

UM ESTUDO CIENTOMÉTRICO DA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE EM APLICAÇÕES WEBGIS

Marciano da Costa Lima
Luciene Stamato Delazari

RESUMO

Este estudo realiza uma análise cientométrica da produção científica relacionada à avaliação de usabilidade em plataformas WebGIS, com base em publicações indexadas na Web of Science entre 2013 e 2024. O objetivo principal foi mapear as principais frentes de pesquisa, identificar tendências temporais, examinar colaborações científicas e evidenciar lacunas metodológicas. Após um rigoroso processo de filtragem, 134 artigos foram analisados com o suporte do software VOSviewer, possibilitando a visualização de redes de coocorrência de palavras-chave, coautoria e co-citação. A análise de palavras-chave revelou três grandes áreas temáticas: (i) usabilidade e experiência do usuário, (ii) estruturação e interface de plataformas WebGIS, e (iii) participação pública e planejamento urbano. Já a análise de co-citação evidenciou dois agrupamentos teóricos principais, centrados em fundamentos de usabilidade e em abordagens participativas (PPGIS). Os resultados indicam que a pesquisa em WebGIS tem avançado no sentido da inclusão e da acessibilidade, mas ainda enfrenta desafios relacionados à ausência de padronização terminológica, fragmentação das redes de colaboração e escassez de estudos longitudinais. Este trabalho contribui para a sistematização do conhecimento na área, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de avaliações mais integradas e metodologicamente robustas.

Palavras-chave: Cientometria. Usabilidade. WebGIS.

A SCIENTOMETRIC STUDY OF USABILITY EVALUATION IN WEBGIS APPLICATIONS

ABSTRACT

This study presents a scientometric analysis of the scientific production related to usability evaluation in WebGIS platforms, based on publications indexed in the Web of Science between 2013 and 2024. The main objective was to map key research fronts, identify temporal trends, examine scientific collaborations, and highlight methodological gaps. After a rigorous filtering process, 134 articles were analyzed using the VOSviewer software, which enabled the visualization of co-occurrence networks of keywords, co-authorship, and co-citation. The keyword analysis revealed three major thematic areas: (i) usability and user experience, (ii) structuring and interface design of WebGIS platforms, and (iii) public participation and urban planning. The co-citation analysis, in turn, revealed two primary theoretical clusters, focusing on usability fundamentals and participatory approaches (PPGIS). The findings indicate that WebGIS research has increasingly moved toward inclusion and accessibility, yet still faces challenges such as terminological inconsistency, fragmented collaboration networks, and a lack of longitudinal usability studies. This work contributes to the systematization of knowledge in the field and offers insights for the development of more integrated and methodologically robust usability evaluations.

Keywords: Scientometrics. Usability. WebGIS.

Recebido em 27 de junho de 2025. Aprovado em 22 de julho de 2025

INTRODUÇÃO

A usabilidade é um aspecto central da qualidade de sistemas interativos, impactando diretamente sua eficácia, eficiência e satisfação do usuário (NIELSEN, 1993; ISO 9241-11, 2018). Em plataformas digitais, a avaliação de usabilidade permite identificar barreiras e oportunidades para aprimoramento da experiência do usuário, subsidiando decisões de design baseadas em evidências. No contexto das aplicações baseadas na web, a usabilidade ganha ainda mais relevância, pois a acessibilidade, a navegação intuitiva e a performance influenciam diretamente a adoção e o sucesso dessas ferramentas (GUHA & AL-DABBAS, 2010; ABDULWAHAB, 2018; SOMMERVILLE, 2019).

O ambiente web tem sido um catalisador para o desenvolvimento de aplicações inovadoras, incluindo aquelas que integram recursos de geoinformação (GI). Tais aplicações, geralmente designadas como WebGIS, abrangem geoportais, Web Maps e aplicações de GI baseadas na web. No entanto, todas compartilham o uso de representações geoespaciais interativas para a análise e visualização de dados espaciais. Neste estudo, para fins de padronização terminológica, adotamos a denominação WebGIS para referenciar esse conjunto de plataformas.

