

# Caminhos para a Espaciabilidade: Como Avaliar a Relação Entre o Design de Aplicações de Mapa e o Pensamento Espacial?

André Avelino da Silva Neto<sup>1</sup>, Marcelle Pereira Mota<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN) – Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Caixa Postal 66.075-110 – Belém – PA – Brasil

{andre.neto@icen.ufpa.br, mpmota@ufpa.br}

**Abstract. Introduction:** *The quality of Human-Computer Interaction (HCI) in interactive map applications can benefit the understanding of spatial data, contributing to decision-making. Objective:* *To propose a new quality criterion in HCI and a method to assess the design's ability to support spatial understanding. Methodology:* *To define spaciability as a new quality criterion in HCI, based on spatial thinking and comparison with other criteria. The Spaciability Inspection Method (SIM) is also defined to evaluate the design of map applications. Results:* *Spaciability encompasses perspectives not considered by other quality criteria. Furthermore, SIM demonstrates the potential to produce important insights for spatial understanding.*

**Keywords** *Spatiability, Spatial Thinking, HCI Quality Criteria, Evaluation Methods, Map Applications*

**Resumo. Introdução:** *A qualidade da Interação Humano-Computador (IHC) em aplicações de mapas interativos pode favorecer a compreensão dos dados espaciais, contribuindo para tomadas de decisão. Objetivo:* *Propor um novo critério de qualidade em IHC e um método para avaliar a capacidade do design de apoiar a compreensão espacial. Metodologia:* *Definição da espaciabilidade como um novo critério de qualidade em IHC, fundamentada no pensamento espacial e na comparação com outros critérios. Define-se também o Método de Inspeção da Espaciabilidade (MIE) para avaliar o design de aplicações de mapas. Resultados:* *A espaciabilidade abrange perspectivas que não são consideradas por outros critérios de qualidade. Além disso, o MIE demonstra potencial em produzir importantes descobertas para a compreensão espacial.*

**Palavras-Chave** *Espaciabilidade, Pensamento espacial, Critérios de Qualidade de IHC, Métodos de Avaliação, Aplicações de Mapas.*

## 1. Introdução

Mapas são frequentemente utilizados para apoiar discussões públicas e privadas sobre diversos problemas [Griffin 2020]. Questões como concorrência e perfil de moradores, por exemplo, podem ser utilizadas para traçar estratégias para a implantação de espaços comerciais. Aspectos sociais, como educação e saúde, podem ser mapeados para a definição de políticas públicas. Dentre outras aplicações, é importante considerar que os mapas são ferramentas fundamentais em diversos processos onde há a necessidade de compreender e interpretar dados mapeados para análises mais profundas.

Com o avanço tecnológico, mapas passaram a ser utilizados no meio digital, especialmente nas plataformas *web* e *mobile*. Aplicações de mapas atuais podem integrar diversos dados espaciais e permitir ao usuário analisá-los e utilizá-los para tomar decisões. Aplicações de mapas como *Google Maps* e *Waze* permitem ao usuário algumas análises e tomadas de decisão simples, como escolher melhores rotas e identificar pontos de interesse próximos. Existem também aplicativos que apresentam dados espaciais que permitem análises sociais [Neto et al. 2023]. Em aplicações dessa natureza, a interação do usuário com a aplicação torna-se um fator fundamental para a análise dos dados.

De acordo com [Andrienko et al. 2002], um alto grau de interatividade é um requisito geral para mapas projetados para suportar o pensamento espacial. O pensamento espacial pode ser compreendido como o conhecimento de conceitos espaciais (como localização, direção e escala) e a habilidade de aplicá-los para descrever, analisar e resolver problemas [Jo e Hong 2020]. Segundo [Logan 2012], em análises sociais, as habilidades de pensamento espacial facilitam que o leitor do mapa identifique padrões e tendências espaciais. Tais habilidades são especialmente relevantes para usuários de aplicações de mapas, ao permitir a interpretação dos dados espaciais e favorecer a análise desses dados para tomar decisões. [Lee e Bednarz 2012] definem uma série de habilidades que compõem o pensamento espacial, tais como compreensão de orientação e direção, escolha de melhores localizações com base em fatores espaciais e correlação de fenômenos espaciais distribuídos. Eles propõem em seu estudo um método para avaliação das habilidades de pensamento espacial de um indivíduo, denominado STAT (Teste de Habilidade de Pensamento Espacial, do inglês *Spatial Thinking Ability Test*).

Considerando a interação com o mapa como um fator fundamental para estímulo ao pensamento espacial, conhecimentos da área de Interação Humano-Computador (IHC) devem ser levados em consideração no design destas aplicações. A IHC, em geral, enfatiza estudos que priorizam o papel do usuário na interação com sistemas. [Barbosa et al. 2021] cita uma série de critérios de qualidade em IHC, que ajudam a avaliar o design de interação das aplicações sob diferentes perspectivas. É o caso, por exemplo, da usabilidade, que refere-se à facilidade que o usuário tem de alcançar seus objetivos no sistema. Em geral, os critérios citados por [Barbosa et al. 2021] são complementares e agrupam, cada um, uma série de métodos e técnicas que ajudam no processo de avaliação e busca por falhas no design de aplicações.

Os critérios de qualidade em IHC são relevantes a qualquer aplicação interativa. Entretanto, no que se refere a aplicações de mapas, nenhum dos critérios clássicos aborda especificamente a análise, compreensão e interpretação dos dados espaciais. Visando preencher esta lacuna, o presente estudo propõe a definição de um novo critério de qualidade em IHC, denominado *espaciabilidade*. Para embasar o conceito de *espaciabilidade*, utiliza-se especificamente a capacidade do design de facilitar ou estimular a aplicação das habilidades de pensamento espacial de um indivíduo. Além disso, é proposto um método para a avaliação da *espaciabilidade* no design de aplicações de mapas, denominado *Método de Inspeção da Espaciabilidade (MIE)*.

## 2. Fundamentação Teórica

A pesquisa proposta associa os critérios de qualidade em IHC e seus respectivos métodos de avaliação com o conceito de pensamento espacial. Para fundamentar a proposta, esta

seção descreve estes conceitos.

## 2.1. Critérios de Qualidade em IHC

Os critérios de qualidade de uso em IHC fornecem as bases para avaliar a adequação da interação e da interface em contextos específicos. Segundo [Barbosa et al. 2021], alguns dos principais critérios de qualidade considerados na literatura são: usabilidade, experiência do usuário (UX), acessibilidade e comunicabilidade. A usabilidade é tradicionalmente entendida como a facilidade de aprender e usar um sistema interativo, bem como a satisfação decorrente do seu uso [Nielsen 1994]. A experiência do usuário (UX) vai além da usabilidade ao incorporar elementos subjetivos, como emoções, valores e significados associados à interação [Norman 2013, Preece et al. 2015].

A acessibilidade, por sua vez, refere-se à remoção de barreiras para garantir que o maior número possível de usuários, incluindo aqueles com deficiências, possa utilizar o sistema [Melo e Baranauskas 2006]. Por fim, a comunicabilidade trata da capacidade da interface de expressar, de forma clara, as intenções do designer ao usuário, apoiando o processo de interpretação durante a interação e baseando-se em conceitos da engenharia semiótica [de Souza 2005].

## 2.2. Métodos de Avaliação em IHC

A avaliação de sistemas interativos é uma etapa essencial no ciclo de vida de desenvolvimento centrado no usuário. Ela permite verificar, de forma sistemática, se o design atende aos critérios de qualidade desejados. A literatura clássica da área organiza os métodos de avaliação em dois grandes grupos: (1) métodos por inspeção e (2) métodos por observação de usuários.

