



## ANÁLISE ESPACIAL NO ENSINO DE GEOGRAFIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Alfredo Pereira de Queiroz  
aqueiroz@usp.br

---

Professor Titular do Departamento de  
Geografia da Universidade de São Paulo  
(USP).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-4953>

### RESUMO

A incorporação tecnológica no ensino de Geografia, nas últimas décadas, pode ser considerada crescente, ainda que heterogênea. Há muitos estímulos para inovar as atividades em sala de aula, no entanto, inúmeros professores têm experiências superficiais com tecnologias e sérias restrições de tempo para desenvolver novas habilidades. O objetivo do artigo é sistematizar os procedimentos elementares para orientar o uso da Análise Espacial na Educação Básica de Geografia. As relações topológicas (adjacência, conectividade e continência) entre as representações vetoriais (ponto, linha e polígono) foram abordadas em diferentes meios, como o manual, celular, web, Sistema de Informações Geográficas e Inteligência Artificial. O pressuposto é de que a Análise Espacial pode contribuir para abordar temas estruturantes, interdisciplinares ou associados aos itinerários formativos, como: localização, distância e escala. Constatou-se que o sucesso da inovação tecnológica em sala de aula depende do equilíbrio entre prudência e ousadia. E, que é fundamental inserir as tecnologias em um contexto pedagógico coerente e vinculado a uma progressão de perguntas, de forma a relacionar as informações obtidas a uma rede integrada de conteúdos geográficos. Os resultados mostram que o maior desafio é selecionar recursos didáticos e simples, gratuitos ou de baixo custo, e que sua incorporação, por alunos e professores, demande reduzido número de horas.

### PALAVRAS-CHAVE

Análise Espacial; Educação Básica; Recursos tecnológicos; Geografia; Inteligência Artificial.

## SPATIAL ANALYSIS IN TEACHING GEOGRAPHY IN BASIC EDUCATION

### ABSTRACT

The incorporation of technology into Geography teaching in recent decades can be considered growing, although heterogeneous. There are many incentives to innovate classroom activities; however, many teachers have superficial experience with technology and serious time constraints to develop new skills. The objective of the article is to systematize the elementary procedures to guide the use of Spatial Analysis in elementary Geography education. The topological relationships (adjacency, connectivity and containment) between vector representations (point, line and polygon) were addressed in different media, such as manual, mobile, web, Geographic Information System and Artificial Intelligence. The assumption is that Spatial Analysis can contribute to addressing structuring, interdisciplinary themes or those associated with educational itineraries, such as location, distance and scale. It was found that the success of technological innovation in the classroom depends on the balance between caution and boldness. And that it is essential to insert technologies in a coherent pedagogical context and linked to a progression of questions, to relate the information obtained to an integrated network of geographic content. The results show that the biggest challenge is to select simple, free or low-cost teaching resources, and that their incorporation by students and teachers requires a small number of hours.

### KEYWORDS

Spatial Analysis; K-12 education; Technological resources; Geography; Artificial Intelligence.

## ANÁLISIS ESPACIAL EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFÍA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA

### RESUMEN

La incorporación de la tecnología a la enseñanza de la Geografía en las últimas décadas puede considerarse creciente, aunque heterogénea. Existen muchos incentivos para innovar las actividades en el aula, sin embargo, muchos docentes tienen una experiencia superficial con la tecnología y serias limitaciones de tiempo para desarrollar nuevas habilidades. El objetivo del artículo es sistematizar los procedimientos elementales para orientar el uso del Análisis Espacial en la educación básica en Geografía. Se abordaron las relaciones topológicas (adyacencia, conectividad y continencia) entre representaciones vectoriales (punto, línea y polígono) en diferentes medios, como manual, teléfono celular, web, Sistema de Información Geográfica e Inteligencia Artificial. Se asume que el Análisis Espacial puede contribuir a abordar temas estructurantes, interdisciplinarios o asociados a itinerarios de formación, tales como: ubicación, distancia y escala. Se encontró que el éxito de la innovación tecnológica en el aula depende del equilibrio entre la prudencia y la audacia. Y es imprescindible insertar las tecnologías en un contexto pedagógico coherente y vinculado a una progresión de preguntas, con el fin de relacionar la información obtenida con una red integrada de contenidos geográficos. Los resultados muestran que el mayor desafío es

seleccionar recursos didácticos sencillos, gratuitos o de bajo coste, y que su incorporación por parte de alumnos y docentes requiere un número reducido de horas.

## **PALABRAS CLAVE**

Análisis Espacial; Educación básica; Recursos tecnológicos; Geografía; Inteligencia Artificial.

## **Introdução**

No atual contexto escolar, há inúmeras abordagens e práticas pedagógicas para desenvolver as competências relacionadas à tecnologia e inovação. No entanto, o processo de incorporação tecnológica no ensino possui uma longa trajetória e suas concepções evoluíram. Para Koehler et al (2013), a qualidade do ensino inovador depende da integração equilibrada de três componentes: conteúdo, pedagogia e tecnologia.

De acordo com Mishra e Koehler (2006), os defensores das tecnologias na educação muitas vezes vislumbram grandes mudanças no processo de ensino e aprendizagem, pois consideram que há uma grande defasagem entre os cenários existentes e os potenciais de usos. Entretanto, essa é uma questão de elevada complexidade. Parte do problema, de acordo com as autoras, é a tendência de olhar apenas para a tecnologia e não para o seu uso. A mera incorporação tecnológica no processo didático não proporcionaria mudanças significativas no processo ensino-aprendizagem.

Os professores, com frequência, têm uma experiência superficial com as tecnologias digitais nas atividades escolares. Muitos docentes se formaram em uma época na qual o estágio de desenvolvimento das inovações educacionais era incipiente ou estava em nível muito distinto do atual. Por essa razão, é comum que uma parte se considere pouco preparada para utilizar tecnologias em sala de aula ou que não valorize sua relevância na prática pedagógica. Obter novos conhecimentos e habilidades, com elevado nível de especificidade, pode representar um enorme desafio para uma categoria profissional sobrecarregada de atividades (Koehler; Mishra, 2009). Para Schrum (2005), não é raro que os alunos, de praticamente qualquer idade, estejam muito à frente de seus professores em conhecimento tecnológico.

