB	R
31	I	R	MB	B	95	R	R	MB	B	159	B	R	MB	B	223	MB	R	MB	B
32	I	R	MB	MB	96	R	R	MB	MB	160	B	R	MB	MB	224	MB	R	MB	MB
33	I	B	I	I	97	R	B	I	I	161	B	B	I	I	225	MB	B	I	I
34	I	B	I	R	98	R	B	I	R	162	B	B	I	R	226	MB	B	I	R
35	I	B	I	B	99	R	B	I	B	163	B	B	I	B	227	MB	B	I	B
36	I	B	I	MB	100	R	B	I	MB	164	B	B	I	MB	228	MB	B	I	MB
37	I	B	R	I	101	R	B	R	I	165	B	B	R	I	229	MB	B	R	I
38	I	B	R	R	102	R	B	R	R	166	B	B	R	R	230	MB	B	R	R
39	I	B	R	B	103	R	B	R	B	167	B	B	R	B	231	MB	B	R	B
40	I	B	R	MB	104	R	B	R	MB	168	B	B	R	MB	232	MB	B	R	MB
41	I	B	B	I	105	R	B	B	I	169	B	B	B	I	233	MB	B	B	I
42	I	B	B	R	106	R	B	B	R	170	B	B	B	R	234	MB	B	B	R
43	I	B	B	B	107	R	B	B	B	171	B	B	B	B	235	MB	B	B	B
44	I	B	B	MB	108	R	B	B	MB	172	B	B	B	MB	236	MB	B	B	MB
45	I	B	MB	I	109	R	B	MB	I	173	B	B	MB	I	237	MB	B	MB	I
46	I	B	MB	R	110	R	B	MB	R	174	B	B	MB	R	238	MB	B	MB	R
47	I	B	MB	B	111	R	B	MB	B	175	B	B	MB	B	239	MB	B	MB	B
48	I	B	MB	MB	112	R	B	MB	MB	176	B	B	MB	MB	240	MB	B	MB	MB
49	I	MB	I	I	113	R	MB	I	I	177	B	MB	I	I	241	MB	MB	I	I
50	I	MB	I	R	114	R	MB	I	R	178	B	MB	I	R	242	MB	MB	I	R
51	I	MB	I	B	115	R	MB	I	B	179	B	MB	I	B	243	MB	MB	I	B
52	I	MB	I	MB	116	R	MB	I	MB	180	B	MB	I	MB	244	MB	MB	I	MB
53	I	MB	R	I	117	R	MB	R	I	181	B	MB	R	I	245	MB	MB	R	I
54	I	MB	R	R	118	R	MB	R	R	182	B	MB	R	R	246	MB	MB	R	R
55	I	MB	R	B	119	R	MB	R	B	183	B	MB	R	B	247	MB	MB	R	B
56	I	MB	R	MB	120	R	MB	R	MB	184	B	MB	R	MB	248	MB	MB	R	MB
57	I	MB	B	I	121	R	MB	B	I	185	B	MB	B	I	249	MB	MB	B	I
58	I	MB	B	R	122	R	MB	B	R	186	B	MB	B	R	250	MB	MB	B	R
59	I	MB	B	B	123	R	MB	B	B	187	B	MB	B	B	251	MB	MB	B	B
60	I	MB	B	MB	124	R	MB	B	MB	188	B	MB	B	MB	252	MB	MB	B	MB
61	I	MB	MB	I	125	R	MB	MB	I	189	B	MB	MB	I	253	MB	MB	MB	I
62	I	MB	MB	R	126	R	MB	MB	R	190	B	MB	MB	R	254	MB	MB	MB	R
63	I	MB	MB	B	127	R	MB	MB	B	191	B	MB	MB	B	255	MB	MB	MB	B
64	I	MB	MB	MB	128	R	MB	MB	MB	192	B	MB	MB	MB	256	MB	MB	MB	MB