Os métodos por inspeção são realizados por especialistas em IHC e consistem na análise direta da interface, sem a necessidade de usuários finais. Eles têm como principais vantagens o baixo custo, a agilidade e a possibilidade de aplicação em fases iniciais do projeto [?]. Dentre os métodos mais utilizados destacam-se: **Avaliação heurística**: propõe a inspeção da interface com base em um conjunto de heurísticas de usabilidade, como as dez regras de [Nielsen 1994]. É útil para identificar problemas de usabilidade clássicos e violações de princípios de design; **Percorso cognitivo**: método centrado na análise do processo de aprendizagem de novos usuários. Avalia se um usuário iniciante seria capaz de executar tarefas com sucesso, considerando seus objetivos e conhecimento prévio [Lewis e Wharton 1997]; e **Método da Inspeção semiótica (MIS)** [de Souza 2005]: baseada na engenharia semiótica, busca avaliar como a interface comunica suas intenções ao usuário. Analisa os signos de interface e sua capacidade de gerar interpretações coerentes com os objetivos do sistema, o perfil do usuário e o contexto de uso.

Já os métodos por observação envolvem usuários reais executando tarefas em situações controladas ou naturais. Os exemplos mais comuns incluem: **Testes de usabilidade**: observação direta do usuário realizando tarefas representativas, com coleta de métricas como tempo de execução, número de erros e expressões de frustração ou satisfação [Rubin e Chisnell 2008]; **Método de Avaliação da Comunicabilidade (MAC)** [Prates e Barbosa 2003]: , essa abordagem combina observação e entrevistas pós-tarefa para identificar rupturas comunicativas e interpretar seus efeitos sobre a experiência

do usuário; **Avaliação da experiência do usuário (UX):** inclui métodos subjetivos como questionários (ex: UEQ, SUS), entrevistas e análise emocional [Hassenzahl 2010]. Embora métodos de observação forneçam ideias valiosas sobre a vivência real dos usuários, eles exigem maior estrutura de aplicação (recrutamento, protocolo experimental, tempo) e nem sempre são viáveis em fases iniciais do projeto.

### 2.3. Pensamento Espacial e STAT

O pensamento espacial é uma habilidade cognitiva complexa que envolve a capacidade de perceber, organizar, representar e inferir informações baseadas na estrutura do espaço [National Research Council 2006, Newcombe e Shipley 2015]. [Montello 1993] define pensamento espacial como o uso do espaço como meio de representação e raciocínio, o que implica na capacidade de identificar padrões, compreender relações topológicas (ex: proximidade, conectividade), métricas (ex: distância, escala) e realizar operações mentais como rotação, translação e sobreposição de elementos espaciais. [Manduca e Mogk 2006] argumentam que a competência em pensamento espacial é indispensável para resolver problemas complexos em ciência e tecnologia, especialmente aqueles baseados em dados georreferenciados ou estruturados espacialmente.

O Método de Avaliação do Pensamento Espacial (STAT) [Lee e Bednarz 2012], é um instrumento concebido para avaliar a capacidade de indivíduos em pensar espacialmente. Ele se baseia em um teste de 16 questões objetivas que avaliam diferentes aspectos de habilidades de pensamento espacial. Os aspectos de habilidades de pensamento espacial cobertos pelo STAT incluem: compreensão sobre orientação e direção; comparação entre informações de mapa e gráficos; escolha da melhor localização com base em diversos fatores espaciais; visualização mental de perfis de declive com base em um mapa topográfico; correlação entre fenômenos espaciais distribuídos; visualização mental de imagens 3D baseadas em informações 2D; sobreposição e dissolução de mapas; e compreensão de características geográficas representadas como ponto, linha ou polígono. Essas habilidades são interdependentes e refletem aspectos do raciocínio geográfico e da fluência visual espacial.

## 3. Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta os principais estudos encontrados relacionados aos tópicos abordados nesta pesquisa. Por tratar da proposição de um novo critério de qualidade em IHC, as pesquisas discutidas na fundamentação teórica que embasam os critérios clássicos de qualidade em IHC podem ser diretamente relacionadas à presente pesquisa, inspirando a proposta e relato da espaciabilidade. Dessa forma, trabalhos que consolidam a usabilidade [Nielsen 1994], a experiência do usuário [Norman 2013] [Hassenzahl 2010], a acessibilidade [W3C] e a comunicabilidade [Prates et al. 2000] inspiram a proposição da espaciabilidade. Da mesma forma, citam-se as bases teóricas dos métodos de avaliação por inspeção descritos por [Barbosa et al. 2021] que apoiam a proposição do método MIE: a Avaliação Heurística [?], o Percorso Cognitivo [Lewis e Wharton 1997] e o MIS [de Souza et al. 1999].

Outra vertente teórica da pesquisa concentra-se no pensamento espacial e sua relação com o design. O STAT [Lee e Bednarz 2012] representa um marco metodológico na avaliação do pensamento espacial. Estudos subsequentes validaram o uso do

STAT em contextos educacionais [?] e sugerem sua adaptação para ambientes digitais [Berendsen et al. 2023]. Estas pesquisas demonstram tendências para a avaliação do design de aplicações, mas não formalizam métodos para tal.

Os demais critérios de qualidade em IHC também podem afetar indiretamente o pensamento espacial e algumas pesquisas abordam esse fator. A usabilidade é utilizada como critério para a avaliação de aplicações de mapas em [Haklay e Zafiri 2008] e [Neto et al. 2023]. Em [Bollini et al. 2014], por sua vez, é abordado um estudo de caso para avaliação de UX e usabilidade em aplicativos móveis com informações geoespaciais. Avaliações de acessibilidade são conduzidas para o público de idosos usuários de mapas em [Yu e Chattopadhyay 2020] e pessoas com deficiências visuais ou motoras em [Rottmann et al. 2022]. A avaliação da comunicabilidade também já foi explorada no estudo de [Prado et al. 2000] que aborda a avaliação de signos cartográficos comuns a sistemas geográficos. Tais estudos ajudam a estabelecer uma correlação entre IHC e habilidades de pensamento espacial. No entanto, nota-se que nenhuma destas avalia diretamente a capacidade da aplicação de favorecer análises e compreensões espaciais.

A análise das obras revisadas evidencia que os critérios clássicos de qualidade em IHC não fornecem parâmetros formais para avaliar a clareza e a navegabilidade do espaço representado digitalmente. Da mesma forma, os instrumentos de avaliação do pensamento espacial, como o STAT, foram projetados para medir habilidades de usuários, não para avaliar sistemas. Além disso, avaliações dos demais critérios de IHC em aplicações com dados espaciais demonstram uma relação, mas não abordam diretamente a cognição espacial e o pensamento crítico. Assim, nota-se uma lacuna para a proposição de um novo critério de qualidade em IHC especificamente abordando a aplicação do pensamento espacial. Da mesma forma, identifica-se uma necessidade de avaliação das aplicações para identificar barreiras e dificuldades impostas ao pensamento espacial. A Tabela 1 resume e compara os trabalhos descritos nessa seção.

#### **4. Procedimentos Metodológicos**

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, cujo objetivo é propor e fundamentar teoricamente um novo critério de qualidade em IHC — a espaciabilidade — e um método correspondente para sua avaliação. Para isso, foram realizados três procedimentos metodológicos principais: (1) uma revisão teórico-conceitual do estado da arte; (2) a formulação de uma proposta metodológica de avaliação por inspeção, fundamentada em modelos existentes adaptados ao novo critério; e (3) um estudo de caso para demonstração de uso do método.