Segundo Bednarz (2004), embora existam inúmeras barreiras, os recursos didáticos digitais, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), desde que usados adequadamente como suporte educacional, têm o potencial de melhorar as habilidades e

competências de alunos e professores. Sob outra perspectiva, Golledge e Stimson (1997) ponderam que é difícil pensar em alguma funcionalidade do SIG que não tenha um paralelo na capacidade cognitiva de processar informações do ser humano.

Em um contexto de crescimento exponencial da oferta de dados espaciais e de modelos interativos (Queiroz, 2024), considera-se que há um significativo potencial para expandir o uso da Análise Espacial (AE) nas atividades educacionais. Por outro lado, há muitos desafios e riscos inerentes às mudanças e transformações. O objetivo do texto é sistematizar os procedimentos básicos para o uso da Análise Espacial na Educação Básica. A pergunta que norteou a investigação é: quais aspectos o professor iniciante deve considerar ao adotar a AE no ensino de Geografia?

## Metodologia

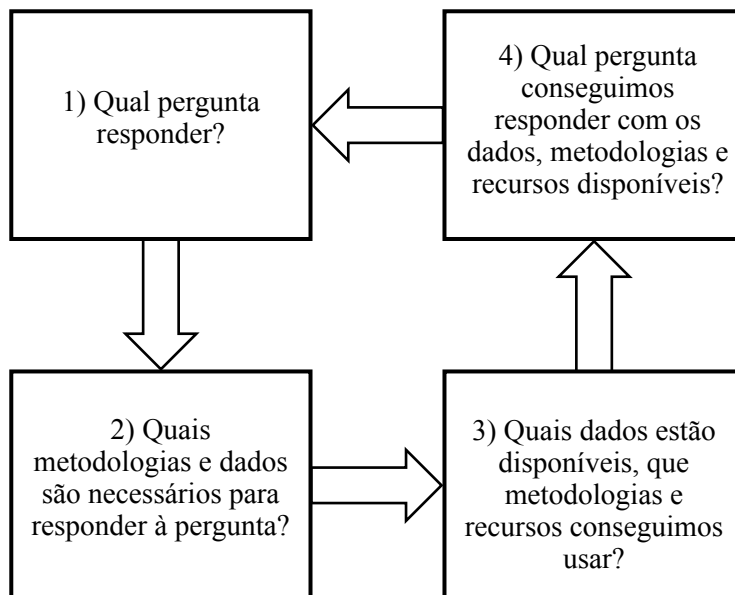
Dentre as inúmeras abordagens, o recorte da pesquisa enfatizou as perguntas espaciais. As perguntas espaciais são aquelas que exploram a localização dos elementos analisados na superfície terrestre. A premissa é de que os fenômenos ocorrem em algum lugar da superfície terrestre, logo, saber sua localização é fundamental no processo de análise (Longley et al, 2013).

Do ponto de vista pedagógico, considera-se imprescindível estabelecer uma progressão de perguntas. Para Slater (1983), essa dinâmica, que proporciona a construção de significado, permite a transformação dos pequenos nós factuais de informação em nós gerais maiores, de modo que a Geografia comece a fazer sentido, não como uma coleção de fatos isolados, mas como uma rede integrada de ideias e procedimentos.

Guardadas as devidas proporções, Gersmehl (2005) sugere postura semelhante, pois recomenda que as atividades de ensino de Geografia obedeçam à seguinte sequência: a) Fazer perguntas; b) Coletar informações; c) Organizar informações; d) Exibir informações; e) Responder às questões.

O panorama geral desta pesquisa consiste em articular as perguntas que precisam ser respondidas e organizar os dados e procedimentos necessários para respondê-las (Nyerges; Golledge, 2000). A Figura 1 ilustra esse contexto e destaca a interdependência entre perguntas, dados, métodos e recursos.

Figura 1 - Processo circular de análise de dados espaciais



Fonte: Adaptado de Waller (2009)

No ambiente educacional, as perguntas espaciais são realizadas por diversas disciplinas, mas são muito frequentes na Geografia, na medida em que estão vinculadas à investigação de: padrões espaciais, representações cartográficas e suas variáveis/atributos.

Os principais usos dos mapas estão relacionados às atividades de navegação, medição, visualização e comunicação. São úteis para mostrar: localização e extensão, distribuição e padrão, associação espacial, interação e mudança espacial (Board, 1984; Nyerges, 1991). Dentre as perguntas espaciais mais frequentes, destacam-se:

1) Questões relacionadas com a localização e extensão:

- Onde está o fenômeno de interesse?
- Qual é o fenômeno do local?
- Por que o fenômeno está aí?
- Quanto do fenômeno existe?

2) Perguntas sobre distribuição e padrão:

- Há regularidade na distribuição do fenômeno?
- Onde está o fenômeno em relação ao seu semelhante?
- Que tipo de distribuição o fenômeno tem?
- Onde estão os limites do fenômeno?

3) Questões que tratam da associação espacial:

- Que outros fenômenos também existem no entorno?
- Os fenômenos geralmente ocorrem juntos na mesma área?

4) Questões que exploram a interação espacial:

- O fenômeno está ligado a outro?
- Qual é a natureza da relação entre os fenômenos?

5) Questões sobre a mudança espacial:

- O fenômeno sempre existiu?
- Como o fenômeno mudou espacialmente ao longo do tempo?
- Que fatores influenciaram a propagação dos fenômenos?

Em síntese, o professor pode explorar as perguntas sobre a localização de um fenômeno no espaço, seus atributos, os aspectos temporais e as relações espaciais entre duas ou mais variáveis.

### **Recursos didáticos**

O uso dos recursos didáticos no ensino ocorre há séculos. Contudo, Brink e Jamrich (1951) consideraram que a avaliação dos materiais adotados nas atividades de ensino era majoritariamente baseada em evidências empíricas. Mesmo assim, as observações dos autores, de meados do século XX, são pertinentes:

- O ensino é mais eficaz quando uma variedade de materiais é usada;
- O professor deve tentar se manter informado sobre os novos recursos didáticos;
- O próprio professor deve providenciar os materiais disponíveis;
- As verbas institucionais, sempre que possível, devem ser utilizadas para a aquisição dos materiais necessários; e
- A utilização dos recursos, por parte do professor, deve ser continuamente aperfeiçoada.

