



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Apoio à tomada de decisão para localização de polos de ensino a distância: aplicação dos métodos AHP e agrupamento

Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer

Escola Politécnica - UNINTER

Dayse Mendes

Escola Politécnica - UNINTER

Douglas Soares Agostinho

Escola Politécnica - UNINTER

Ederson Carvalhar Fernandes

Escola Politécnica - UNINTER

Marcos Augusto Mendes Marques

PPGE - UFPR

Resumo: Desde 2017, no Brasil, a flexibilização da legislação educacional permitiu uma expressiva expansão dos polos de educação a distância (EAD). Os polos são unidades de apoio presencial que oferecem infraestrutura e suporte técnico aos alunos, fundamentais para garantir a qualidade e acessibilidade da EAD. Eles desempenham um papel estratégico na democratização do ensino superior, possibilitando que mais pessoas, tanto em áreas remotas quanto em grandes centros urbanos, possam acessar cursos de graduação e pós-graduação. Com essa mudança regulatória, as instituições de ensino superior têm a oportunidade de aumentar sua presença regional e atender a uma demanda crescente, mas enfrentam o desafio de localizar esses polos de forma a maximizar o alcance e a eficácia educacional. Este artigo desenvolve uma interface baseada em métodos de multicritério para apoiar a tomada de decisão na localização de novos polos, facilitando a expansão estratégica das unidades e promovendo um maior impacto positivo na educação superior. Para alcançar esse objetivo, foi necessário realizar uma revisão sistemática da literatura (RSL), decidir qual método multicritério utilizar e definir a cidade brasileira usada como estudo de caso. Entre os resultados, foi criada uma interface virtual que apoia amplamente as instituições na escolha estratégica dos polos, promovendo a democratização do ensino superior e contribuindo para um acesso mais equitativo à educação.

Palavras-chave: método multicritério; apoio à tomada de decisão de localização; ensino a distância; AHP; interface multicritério

Support for decision making for locating distance learning centers: application of AHP and grouping methods

Abstract: Since 2017, in Brazil, the relaxation of educational legislation has enabled a significant expansion of distance education (DE) centers. These centers are in-person support units that offer infrastructure and technical assistance to students, fundamental to ensuring the quality and accessibility of DE. They play a strategic role in democratizing higher education, allowing more people, both in remote areas and large urban centers, to access undergraduate and graduate programs. With this regulatory shift, higher education institutions have the opportunity to increase their regional presence and meet growing demand but face the challenge of locating these centers

to maximize reach and educational effectiveness. This article develops an interface based on multi-criteria methods to support decision-making in locating new centers, facilitating the strategic expansion of units and promoting a more positive impact on higher education. To achieve this goal, it was necessary to conduct a systematic literature review, decide on the multi-criteria method to use, and define the Brazilian city used as a case study. Among the results, a virtual interface was created that significantly supports institutions in the strategic choice of centers, promoting the democratization of higher education and contributing to more equitable access to education.

Keywords: multicriteria method; location decision-making support; distance learning; AHP; multicriteria interface

1. Introdução

No Brasil, o Censo da Educação Superior, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), em 2023, demonstrou que 4,9 milhões de alunos ingressaram em cursos de educação superior de graduação. Os dados relacionados à modalidade de ensino, demonstram que, entre os anos de 2022 e 2023 houve aumento no número de ingressantes na modalidade Educação a Distância (EaD) de 6,9%, enquanto a modalidade presencial teve um aumento de 1,4%, no mesmo período. Além disso, entre 2013 e 2023, o número de ingressos no presencial teve uma queda de -24,6%, já na modalidade a distância aumentou em 543,1% (BRASIL, 2024).

Segundo a Sinopse da Educação Superior, realizado pelo mesmo instituto brasileiro, INEP, em 2023, para a rede particular de ensino, encontram-se cadastrados 10.058 polos de apoio EaD, sendo que em 2013 eram 2.275 unidades, ou seja, houve um aumento de 23%. Inclusive, comparando 2017 com 2018, o aumento de polos cadastrados foi de 45,1% (INEP, 2014 e 2023).