A revisão teórica teve como objetivo identificar lacunas nos critérios tradicionais de qualidade em IHC e investigar abordagens existentes relacionadas ao raciocínio espacial em sistemas interativos. A construção do estado da arte foi conduzida por meio de pesquisa bibliográfica estruturada em buscas nas bases de dados internacionais como Scopus, Web of Science e ACM Digital Library, com palavras-chave como “spatial thinking”, “spatial cognition”, “map usability”, “HCI quality criteria”, “heuristic evaluation” e “semiotic inspection method”. Além disso, foram incluídas obras fundamentais da literatura sobre design centrado no usuário, usabilidade, visualização geográfica e interação com mapas. Além disso, pesquisa foi complementada com o resultado de um processo de pesquisa dentro das citações e referências de duas

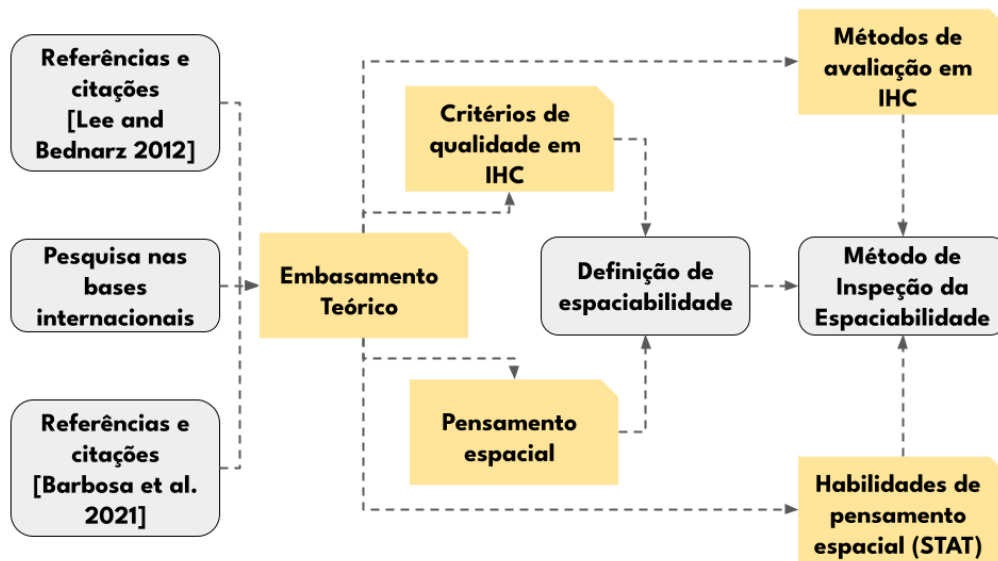
**Tabela 1. Comparação entre contribuições e lacunas dos trabalhos relacionados**

Trabalhos	Contribuição	Lacuna
[Nielsen 1994] [Norman 2013] [Hassenzahl 2010] [W3C ] [Prates et al. 2000]	Critérios de qualidade clássicos utilizados comparativamente	Não abordam compreensão espacial
[?] [Lewis e Wharton 1997] [de Souza et al. 1999]	Métodos de avaliação em IHC por inspeção que inspiram a criação do novo método	Não avaliam compreensão espacial
[?] [Berendsen et al. 2023]	Avaliam impactos e extensões ao STAT	Não abordam diretamente avaliações de design
[Haklay e Zafiri 2008] [Neto et al. 2023] [Bollini et al. 2014] [Yu e Chattopadhyay 2020] [Rottmann et al. 2022] [Prado et al. 2000]	Demonstram correlação entre IHC e pensamento espacial	Não abordam avaliações diretas sobre compreensão espacial

obras bases da pesquisa: (i) o estudo de [Lee e Bednarz 2012], que apresenta o STAT — amplamente citado em estudos sobre pensamento espacial — e (ii) o livro *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário* [Barbosa et al. 2021], referência nacional consolidada em critérios de qualidade e métodos de avaliação em IHC.

A definição de espaciabilidade foi embasada pelos resultados da revisão bibliográfica. Especificamente, foi realizada uma comparação com os critérios de qualidade em IHC destacados no livro de [Barbosa et al. 2021] e a proposta de um critério embasado teoricamente pelas descobertas em pensamento espacial encontradas. Foi desenvolvido um método de avaliação específico para a espaciabilidade: o Método de Inspeção da Espaciabilidade (MIE). Para sua concepção, foi realizada uma adaptação das habilidades cognitivas descritas no STAT, convertendo-as em elementos avaliáveis no design da interface. O MIE foi concebido como um método de avaliação por inspeção realizado por especialistas, inspirado em métodos consagrados em IHC, como MIS [de Souza et al. 1999] e a Avaliação Heurística [?]. O MIE mantém a lógica de análise realizada por especialistas, mas alinha-se para um foco espacial, apoiando-se nas habilidades de pensamento espacial exigidas por sistemas com mapas e representações espaciais. A Figura 1 resume os procedimentos metodológicos descritos.

Por fim, para demonstrar a aplicabilidade do MIE, foi realizado um estudo de caso que visa aplicar o método MIE na prática. Foi realizada a avaliação em um sistema que opera com mapas digitais, o *Google Maps*. A escolha dessa aplicação se deu por sua popularidade, diversidade de dados espaciais e possibilidade de tomadas de decisões. A avaliação foi conduzida pelos autores para demonstrar a aplicabilidade do método e a sua capacidade de produzir resultados.



**Figura 1. Resumo dos procedimentos metodológicos e resultados.**

## 5. Definição de espaciabilidade

Diversos sistemas digitais utilizam o espaço como recurso estruturante de navegação, organização de dados e interação, especialmente em aplicações que envolvem mapas, ambientes virtuais, sistemas de transporte, jogos digitais e interfaces baseadas em geolocalização. Nessas interfaces, a compreensão do espaço é um elemento essencial para que o usuário possa explorar, interpretar e agir com base nas informações apresentadas. A forma como esse espaço é apresentado e como os elementos interativos são distribuídos afeta diretamente a legibilidade, a orientação e a capacidade de inferência do usuário.

Dentro desse contexto, propõe-se o conceito de espaciabilidade como um novo critério de qualidade em Interação Humano-Computador (IHC). Espaciabilidade é definida como o grau em que uma interface facilita a compreensão, a orientação e a interpretação das informações espaciais por parte do usuário. Esse critério diz respeito à clareza na apresentação do espaço digital, à capacidade da interface em apoiar o raciocínio espacial e à forma como elementos espaciais são organizados para permitir que o usuário se localize, navegue e compreenda o território representado. A espaciabilidade é embasada teoricamente pelo conceito de pensamento espacial, especialmente fundamentada no método STAT, desenvolvido por [Lee e Bednarz 2012] para medir habilidades espaciais cognitivas em contextos educacionais e geográficos. O STAT identifica habilidades que podem ser traduzidas como diretrizes para avaliar o design, e não apenas o usuário.

A espaciabilidade é um fator decisivo para a efetividade de sistemas que dependem da leitura e interpretação do espaço representado na interface. Ao facilitar a orientação, a percepção de relações espaciais e a inferência a partir de dados georreferenciados, a espaciabilidade amplia a capacidade do usuário de extrair significado do sistema e realizar ações informadas. Portanto, trata-se de um critério essencial para sistemas que apresentam, organizam ou manipulam dados espaciais, e sua presença está diretamente vinculada à qualidade da interação, à precisão da análise e à confiança na tomada de decisão.