Compreender o uso dos recursos didáticos é fundamental no ensino de Geografia. O processo deve integrar a tradução e a conversão das linguagens da Geografia e da Educação e, seu desenvolvimento, considerar o ambiente da sua adoção (Dunn, 1992).

Embora muito disseminado, o uso de recursos didáticos deve ser criterioso. De acordo com Hill (1991), há dois padrões indesejáveis: o excesso de confiança em inúmeras atividades isoladas e o predomínio dos livros didáticos tradicionais. Alguns professores mais entusiasmados abandonaram os livros didáticos e adotaram uma coleção de atividades independentes em sala de aula. Contudo, em algumas circunstâncias, essa opção produz um *pot-pourri* que pode confundir os alunos. Nesses

casos, é fundamental saber se suas fontes estão publicadas e identificadas, se o conteúdo está adequado e correto e se há uma sequência unificadora e compatível com a proposta da disciplina. No outro extremo há o fato de que a maioria dos professores ainda depende fortemente dos livros didáticos. Estes, com frequência, são orientados aos fatos e não aos processos. Eles enfatizam “o quê” em vez de “como” e “por quê”, valorizam os fatos e as descrições ao invés das respectivas explicações e análises dos seus padrões.

A natureza e a qualidade dos recursos didáticos de ensino podem ter um efeito substancial na experiência educacional dos alunos. Entretanto, muitas vezes podem distrair em vez de ajudá-los a aprender (Farrow, 2003). Independentemente do tipo de recurso didático escolhido, o autor recomenda cinco princípios básicos à sua preparação: coerência (valorizar as relações com tema da aula), inteligibilidade (fácil compreensão), estilo geral padronizado (*layout* unificado), realce (enfatizar os pontos cruciais) e direcionamento (focar no público específico).

Algumas questões sobre o ensino de Geografia são muito antigas. Dodge (1916) considerou que os recursos didáticos permitiriam lidar com o conteúdo básico de Geografia de modo a torná-lo mais instigante. Além disso, eles poderiam minimizar a influência do processo de memorização de fatos, que por muito tempo foi considerado um elemento importante do ensino. Fatos e princípios tendem a ser lembrados porque são úteis e porque estão devidamente associados. Ainda conforme o autor, a Geografia deveria ser organizada de acordo com os princípios educativos e utilizar os métodos de ensino mais adaptados à adolescência. Para isso, a elaboração de questionários, os trabalhos de laboratório e de campo, entre outras estratégias, são desejáveis no ensino de Geografia.

No entanto, se o recurso didático possuir complexidade mais elevada, é necessário redobrar as precauções no planejamento das atividades. A falta de tempo tende a ser um problema muito grande dos professores que adotam o SIG nas aulas, pois é necessário aprender o *software*, entender os dados e as análises subjacentes. Os educadores também precisam elaborar materiais de apoio e fornecer tempo suficiente para que os alunos aprendam o programa durante as aulas (Meyer et al, 1999).

## Análise Espacial (AE)

Para Bailey (1994), a AE, *lato sensu*, pode ser concebida como a capacidade de manipular dados espaciais em diferentes formas e extrair significado adicional como

resultado. A AE, *stricto sensu*, é considerada uma extensão da análise estatística sobre o domínio espacial. Para Goodchild et al (1992), AE é um conjunto de técnicas que analisa as componentes espaciais dos dados. Os resultados variam conforme as localizações dos objetos ou eventos e respectivos atributos analisados.

Os termos AE e SIG são considerados correlatos, por vezes mencionados como sinônimos, mas são diferentes. O SIG é um aplicativo computacional (*software*) capaz de criar, armazenar, manipular e analisar informações geográficas (Goodchild, 2000). A relação entre AE e SIG é semelhante a que existe entre a estatística e os programas estatísticos ou entre a escrita e os processadores de texto (Goodchild et al, 2004).

A origem do desenvolvimento do SIG e da AE é distinta. O SIG se disseminou pelos inventários de recursos naturais, como o Sistema de Informações Geográficas do Canadá, na década de 1960, enquanto as raízes da AE remontam à revolução quantitativa na Geografia das décadas de 1950 e 1960 (Fotheringham; Rogerson, 2009). Posteriormente, o SIG foi considerado como uma forma de tornar os componentes estatísticos da AE mais acessíveis aos usuários (Goodchild; Longley, 1999).

De acordo com Barnes (2008), o termo análise espacial (AE) se consolidou após a publicação do livro *Spatial Analysis: a reader in Statistical Geography*, de 1968, organizado por Brian Berry e Duane Marble. Seus 37 capítulos foram produzidos no primeiro período da revolução quantitativa na Geografia. Até então, diferentes termos eram utilizados, como análise regional, análise locacional ou análise de rede. Difundida e cristalizada nas décadas seguintes, a expressão recebeu uma nova denominação - análise geoespacial, e assumiu características multidisciplinares e inovadoras (Berry et al, 2008).

Segundo Janelle; Goodchild (2011), alguns dos raciocínios espaciais mais frequentes são:

- Detectar mudanças nos usos da terra e diferenciar regiões;
- Medir o arranjo e o agrupamento de fenômenos para identificar padrões espaciais;
- Documentar padrões espaciais ao longo do tempo e inferir seus processos;
- Estudar fluxos (ex.: migração e comércio) entre locais específicos como indicadores das interações espaço-temporais; e
- Medir as associações espaciais (e espaço-temporais) para testar hipóteses.

Os métodos de AE possuem distintos graus de complexidade. Os mais sofisticados requerem cálculos estatísticos e fornecem valores numéricos de elevada acurácia. Os mais simples podem ser associados aos processos cognitivos, produto da interação do olho/cérebro humano (Longley, et al 2013). Considerando o propósito educacional do texto, apenas os métodos mais elementares de análise foram explorados, dadas as restrições de tempo, de professores e alunos, e de investimento em infraestrutura da maioria das instituições de ensino do país.

No que se refere à incorporação do SIG na Educação Básica, as recomendações de Marsh et al (2007) são:

- Valorizar mais os conceitos e menos as metodologias/procedimentos (abordagem do SIG mínimo);
- Ordenar a sequência de conceitos, desde os básicos até os mais abstratos e complexos;
- Criar um vocabulário apropriado para descrever e analisar os relacionamentos entre as ocorrências; e
- Evitar o mero apertar de botões do teclado (*buttonology*) e as longas sequências de comandos para manusear os programas de computador.