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para a aplicação ilustrativa do método *Fuzzy-TOPSIS* considerado para a seleção e classificação dos alunos em cursos nas áreas de Exatas, Humanas e Biológicas, foram consideradas para critérios de avaliação oito disciplinas: Matemática, Português, Química, Biologia, História, Física, Filosofia e Inglês. O peso para cada uma dessas disciplinas consideradas como critérios de maior ou menor relevância nas áreas dos cursos oferecidos, teve por sua vez a consideração de variáveis linguísticas definidas como: Menos Importante, Desejável, Importante e Muito Importante. Devido às características de incerteza, informações

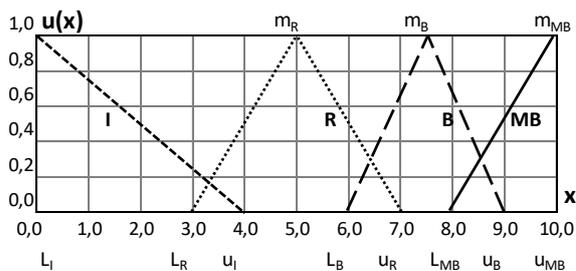
imprecisas e julgamentos subjetivos dessas avaliações, ambas foram quantificadas e associadas à números Fuzzy, sendo que, após algumas simulações realizadas para verificar a coerência nos resultados obtidos, finalizou-se na proposta indicada na Figura 5 para os parâmetros, critérios e respectivos pesos propostos nesse estudo e aplicação.

Figura 5 - Pesos e escalas para o desempenho das alternativas e critérios adotados

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	... Cn
Alternativas	Matemática	Português	Química	Biologia	História	Física	Filosofia	Inglês	Disciplina n
Aluno 1	MB	R	B	R	R	MB	R	B	
Aluno 2	B	MB	R	B	B	R	B	B	
Aluno 3									
Aluno 4									
Aluno 5									
Aluno 6									
Aluno 7									
Aluno 8									
(...)									
Aluno n									
PESO: EXATAS	MI	IP	IP	DE	ME	MI	ME	DE	
PESO: HUMANAS	DE	MI	ME	DE	MI	ME	MI	DE	
PESO: BIOLÓGICAS	IP	IP	IP	MI	DE	DE	ME	DE	

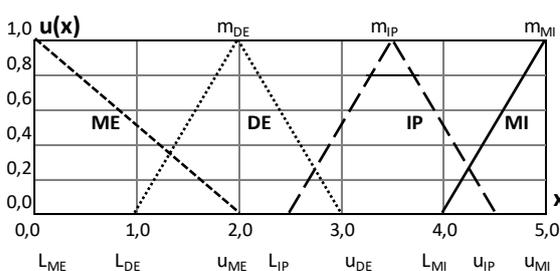
Escala para o desempenho dos alunos (alternativas)

Valor linguístico		Valor fuzzy		
		L	m	u
Insuficiente	I	0	0	4
Regular	R	3	5	7
Bom	B	6	7,5	9
Muito Bom	MB	8	10	10



Escala para o peso das disciplinas (critérios)

Valor linguístico		Valor fuzzy		
		L	m	u
Menos Importante	ME	0	0	2
Desejável	DE	1	2	3
Importante	IP	2,5	3,5	4,5
Muito Importante	MI	4	5	5



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4 Resultados da Aplicação

Para a aplicação ilustrativa do método de análise multicritério *Fuzzy-TOPSIS*, foi considerada uma amostra de alunos e respectivas avaliações reais obtidas, confrontadas com os parâmetros e pesos atribuídos aos critérios de seleção sumarizados na Figura 5, apoiados nas competências que levaram ao resultado das avaliações registradas por disciplina para cada aluno. A sequência de tabelas a seguir, mostra a aplicação e resultados dos passos do método *Fuzzy-TOPSIS* para a seleção e classificação da amostra de alunos na área de Exatas. A mesma

avaliação se repetiu para as áreas de Humanas e Biológicas, onde, devido aos pesos diferentes dados aos critérios (disciplinas), os resultados da classificação se alternam em função da maior ou menor exigência da disciplina por cada área do curso a ser considerado.