A proposta de espaciabilidade como critério de qualidade em IHC se apoia na constatação de que os critérios consolidados, embora essenciais, não contemplam de forma suficiente a clareza e o apoio ao raciocínio espacial em interfaces digitais que representam ou organizam informações em um espaço geográfico. Em especial, nessa seção, a espaciabilidade será comparada com os critérios clássicos de qualidade em IHC: usabilidade, acessibilidade, experiência do usuário e comunicabilidade [Barbosa et al. 2021].

### **5.1. Usabilidade e espaciabilidade**

A usabilidade, conforme definida anteriormente, enfatiza a medida na qual o sistema permite que o usuário alcance objetivos de forma eficaz, eficiente e satisfatória [International Organization for Standardization 2018]. Essa definição foca em atributos funcionais da interação — tempo para realização de tarefas, número de erros, facilidade de aprendizado — mas não aprofunda os aspectos de compreensão espacial.

Heurísticas de usabilidade como as propostas por [Nielsen 1994], como “visibilidade do status do sistema” ou “consistência e padrões”, são úteis em interfaces com navegação sequencial e menus convencionais, mas não orientam o designer quanto à disposição espacial de dados geoespaciais ou à clareza de um mapa. Mesmo heurísticas específicas para mapas [Marquez et al. 2021] tendem a se concentrar em elementos perceptuais e gráficos, e não em como o design apoia habilidades cognitivas espaciais.

### **5.2. Acessibilidade e espaciabilidade**

A acessibilidade, como definida pelas diretrizes WCAG 2.1 [W3C], refere-se à capacidade de pessoas com deficiências perceberem, entenderem, navegarem e interagirem com interfaces digitais. Embora haja avanços no campo da acessibilidade espacial — como mapas para pessoas cegas, com baixa visão ou dificuldade de locomoção [Rottmann et al. 2022], o critério tradicional de acessibilidade não avalia se a interface promove o raciocínio espacial ou permite inferências geográficas. A acessibilidade é fator determinante para permitir o acesso democrático e inclusivo à diversidade de usuários de aplicações que contenham informações geoespaciais. Entretanto, a espaciabilidade pode ser compreendida como um complemento que permite a uma diversidade de pessoas maior poder de compreensão e uso desses dados geográficos.

### **5.3. UX e espaciabilidade**

A UX trata-se de uma abordagem que considera fatores emocionais, estéticos e contextuais, muitas vezes investigados por meio de entrevistas, testes abertos e métodos qualitativos [Norman 2013]. De acordo com [Preece et al. 2015], metas de UX podem ser traçadas no design da interação de um sistema, projetando como a interação é sentida pelo usuário.

É possível relacionar essas metas com a interpretação espacial a depender do objetivo do sistema e como o designer deseja que os usuários utilizem os dados espaciais. Por exemplo, aplicações voltadas para análises de questões sociais podem se utilizar de avaliações de UX para engajar seus usuários ou direcioná-los a pensar coletivamente. Entretanto, a UX não oferece diretrizes específicas para avaliar a clareza espacial, o suporte à orientação ou a possibilidade de identificar relações geográficas complexas.



**Tabela 2. Comparação entre critérios de qualidade de IHC**

<b>Critério</b>	<b>Foco principal</b>	<b>Lida com compreensão espacial?</b>	<b>Avalia clareza do espaço?</b>
Usabilidade	Eficiência, eficácia, satisfação	Parcialmente, em tarefas	Não
Acessibilidade	Inclusão de diferentes perfis de usuários	Não diretamente	Não
UX	Percepções subjetivas e emocionais	Indiretamente, em contextos UX	Não
Comunicabilidade	Clareza da intenção do design	Parcialmente, via signos	Não
Espaciabilidade	Clareza, orientação e raciocínio espacial	Sim, com base em evidências do STAT	Sim

#### **5.4. Comunicabilidade e espaciabilidade**

A comunicabilidade é um conceito proposto pela engenharia semiótica [de Souza 2005] que busca avaliar a clareza com que o sistema comunica suas intenções de design ao usuário por meio da interface. Fundamentada na hipótese de que, se um usuário entende as decisões que o projetista tomou ao construir a interface, aumentam suas chances de fazer um bom uso daquele sistema [Prates e Barbosa 2003].

Trata-se de um critério para avaliar a intencionalidade comunicativa das interfaces, sobretudo na mediação entre os signos do sistema e os modelos mentais do usuário. No entanto, a comunicabilidade foca na transmissão de mensagens interacionais e de fluxo de tarefas, não na representação de estruturas espaciais. Um sistema pode ter boa comunicabilidade (ex: botões claramente rotulados, mensagens de erro compreensíveis), mas ainda assim ser confuso quanto à distribuição espacial de elementos ou à leitura de padrões geográficos.

#### **5.5. Diferencial da espaciabilidade**

A Tabela 2 resume a comparação com alguns dos principais critérios de qualidade em IHC. Ressalta-se que alguns dos critérios podem abordar indiretamente a compreensão do espaço, como é o caso da usabilidade, na qual tarefas podem ser propostas para avaliar o design de sistemas para avaliar a compreensão do espaço. No caso da UX, a compreensão do espaço pode ser avaliada de acordo com os sentimentos que a aplicação almeja instigar nos usuários. Em relação à comunicabilidade, signos dos mapas podem ser avaliados também impactando na compreensão do espaço. Entretanto, a espaciabilidade se difere ao abordar especificamente a compreensão e clareza do espaço como base central. Ressalta-se que esta comparação não busca comparar o grau de importância ou relevância dos critérios de qualidade citados.

### **6. Método de Inspeção da Espaciabilidade (MIE)**

O Método de Inspeção da Espaciabilidade (MIE) incorpora contribuições de métodos clássicos de inspeção como o Método de Inspeção Semiótica (MIS)

[de Souza et al. 1999], a Avaliação Heurística [Nielsen 1994] e o Percurso Cognitivo [Lewis e Wharton 1997], mas ancora-se nas habilidades avaliadas pelo (STAT) [Lee e Bednarz 2012], utilizado como referência central para operacionalizar dimensões do pensamento espacial.

O método também incorpora atividades que permitem compreender melhor o sistema avaliado, suas particularidades e adaptá-lo a diferentes contextos (como sistemas com diferentes objetivos). O MIE pode ser conduzido por um ou mais avaliadores especialistas, que inspecionam uma interface interativa com representação espacial, a fim de identificar se o design: apoia as habilidades de pensamento espacial relevantes ao propósito da aplicação; comunica de forma clara os elementos espaciais e suas relações; e evita obstáculos ao raciocínio espacial e à tomada de decisão geográfica.