O aumento na abertura de polos neste período, bem como a quantidade de ingressos nessa modalidade, justifica-se pela aprovação do decreto nº 9.057/2017 publicado, em 2017, pelo Ministério da Educação (MEC), em que as IES (Instituição de Ensino Superior) não precisavam, obrigatoriamente, ter o curso presencial para ofertá-lo na modalidade a distância. Nesse mesmo contexto foi publicado uma Portaria nº 11/2017, na qual permite a abertura de polos conforme o Conceito Institucional (CI), com número máximo de 250 unidades (BRASIL, 2017).

A partir do quantitativo anual para aberturas de polo, estipulado pelo MEC, as IES, encontram dificuldade para alocar os polos permitidos, conforme a portaria e assim, continuar à frente do mercado competitivo. Com o intuito de encontrar uma metodologia capaz de auxiliar na localização de abertura dessas unidades e a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) (GAYER et al, 2021), a qual indicou que os melhores métodos para a resolução deste problema, elaborou-se a pergunta da pesquisa, sendo: como elaborar uma aplicação, utilizando os métodos multicritério, para o apoio à decisão de localização de polo para educação a distância? Assim, o objetivo desse artigo é desenvolver uma interface baseada em métodos de multicritério para apoio à tomada de decisão de localização de polo para ensino a distância.

Ao longo deste trabalho é possível encontrar o item 1 com a introdução da pesquisa, já no item 2 a metodologia. Seguindo para os itens 3 e 4, o referencial teórico e resultados, respectivamente. Finalizando com os item 5, sendo a conclusão, e as referências utilizadas.

2. Metodologia

Para a realização da pesquisa, foi necessário visitar o local responsável pela expansão dos polos de uma IES, com sede na cidade de Curitiba, para que pudesse ter uma ideia da pesquisa. Houve uma entrevista informal com o gestor do setor, a qual, segundo Gil (2018, p.96), visa ser uma conversa rápida, objetiva e com coleta de dados. Neste primeiro contato foi possível identificar quais são as dimensões consideradas na

abertura dos polos, sendo elas: acesso ao local, atividades econômicas predominantes na região, concorrência, perfil dos moradores local, custo e infraestrutura.

2.1 Definição dos critérios

A seleção dos critérios ocorreu com estratificação de cada artigo, posteriormente houve a retirada dos fatores semelhantes ou dos que não apresentavam relevância para a pesquisa; esse último foi baseado na conversa realizada com o setor de expansão de polos de uma IES entrevistada no início da pesquisa e no conhecimento adquirido na fundamentação teórica, ou seja, critérios como: distância à rede elétrica e linhas de média tensão, uso de inteligência artificial avançada, distância até a Reserva Agrícola Nacional, eficiência de trabalho e afins, foram retirados da validação por não possuir aderência com a problemática. Assim sendo, de um montante com 107 critérios encontrados na RSL foram selecionados 18 para que fossem validados com os especialistas da área, Quadro 1.

Após essa seleção foi necessário indicar uma unidade de medida para que os especialistas pudessem avaliá-los da melhor maneira. Como os subcritérios são qualitativos, foi indicado como unidade MINIMIZAR e MAXIMIZAR.

Quadro 1 - Seleção dos critérios com a unidade

Dimensão	Critério	Unidade
Acesso ao local	Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais;	MINIMIZAR
	Congestionamento local;	MAXIMIZAR
	Sistema de transporte;	MAXIMIZAR
	Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais;	MINIMIZAR
Atividades econômicas predominantes na região	Aceitabilidade vizinhança;	MAXIMIZAR
	Sistema de colaboração indústria-governo;	MAXIMIZAR
	Índice de criação de empregos;	MAXIMIZAR
	Condição socioeconômica local;	MAXIMIZAR
Concorrência	Proximidade com a concorrência;	MAXIMIZAR
Perfil dos moradores da região	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH);	MAXIMIZAR
	Qualidade da infraestrutura do local;	MAXIMIZAR
	Vulnerabilidade da população/violência local;	MINIMIZAR
Custo	Preço do terreno/aluguel;	MINIMIZAR
	Custos iniciais, operacionais e de manutenção;	MINIMIZAR
Infraestrutura	Documentação;	MINIMIZAR
	Funcionalidade, usabilidade e estética;	MAXIMIZAR
	Forma do terreno;	MINIMIZAR
	Proximidade de locais culturais;	MAXIMIZAR

Os respondentes foram identificados com a nomenclatura “E” seguido da numeração conforme a sequência de resposta, descrito no Quadro 2. Foram enviadas 49 mensagens, via LinkedIn, pedindo para que os especialistas respondessem o questionário, desses obtiveram-se 10 respostas. No questionário foram solicitadas duas perguntas, sendo que a primeira utilizava a escala de Likert para entender se o critério era de qual grau de importância e a segunda, quais critérios o especialista julgava ser muito importante e pouco importante.