Quadro 2 - Amostra de alunos e respectivas avaliações por disciplinas.

	Matemática	Português	Química	Biologia	História	Física	Filosofia	Inglês
Aluno 1	MB	R	B	R	R	MB	R	B
Aluno 2	B	MB	R	B	B	R	B	B
Aluno 3	R	B	R	R	MB	R	B	R
Aluno 4	B	R	B	B	R	R	R	B
Aluno 5	I	B	R	R	MB	I	MB	B
Aluno 6	R	R	I	R	B	R	B	B
Aluno 7	R	B	R	B	B	R	B	R
Aluno 8	B	B	B	MB	R	R	R	B
Aluno 9	MB	R	R	B	B	B	R	B
Aluno 10	R	B	B	B	I	R	R	R
Aluno 11	B	B	B	B	B	B	B	B
Aluno 12	B	B	B	R	R	R	R	B
Aluno 13	R	R	R	R	R	R	R	R
Aluno 14	B	B	MB	B	B	B	B	B
Aluno 15	B	MB	B	R	B	R	B	MB
Aluno 16	MB	B	B	B	R	MB	R	B
Aluno 17	R	R	B	B	R	R	B	R
Aluno 18	I	R	R	R	B	I	R	R
Aluno 19	B	B	R	R	R	B	R	B
Aluno 20	B	MB	R	B	B	B	B	B
Aluno 21	R	R	R	B	B	I	B	R
Aluno 22	B	B	B	R	R	B	R	B
Aluno 23	R	R	R	B	B	R	MB	B
Aluno 24	B	MB	B	MB	B	B	R	B
Aluno 25	R	B	B	B	B	R	B	B
Aluno 26	R	R	I	R	R	R	R	I
Aluno 27	I	R	R	R	R	R	R	I
Aluno 28	R	R	R	R	B	R	R	R
Aluno 29	B	B	R	R	R	R	R	R
Aluno 30	MB	B	B	B	B	B	R	R
Aluno 31	B	B	R	R	R	R	R	B
Aluno 32	R	R	R	R	R	R	B	R
Peso - EXATAS	MI	IP	IP	DE	ME	MI	ME	DE
Peso - HUMANAS	DE	MI	ME	DE	MI	ME	MI	DE
Peso - BIOLOGICAS	IP	IP	IP	MI	DE	DE	ME	DE

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na tabela 4, encontram-se agregados os valores linguísticos sobre o desempenho das alternativas e peso dos critérios para a seleção na área de Exatas. As tabelas seguintes apresentam os resultados dos passos do método *Fuzzy-TOPSIS* até o resultado final.