O avanço tecnológico das plataformas WebGIS tem transformado a forma como os dados espaciais são acessados, analisados e compartilhados. Essas plataformas são amplamente utilizadas em domínios como planejamento urbano, monitoramento ambiental, resposta a desastres e saúde pública. A evolução dos WebGIS tem sido impulsionada pela necessidade de integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem. Essas tecnologias permitem a coleta e processamento de dados geoespaciais em tempo real, melhorando significativamente a eficiência na tomada de decisões espaciais (VINUEZA-MARTINEZ et al., 2024). A integração de IA, por exemplo, tem sido crucial para a previsão e gestão de desastres naturais, como incêndios florestais, fornecendo ferramentas mais precisas e eficientes para análises em tempo real. No entanto, à medida que a complexidade dessas plataformas cresce, a necessidade de avaliações de usabilidade sistemáticas se torna cada vez mais evidente para garantir acessibilidade, eficiência e experiência otimizada para os usuários.

Conforme Henzen (2018) aponta, a falta de generalização das soluções encontradas para problemas de usabilidade implica em seu uso ineficiente ou defeituoso em outras aplicações. Somado isso à cada vez maior diversidade de usuários, com suas diversas necessidades e características, observa-se cada vez mais aplicações sofrendo com resultados de baixa usabilidade, especialmente em aplicações GI web (HENZEN, 2018; ABRAHAM, 2021).

Apesar do crescente corpo de literatura sobre WebGIS e usabilidade, há uma lacuna na realização de análises cientométricas que permitam mapear tendências, identificar os principais focos de pesquisa e apontar desafios ainda não explorados, conforme apontam Vinueza-Martinez et al. (2024). A avaliação da produção científica por meio de abordagens cientométricas pode fornecer uma visão panorâmica da evolução da área, permitindo reconhecer padrões emergentes e orientar pesquisas futuras.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo conduzir uma análise cientométrica sobre a avaliação de usabilidade em plataformas WebGIS, considerando publicações indexadas na Web of Science entre 2013 e 2024. Especificamente, buscamos:

- a) Identificar tendências temporais na produção acadêmica sobre usabilidade em WebGIS;
- b) Mapear as principais frentes de pesquisa, incluindo tópicos recorrentes, disciplinas associadas e veículos de publicação mais influentes;
- c) Analisar redes de coautoria e colaborações institucionais para compreender a estrutura da comunidade científica na área;

- d) Fornecer insights sobre lacunas existentes e oportunidades para avanços metodológicos e temáticos futuros.

Para alcançar esses objetivos, empregaremos técnicas de análise cientiométrica com suporte da ferramenta VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010), que permitirá a visualização de redes de co-ocorrências de palavras-chave, co-citações e relações de colaboração entre autores e instituições. Diante disso, pergunta-se: como a avaliação de usabilidade em WebGIS tem evoluído nos últimos anos, e quais são suas lacunas e tendências predominantes? Os resultados deste estudo fornecerão uma visão abrangente sobre o estado da arte na avaliação de usabilidade em WebGIS, contribuindo para a formulação de diretrizes e estratégias mais eficazes no desenvolvimento dessas plataformas

METODOLOGIA

Este estudo emprega uma abordagem cientiométrica para analisar a literatura sobre avaliação de usabilidade em plataformas WebGIS. A metodologia é dividida em três fases principais: (1) coleta e filtragem de dados, (2) análise cientiométrica usando VOSviewer e (3) interpretação dos resultados. Cada fase é descrita em detalhes abaixo.

Coleta e Filtragem de Dados

Os dados para este estudo foram coletados do acervo da Web of Science (WoS), um dos bancos de dados mais abrangentes e amplamente utilizados para análise cientiométrica. A escolha da WoS foi motivada por sua ampla cobertura de publicações científicas em ciências geoespaciais e usabilidade, além da integração eficiente com ferramentas de análise bibliométrica, como o VOSviewer. A estratégia de busca foi projetada para capturar todas as publicações relevantes sobre avaliação de usabilidade em plataformas WebGIS. A seguinte consulta de busca avançada foi utilizada:

TS=("Geo*" OR "*GIS") AND TS=("usability") AND TS=("*web*") AND PY=(2013-2024) AND LA=("English")

TS: Refere-se à pesquisa de tópicos, que inclui títulos, resumos e palavras-chave.

"Geo*" OR "*GIS": Captura termos relacionados a dados geoespaciais e sistemas de informações geográficas (GIS).

"usability": Foca na avaliação de usabilidade.

"*web*": Garante que os resultados estejam relacionados a plataformas baseadas na web.

PY=(2013-2024): Recorte temporal que limita a pesquisa a publicações de 2013 a 2024.

LA=("English"): Restringe os resultados a publicações em inglês.