Após a aplicação do questionário, utilizou-se o método Delphi que de acordo com Gomes e Gomes (2014) consiste em estruturar sistematicamente a opinião dos especialistas objetivando um resultado em comum, além disso a obtenção das respostas

foi validada por meio do conceito alfa de Conbrach – ferramenta estatística que verifica a necessidade de reaplicar o questionário (GASPAR e SHIMOYA, 2017).

Quadro 2 - Identificação dos especialistas para validação dos critérios levantados

	Cargo ou função presente na rede social	Experiência conforme a rede social
E1	Diretora novos negócios	mais de 20 anos
E2	Gestora da área educacional EaD	mais de 10 anos
E3	Diretor de Ensino	mais de 10 anos
E4	Gestor de Polo	mais de 8 anos
E5	Gerente EAD	mais de 10 anos
E6	Gerente de expansão EaD	mais de 10 anos
E7	Diretor Comercial	mais de 10 anos
E8	Professor	mais de 5 anos
E9	Gerente Acadêmico de Ensino Digital	mais de 10 anos
E10	Gestor Executivo Educação	mais de 10 anos

Calculou-se a média e o desvio padrão das respostas, conforme pede o método, entretanto decidiu-se utilizar o coeficiente alfa de *Cronbach* para enfatizar a validação do questionário, o que apresentou um valor $\alpha=0,81$, ou seja, significa uma alta consistência.

2. 2 Definição das alternativas

Desdobrando os critérios da entrevista informal, encontram-se informações relevantes em que a IES se baseia, são as seguintes métricas: a população da região pretendida deve ser acima de 50 mil habitantes; já para a renda média per capita as classes devem estar entre B2 e C2; o nível de instrução tem uma variação de ensino médio completo e graduação incompleta ou completa; o público-alvo tem a faixa etária de 20 a 44 anos. Essas informações serviram como limitadores para a seleção dos dados coletados no site Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2015), cuja fonte primária é o Censo de 2010 realizado pelo IBGE, então selecionou-se dessa base as variáveis: população do bairro, idade entre 15 e 64 anos, valor de rendimento médio por domicílio e alfabetização.

Então, utilizou-se desses dados para definir as alternativas, possíveis locais de implementação dos polos e, para dar mais uma opção ao decisor, realizou-se o agrupamento (*clusterização*) dos bairros da cidade. Essa sugestão se dá porque a população de bairros tem um alto número com valores próximos. O agrupamento permite que os bairros sejam dispostos em grupos que possuem a mesma similaridade, ou seja, familiaridade.

Para resolver esse problema de pesquisa, decidiu-se que o melhor método seria o AHP pelos seguintes motivos: é um método amplamente utilizado na literatura, conforme GAYER *et al* (2021); de acordo com o problema levantado, o objetivo é desenvolver uma interface para auxiliar a tomada de decisão de localização, ou seja, ordenar o local mais promissor em função dos critérios levantados e dos dados estatísticos disponibilizados para o decisor; o AHP é capaz de interpretar o julgamento do decisor para que o resultado seja o mais próximo ao desejado. Portanto, entende-se que o AHP pode perfeitamente ser aplicado para o cenário apresentado.

3. Referencial Teórico

Neste item são abordados os temas sobre EaD e polo de apoio, processo decisório e AHP

3.1 EaD e polo de apoio

O EaD surgiu no país como um sistema que atende às novas demandas sociais, colaborando no desenvolvimento de cidadãos para que possam suprir e corresponder as necessidades de prospecção do país. Desta forma, essa modalidade não é algo provisório ou para complementar o ensino regular (PAULA, 2014 *apud* MARTINS, 2005).

Ainda nesse sentido, para a mesma autora, educação a distância exterioriza a própria essência do conceito, que é dar acesso à educação, através das tecnologias e processos desenvolvidos especificamente para essa prática, a locais remotos que são carentes de recursos educacionais e de apoio às necessidades dos alunos e no mercado (PAULA, 2014).