Tabela 6 - Matriz Normalizada e Ponderada ~ V, para a seleção na área: Exatas

	Matemática			Português			Química			Biologia			História			Física			Filosofia			Inglês		
	L	m	u	L	m	u	L	m	u	L	m	u	L	m	u	L	m	u	L	m	u	L	m	u
Aluno 1	3,20000	5,00000	5,00000	0,75000	1,75000	3,15000	1,50000	2,62500	4,05000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	3,20000	5,00000	5,00000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 2	2,40000	3,75000	4,50000	2,00000	3,50000	4,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 3	1,20000	2,50000	3,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	2,00000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 4	2,40000	3,75000	4,50000	0,75000	1,75000	3,15000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 5	0,00000	0,00000	2,00000	1,50000	2,62500	4,05000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	2,00000	0,00000	0,00000	2,00000	0,00000	0,00000	2,00000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 6	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 7	1,20000	2,50000	3,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,75000	1,75000	3,15000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 8	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,80000	2,00000	3,00000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 9	3,20000	5,00000	5,00000	0,75000	1,75000	3,15000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 10	1,20000	2,50000	3,50000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	0,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 11	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 12	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 13	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 14	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	2,00000	3,50000	4,50000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 15	2,40000	3,75000	4,50000	2,00000	3,50000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,80000	2,00000	3,00000
Aluno 16	3,20000	5,00000	5,00000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,40000	3,20000	5,00000	5,00000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 17	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 18	0,00000	0,00000	2,00000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,80000	0,00000	0,00000	2,00000	0,00000	0,00000	1,40000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 19	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 20	2,40000	3,75000	4,50000	2,00000	3,50000	4,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 21	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,80000	0,00000	0,00000	2,00000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 22	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,40000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 23	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	2,00000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 24	2,40000	3,75000	4,50000	2,00000	3,50000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,80000	2,00000	3,00000	0,00000	0,00000	1,80000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 25	1,20000	2,50000	3,50000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 26	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,00000	0,00000	1,20000
Aluno 27	0,00000	0,00000	2,00000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,00000	0,00000	1,20000
Aluno 28	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,80000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 29	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 30	3,20000	5,00000	5,00000	1,50000	2,62500	4,05000	1,50000	2,62500	4,05000	0,60000	1,50000	2,70000	0,00000	0,00000	1,80000	2,40000	3,75000	4,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,30000	1,00000	2,10000
Aluno 31	2,40000	3,75000	4,50000	1,50000	2,62500	4,05000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,40000	0,60000	1,50000	2,70000
Aluno 32	1,20000	2,50000	3,50000	0,75000	1,75000	3,15000	0,75000	1,75000	3,15000	0,30000	1,00000	2,10000	0,00000	0,00000	1,40000	1,20000	2,50000	3,50000	0,00000	0,00000	1,80000	0,30000	1,00000	2,10000

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 7 - Solução Ideal Positiva e Negativa, para a seleção na área: Exatas

A+ =	5,00000	5,00000	5,00000	4,50000	4,50000	4,50000	4,50000	4,50000	4,50000	3,00000	3,00000	3,00000	2,00000	2,00000	2,00000	5,00000	5,00000	5,00000	2,00000	2,00000	2,00000	3,00000	3,00000	3,00000
-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

A- =	0,00000	0,00000	0,00000	0,75000	0,75000	0,75000	0,00000	0,00000	0,00000	0,30000	0,30000	0,30000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 8 - Cálculo da Distância D+ e D-, para a seleção na área: Exatas

	Matemática	Português	Química	Biologia	História	Física	Filosofia	Inglês	D+
Aluno 1	1,03923	2,79568	2,05897	2,00832	1,66933	1,03923	1,66933	1,64317	13,92326
Aluno 2	1,69041	1,55456	2,79568	1,64317	1,63707	2,76526	1,63707	1,64317	15,36640
Aluno 3	2,76526	2,05897	2,79568	2,00832	1,63299	2,76526	1,63707	2,00832	17,67187
Aluno 4	1,69041	2,79568	2,05897	1,64317	1,66933	2,76526	1,66933	1,64317	15,93533
Aluno 5	4,43471	2,05897	2,79568	2,00832	1,63299	4,43471	1,63299	1,64317	20,64155
Aluno 6	2,76526	2,79568	2,05897	2,00832	1,63707	2,76526	1,66933	1,64317	19,27533
Aluno 7	2,76526	2,05897	2,79568	1,64317	1,63707	2,76526	1,63707	2,00832	17,31008
Aluno 8	1,69041	2,05897	2,79568	1,39523	1,66933	2,76526	1,66933	1,64317	14,91374
Aluno 9	1,03923	2,79568	2,05897	1,64317	1,63707	1,69041	1,66933	1,64317	16,74317
Aluno 10	2,76526	2,05897	2,05897	1,64317	1,77388	2,76526	1,66933	2,00832	16,43171
Aluno 11	1,69041	2,05897	2,05897						

Tabela 9 - Cálculo do Coeficiente de Aproximação CCI e ordenação decrescente (classificação) para a seleção na área de Exatas, com resultado comparativo, ao lado, quando do procedimento similar para as áreas de Humanas e Biológicas, com os pesos diferentes para os critérios.