## Inteligência artificial (IA)

De acordo com McCarthy et al. (2006), a origem do termo inteligência artificial está associada ao workshop do Dartmouth College, New Hampshire - EUA, de 1956. A IA era descrita como a ciência e a engenharia para criar máquinas e programas de computador inteligentes. Desde então, houve uma profusão de definições de IA, que muitas vezes se confundiam com as questões filosóficas sobre o significado de inteligência e os questionamentos se as máquinas poderiam ser classificadas como dotadas de inteligência (UNESCO, 2021).

Segundo Luckin et al (2016), a IA pode ser definida como os sistemas computacionais concebidos para interagir com o mundo, por meio de capacidades que normalmente consideramos humanas. Para COMEST (2019), o termo IA se relaciona às máquinas capazes de imitar certas funcionalidades da inteligência humana, incluindo características como percepção, aprendizagem, raciocínio, resolução de problemas, interação linguística e a produção de trabalhos criativos.

O uso da IA na Geografia não pode ser considerado novidade (Janowicz et al, 2020). Segundo os autores, Smith e Couclelis, na década de 1980 e o livro sobre Inteligência Artificial em Geografia (Openshaw; Openshaw, 1997) discutiram o potencial da IA na resolução de problemas geográficos.

Para Smith (1984), as aplicações das técnicas de IA devem permitir que seus pesquisadores resolvam problemas geográficos que antes eram difíceis ou impossíveis de solucionar. Se aplicadas corretamente, permitiriam ao geógrafo dedicar mais tempo ao pensamento criativo e menos ao trabalho técnico. Couclelis (1986) considera que a revolução computacional, da qual a IA é um produto, deve ter consequências de longo alcance para a pesquisa geográfica. Como parte integrante de um empreendimento intelectual mais amplo, estaria revolucionando muitas de nossas visões sobre a ciência e o mundo.

Dada a evolução do contexto tecnológico atual, é importante destacar a ascensão dos agentes de IA. Conforme Wooldridge e Jennings (1995), os agentes inteligentes possuem as seguintes propriedades: autonomia (operar sem intervenção humana direta), habilidade social (interagir com outros agentes e seres humanos), reatividade (responder às mudanças ambientais) e proatividade (exibir comportamento direcionado aos objetivos).

Para Hancock et al (2020), um agente de IA é um programa desenvolvido para mediar a comunicação. O agente computacional opera em nome de um comunicador, modificando, aumentando ou gerando mensagens para atingir objetivos de comunicação ou interpessoais. Ele pode analisar as entradas de dados, mensagens de autoria humana, histórico de comunicação, informações pessoais ou qualquer outra fonte de dados. O agente pode então sugerir, modificar ou produzir mensagens para atingir um resultado esperado.

No contexto educacional da última década, de acordo com Day et al (2024), a IA tem sido usada em: sistemas inteligentes de tutoria, análise do processo ensino-aprendizagem, assistência em sala de aula ou diagnóstico e avaliação da aprendizagem.

Um exemplo de proposta de uso pedagógico de agente de IA foi realizado por Liu et al (2025). Os pesquisadores desenvolveram o agente Ernie como um assistente computacional, para os alunos do curso de Geografia do Ensino Médio, que aborda o *habitat* de aves migratórias do Mar Amarelo (Bohai). Como aspectos positivos, indicaram: 1) a capacidade de se ajustar às diferentes habilidades/necessidades dos alunos, 2) o aumento do senso de participação e realização dos estudantes, 3) o potencial para

auxiliar os professores na análise de dados, 5) o auxílio na avaliação das atividades e 6) a geração de relatórios.

Outro componente da evolução tecnológica educacional é a IA generativa, mais especificamente os *Large Language Models*. A tecnologia LLM pode ser definida como um ramo da IA direcionado à criação de conteúdo, a partir dos padrões extraídos de grandes conjuntos de dados de treinamento. Esse recurso tecnológico gera conteúdo de forma automática em resposta às perguntas (*prompts*) escritas em linguagem natural nas interfaces de conversação. Esse conteúdo é produzido pela análise estatística das sequências de palavras, pela identificação e repetição dos padrões comuns dos dados usados no treinamento (Holmes; Miao, 2023).

Sobre a adoção educacional da IA generativa, as recomendações da UNESCO (Holmes; Miao, 2023, p.29) para pesquisadores e educadores são:

- o uso da(s) ferramenta(s) deve(m) contribuir para as necessidades dos seres humanos e tornar o aprendizado e a pesquisa mais eficazes do que uma abordagem sem tecnologia;
- o uso da(s) ferramenta(s) por educadores e alunos deve ser baseado em sua motivação intrínseca;
- o processo de uso da(s) ferramenta(s) deve(m) ser controlado(s) pelos educadores, alunos ou pesquisadores;
- a escolha e a organização da(s) ferramenta(s) e do conteúdo que geram devem ser adequados às faixas etárias dos alunos, aos resultados esperados e ao tipo de conhecimento-alvo; e
- os processos de uso devem garantir o envolvimento interativo dos seres humanos com a IA, a análise da qualidade do seu conteúdo, a avaliação das estratégias de ensino ou pesquisa e seu impacto nos comportamentos humanos.

Os programas de IA generativa, também conhecidos pelas suas interfaces (*chatbots*), como ChatGPT e Gemini, são capazes de simular um diálogo por texto ou por voz. Eles se popularizaram com grande rapidez e seu percentual de acerto nas respostas é crescente. Mas, segundo Sena e Queiroz (2025), seu uso nas atividades de ensino de escala cartográfica é útil nos cálculos da escala numérica, mas não na geração da escala gráfica, pela sua atual dificuldade em representar a barra de escala de forma proporcional.

## Resultados e discussão

Quais seriam os aspectos mais importantes nos quais o professor iniciante deve se ater ao planejar as atividades de Análise Espacial (AE)? Em síntese, as referências consultadas recomendam prudência e, ao mesmo tempo, uma postura ousada. O equilíbrio desses fatores tende a ser o principal atributo das inovações bem-sucedidas em sala de aula, ainda que seja possível argumentar que essa afirmação contenha uma contradição terminológica.