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Educação nº1 de 11 de março de 2016, no qual estabelece diretrizes e normas nacionais para a oferta de programas e cursos de educação superior EaD, o polo é definido em seu Art 5º como (BRASIL, 2016):

[...] a unidade acadêmica e operacional descentralizada, instalada no território nacional ou no exterior para efetivar apoio político-pedagógico, tecnológico e administrativo às atividades educativas dos cursos e programas ofertados a distância, sendo responsabilidade da IES credenciada para EaD, constituindo-se, desse modo, em prolongamento orgânico e funcional da Instituição no âmbito local.

A oferta dos cursos e o ingresso no ensino superior, em municípios pequenos, contribuem para o aumento de possibilidades de estudo e qualificação, e isto é possível através da implantação dos polos de apoio presencial (BRASIL 2010). Portanto, a instalação e progressão dos PAPs (Polo de Apoio Presencial) proporcionam à população local a oportunidade de acesso ao ensino superior e, assim, a sua qualificação profissional (DIANA, 2015). Consequentemente, os resultados sociais são positivos, como uma melhora nos índices de desenvolvimento (BRASIL 2010).

3.2 Processo decisório

Sabe-se que a teoria da decisão tem por objetivo auxiliar as pessoas a tomarem as melhores decisões, isto a partir dos critérios estabelecidos. A teoria da decisão supõe que as pessoas são capazes de evidenciar suas preferências simples, bem como capacidade cognitiva para tomarem decisões simples. Partindo deste pressuposto e de que o ser humano tem uma capacidade racional limitada, a metodologia que envolve a teoria da decisão é baseada na resolução de problemas de decisão complexos (GOMES e GOMES, 2014).

Segundo Campos (2012), para que a modelagem do processo de tomada de decisão tenha ascensão, precisa-se conhecer todos os componentes do processo de decisão, então os intervenientes são: atores, agentes de decisão e o analista, que somados a estes têm-se as alternativas, critérios e tipo de problemática.

Os atores têm interesse na decisão a ser tomada, ou seja, serão responsáveis (direta ou indiretamente) pela decisão tomada. Já os agentes de decisão, concentram a sua responsabilidade em avaliar as possibilidades do problema, conforme a sua relação de preferência. Por fim, o analista é responsável pelo auxílio no processo decisório, já que apresenta conhecimento específico na área, ou seja, um especialista em metodologia de multicritério. Desta forma, como atribuição ele apresenta a modelagem das escolhas e sistematização do processo. Todos os intervenientes podem ser representados por uma pessoa ou grupo de pessoas, como entidades (CAMPOS, 2012).

Para tanto, tem-se que as alternativas ou ações potenciais são as possíveis opções disponíveis para que o decisor possa fazer a escolha, estas contribuem para esclarecer a melhor opção, além de beneficiar a correlação entre a ascensão do próprio processo, os

objetivos e o sistema de valores dos intervenientes (CAMPOS, 2012; ENSSLIN e BORGERT, 1998).

Classificados como parâmetros de comparação entre as alternativas, os critérios representam o propósito a ser atingido dentro do problema de decisão (CAMPOS, 2012). Necessita-se elaborar vários critérios a partir de várias perspectivas, nas quais recebem diferentes julgamentos por meio de vários atores do processo de decisão que atribuem, transformam e esclarecem as suas preferências (ENSSLIN e BORGERT, 1998).

Os critérios podem ser quantitativos ou qualitativos e com atribuições diferenciadas, portanto deve-se compreender como as escalas são caracterizadas. Sua avaliação tem por objetivo graduar um fator e quantificar o critério. Existem quatro tipos de escalas, sendo: nominal – um agrupamento de componentes e não efetua operações aritméticas; ordinal – ordenação dos elementos em uma ordem predefinida; intervalar – representada por uma escala ou transformação linear; razão ou cardinal – sua quantificação inicia-se após a atribuição de um ponto de partida ou um ponto zero (CAMPOS, 2012; MADEIRA, 2013).

Sabe-se que um ponto de extrema importância para que exista uma boa gestão, independente do setor que se enquadra a organização, é a análise espacial de localização de instalações, pois é essa que traz a maximização do serviço prestado como vantagem social. Com a escolha incorreta do local cria-se empecilhos de produtividade ou serviço. Então, se faz necessário identificar as oportunidades para instalações de polo de EaD (RANDHAWA e WEST, 1995).