A pesquisa inicial retornou 353 publicações. Para garantir a relevância dos artigos para o escopo da pesquisa, um processo de filtragem foi aplicado (Zupic & Čater, 2015), com a leitura do título, palavra-chave e resumos das publicações encontradas. Artigos que não apresentavam explicitamente a realização de avaliação de usabilidade, estruturas ou estudos de caso no contexto do WebGIS foram excluídos. Após esse processo de filtragem, 134 artigos foram selecionados para análise. Esses artigos formaram o conjunto de dados central para este estudo cientiométrico.

Análise Cienciométrica com VOSviewer

A análise cienciométrica foi conduzida utilizando o software VOSviewer, amplamente utilizado para a visualização e mapeamento de redes científicas (Van Eck & Waltman, 2010). Os seguintes métodos foram aplicados:

Análise de co-ocorrência de palavras-chave:

- a) Identificação das principais temáticas associadas à avaliação de usabilidade em WebGIS;
- b) Clusterização dos tópicos emergentes.

Análise de co-citações:

- a) Identificação das obras mais citadas e sua relevância no campo.
- b) Estruturação das principais referências teóricas que sustentam os estudos de usabilidade em WebGIS.

Análise de co-autoria:

- a) Mapeamento das redes de colaboração entre pesquisadores;
- b) Identificação dos autores mais influentes na área.

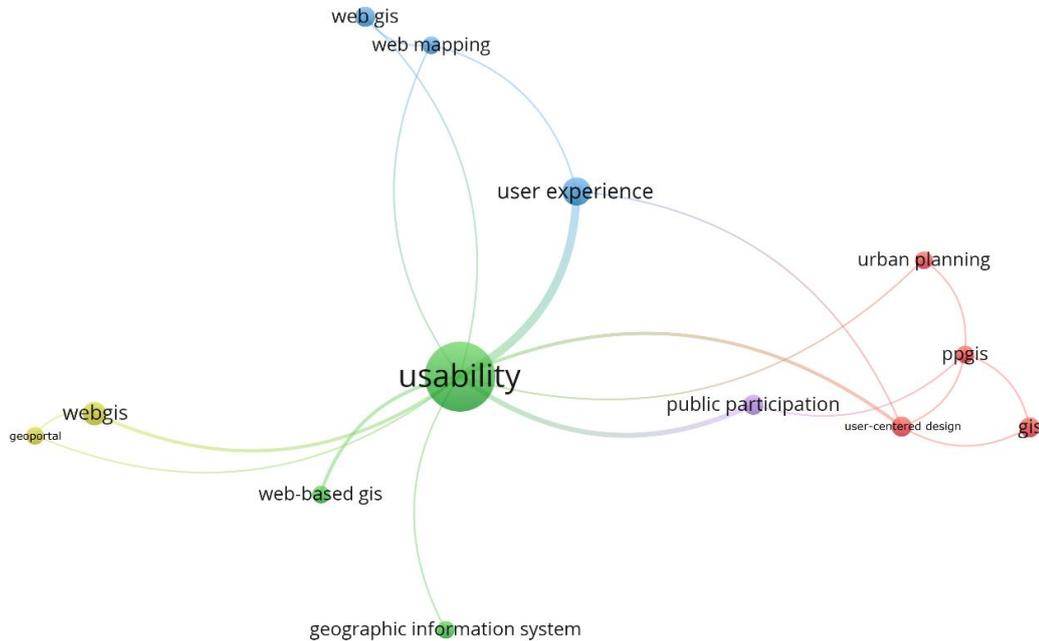
Os dados foram processados no VOSviewer 1.6.20, utilizando os parâmetros padrão para análise de redes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Co-Ocorrência de Palavras-Chave

Em posse do resultado da filtragem dos dados resultantes da pesquisa realizada no acervo WoS, foram realizados os estudos dos dados utilizando o software VosViewer. A análise cienciométrica das palavras-chave dos autores revelou padrões na pesquisa sobre avaliação de usabilidade em plataformas WebGIS. A Figura 1 apresenta a rede de coocorrência dessas palavras-chave, destacando os clusters temáticos emergentes. Foi definido o número mínimo de 5 ocorrências para que a palavra-chave fosse exibida nesta figura.

Figura 1 – Rede de cluster com os resultados de co-ocorrência de palavras-chave do recorte de pesquisa com dados do WoS, criado no software VosViewer.



Fonte: Os Autores (2025).