RESULTADO EXATAS RESULTADO HUMANAS RESULTADO BIOLÓGICA

CCI		CLASSIFICAÇÃO		CCI		CLASSIFICAÇÃO		CCI		CLASSIFICAÇÃO			
Aluno 1	0,56289	1	Aluno 16	0,59842	1	Aluno 20	0,57936	1	Aluno 1	0,49448	1	Aluno 24	0,57738
Aluno 2	0,51917	2	Aluno 24	0,58152	2	Aluno 2	0,57129	2	Aluno 2	0,52109	2	Aluno 14	0,55869
Aluno 3	0,44515	3	Aluno 14	0,57694	3	Aluno 15	0,57113	3	Aluno 3	0,44297	3	Aluno 16	0,55070
Aluno 4	0,49539	4	Aluno 30	0,56659	4	Aluno 4	0,44242	4	Aluno 4	0,48782	4	Aluno 30	0,54180
Aluno 5	0,36587	5	Aluno 1	0,56289	5	Aluno 5	0,52903	5	Aluno 5	0,40172	5	Aluno 11	0,54175
Aluno 6	0,39292	6	Aluno 11	0,56030	6	Aluno 6	0,46298	6	Aluno 6	0,38297	6	Aluno 8	0,53468
Aluno 7	0,45593	7	Aluno 20	0,55283	7	Aluno 7	0,51751	7	Aluno 7	0,46658	7	Aluno 20	0,53417
Aluno 8	0,52737	8	Aluno 22	0,54001	8	Aluno 8	0,48730	8	Aluno 8	0,53468	8	Aluno 15	0,52155
Aluno 9	0,53247	9	Aluno 15	0,53921	9	Aluno 9	0,49325	9	Aluno 9	0,50707	9	Aluno 2	0,52109
Aluno 10	0,46394	10	Aluno 9	0,53247	10	Aluno 10	0,39591	10	Aluno 10	0,45218	10	Aluno 9	0,50707
Aluno 11	0,56030	11	Aluno 8	0,52737	11	Aluno 11	0,55873	11	Aluno 11	0,54175	11	Aluno 25	0,50435
Aluno 12	0,50586	12	Aluno 2	0,51917	12	Aluno 12	0,46365	12	Aluno 7	0,51751	12	Aluno 1	0,49448
Aluno 13	0,41053	13	Aluno 19	0,51576	13	Aluno 13	0,39375	13	Aluno 16	0,50160	13	Aluno 22	0,49176
Aluno 14	0,57694	14	Aluno 12	0,50586	14	Aluno 14	0,56055	14	Aluno 9	0,49325	14	Aluno 4	0,48782
Aluno 15	0,53921	15	Aluno 4	0,49539	15	Aluno 15	0,57113	15	Aluno 8	0,48730	15	Aluno 12	0,47847
Aluno 16	0,59842	16	Aluno 25	0,49301	16	Aluno 16	0,50160	16	Aluno 22	0,47252	16	Aluno 19	0,46726
Aluno 17	0,45253	17	Aluno 31	0,48154	17	Aluno 17	0,44879	17	Aluno 19	0,46778	17	Aluno 7	0,46658
Aluno 18	0,32002	18	Aluno 29	0,46828	18	Aluno 18	0,39108	18	Aluno 21	0,46441	18	Aluno 23	0,45850
Aluno 19	0,51576	19	Aluno 10	0,46394	19	Aluno 19	0,46778	19	Aluno 12	0,46365	19	Aluno 17	0,45423
Aluno 20	0,55283	20	Aluno 7	0,45593	20	Aluno 20	0,57936	20	Aluno 6	0,46298	20	Aluno 31	0,45387
Aluno 21	0,38514	21	Aluno 17	0,45253	21	Aluno 21	0,46441	21	Aluno 31	0,45881	21	Aluno 10	0,45218
Aluno 22	0,54001	22	Aluno 23	0,44807	22	Aluno 22	0,47252	22	Aluno 1	0,45306	22	Aluno 22	0,44297
Aluno 23	0,44807	23	Aluno 3	0,44515	23	Aluno 23	0,52128	23	Aluno 17	0,44879	23	Aluno 29	0,44040
Aluno 24	0,58152	24	Aluno 28	0,41526	24	Aluno 24	0,55735	24	Aluno 29	0,44419	24	Aluno 21	0,42196
Aluno 25	0,49301	25	Aluno 32	0,41526	25	Aluno 25	0,53629	25	Aluno 4	0,44242	25	Aluno 28	0,40557
Aluno 26	0,35365	26	Aluno 13	0,41053	26	Aluno 26	0,36167	26	Aluno 28	0,43139	26	Aluno 5	0,40172
Aluno 27	0,34144	27	Aluno 6	0,39292	27	Aluno 27	0,34769	27	Aluno 32	0,42947	27	Aluno 32	0,39682
Aluno 28	0,41526	28	Aluno 21	0,38514	28	Aluno 28	0,43139	28	Aluno 10	0,39591	28	Aluno 13	0,39192
Aluno 29	0,46828	29	Aluno 5	0,36587	29	Aluno 29	0,44419	29	Aluno 13	0,39375	29	Aluno 6	0,38297
Aluno 30	0,56659	30	Aluno 26	0,35365	30	Aluno 30	0,51882	30	Aluno 18	0,39108	30	Aluno 18	0,34825
Aluno 31	0,48154	31	Aluno 27	0,34144	31	Aluno 31	0,45881	31	Aluno 26	0,36167	31	Aluno 26	0,33446
Aluno 32	0,41526	32	Aluno 18	0,32002	32	Aluno 32	0,42947	32	Aluno 27	0,34769	32	Aluno 27	0,33446