3.3 Analytic Hierarchy Process - AHP

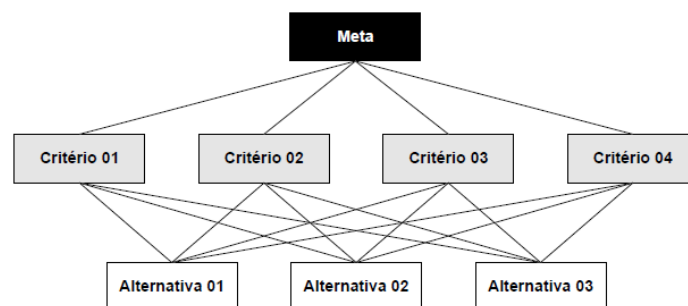
O AHP, criado por criado pelo professor. Thomas L. Saaty na metade da década de 70 (GOMES E GOMES, 2014), consiste em desdobrar o problema em hierarquia, a fim de obter uma melhor modelagem quanto às preferências do responsável pela decisão (ALMEIDA, 2013), ou seja, é um método utilizado quanto o responsável pela decisão atribui o seu conhecimento para avaliar os critérios perante uma determinada situação (LEITE e FREITAS, 2012). A aplicação do método consiste em estabelecer critérios para verificação das alternativas (GOMES e GOMES, 2014).

O AHP seleciona uma alternativa baseado nos diferentes critérios de avaliação apresentados no problema, sua fundamentação está baseada em (VARGAS, 2010):

- Construção de hierarquias – estruturar o problema/meta em níveis hierárquicos agrupando, de modo independente, com o conjunto entre as afinidades (Figura 1);
- Definição das prioridades – deve-se determinar as prioridades através da comparação par a par dos critérios;
- Consistência lógica – verificar a relação interna entre alguns critérios, observando quanto às definições das prioridades, pois deve-se garantir a estrutura nos julgamentos realizados (VARGAS, 2010).

O método utiliza dois tipos de medição: o relativo e absoluto. No primeiro, as comparações pareadas ocorrem em toda hierarquia, desde as alternativas que apresentam nível mais baixo na hierarquia juntamente com os critérios no nível acima. Já no segundo, as comparações pareadas são iguais, porém não há consideração das próprias alternativas, logo no processo de ponderação e soma evidencia-se às classificações gerais (SAATY, 1990).

Figura 1 - Estrutura do AHP



Fonte: Vargas (2010).

Ainda segundo Vargas (2010), a escala amplamente mais utilizada é a escala de relativa importância entre duas alternativas, proposta por Saaty, em que há uma variação entre os valores de 1 a 9 que estabelece a importância relativa entre uma alternativa e outra, de acordo com a Quadro 3.

Quadro 3 - Escala de classificação de Saaty

Intensidade de importância	Definição	Forma de avaliação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância pode ser demonstrada na prática
2, 4, 6, 8	Valores intermédios entre os dois julgamentos adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos acima de diferente de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

A probabilidade entre cada uma das alternativas é calculada quando todas as comparações já foram efetuadas e seus pesos analisados. Após a realização deste primeiro cálculo, determina a probabilidade que cada alternativa tem perante a meta estabelecida. Desta forma, quanto maior o valor final encontrado, maior será a contribuição da alternativa para a meta (VARGAS, 2010).

O diferencial do método AHP está em sua capacidade de transformar as comparações, ou seja, dados empíricos em modelos numéricos, no qual pode-se processar e comparar, já que o peso dado a cada um dos critérios possibilita a avaliação de cada elemento dentro da hierarquia (VARGAS, 2010).

4. Resultados

Neste item são apresentados os resultados, bem como o funcionamento da interface.

4.1 Agrupamento das alternativas

Para realizar o agrupamento, os dados referentes às variáveis foram normalizados, ou seja, de acordo com Virmani, Taneja e Malhotra (2015), significa eliminar os dados redundantes para que assim, o algoritmo de agrupamento seja mais eficiente. Os dados utilizados para o valor total de Curitiba estão no Quadro 4 e as nomenclaturas dadas às variáveis são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 4 - Dados de Curitiba

População total de Curitiba	1.751.907 pessoas
Valor de rendimento médio por domicílio em Curitiba	R\$ 3.774,19
Taxa de alfabetização em Curitiba	96,87%

Fonte: IPPUC, 2015.