O método permite ao avaliador definir quais habilidades espaciais serão priorizadas, com base nos objetivos funcionais e informacionais da aplicação analisada. Até o momento, o método foi pensado somente para a avaliação de interfaces que contenham interações com mapas ou dados geoespaciais mapeados. No entanto, acredita-se que o método pode ser aplicado também a outros contextos envolvendo o espaço do sistema. Tendo em vista proceder com a avaliação da espaciabilidade, o avaliador ou avaliadores devem prosseguir com três etapas de execução do MIE. As etapas foram divididas com o propósito de facilitar a aplicação do método e facilitar o processo de adaptação do método dentro de diferentes contextos. A seguir, cada etapa do método será descrita:

### **6.1. Etapa 1: Definição de Objetivos**

As habilidades de pensamento espacial descritas no método STAT [Lee e Bednarz 2012] se complementam para uma ampla avaliação sobre as capacidades de pensamento espacial de um indivíduo. Entretanto, nem toda aplicação exigirá todas as habilidades. Por exemplo, um aplicativo de navegação urbana pode exigir orientação e decisão sobre rotas, mas não necessariamente visualização de perfis topográficos. Dessa forma, esta etapa guia uma melhor compreensão da aplicação avaliada e adaptação do método ao contexto. São propostas seis dimensões de avaliação da espaciabilidade no design da aplicação. Essas seis dimensões dialogam diretamente com as habilidades descritas no método STAT [Lee e Bednarz 2012]. Entretanto, para proposta das dimensões, relacionamos somente as habilidades relacionadas com visualização 2D de aplicações de mapas tradicionais, excluindo questões como visualização 3D e topográficas. Tais habilidades foram consideradas fora do escopo atual da pesquisa de aplicações de mapas habituais, mas podem compor etapas futuras. As dimensões são descritas na Tabela 3.

Com as dimensões compreendidas, o avaliador deve então descrever o contexto da aplicação avaliada, quais são os objetivos do usuário, quais análises podem ser realizadas ou quais decisões serão suportadas. A partir dessa análise, deve-se priorizar quais dimensões serão abordadas ou priorizadas pelo processo avaliativo. Como exemplo, na dimensão D1 avaliam-se aspectos do design que possam impactar na compreensão do direcionamento ou de direções dentro do mapa. Aplicações que tenham tarefas relacionadas com navegação, escolha de rotas e verificação de distâncias tendem a necessitar da análise dessa dimensão. Da mesma forma, as demais dimensões relacionam-se com tarefas possíveis e que serão avaliadas no sistema.

**Tabela 3. Resumo das dimensões avaliadas no MIE**

<b>Código</b>	<b>Nome completo</b>	<b>Descrição</b>
D1	Compreensão de orientação e direção	Capacidade de interpretação direção e posicionamento (norte/sul, esquerda/direita).
D2	Deteção de padrões espaciais	Identificação de padrões geográficos, agrupamentos, dispersões.
D3	Decisão sobre localização ideal	Escolha de locais com base em múltiplos critérios espaciais.
D4	Identificação de associações espaciais	Detectar correlações ou relações entre fenômenos espaciais.
D5	Compreensão de sobreposição de camadas	Raciocinar com múltiplas camadas espaciais, identificando cruzamentos úteis.
D6	Interpretação de tipos espaciais	Compreender representações como pontos, linhas, polígonos e suas relações.

## **6.2. Etapa 2: Formulação de Tarefas**

Para a condução da etapa, recomenda-se a criação de uma persona, ou seja, um personagem fictício que represente um perfil de usuário típico do sistema [Barbosa et al. 2021]. A criação da persona estimula o especialista a pensar como o usuário final do sistema e dá apoio na proposição de tarefas para avaliar a aplicação. Para cada dimensão de avaliação selecionada, deve-se propor tarefas na aplicação que busquem avaliar especificamente problemas dentro dessa dimensão. As tarefas podem ser concluídas com interação no sistema, identificando interações bem-sucedidas, ou a partir do reconhecimento de padrões, ou dados no mapa (por exemplo, identificar um ponto de interesse, regiões com mais escolas, etc.).

A Tabela 4 direciona exemplos de tarefas que podem ser utilizadas como guia para propor tarefas para avaliar a aplicação. As tarefas exemplificadas devem ser refinadas para refletir o contexto dos dados da aplicação avaliada ou as dimensões priorizadas. Caso considere necessário, o avaliador pode optar por adicionar mais de uma tarefa para avaliar uma mesma dimensão. Particularmente, pode ser útil para priorizar determinada dimensão. O avaliador deve escolher somente tarefas dentro das dimensões escolhidas na etapa anterior.

## **6.3. Etapa 3: Inspeção da Espaciabilidade**

O avaliador então deve percorrer a interface simulando a execução das tarefas descritas na etapa anterior, sempre considerando a persona e o contexto definidos. O avaliador deve estar atento a quaisquer dificuldades na realização das tarefas e relacionar essa dificuldade com alguma dimensão de avaliação. Os problemas identificados podem ser organizados em uma ficha de inspeção servindo como base para discussões e possíveis sugestões de melhorias. As fichas podem conter a descrição do problema, graus de severidade e possíveis soluções.

Por fim, o avaliador deve avaliar de forma geral as fichas de inspeção qualitativamente e identificar como o sistema apoia as tarefas propostas e análises espaciais. O avaliador poderá oferecer recomendações práticas para que a aplicação possa ter maior clareza espacial, navegabilidade e potencial interpretativo da interface.

**Tabela 4. Exemplos de tarefas para avaliação no MIE dentro de cada dimensão**

Dimensão	Tarefas exemplo
D1	Encontre a direção mais curta entre dois pontos (distantes) no mapa. Encontre o ponto de interesse mais ao norte/sul/leste/oeste no mapa. Trace a rota entre dois pontos no mapa.
D2	Identifique áreas com maior concentração de dados de um tipo no mapa. Identifique áreas de interesse maiores do que outras. Identifique o tipo de dado mais disperso no mapa.
D3	Escolha o melhor local para abrir um novo empreendimento. Escolha melhor local para escolas/hospitais.
D4	Há relação entre desmatamento e densidade populacional? Há relação entre ruas próximas a rios e alagamentos? Identifique relações entre dois tipos de dados.
D5	Identifique interseções entre diferentes tipos de dados. Identifique regiões de influência mais próximas. Adicione camadas de dados diferentes ao mapa. Em um mapa com múltiplas camadas, identifique um ponto/rua.
D6	Diferencie áreas, linhas e pontos e explique o que cada um representa. Identifique o significado de determinado símbolo. Encontre um tipo de dado específico com base em cor/símbolo.

## 7. Estudo de Caso

Com o objetivo de demonstrar a viabilidade e a aplicabilidade do Método de Inspeção da Espaciabilidade (MIE), foi conduzida uma aplicação do método ao sistema Google Maps, em sua versão móvel. Essa aplicação teve por finalidade avaliar o potencial do MIE para ser utilizado e a produção de resultados úteis.

### 7.1. Procedimentos de aplicação

A avaliação foi conduzida por um especialista em Interação Humano-Computador com familiaridade em análise de usabilidade e visualização de dados geográficos. O procedimento seguiu as três etapas propostas pelo MIE.

Como componente da etapa 1, foi definido o sistema *Google Maps* como alvo da avaliação, no modo de navegação urbana, considerando o uso por um usuário que visa conhecer uma nova cidade e decidir por hotéis e pontos turísticos. A tarefa principal envolve escolher melhores pontos, detectar menores distâncias e análises de diferentes dados. Logo, optou-se por avaliar as dimensões D1, D2, D3, e D4.

Seguindo para a etapa 2, definiu-se a persona Rafael, de 35 anos, estudante de letras, usuário casual de aplicativos de mapas, como *Google Maps* para visitar locais em sua cidade natal. Ele gosta de visitar bares e pontos turísticos de cidades que visita. Rafael fará uma viagem para a cidade de Belo Horizonte-MG para participar de um congresso. Ele não conhece a cidade, então deverá utilizar o aplicativo *Google Maps* para decidir onde se hospedar e quais locais visitar na cidade. Ele nunca utilizou o aplicativo para essa finalidade. Foram propostas então as 4 tarefas descritas na Tabela 5 para a avaliação das dimensões.