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 10 encontram-se as classificações obtidas nas três áreas (Exatas, Humanas e Biológicas) ao lado das avaliações individuais dos alunos por cada disciplina, onde é possível verificar que a regularidade das melhores avaliações nas disciplinas com peso maior, assim como as desejáveis, para o curso na área da seleção, levaram à uma classificação coerente dentro das características e competências esperadas, mostrando a viabilidade do uso do método *Fuzzy-TOPSIS*.

5 Conclusão

O entendimento do referencial teórico abordado e sua aplicação de forma sistemática, identificou oportunidades de uso e de aprimoramento dos conceitos sobre competências e o método *Fuzzy-TOPSIS* em processos seletivos, com base no desempenho monitorado e avaliado durante a formação escolar do aluno do ensino médio, assim como ponderar as competências e relevância de cada disciplina nos critérios de seleção, conforme aptidões desejáveis junto aos cursos nas áreas de exatas, humanas e biológicas, contemplando habilidades e atitudes complementares ao conhecimento dos determinados conteúdos,

Tabela 10 - Classificação final obtida por área utilizando o método *Fuzzy*-TOPSIS

CLASSIFICAÇÃO			ALUNO	AVALIAÇÕES							
EXATAS	HUMANAS	BIOLÓGICAS		Matemática	Português	Química	Biologia	História	Física	Filosofia	Inglês
5	22	12	Aluno 1	MB	R	B	R	R	MB	R	B
12	2	9	Aluno 2	B	MB	R	B	B	R	B	B
23	8	22	Aluno 3	R	B	R	R	MB	R	B	R
15	25	14	Aluno 4	B	R	B	B	R	R	R	B
29	9	26	Aluno 5	I	B	R	R	MB	I	MB	B
27	20	29	Aluno 6	R	R	I	R	B	R	B	B
20	12	17	Aluno 7	R	B	R	B	B	R	B	R
11	15	6	Aluno 8	B	B	B	MB	R	R	R	B
10	14	10	Aluno 9	MB	R	R	B	B	B	R	B
19	28	21	Aluno 10	R	B	B	B	I	R	R	R
6	5	5	Aluno 11	B	B	B	B	B	B	B	B
14	19	15	Aluno 12	B	B	B	R	R	R	R	B
26	29	28	Aluno 13	R	R	R	R	R	R	R	R
3	4	2	Aluno 14	B	B	MB	B	B	B	B	B
9	3	8	Aluno 15	B	MB	B	R	B	R	B	MB
1	13	3	Aluno 16	MB	B	B	B	R	MB	R	B
21	23	19	Aluno 17	R	R	B	B	R	R	B	R
32	30	30	Aluno 18	I	R	R	R	B	I	R	R
13	17	16	Aluno 19	B	B	R	R	R	B	R	B
7	1	7	Aluno 20	B	MB	R	B	B	B	B	B
28	18	24	Aluno 21	R	R	R	B	B	I	B	R
8	16	13	Aluno 22	B	B	B	R	R	B	R	B
22	10	18	Aluno 23	R	R	R	B	B	R	MB	B
2	6	1	Aluno 24	B	MB	B	MB	B	B	R	B
16	7	11	Aluno 25	R	B	B	B	B	R	B	B
30	32	31	Aluno 26	R	R	I	R	R	R	R	I
31	32	32	Aluno 27	I	R	R	R	R	R	R	I
24	26	25	Aluno 28	R	R	R	R	B	R	R	R
18	24	23	Aluno 29	B	B	R	R	R	R	R	R
4	11	4	Aluno 30	MB	B	B	B	B	B	R	R
17	21	20	Aluno 31	B	B	R	R	R	R	R	B
25	27	27	Aluno 32	R	R	R	R	R	R	B	R

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

buscando uma maior assertividade da escolha, satisfação dos alunos com menores índices de evasão dos cursos, preparando melhor os futuros profissionais para às exigências atuais e futuras do mercado de trabalho.