Quadro 5 - Nomenclatura das variáveis

VP	População do bairro / População total de Curitiba
VI	População com idade entre 15 e 64 anos / População total do bairro
VMD	Valor de rend. médio por domicílio/Valor de rend. médio por dom. em Curitiba
VA	Taxa de alfabetização do bairro / Taxa de alfabetização em Curitiba

Os dados tabulados foram inseridos no *software* R Studio, para que fosse calculado o número de grupos por meio do algoritmo k-médias, bem como realização do agrupamento dos bairros. A definição do melhor número de grupos foi feita pelos algoritmos presentes no *software* utilizando as aplicações *silhouette* e *wss*, assim sendo sugeriu o agrupamento fosse de 4 *clusters*. Após encontrar o número ideal de grupos, aplicou-se o algoritmo de agrupamento não hierárquico das k-médias, por meio da função do R *k-means*, a fim de realizar o agrupamento dos 75 bairros.

O Quadro 6 descreve a quantidade de grupos e os respectivos bairros de cada agrupamento.

Quadro 6 - Quantidade de bairro por cluster

1	Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial, Sítio Cercado e Uberaba
2	Abranches, Alto Boqueirão, Atuba, Bairro Alto, Barrerinha, Boa Vista, Butiatuvinha, Campo Comprido, Capão da Imbuia, Capão Raso, Fanny, Fazendinha, Guabirota, Guaíra, Hauer, Jardim Botânico, Lindóia, Novo Mundo, Orleans, Pilarzinho, Pinheirinho, Santa Cândida, Santa Felicidade, Santa Quitéria, São Braz, São João, Taboão, Tingüi, Vista Alegre e Xaxim
3	Augusta, Cachoeira, Campo do Santana, Caximba, Ganchinho, Lamenha Pequena, Parolin, Prado Velho, Riveira, São Miguel, Tatuquara e Umbará
4	Água Verde, Ahu, Alto da Glória, Alto da Rua XV, Bacacheri, Batel, Bigorriho, Bom Retiro, Cabral, Campina do Siqueira, Cascatinha, Centro, Centro Cívico, Cristo Rei, Hugo Lange, Jardim das Américas, Jardim Social, Juvevê, Mercês, Mossunguê, Portão, Rebouças, Santo Inácio, São Francisco, São Lourenço, Seminário, Tarumã e Vila Izabel

A interface permite que o decisor escolha as alternativas entre os bairros ou por meio do agrupamento, deixando livre a aplicação.

4.2 Validação dos critérios

Na compilação dos dados obtidos por meio do questionário aplicado aos especialistas, somou-se a quantidade de valores atribuídos entre 3 e 5 e, além disso, dividiu-se a somatória pela quantidade de respondentes, no caso 10 entrevistados. Por fim, multiplicou-se por 100 para deixar em porcentagem. Os valores de consenso encontrados na tabela 1 são:

TABELA 1 – % DE CONSENSO ENTRE OS ENTREVISTADOS

Identificação	Critério	%
C1	Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais	70%
C2	Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais	80%
C3	Vulnerabilidade da população/violência local	70%
C4	Preço do terreno/aluguel	70%
C5	Custos iniciais, operacionais e de manutenção	80%
C6	Documentação	80%
C7	Forma do terreno	70%
C8	Congestionamento local	80%
C9	Sistema de transporte	90%
C10	Aceitabilidade vizinhança	60%
C11	Sistema de colaboração indústria-governo	70%
C12	Índice de criação de empregos	100%
C13	Condição socioeconômica local	100%
C14	Proximidade com a concorrência	90%
C15	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	70%
C16	Qualidade da infraestrutura do local	80%
C17	Funcionalidade, usabilidade e estética	80%
C18	Proximidade de locais culturais	40%

Na literatura não foi encontrado um indicativo de qual valor é o ideal ou não, ou seja, a escolha do critério fica a critério do pesquisador. Neste caso, definiu-se que o consenso deveria ser entre, pelo menos, 70% dos entrevistados. Assim, os critérios proximidade de locais culturais e aceitabilidade vizinhança foram excluídos da aplicação. Decidiu-se por não realizar outra rodada entre os entrevistados, pois a própria aplicação dá a oportunidade do decisor incluir algum critério que lhe convém.