**Tabela 5. Tarefas propostas para avaliação da espaciabilidade no Google Maps**

Código	Dimensões avaliadas	Tarefa proposta
T1	D1 e D4	Buscar hotéis próximos ao local do evento com melhores rotas e preços
T2	D4	Buscar hotéis próximos a pontos turísticos da cidade
T3	D2	Identificar áreas da cidade com mais bares e restaurantes
T4	D3	Escolher hotel com base nos dados anteriores

Seguindo para a etapa 3 do MIE, cada tarefa foi simulada pelo avaliador, que navegou pelo sistema explorando as telas, funcionalidades e comportamentos esperados. Utilizando a persona para guiar as ações no sistema, a avaliação produziu as fichas de avaliação recomendadas sobre possíveis dificuldades. A próxima seção aborda a discussão sobre os resultados encontrados após a condução do método.

## 7.2. Avaliação de espaciabilidade

Na condução de tarefas, identificou-se que para completar a tarefa T1, o usuário deveria primeiramente buscar por um ponto de interesse na ferramenta de busca do *Google Maps* (por exemplo, o local do evento que Rafael irá participar). Após essa busca, o aplicativo direciona o mapa para aquela região do local, onde o usuário deveria fazer uma nova busca (como por hotéis dentro da área visível do mapa). A Figura 2a mostra essa interação no aplicativo.

A execução da tarefa demonstra pontos positivos em relação às dimensões avaliadas. Existem diversas associações entre dados espaciais que o usuário pode inferir e ajudar no processo de tomada de decisão. Informações como valores de hotéis e avaliação de outros hóspedes compõem a visualização do mapa, o que apoia a análise do usuário na comparação entre hotéis, dialogando com a dimensão D4 de identificação de associações espaciais. Além disso, a aplicação também permite visualizar as rotas entre o local do evento e cada hotel escolhido, como mostram as Figuras 2b e 2c, o que facilita a dimensão D1 sobre compreensão de orientação e direção. Entretanto, algumas dificuldades foram registradas que podem impactar na avaliação de ambas as dimensões.

A análise para a escolha da melhor rota entre hotel e local do evento é prejudicada pela necessidade de acessar uma rota de cada vez. Não há uma opção para visualizar lado a lado, visualizar aspectos das vias (como trânsito ou obstruções diversas). Devido a quantidade de hotéis próximos, é uma tarefa difícil visualizar a rota de um de cada para compará-las. Uma possível solução seria permitir ao usuário visualizar condições de vias para mais de uma rota ao mesmo. Outra dificuldade é a de utilizar o mecanismo de busca para realizar operações em sequência (primeiro buscar local, depois hotéis). Pode não ser familiar a usuários, mesmo habituados no uso do *Google Maps*, essa possibilidade, o que pode dificultar na dimensão D4 ao visualizar diferentes fenômenos espaciais. Nesse caso, a interface poderia permitir claramente ao usuário visualizar tipos diferentes de dados com mais facilidade (manter o local do evento, mesmo mostrando hotéis).

Na realização da tarefa T2, como simulação, tentou-se buscar os termos literais na ferramenta de busca do *Google Maps*, como pode ser observado na Figura 3a.

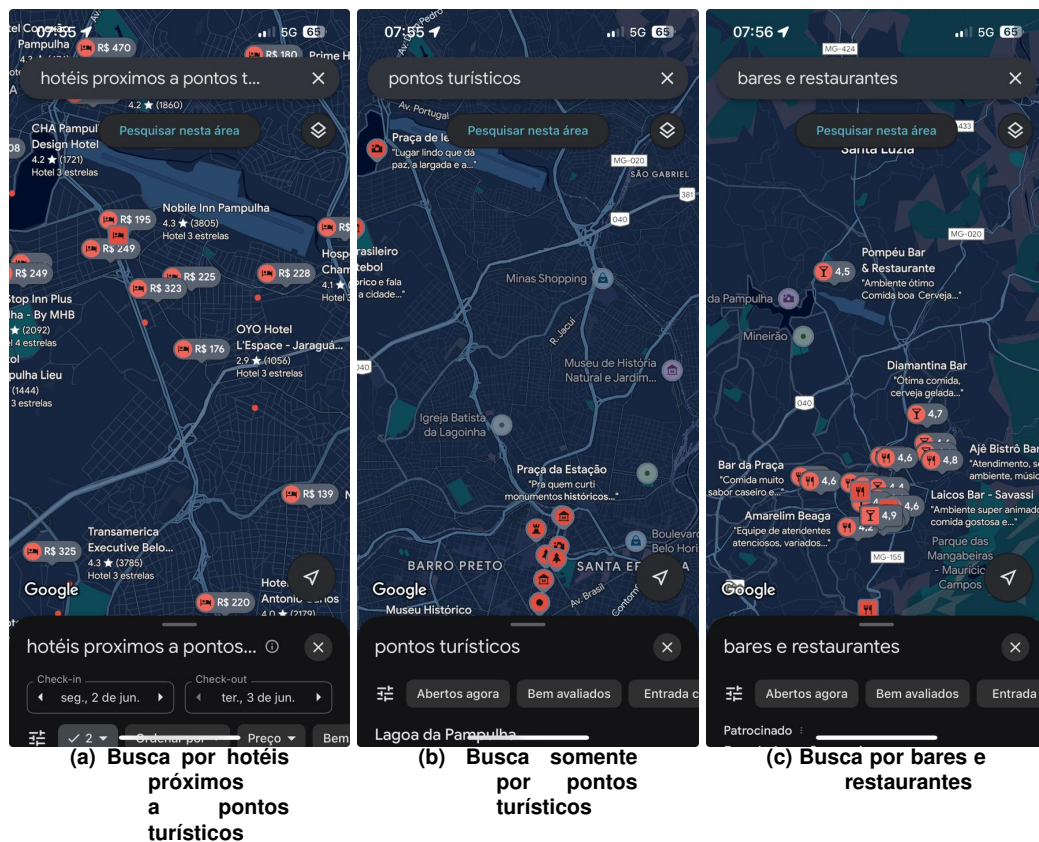


**Figura 2. Telas do fluxo para execução da tarefa T1 no *Google Maps***

Como resultado, o aplicativo exibiu somente hotéis, sem quaisquer relações com pontos turísticos. Optou-se então por buscar somente pontos turísticos (Figura 3b). O resultado mostrou que os hotéis exibidos na busca anterior não pareciam próximos dos pontos turísticos. Demonstra-se então uma nova falha na dimensão D4 ao conseguir analisar associações espaciais. Uma sugestão de melhoria seria permitir ao usuário selecionar quais diferentes tipos de dados marcadores ele deseja visualizar no mapa.

Em relação a tarefa T3, procedeu-se com nova busca, desta vez pelos bares e restaurantes na área de visualização (Figura 3c). A partir de uma visualização mais ampla, é possível notar no mapa a área de maior incidência de pontos de interesse na parte inferior do mapa, permitindo uma boa análise da dimensão D2. No entanto, ao aplicar zoom em determinadas áreas vazias, mais pontos de interesse surgem, tornando essa análise ineficiente. Entende-se que essa é uma configuração que visa não poluir demais a interface da aplicação. Mas, para atender a esse propósito do usuário, a aplicação poderia oferecer opções para manter todos os pontos encontrados dentro daquela janela exibida do mapa, ou mesmo de exibir quantitativos como dados numéricos por região ou em mapas de calor.