Como mostrado na Figura 1, a palavra-chave ‘usability’ apresenta elevada centralidade e co-ocorrência com ‘user experience’, destacando o foco em abordagens centradas no usuário. Analisando a rede de clusters, observa-se que a usabilidade emergiu como um tema central nos estudos sobre WebGIS, com forte relação com conceitos de experiência do usuário (UX) e design centrado no usuário (UCD, User-Centered Design). Esse resultado corrobora estudos anteriores que destacam a importância da usabilidade na adoção e eficácia de sistemas geoespaciais interativos (Haklay, 2010; MacEachren et al., 2005). Esta análise de co-ocorrência das palavras chaves permitiu a identificação de cinco clusters principais, representando subáreas de pesquisa em usabilidade e WebGIS (Figura 1).

A análise da Figura 1 revela a presença de variações terminológicas significativas entre as palavras-chave utilizadas pelos autores, como “webgis” e “web gis”, “gis” e “geographic information system”, bem como expressões próximas como “web-based gis”. Essas recorrências indicam uma falta de padronização nos termos empregados pela comunidade científica ao se referir às plataformas geoespaciais baseadas na web. Tal inconsistência pode dificultar a recuperação eficiente de informações em bases bibliográficas e comprometer a consolidação conceitual da área.

Considerando os agrupamentos gerados pela análise de co-ocorrência de palavras-chave, é possível sintetizar os clusters identificados em três macrotemas inter-relacionados:

Cluster 1 – Avaliação da Usabilidade e Experiência do Usuário: Agrupa termos como “usability”, “user experience” e “user-centered design”, evidenciando uma forte ênfase nas abordagens centradas no usuário e na avaliação da qualidade de interação com sistemas WebGIS.

Cluster 2 – Estrutura e Interface das Plataformas WebGIS: Neste grupo destacam-se

palavras-chave como “webgis”, “web mapping”, “geoportal” e “web-based gis”, refletindo um foco nos aspectos técnicos e estruturais das aplicações geoespaciais na web, bem como nas suas interfaces cartográficas.

Cluster 3 – Participação Pública e Planejamento Urbano: Este cluster agrega termos como “public participation”, “PPGIS” e “urban planning”, indicando o uso das plataformas WebGIS como instrumentos de engajamento cívico, planejamento territorial e inclusão social na gestão urbana.

Esses achados reiteram a importância das aplicações WebGIS como ferramentas que transcendem o domínio técnico-cartográfico, promovendo a democratização do acesso à informação geoespacial e contribuindo para práticas mais participativas de governança. No entanto, destaca-se que, apesar da forte presença de estudos voltados à participação pública (Cluster 3), ainda há uma carência de investigações longitudinais sobre a usabilidade dessas plataformas ao longo do tempo de uso. Aspectos como a curva de aprendizado de usuários leigos, a adaptação de interfaces e a evolução da experiência do usuário permanecem subexplorados, representando lacunas importantes para pesquisas futuras. Os resultados tabulares deste estudo de co-ocorrência de palavras chaves apresentados pelo VosViewer também puderam ser analisados. O termo "usability" apresentou o maior número de ocorrências (32), o que pode demonstrar que o estudo da usabilidade fez parte da preocupação das pesquisas em plataformas WebGIS. Esse conceito está fortemente ligado (termo ‘total link strength’ obtido dos dados tabulares) a "user experience" (8 ocorrências, total link strength = 7) e "user-centered design" (5 ocorrências, total link strength = 5), indicando que abordagens metodológicas voltadas ao usuário ganharam espaço neste corte de pesquisa. O alto impacto do termo "user-centered design" também é evidenciado pela alta média de citações dos artigos que possuem esta palavra chave (62 citações), reforçando sua relevância neste contexto.

A interseção entre WebGIS e usabilidade também se manifesta por meio de termos como "web mapping" e "geoportal", que aparecem em clusters distintos, sugerindo abordagens complementares no desenvolvimento de aplicações geoespaciais baseadas na web.

Análise de Co-Citação

A análise de co-citação, realizada com o suporte do software VOSviewer, permitiu identificar os trabalhos mais referenciados em comum entre os artigos analisados, conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Trabalhos citados na análise de co-citação

Referência	Citações	Total Link Strength	Título
Bangor, A. (2009)	8	8	Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale.
Brooke, J. (1996)	8	16	SUS-A quick and dirty usability scale.
Brown, G. (2014)	8	30	Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research.
Bugs, G. (2010)	9	27	An assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil.
Goodchild, M. F. (2007)	7	15	Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography.
Haklay, M. M. (2003)	16	45	Usability evaluation and PPGIS: towards a user-centred design approach.