4.3 Desenvolvimento da aplicação

Inicialmente, estruturou-se a modelagem do processo de tomada de decisão com os intervenientes – atores, agentes de decisão e o analista – e os componentes definidos como: as alternativas, critérios e tipo de problemática.

a) Intervenientes - atores: instituições de ensino superior; agentes de decisão: responsáveis pela expansão dos polos do EaD; analista: aplicação web, a qual sistematizará o processo e modelará as preferências apresentadas pelos agentes.

b) Componentes - alternativas: bairros de Curitiba ou agrupamento deles; - critérios: pontos levantados e validados pelos especialistas;

c) tipo de problemática: problemática de ordenação.

Após essa definição, criou-se a estrutura do problema de acordo com o método escolhido. Desta forma, o fluxograma da aplicação do problema na estrutura do AHP.

Assim, a estrutura da aplicação funciona conforme os seguintes passos:

1. O decisor ou usuário deve escolher quais critérios são interessantes para a tomada de decisão, isso ao selecionar checkbox (FIGURA 2);
2. Deve-se avaliar os critérios aos pares (prioridades de critérios);
3. Aplica-se a parte matemática do AHP, conforme a regra comparação recíproca e os cálculos de índice de consistência e razão de consistência;
4. Apresenta-se o ranqueamento dos critérios, de acordo com as preferências estipuladas.
5. Escolher os subcritérios, isso ao selecionar checkbox, conforme estratificado de cada critério;
6. Seguindo, escolhe-se as alternativas: ou a opção bairros, ou a opção *cluster*;
7. Deve-se avaliar os subcritérios aos pares (prioridades de critérios);
8. Deve-se avaliar as alternativas selecionadas aos pares, mas por subcritério (prioridades de alternativas locais);
9. Aplica-se a parte matemática do AHP, conforme a regra comparação recíproca e os cálculos de índice de consistência e razão de consistência;
10. Apresenta-se o ranqueamento das alternativas, de acordo com as preferências estipuladas (FIGURA 3).

Figura 2 – Página inicial da aplicação

Critérios

Par a Par

Critérios

☐ Acesso ao local
☐ Atividades econômicas predominantes na região e concorrência
☐ Perfil dos moradores da região
☐ Custo
☐ Infraestrutura

Figura 3 – Ranqueamento

Critérios	Par a Par	Ranqueamento	Subcritérios	Alternativas	Par a Par	Ranqueamento
Clique para exibir os cálculos						
Ranqueamento						
		Ranqueamento (%)				
Abranches		33.333				
Água Verde		33.333				
Ahu		33.333				

	Acesso ao local Peso 0.2	Acesso ao local Peso 0.2	Atividades econômicas predominantes na região e concorrência Peso 0.2	Perfil dos moradores da região Peso 0.2	
	Distância para rodovias, estradas regionais e nacionais	Distância dos centros urbanos, industriais e comerciais	Sistema de colaboração indústria-governo	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	Prioridade
Pesos prioridade	0.25	0.25	0.25	0.25	
Abranches	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333
Água Verde	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333
Ahu	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333	0.3333333333333333

Por fim, após o desenvolvimento da aplicação, criou-se um questionário para validação da ferramenta. O link foi distribuído via e-mail para entrevistados identificados no quadro 2. Lembrando que os critérios de seleção de cada entrevistador eram: conhecimento estratégico em EaD e ter trabalhado com expansão de negócios.

Desta forma, as respostas evidenciaram um consenso unânime quanto as características da aplicação, descritas como: fácil utilização, fácil navegação, indica as possibilidades de uso, atinge os resultados esperados, é flexível ao ponto adequar-se às necessidades do usuário, apresenta uma linguagem apropriada e por ser on-line é melhor. Nota-se que a aplicação web desenvolvida está em consonância com o procedimento proposto, bem como com o planejado na metodologia.

5. Conclusões

O EaD é uma modalidade de ensino democrática e humana, sua abrangência permite alcançar as pessoas dos lugares mais remotos, dando-lhes oportunidade de acesso a uma educação de qualidade, formativa, e atualizada, bem como suprir a necessidade do mercado local. Desta maneira, este trabalho apresentou desenvolver uma interface baseada em métodos de multicritério para apoio à tomada de decisão de localização de polo para ensino a distância. Para isso foi necessário entender quais métodos são aplicados na tomada de decisão, bem como definir os critérios e as alternativas, conforme explicito na literatura.