Antes de adotar novas estratégias didáticas, o corpo docente deve refletir sobre os desafios e riscos e, apenas depois disso, planejar as atividades de sala de aula. O professor deve compreender que a inovação:

- Demanda muitas horas de preparo e treinamento de professores e alunos (Koehler; Mishra, 2009);
- Não pode ocupar mais tempo do que o conteúdo ensinado (Mishra; Koehler, 2006); e
- Deve estar integrada ao currículo e ao conteúdo da disciplina (Koehler; Mishra, 2009).

Também é imprescindível observar algumas circunstâncias da inovação associadas ao insucesso escolar. Apesar do empenho das partes, o uso de recursos didáticos tecnológicos pode se tornar uma experiência frustrante para professores e alunos. Os problemas recorrentes são:

- Subestimar o tempo necessário para o uso da tecnologia (Meyer et al. 1999; Cheung et al. 2011);
- Desprezar os elevados custos e o grau de obsolescência de *hardware* e *software* (Schrum, 2005);
- Desconsiderar as assimetrias de infraestrutura entre as escolas e a heterogênea capacidade de uso dos professores e dos alunos (Ertmer, 2005); e
- Não se preparar para problemas técnicos. Alternativas devem estar disponíveis quando as tecnologias deixarem de funcionar na sala de aula (Jaipal-Jamani; Figg, 2015).

Há muitos desafios para a adoção da AE nas atividades escolares. No caso do SIG no Ensino Médio, Kerski (2003) avalia que as barreiras tecnológicas, como *hardware* e *software* limitados se mostraram menos significativas do que: 1) o tempo necessário para

desenvolver as aulas baseadas em SIG, 2) o acesso inadequado dos alunos aos computadores, 3) o treinamento inapropriado e 4) a pressão para ensinar um determinado tipo ou quantidade de conteúdo.

As restrições mencionadas devem ser analisadas, mas sua função não é desestimular a inovação. Ao contrário, seu conhecimento tem como principal objetivo aumentar a eficiência das atividades didáticas que usam AE, na medida em que ilustram um cenário de potenciais ocorrências negativas e reforçam a necessidade de se preparar para superá-las.

Para que a inovação seja considerada bem-sucedida, recomenda-se que as atividades de AE estejam inseridas no contexto pedagógico da disciplina (Koehler et al, 2013) e relacionadas a uma progressão de perguntas (Slater, 1983; Gersmehl, 2005). Um dos desafios é escolher recursos didáticos e simples, gratuitos ou de baixo custo, e que demandem um reduzido número de horas de trabalho de alunos e professores.

É também muito importante compreender a interdependência entre perguntas, dados, métodos e recursos (Figura 1). Nesse sentido, foram enfatizados apenas os procedimentos mais simples de AE, aqueles que tratam das relações topológicas entre as formas de representação vetorial. A Tabela 1 sistematiza as perguntas, metodologias (conceitos e relações espaciais), as formas de representação dos dados e os recursos didáticos disponíveis. A localização e a distância foram os dois únicos conceitos espaciais selecionados, pois são estruturantes e possibilitam trabalhar com conteúdos relacionados à escala.

Tabela 1: Base elementar de procedimentos de análise espacial

Perguntas espaciais	Conceitos espaciais	Relações espaciais	Formas de representação	Recursos didáticos
Posição relativa Operação ponto/polígono Sobreposição de polígonos Caminho de menor custo	Localização	Adjacência Conectividade Continência	Ponto Linha Polígono	Manual Celular Web SIG IA
Extensão e comprimento Área de influência ( <i>buffer</i> ) Dependência da distância Mapa de calor (Kernel) Interpolação	Distância	Adjacência Conectividade Continência	Ponto Linha Polígono	Manual Celular Web SIG IA

Org.: Elaboração do autor, 2025.

As relações espaciais entre os elementos vetoriais (pontos, linhas e polígonos) são denominadas como topológicas. Para Bonham-Carter (1994), as propriedades topológicas são distintas das geométricas, pois não são alteradas pela deformação do espaço. Dentre os relacionamentos topológicos, destacam-se a adjacência (contiguidade ou vizinhança), a conectividade (ligado a) e a continência (dentro de). Exemplos: 1) Adjacência entre polígonos: quais são os distritos vizinhos ao meu? 2) Conectividade: qual melhor caminho entre dois pontos? 3) Continência: quantos casos de Covid-19 ocorreram naquele município?

A maioria dos fenômenos investigados pela AE pode ser representada por pontos, linha e polígonos (Burrough et al, 2015). No formato vetorial, os pontos são expressos por pares de coordenadas, X e Y (ex.: postes, árvores), as linhas são representadas por um conjunto de pontos conectados (ex.: rios, estradas) e, os polígonos, são definidos como uma sequência fechada de linhas, na qual o primeiro e o último ponto ocorrem na mesma posição (ex.: municípios, regiões).

Os meios explorados na pesquisa foram: manual (analógico), telefone celular, web, SIG e IA. Assim, para elaborar uma atividade didática sobre AE, o professor pode escolher alguns dos exemplos de perguntas da Tabela 1, e analisar, de forma iterativa, as possíveis interrelações com os conceitos, relações, formas e recursos. Sempre que possível, é recomendada a adoção de exemplos locais relevantes aos alunos e a realização de trabalho de campo complementar. A execução das mesmas atividades de AE com distintos recursos pode ser uma estratégia didática interessante, pois mostra procedimentos diferentes sobre o mesmo tema (ex.: manual e celular, SIG e IA).

Independentemente das análises espaciais realizadas, é imprescindível esclarecer aos alunos que as relações topológicas entre as informações cartográficas só ocorrem se estiverem no mesmo sistema de coordenadas. O professor pode aproveitar esse pré-requisito para explicar, ou retomar, aspectos das projeções cartográficas e os sistemas de coordenadas mais adotados no país.

A adjacência é uma relação espacial que mostra a vizinhança ou a contiguidade entre as representações. Para compreender a localização de dois objetos por meio das medidas de distância (proximidade), Golledge et al (2008) sugerem:

- A partir de um arranjo de blocos de diferentes cores sobre a mesa, o professor escolhe um deles e pede aos alunos que listem as cores dos blocos adjacentes ao selecionado; e

- Utilizando um mapa de ruas do bairro, os alunos devem indicar quais estruturas urbanas ou elementos são adjacentes a determinadas ruas ou edificações.