Por fim, a tarefa T4, envolveu a análise dos resultados das tarefas anteriores para a tomada de uma decisão, contemplando a dimensão D3. Nota-se que o aplicativo permite ao usuário um forte embasamento nos dados para a tomada da sua decisão. Os dados permitem considerar os interesses e desejos do usuário. Porém, para análises desses dados, existem alguns pontos que geram dificuldades, especialmente para realizar comparações e associações entre os dados mapeados. Considera-se importante implementar as ideias já descritas nessa seção para que a aplicação consiga de fato ter



**Figura 3. Telas do fluxo para execução das tarefas T2 e T3 no *Google Maps***

qualidade nessa dimensão.

### 7.3. Considerações sobre o estudo de caso

A análise permitiu identificar pontos fortes e limitações da interface quanto ao suporte ao raciocínio espacial. O *Google Maps* mostrou forte espaciabilidade em funcionalidades de navegação para um tipo de dado (por exemplo, somente hotéis), mas revelou fragilidades na comparação entre diferentes dados espaciais. No entanto, o resultado demonstra a viabilidade de aplicação do MIE e a capacidade de se utilizar do método para produzir resultados que podem melhorar a espaciabilidade da aplicação.

É importante considerar que os resultados só puderam ser obtidos a partir de uma definição clara de objetivos e tarefas. Diversas avaliações diferentes podem ser propostas em aplicações com múltiplos dados espaciais, como é o caso do *Google Maps*. Mas acredita-se que os resultados demonstram que é possível utilizar o método no contexto de aplicações de mapas geográficos dentro de diversos contextos e temáticas.

## 8. Cuidados éticos

A presente pesquisa não envolveu, até esta etapa, a participação direta de seres humanos em atividades de coleta de dados ou experimentação. Todas as análises realizadas dizem respeito à avaliação de sistemas interativos por meio de inspeção conduzida pelos autores, com base em literatura científica, simulações de uso e aplicação de método próprio de análise (MIE). Entretanto, foi submetido um projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa da



instituição de ensino responsável, com vistas à condução de etapas futuras da investigação que envolverão usuários reais e outros especialistas. A pesquisa seguirá, nesse contexto, todos os princípios éticos da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, assegurando o consentimento livre e esclarecido, a privacidade dos participantes e a integridade dos dados coletados.

## 9. Considerações Finais

A presente pesquisa apresentou a proposta do conceito de espaciabilidade como um novo critério de qualidade em IHC, especialmente relevante para sistemas que envolvem representação espacial, como aplicativos de mapas, navegação e visualização geográfica. Foi possível observar que os aspectos avaliados no contexto da espaciabilidade diferem daqueles que integram os critérios clássicos de qualidade em IHC (como usabilidade, experiência do usuário, acessibilidade e comunicabilidade), demonstrando o diferencial do novo critério. Além disso, foi proposto um novo método de avaliação do design de aplicações que contempla especificamente a espaciabilidade, o MIE. Observou-se durante a aplicação do MIE que o método foi capaz de produzir resultados consistentes e fáceis de avaliar em um estudo de caso com o aplicativo *Google Maps*.

A presente pesquisa alinha-se de maneira significativa com os rumos mais recentes da área de Interação Humano-Computador, em especial com os Grandes Desafios propostos no contexto da comunidade brasileira de IHC. Dois desses desafios se mostraram particularmente relevantes para a proposta aqui desenvolvida, denominados GC1 [da Silva Junior et al. 2024] e GC5 [Coleti et al. 2024]. O GC1 defende a necessidade de revisitar os alicerces teóricos da IHC, ampliando seus horizontes conceituais para além das abordagens tradicionais baseadas em eficiência e controle [da Silva Junior et al. 2024]. A proposta da espaciabilidade atende diretamente a esse chamado ao introduzir uma nova abordagem para avaliar interfaces: a clareza do espaço representado e a capacidade da interface de apoiar o raciocínio espacial. Apesar da pesquisa se embasar na abordagem de inspeção por especialistas, o que distancia uma abordagem mais humana e empática nas avaliações de IHC, considera-se que as avaliações de espaciabilidade podem ser adaptadas tendo em vista avaliar a perspectiva do usuário real do sistema.

O desafio GC5 reconhece que a sociedade contemporânea é permeada por dados e que a interação humano-dados exige novas formas de literacia, apropriação e controle. Embora o GC5 enfatize privacidade, visualização de dados e autonomia do usuário frente a sistemas automatizados, ele também destaca a necessidade de compreender como as interfaces moldam a interpretação de dados e facilitam (ou impedem) a ação informada [Coleti et al. 2024]. Nesse contexto, a espaciabilidade surge como um componente essencial da literacia de dados espaciais, ao avaliar se o usuário consegue ou não interpretar corretamente as representações espaciais que consome.

### 9.1. Contribuições da pesquisa

A principal contribuição deste trabalho é a introdução do conceito de espaciabilidade como um novo critério de qualidade em IHC. A espaciabilidade constitui uma inovação teórica ao ampliar o repertório conceitual da IHC, incorporando elementos do pensamento espacial. Além do critério em si, propõe-se o Método de Inspeção da Espaciabilidade



(MIE), um instrumento metodológico inédito que oferece uma abordagem sistemática, flexível e replicável para especialistas analisarem se o design de um sistema digital apoia ou compromete as operações cognitivas espaciais. Sua aplicação prática ao *Google Maps* demonstrou a viabilidade do método e também sua capacidade de revelar aspectos do design que podem ser negligenciados por métodos tradicionais de avaliação.

As contribuições classificam a pesquisa como uma ideia inovadora uma vez que pode auxiliar na ampliação e definição de temas pertinentes relacionados aos problemas investigados em IHC e apresentam resultados emergentes que podem ser discutidos amplamente pela comunidade. Considera-se o estudo como um passo inicial para a discussão sobre espaciabilidade, que deverá ganhar maior profundidade em pesquisas futuras.

## **9.2. Limitações da pesquisa**

Apesar das contribuições conceituais e metodológicas aqui apresentadas, esta pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas e que abrem espaço para aprofundamentos futuros. Em primeiro lugar, a formulação do critério de espaciabilidade e do método MIE foi conduzida a partir de revisão teórica, fundamentação conceitual e aplicação por especialistas. Ainda que essas abordagens sejam consolidadas em IHC, a ausência, até o momento, de avaliações por observação com usuários reais limita a compreensão do impacto direto da espaciabilidade sobre a experiência prática de interação.

Outro ponto de limitação é que o estudo de caso do método foi realizado com um único especialista que carrega um viés por ser de autoria do trabalho. Apesar do forte viés, é necessário considerar que o estudo relatado objetivou tão somente validar a viabilidade e capacidade do método de produzir resultados, e não a qualidade em si dos resultados e propostas de melhorias. Entende-se que há a necessidade de diferentes avaliadores validarem o mesmo método também. Além disso, embora o método se apresente como adaptável a diferentes tipos de aplicações com conteúdo espacial, sua aplicação prática até o momento se limitou ao *Google Maps* por questão de tempo de pesquisa. Isso indica que sua generalização para outros domínios ainda requer investigação sistemática e ajustes potenciais nas categorias avaliativas.