A aplicação é de fácil usabilidade e intuitiva, podendo ser utilizada de forma flexível, sem perder a essência do método aplicado. A pesquisa visa auxiliar os profissionais quanto à tomada de decisão e assim, tornar a decisão mais assertiva. Permitir a formação ou especialização de profissionais onde uma instituição de ensino superior não consegue se instalar fisicamente, é levar oportunidade às pessoas com limitações, talvez financeiras ou geográficas.

Referências

ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. Editora Atlas, 2013.

BRASIL. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep)**. Censo da Educação Superior 2023: notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2024. Disponível em: <https://acesse.one/fiSFh> Acesso em: 25 out 2024

BRASIL. **Atualizada legislação que regulamenta Educação a Distância no país**. 2017. Disponível em: < <https://abmes.org.br/noticias/detalhe/2173> > Acesso em: 25 out 2024

BRASIL. Ministério da Educação. **Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 1, de 11 de março de 2016**. Estabelece Diretrizes e Normas Nacionais para a Oferta de Programas e Cursos de Educação Superior na Modalidade a Distância. Disponível em <https://abmes.org.br/legislacoes/detalhe/1830>>. Acesso em: 09 out 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Universidade Aberta do Brasil**. Portal Universidade Aberta do Brasil. 2010. Disponível em: < <http://uab.capes.gov.br/>>. Acesso em: 04. out. 2020.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18157/tde-08022012-104925/publico/VanessaRibeiroCampos.pdf> > Acesso em: 25 out 2024.

DIANA, J. B. **O polo de apoio presencial e o desenvolvimento socioeconômico: uma leitura do entorno**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: < <https://l1nq.com/kLriw> >. Acesso em: 25 out 2024.

ENSSLIN, L; BORGERT, A. A gestão de custos no processo decisório das organizações. In: **Anais** do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 1998.

GASPAR, I. de A.; SHIMOYA, A. Avaliação da confiabilidade de uma pesquisa utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. In: SIMPOSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017,

Catalão. **Anais** [...]. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2017. Disponível em:<https://files.cercomp.ufg.br/webby/up/1012/o/ISAAC_DE_ABREU_GASPAR_2_-_email.pdf> Acesso em: 19 out 2024.

GAYER, J. et al. **Investigation of the applications of multicriteria methods in decision-making for location of distance education centers**. In: 26th/27th IJCIEOM – International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2020/2021, on-line.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2018. 6 ed. p. 96

GOMES, L. F. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2014. 5ª ed. p. 23, 60 – 69, 91, 274.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2013**. Brasília: Inep, 2014. Disponível em: < <https://l1nk.dev/hthxH>>. Acesso em: 25 out 2024.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. 2015. **Nosso Bairro**. Disponível em: <https://ippuc.org.br/nossobairro/nosso_bairro.htm> Acesso em: 21 jun 2020

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. **Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério à decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEE**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves (Brasil), 2012.

MADEIRA, J. G. F. **Escolha de ferramenta de apoio à tomada de decisão para escolha de sítio para rejeitos de alta atividade**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://antigo.nuclear.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/2013/Dissertacao_Jonni_Guiller.pdf> Acesso em: 25 out 2024

PAULA, A de. **Fatores críticos de sucesso hierarquizados para cursos superiores na modalidade de educação a distância**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

RANDHAWA, S. U.; WEST, T. M. An integrated approach to facility location problems. **Computers & Industrial Engineering**, 29(1-4), 261-265. 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352\(95\)00082-C](http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352(95)00082-C) Acesso em: 25 out 2024

SAATY, T. L. **The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process**. In: Köksalan M., Zionts S. (eds) Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, vol 507. Springer, Berlin, Heidelberg. 2001. p. 15-37

VARGAS, R. V. Utilizando a programação multicritério (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. In **PMI Global Congress**, v. 29, p. 31, 2010.

VIRMANI, D.; TANEJA, S.; MALHOTRA, G. **Normalization based K means Clustering Algorithm**. arXiv preprint arXiv:1503.00900, 2015.