Esses exemplos manuais podem ser reproduzidos com outros recursos. Nos telefones celulares, assim como na web, é possível acessar os aplicativos de mapas e solicitar que os alunos mostrem os vizinhos das representações selecionadas. Nos SIGs, como o QGIS, o programa pode executar e mostrar o resultado dessa análise espacial (selecionar por localização) em grandes arquivos de dados. Ex.: quais são os municípios vizinhos ao meu?

Nos testes, os *chatbots* mostraram potencial, mas foram, comparativamente, menos úteis. Os *prompts* (textos, instruções ou perguntas) e a quantidade de interações variaram entre as distintas interfaces. No ChatGPT 4.0 (versão paga, em jul/2025), foram necessárias ao menos duas perguntas para obter informações sobre a adjacência de polígonos. O resultado produzido, contudo, teve características de um mapa pictórico e a recomendação para acessar os links específicos, como IBGE e Google Maps, para obter dados com características cartográficas.

A conectividade é a propriedade geométrica que descreve as ligações entre linhas. Exemplo: as rodovias conectadas formam a malha viária e o conjunto de rios e afluentes compõem uma bacia hidrográfica (Rosa, 2011). De acordo com Longley et al (2013), em uma rede, todos os elementos se conectam para formar um grafo (ex.: cabos de uma rede elétrica). As conexões entre as linhas ocorrem em pontos (ou nós) que possuem o mesmo par de coordenadas (ex.: cruzamento de duas ruas). Contudo, não há conexão quando duas linhas se cruzam sem intersecção, isto é, sem um nó comum (ex.: viaduto).

Golledge et al (2008) sugerem atividades que desenvolvam linhas a partir de um ponto. Após construir uma rede de linhas (arestas) conectadas por pontos (vértices), é possível refletir sobre as estratégias que calculam o melhor caminho (menor custo) entre a origem e o destino. O trabalho dos entregadores e dos motoristas de aplicativos (ex.: Ifood e Uber) pode ser explorado. O caminho mais curto deve percorrer a menor distância na rede (soma do tamanho das linhas). Se outros valores numéricos (pesos) forem atribuídos a cada linha, o caminho de menor custo entre dois pontos será aquele que tiver a menor somatória dos pesos (ex.: tempo de viagem).

Essa atividade também pode ser feita pelo celular e pela web, com os aplicativos disponíveis (ex.: Waze, Google Maps) e complementada com os deslocamentos, *in loco*, dos alunos pelo trajeto definido pelo professor. Quando o automóvel for selecionado

como meio de transporte, é importante esclarecer aos alunos que esses sistemas tendem a valorizar o tempo de deslocamento, em detrimento da distância. O tempo de viagem é um atributo que varia ao longo do dia, conforme a fluidez do trânsito, e costuma ser calculado pela velocidade de deslocamento dos usuários, conectados ao aplicativo, que trafegam pelo caminho selecionado.

O QGIS também calcula e exibe o caminho de menor custo entre dois pontos (análise de rede, caminho mais curto). Com aplicativos de roteamento, o programa pode fazer análises mais complexas, como o trajeto de caminhões de lixo, que precisam sair da sua garagem, passar por todas ou pela maioria das ruas de uma área, descarregar o conteúdo na estação de tratamento/transbordo e retornar para o estacionamento, ponderando sobre as maiores áreas recobertas e os respectivos tempos e distâncias.

A continência (dentro de) expressa uma relação de inclusão espacial e ocorre quando um objeto está integralmente contido dentro de outro (Rosa, 2011). Quantos casos de uma doença ocorreram na região? Essa operação ponto/polígono pode ser feita manualmente, contando a quantidade de ocorrências dentro dos limites da área escolhida. Se essa operação for realizada em várias regiões, e ao longo do tempo, é possível identificar a dinâmica e a distribuição da enfermidade, dado importante para direcionar a atuação dos agentes de saúde.

A sobreposição (*overlay*) acontece quando a interseção entre os polígonos é parcial. Battersby et al (2006) propuseram aos alunos a seguinte atividade:

- Considere que você tem dois mapas de uma fazenda. O primeiro mapa mostra as culturas plantadas em diferentes partes da propriedade (milho, soja e trigo). O segundo mostra os tipos de solo em diferentes partes da fazenda (arenoso, argiloso e siltoso); e
- Quais as áreas da fazenda que possuem solo arenoso e estão sendo usadas para o cultivo de trigo? Como você descobriria isso? Pinte essa área no mapa de culturas.

A sobreposição de mapas é uma atividade analítica que antecede ao computador (Ferreira, 2013) e é realizada de forma manual por muitos geógrafos, dada sua simplicidade e eficiência. Mapas impressos podem ser analisados em uma mesa de luz. Após ajustar os contornos e fixar os dois mapas com fita adesiva, a sobreposição do mapa 1 com o mapa 2 pode ser extraída manualmente decalcando a justaposição sobre uma terceira folha que recobre os dois mapas (ex.: papel vegetal). Na ausência de mesa de luz, o mesmo processo pode ser feito nas janelas de vidro, durante os dias de sol.

A sobreposição também pode ser realizada nos aplicativos da web. O professor pode criar, com os alunos, pontos, linhas e polígonos no programa Google Earth. Essa sobreposição pode ser avaliada na tela e, se for o caso, exportada nos formatos KML e KMZ. Os resultados podem ser visualizados nos celulares (Google Maps, My Maps), mas há muitas restrições para gerar dados nesses dispositivos portáteis. No QGIS, uma das formas é investigar a interseção de polígonos entre camadas (*layers*) diferentes (selecionar por localização).