Referência	Citações	Total Link Strength	Título
Kingston, R. (2000)	9	23	Web-based public participation geographical information systems: an aid to local environmental decision-making.
Nielsen, J. (1993)	10	12	Usability inspection methods.
Nivala, A. M. (2008)	18	41	Usability Evaluation of Web Mapping Sites.
Roth, R. E. (2013)	7	13	Interactive maps: What we know and what we need to know.
Sieber, R. (2006)	10	32	Public Participation Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework.
Çöltekin, A. (2009)	10	18	Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis.

Elaboração: Os autores (2025).

A partir da estrutura de co-citação, emergem dois grandes agrupamentos que revelam abordagens teórico-metodológicas distintas no campo da usabilidade em WebGIS:

Cluster 1 - Fundamentos da Avaliação de Usabilidade:

Esse grupo reúne os estudos que constituem a base conceitual e metodológica para avaliação de usabilidade em sistemas interativos. Entre os principais destaques estão:

- Nielsen (1993): Introduz os métodos de inspeção de usabilidade, que se tornaram pilares na avaliação de interfaces digitais, incluindo os WebGIS;
- Brooke (1996): Desenvolvedor da escala SUS (System Usability Scale), amplamente utilizada para medições quantitativas de usabilidade;
- Bangor et al. (2009): Valida e expande a aplicação do SUS, propondo sua integração com escalas adjetivais;
- Çöltekin et al. (2009): Integra métricas de usabilidade com análise de movimento ocular (eye-tracking), fornecendo uma abordagem sofisticada para avaliação de mapas interativos;
- Nivala et al. (2008): Trabalho com maior número de citações neste grupo, analisa os desafios da usabilidade em sites de mapeamento na web;
- Bugs et al. (2010): Foca em aspectos de interação em ambientes urbanos reais, explorando questões como tempo de resposta e clareza na representação cartográfica;
- Kingston et al. (2000): Aponta o potencial das ferramentas PPGIS na tomada de decisão ambiental, introduzindo questões de design orientado ao usuário.

Este cluster revela uma predominância de metodologias quantitativas, sobretudo por meio de escalas padronizadas como o SUS, mas também aponta lacunas na avaliação de aspectos específicos das interações espaciais, como manipulação de camadas geográficas, variações temporais e responsividade cartográfica.

Cluster 2 - Participação Pública, Inclusão e Governança:

O segundo grupo concentra estudos que articulam a usabilidade dos WebGIS com a participação cidadã e a justiça espacial. Os principais trabalhos incluem:

- Haklay (2003): O mais citado do cluster, discute usabilidade em contextos

colaborativos (PPGIS), propondo abordagens centradas no usuário para dados voluntários;

- Sieber (2006): Propõe um framework para PPGIS, enfatizando os desafios de acessibilidade e equidade informacional;
- Brown (2014): Reforça a necessidade de sistemas participativos intuitivos, especialmente em contextos de planejamento territorial;
- Goodchild (2007): Introduz o conceito de Volunteered Geographic Information (VGI), ressaltando a importância do engajamento do usuário na geração de dados;
- Roth (2013): Destaca lacunas metodológicas na avaliação de mapas interativos, propondo métricas centradas na experiência do usuário.

Este cluster revela uma preocupação crescente com a inclusão de públicos não especializados no uso de plataformas WebGIS, o que implica em desafios adicionais para o design de interfaces acessíveis, responsivas e culturalmente sensíveis. A usabilidade, nesse contexto, é percebida não apenas como uma métrica técnica, mas como um vetor de participação democrática.

Embora a análise de co-ocorrência de palavras-chave tenha identificado três grandes grupos temáticos, incluindo um focado em estrutura e design técnico das plataformas WebGIS, a análise de co-citação evidenciou apenas dois clusters consolidados. Isso pode ocorrer porque os estudos centrados na arquitetura técnica ou no design de interface das plataformas ainda não compartilham um conjunto robusto de referências teóricas comuns. Como consequência, tais temas não formam um cluster coeso na rede de co-citações, o que evidencia a necessidade de maior consolidação bibliográfica e articulação conceitual nessa subárea.

Análise de Citação de Trabalhos

Para análise dos trabalhos mais citados dos dados deste recorte, utilizou-se os dados exportados no Quadro 2, onde este apresenta os documentos mais citados até a data de recorte de 31 de janeiro de 2025.