## **9.3. Trabalhos futuros**

Diante das contribuições e limitações apresentadas, esta pesquisa abre diversas possibilidades de aprofundamento. Um dos caminhos diz respeito à realização de estudos empíricos com usuários, de modo a avaliar se a espaciabilidade percebida por especialistas durante a aplicação do MIE corresponde a uma melhoria efetiva na interpretação do espaço, no desempenho em tarefas espaciais e na satisfação do usuário. A validação com usuários permitirá aferir a eficácia do critério em contextos reais de uso, além da sua relevância como mediador da experiência interativa em sistemas com estrutura espacial complexa.

Do ponto de vista metodológico do MIE, também é recomendável realizar estudos com diferentes avaliadores, que verifiquem se diferentes especialistas chegam a diagnósticos semelhantes ao aplicar o MIE nas mesmas aplicações. Isso permitirá fortalecer a robustez do método como instrumento avaliativo e orientar ajustes em

sua aplicação prática. Além disso, averiguar a viabilidade do método em contextos de diferentes sistemas (com diferentes propósitos) também é um passo importante de validação. A pesquisa poderá ainda explorar a aplicação do critério de espaciabilidade em domínios além da navegação urbana, como em ambientes educacionais baseados em mapas, painéis de visualização de dados geográficos, sistemas de monitoramento ambiental, jogos digitais com estrutura territorial e simulações interativas. Cada um desses contextos poderá demandar ajustes nas tarefas e nas habilidades espaciais avaliadas, fornecendo evidências de adaptação e escalabilidade do método.

Por fim, uma direção importante para trabalhos futuros é o diálogo com abordagens participativas e críticas. Investigar como diferentes públicos compreendem e atribuem sentido ao espaço representado nas interfaces — especialmente em contextos de desigualdade territorial ou vulnerabilidade social — pode enriquecer o conceito de espaciabilidade com dimensões sociais e políticas, promovendo sua evolução como critério de qualidade sensível à diversidade e à justiça informacional.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de bolsa de doutorado. Agradeço também ao programa de pós-graduação e à minha instituição de ensino pelo apoio acadêmico e estrutural ao desenvolvimento desta pesquisa. Partes deste artigo contaram com o apoio de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa, especificamente a tecnologia ChatGPT, utilizada embutida no editor de texto utilizado, para avaliações gramaticais e de coerência. Também utilizou-se a ferramenta para apoiar a compreensão de conceitos.

## Referências

- Andrienko, N., Andrienko, G., Voss, H., Bernardo, F., Hipolito, J., e Kretchmer, U. (2002). Testing the usability of interactive maps in commongis. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(4):325–342.
- Barbosa, S. D., Silva, B. S. d., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., e Barbosa, G. D. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Autopublicação.
- Berendsen, M. E., Hodza, P., e Hamerlinck, J. D. (2023). Researching student interaction with gis software while learning spatial concepts: toward a standard measure of gis interaction. *Journal of Geography*, 122(4):81–92.
- Bollini, L., De Palma, R., Nota, R., e Pietra, R. (2014). User experience & usability for mobile geo-referenced apps. a case study applied to cultural heritage field. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2014: 14th International Conference, Guimarães, Portugal, June 30–July 3, 2014, Proceedings, Part II 14*, pages 652–662. Springer.
- Coleti, T., Divino, S., Salgado, A., Zacarias, R., Saraiva, J., Gonçalves, D., Morandini, M., e Santos, R. (2024). Grandihc-br 2025-2035 - gc5 - human-data interaction, data literacy and usable privacy. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, pages 1003–1026, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

- da Silva Junior, D., Alves, D., Carneiro, N., Matos, E., Baranauskas, M., e Mendoza, Y. (2024). Grandihc-br 2025-2035 - gc1: New theoretical and methodological approaches in hci. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, pages 939–968, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- de Souza, C. S. (2005). Semiotic engineering: bringing designers and users together at interaction time. *Interacting with Computers*, 17(3):317–341.
- de Souza, C. S., Prates, R. O., e Barbosa, S. D. (1999). A method for evaluating software communicability. *Monografias em Ciência da Computação. Departamento de Informática. PUC-RioInf*, 1200(1):11–99.
- Griffin, A. L. (2020). Trustworthy maps. *Journal of Spatial Information Science*, 2020(20):5–19.
- Haklay, M. e Zafiri, A. (2008). Usability engineering for gis: learning from a screenshot. *The Cartographic Journal*, 45(2):87–97.
- Hassenzahl, M. (2010). *Experience design: Technology for all the right reasons*, volume 8. Morgan & Claypool Publishers.
- International Organization for Standardization (2018). Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts (Norma ISO 9241-11:2018). <https://www.iso.org/standard/63500.html>.
- Jo, I. e Hong, J. E. (2020). Effect of learning gis on spatial concept understanding. *Journal of Geography*, 119(3):87–97.
- Lee, J. e Bednarz, R. (2012). Components of spatial thinking: Evidence from a spatial thinking ability test. *Journal of geography*, 111(1):15–26.
- Lewis, C. e Wharton, C. (1997). Cognitive walkthroughs. In *Handbook of human-computer interaction*, pages 717–732. Elsevier.
- Logan, J. R. (2012). Making a place for space: Spatial thinking in social science. *Annual review of sociology*, 38.
- Manduca, C. A. e Mogk, D. W. (2006). *Earth and Mind: How Geologists Think and Learn about the Earth*. Geological Society of America.
- Marquez, J. O., Meirelles, P., e da Silva, T. S. (2021). Towards usability heuristics for interactive web maps. In *Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '21*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Melo, A. M. e Baranauskas, M. C. C. (2006). Design para a inclusão: desafios e proposta. In *Proceedings of VII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '06*, page 11–20, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Montello, D. R. (1993). Scale and multiple psychologies of space. *Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS*, pages 312–321.
- National Research Council (2006). *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum*. National Academies Press, Washington, D.C.

- Neto, A. S., Melo, P., Barbosa, E., e Mota, M. (2023). Usability considerations in social mobile maps to encourage social change. In *Anais do XXII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Newcombe, N. S. e Shipley, T. F. (2015). Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments. *The Psychology of Learning and Motivation*, 62:179–214.
- Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. In Nielsen, J. e Mack, R. L., editors, *Usability Inspection Methods*, pages 25–62. John Wiley Sons, New York.
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books, New York, NY.
- Prado, A. B., Baranauskas, M. C. C., e Medeiros, C. M. B. (2000). Cartography and geographic information systems as semiotic systems: a comparative analysis. In *Proceedings of the 8th ACM international symposium on Advances in Geographic Information Systems*, pages 161–166.
- Prates, R. O. e Barbosa, S. D. J. (2003). Avaliação de interfaces de usuário—conceitos e métodos. In *Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Capítulo*, volume 6, page 28. sn.
- Prates, R. O., de Souza, C. S., e Barbosa, S. D. J. (2000). A method for evaluating the communicability of user interfaces. *Interactions*, 7(1):31–38.
- Preece, J., Rogers, Y., e Sharp, H. (2015). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley Sons, Chichester, West Sussex, UK, 4 edition.
- Rottmann, S., Loitsch, C., e Weber, G. (2022). Accessible mobile map application and interaction for people with visual or mobility impairments. In *Proceedings of Mensch Und Computer 2022, MuC '22*, page 119–127, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Rubin, J. e Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests*. John Wiley & Sons.
- W3C. Web content accessibility guidelines (wcag) 2.1. Acessado em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> em 04/05/2025.
- Yu, J. E. e Chattopadhyay, D. (2020). “maps are hard for me”: identifying how older adults struggle with mobile maps. In *Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 1–8.