A área de influência (*buffer*) é uma operação que consiste em criar um polígono envoltório em torno de pontos, linhas e polígonos (Burrough et al, 2015). Essas novas áreas são geradas a partir de uma distância no mapa, observada sua escala. Em mapas impressos, pode ser realizada com um compasso. A ponta seca é posicionada sobre a feição do mapa e a abertura do compasso corresponde à distância/tamanho da área que se deseja criar. Nos pontos (ex.: nascentes), basta girar o compasso e a grafite marcará no mapa a área de influência (círculo). Nas linhas (rios) e polígonos (quadras), a ponta seca deve se movimentar de forma que toda a extensão seja percorrida e o polígono envoltório seja desenhado. Um exemplo interessante é abordar as Áreas de Proteção Permanente (APP) do Código Florestal. A legislação protege o entorno das nascentes e das matas ciliares dos rios, em distâncias que variam conforme as respectivas dimensões dos recursos hídricos.

No QGIS, essa operação pode ser realizada de forma simples e rápida (*buffer*), mesmo em grandes arquivos de dados. Essas novas áreas podem, então, ser usadas para investigar a continência e a sobreposição das APPs com eventuais formas de ocupação urbana ou rural que possam estar incompatíveis com a legislação vigente.

No momento, ainda que a maioria das IAs generativas não realize operações gráficas específicas, como as requeridas pelas análises espaciais, elas podem ser adotadas em determinados contextos. Conforme mencionado por Liu et al (2025), um agente de IA pode contribuir para ajustar os conteúdos programáticos às diferentes necessidades dos alunos, ampliar o senso de participação e realização dos estudantes e aumentar o potencial de análise de dados dos professores.

Aos professores com maior conhecimento computacional, seria possível usar o ChatGPT para gerar códigos Python que efetuam as operações gráficas de adjacência, conectividade e continência. Esses códigos podem ser executados dentro do QGIS (Complementos e terminal Python) ou nos aplicativos gratuitos da web de código aberto, como o Jupyter Notebook e o Google Colab, desenvolvidos para auxiliar a programação e execução de rotinas computacionais.

Caso o professor opte pela criação de assistentes digitais (agentes de IA), considera-se necessário alguma prudência, tendo em vista sua complexidade tecnológica e a possibilidade de alucinações (geração de respostas equivocadas). A citação de Holmes; Tuomi (2022) é muito oportuna, pois os autores afirmam que, à medida em que o cenário tecnológico se desenvolve com rapidez, é necessário refletir continuamente sobre o papel da educação. Inovação e mudança tecnológica são frequentemente consideradas como sinônimos de progresso, mas, na educação, é fundamental avaliar se a inovação se traduz em um avanço benéfico.

### Considerações finais

Os procedimentos elementares para orientar o uso da Análise Espacial na Educação Básica foram abordados e sistematizados. A proposta era contribuir para os docentes que têm interesse em incorporar o vasto acervo de dados espaciais nas atividades de ensino de Geografia.

Em relação à inovação dos recursos didáticos no ensino, as referências bibliográficas são unânimes em recomendar um equilíbrio salutar entre prudência e ousadia. A inserção das tecnologias no contexto pedagógico da disciplina (Koehler et al, 2013) e associada a uma progressão de perguntas (Slater, 1983; Gersmehl, 2005) também se mostrou imprescindível. Sempre que possível, é indicado iniciar pelos recursos simples, gratuitos ou de baixo custo, que requeiram reduzido número de horas para ser utilizado em sala de aula.

Observar a interdependência entre as perguntas espaciais, formato dos dados, métodos (conceitos e relações espaciais) e recursos parece ser o caminho mais seguro para aumentar as possibilidades de êxito das atividades de AE na Educação Básica. Exemplos que exploram as relações topológicas entre as representações vetoriais (adjacência, conectividade e continência), com diferentes tipos de recursos foram abordados (manual, celular, web, SIG e IA). Considerando o exponencial desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, principalmente das IA generativas, é factível supor o aumento da sua importância no cotidiano escolar, mas é difícil prever a magnitude da sua contribuição ao processo de ensino aprendizagem.

## Agradecimento

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa Produtividade (processo 307438/2023-6)

## Referências Bibliográficas

- BAILEY, T. C. A review of statistical spatial analysis in geographical information systems. *In*: FOTHERINGHAM, S.; ROGERSON, P. (Eds.). **Spatial Analysis and GIS**. Basingstoke: Taylor & Francis, 1994. p. 13-44.
- BARNES, T. J. Geography's underworld: The military-industrial complex, mathematical modelling and the quantitative revolution. **Geoforum**, v. 39, n. 1, p. 3-16, 2008.
- BATTERSBY, S. E.; GOLLEDGE, R. G.; MARSH, M. J. Incidental learning of geospatial concepts across grade levels: Map overlay. **Journal of Geography**, v. 105, n. 4, p. 139-146, 2006.
- BEDNARZ, S. W. Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education? **GeoJournal**, v. 60, p. 191-199, 2004.
- BERRY, B. J. L.; GRIFFITH, D. A.; TIEFELSDORF, M. R. From Spatial Analysis to Geospatial Science. **Geographical Analysis**, v. 40, n. 3, p. 229-238, 2008.
- BOARD, C. Higher order map-using tasks: geographical lessons in danger of being forgotten. **Cartographica**, v. 21, n. 1, p. 85-97, 1984.
- BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic Information Systems for geoscientists: modelling with GIS**. Netherlands: Pergamon. 1994.
- BRINK, W. G.; JAMRICH, J. X. Chapter IV: Teaching Materials. **Review of educational Research**, v. 21, n. 3, p. 209-219, 1951.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D. **Principles of Geographical Information Systems**. 3rd. ed. Glasgow: Oxford, 2015.
- CHEUNG, Y. et al., Enable spatial thinking using GIS and satellite remote sensing—A teacher-friendly approach. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 21, p. 130-138, 2011.
- COMEST – UNESCO World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. **Preliminary study on the ethics of artificial intelligence**. 2019.
- COUCLELIS, H. Artificial intelligence in geography: Conjectures on the shape of things to come. **The professional geographer**, v. 38, n. 1, p. 1-11, 1986.
- DAI, C. P. et al. Effects of artificial intelligence-powered virtual agents on learning outcomes in computer-based simulations: A meta-analysis. **Educational Psychology Review**, v. 36, n. 1, p. 31, 2024.

DODGE, R. E. Some problems in geographic education with special reference to secondary schools. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 6, n. 1, p. 3-18, 1916.

DUNN, J. M. Translation and development theory in geographic education: A model for the genesis and production of geography instructional materials in a competitive funded grant environment. **Journal of Geography**, v. 91, n. 3, p. 97-105, 1992.