O método *Fuzzy*-TOPSIS mostrou-se satisfatório na aplicação ilustrativa realizada, devendo-se considerar que os julgamentos pré-estabelecidos quando a escala de desempenho dos alunos, peso dos critérios de seleção e determinação dos números Fuzzy, podem ser objeto de amplo de debate por especialistas de educação e das áreas consideradas em exatas, humanas e biológicas quanto ao aprimoramento e ajustes necessários.

Como proposta para trabalhos futuros, é possível apontar o desenvolvimento de estudos voltados para a investigação qualitativa junto aos alunos ranqueados, quanto aos respectivos perfis de competências, de aptidões e de interesses profissionais, conferindo melhores bases para o uso e aprimoramento do objetivo proposto neste estudo.

Referências

- ARPACI, I. Antecedents and consequences of cloud computing adoption in education to achieve Knowledge Management. **Computers in Human Behavior**, v. 70, May, p. 382-390, 2017.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.
- CHEN, C. T. Extensions of the TOPSIS for group decisionmaking under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 114, n. 1, p. 1-9, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)
- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.
- EPETIMEHIN, F. M.; EKUNDAYO, O. Organisational Knowledge Management: survival strategy for Nigeria insurance industry. **Interdisciplinary Review of Economics and Management**, v. 1, n. 2, p. 9-15, 2011.
- KADRY, S.; SAFIEDDINE, F. Cooperative active learning methodology in Mathematics. In: International Conference on Education and New Learning Technologies, 8., Barcelona, 2016.
- LIMA JÚNIOR, F.R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, v. 21, p. 194-209, 2014.
- LIMA JÚNIOR, F.R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores **GP 2015**
- MARINHO-ARAÚJO, C.M., ALMEIDA L.S., Abordagem de competências, desenvolvimento humano e educação superior, *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Vol. 32 n. esp., pp. 1-10, 2016.
- MORAN, J. M. Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n. 12, p. 13-21, 2004.
- PINTO, S. et al. O Laboratório de Metodologias Inovadoras e sua pesquisa sobre o uso de metodologias ativas pelos cursos de licenciatura do UNISAL, Lorena: estendendo o conhecimento para além da sala de aula. **Revista de Ciências da Educação**, v. 2, n. 29, p. 67-79, 2013.
- SHIH, W. L.; TSAI, C. Y. The effects of Knowledge Management capabilities on perceived school effectiveness in career and technical education. **Journal of Knowledge Management**, v. 20, n. 6, p. 1373-1392, 2016.