ERTMER, P. A. Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? **Educational technology research and development**, v. 53, n. 4, p. 25-39, 2005.

FARROW, R. ABC of learning and teaching in medicine: Creating teaching materials. *BMJ*: **British Medical Journal**, v. 326, n. 7395, p. 921-923, 2003.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à Análise Geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para Geoprocessamento**. 1a. ed. São Paulo: Editora da UNESP, 2013.

FOTHERINGHAM, A. S.; ROGERSON, P. **The SAGE Handbook of Spatial Analysis**. London: SAGE Publications, 2009.

GERSMEHL, P. **Teaching geography**. Guilford Publications, 2005.

GOLLEDGE, R. G.; STIMSON, R. J. **Spatial behavior: A geographic perspective**. Guilford Press, 1997.

GOLLEDGE, R. G.; MARSH, M.; BATTERSBY, S. Matching geospatial concepts with geographic educational needs. **Geographical research**, v. 46, n. 1, p. 85-98, 2008.

GOODCHILD, M.; HAINING, R.; WISE, S. Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. **International journal of geographical information systems**, v. 6, n. 5, p. 407-423, 1992.

GOODCHILD, M. F.; HAINING, R. P. GIS and spatial data analysis: Converging perspectives. In: FLORAX, R.; PLANE, D. A. (Eds.). **Fifty Years of Regional Science**. Springer, 2004. p. 363-385.

GOODCHILD, M. F. The current status of GIS and spatial analysis. **Journal of Geographical Systems**, v. 2, n. 1, p. 5-10, 2000.

GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. The future of GIS and spatial analysis. In: LONGLEY, P. A. et al. (Eds.). **Geographical information systems: Principles, Techniques, Management and Applications**. New York: Wiley, 1999. v. 1p. 567-580.

HANCOCK, J. T.; NAAMAN, M.; LEVY, K. AI-mediated communication: Definition, research agenda, and ethical considerations. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 25, n. 1, p. 89-100, 2020.

HILL, A. D. Geography instructional materials for standards-based education. **Journal of Geography**, v. 93, n. 1, p. 14-20, 1994.

HOLMES, W.; MIAO, F. **Guidance for generative AI in education and research**. UNESCO Publishing, 2023.

HOLMES, W.; TUOMI, I. State of the art and practice in AI in education. **European Journal of Education**. v.57, p. 542–570, 2022.

JAIPAL-JAMANI, K.; FIGG, C. The framework of TPACK-in-practice: Designing content-centric technology professional learning contexts to develop teacher knowledge of technology-enhanced teaching (TPACK). *In*: ANGELI, C.; VALANIDES, N. **Technological pedagogical content knowledge: Exploring, developing, and assessing TPCK**, 2015, p. 137-163.

JANELLE, D. G.; GOODCHILD, M. F. PART II GIS and Society Research. *In*: NYERGES, T. L.; COUCLELIS, H.; MCMASTER, R. (Eds.). **The SAGE Handbook of GIS and Society**. SAGE Publications, 2011. p. 26–45.

JANOWICZ, K. et al. GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 34, n. 4, p. 625-636, 2020.

KERSKI, J.J. The implementation and effectiveness of geographic information systems technology and methods in secondary education. **Journal of Geography**, v. 102, n. 3, p. 128-137, 2003.

KOEHLER, M.; MISHRA, P. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Contemporary issues in technology and teacher education**, v. 9, n. 1, p. 60-70, 2009.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P.; CAIN, W. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Journal of Education**, v. 193, n. 3, p. 13-19, 2013.

LIU, B. et al. AI-Enhanced Design and Application of High School Geography Field Studies in China: A Case Study of the Yellow (Bohai) Sea Migratory Bird Habitat Curriculum. **Algorithms**, v. 18, n. 1, p. 47, 2025.

LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LUCKIN, R.; HOLMES, W.; GRIFFITHS, M.; FORCIER, L. B. **Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education**. London, Pearson. 2016.

MARSH, M.; GOLLEDGE, R.; BATTERSBY, S. E. Geospatial concept understanding and recognition in G6–college students: A preliminary argument for minimal GIS. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 97, n. 4, p. 696-712, 2007.

MCCARTHY, J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. **AI Magazine**, Vol. 27, No. 4, p. 12–14. 2006.

MEYER, J. W. et al., GIS in the K-12 curriculum: A cautionary note. **The Professional Geographer**, v. 51, n. 4, p. 571-578, 1999.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers' college record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

NYERGES, T. L. Analytical map use. **Cartography and Geographic Information Systems**, v. 18, n. 1, p. 11–22, 1991.

- NYERGES, T. L.; GOLLEDGE, R. G. Asking geographic questions (Unit 007). In: GOODCHILD, M. F.; KEMP, K. **The World in Spatial Terms NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science**. p. 1–7. 2000.
- OPENSHAW, S.; OPENSHAW, C. **Artificial intelligence in geography**. 1st ed. New York: Wiley & Sons, Inc. 1997.
- QUEIROZ, A.P. **Análise espacial em perguntas**. São Paulo: EDUSP, 2024.
- ROSA, R. Análise espacial em geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 01, p. 275-289, 2011.
- SCHRUM, L. A proactive approach to a research agenda for educational technology. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 37, n. 3, p. 217-220, 2005.
- SENA, J. O.; QUEIROZ, A. P. Ensino de escala: representações gráficas e atividades. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, v. 15, n. 25, p. 05-30, 2025.
- SLATER, F. **Learning through Geography**. Pathways in Geography Series, Title No. 7. National Council for Geographic Education, 16-A Leonard Hall, Indiana University of Pennsylvania, Indiana, PA 15705, 1993.
- SMITH, T. R. Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving. **The Professional Geographer**, v. 36, n. 2, p. 147-158, 1984.
- UNESCO. **AI and education: Guidance for policy-makers**. 2021.
- WALLER, L. A. Detection of Clustering in Spatial Data. In: FOTHERINGHAM, A.S.; ROGERSON, P. A. (Ed.). **The SAGE Handbook of Spatial Analysis**. London. 2009. p. 2–27.
- WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: Theory and practice. **The knowledge engineering review**, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.

Recebido em 18 de fevereiro de 2025.

Aceito para publicação em 16 de agosto de 2025.