Quadro 2 – Resultado dos trabalhos mais citados

Autor	Ano	Citações	Citações Normalizadas	Cluster	Título
Gottwald et al.(2016)	2016	51	1.8100	1	Exploring the usability of PPGIS among older adults: challenges and opportunities
Rzeszewski et al.(2019)	2019	35	3.4211	1	Usability and usefulness of internet mapping platforms in participatory spatial planning
Roth et al.(2015)	2015	66	4.6772	2	User-centered design for interactive maps: a case study in crime analysis
Janicki et al.(2016)	2016	238	8.4468	2	Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client-server web-mapping
Resch et al.(2014)	2014	36	3.1858	4	Web-based 4D visualization of marine geo-data using WebGL
Yang et al.(2018)	2018	40	5.7143	5	CrimeTelescope: Crime hotspot prediction based on urban and social media data fusion
Babelon et al.(2017)	2017	30	3.8028	1	Toward cyborg PPGIS: Exploring socio-technical requirements for the use of web-based PPGIS

Autor	Ano	Citações	Citações Normalizadas	Cluster	Título
Lv et al.(2016)	2016	70	2.4843	6	Virtual reality smart city based on WebVRGIS
Fan et al.(2021)	2021	23	3.7882	7	An interactive platform for low-cost 3D building modeling from VGI data using CNN
Han et al.(2014)	2014	33	2.9204	8	A geospatial web service approach for creating on-demand cropland data layer thematic maps
Taylor et al.(2016)	2016	59	2.0939	9	Customizable 3D printed tactile maps as interactive overlays
Sermet et al.(2020)	2020	32	4.2000	10	A serious gaming framework for decision support on hydrological hazards

Elaboração: Os autores (2025).

A análise destaca Janicki et al. (2016) como o trabalho mais citado, com 238 citações e a maior pontuação de citação normalizada (8.4468), o que evidencia sua ampla influência e relevância transversal. Esse estudo aborda o mapeamento interativo de grandes volumes de dados de biodiversidade, utilizando arquitetura cliente-servidor, o que reforça a importância da escalabilidade e da responsividade em WebGIS avançados.

Outro trabalho de destaque é o de Roth et al. (2015), que introduz uma abordagem de design centrado no usuário aplicada à análise criminal com mapas interativos. Sua alta citação normalizada (4.6772) confirma o crescente interesse por estudos que aliam usabilidade, interatividade e relevância prática em contextos sensíveis.

Estudos como os de Rzeszewski et al. (2019) e Gottwald et al. (2016) indicam uma crescente atenção à adaptação dos WebGIS a públicos específicos, como idosos e usuários não especializados, ressaltando o papel social dessas plataformas. Já o trabalho de Babelon et al. (2017), ao explorar os requisitos sociotécnicos do uso de PPGIS em contextos municipais, amplia o debate sobre acessibilidade e interoperabilidade em ambientes institucionais.

Além disso, observa-se a emergência de novas abordagens tecnológicas, com destaque para:

- Yang et al. (2018) e Fan et al. (2021), que integram inteligência artificial e dados de redes sociais ou dados colaborativos (VGI);
- Lv et al. (2016), que apresenta uma aplicação de realidade virtual para cidades inteligentes com base em WebVRGIS;
- Sermet et al. (2020), que propõe o uso de jogos sérios (*serious games*) como suporte à tomada de decisão em contextos de riscos hidrológicos.

Os dados mostram que há um deslocamento progressivo da literatura tradicional, centrada na simples interface, para abordagens multidimensionais e integradas, que incorporam tecnologias emergentes, visualizações imersivas e engajamento participativo.

Por fim, vale destacar que os artigos com maior número de citações absolutas não necessariamente são os mais recentes, o que reforça o peso teórico duradouro de certas contribuições. No entanto, o surgimento de estudos com alta citação normalizada em anos recentes (como 2019–2021) sinaliza uma renovação do campo, com potencial para redefinir as direções futuras da pesquisa em usabilidade aplicada a WebGIS.

Análise de Co-Autoria

A análise de co-autoria permitiu identificar os pesquisadores mais produtivos e influentes no recorte analisado, bem como mapear as principais redes de colaboração científica no campo da usabilidade aplicada a WebGIS. O Quadro 3 apresenta os autores com maior número de documentos, citações totais e força de ligação com outros pesquisadores da rede.

Quadro 3 – Resultado dos dados dos co-autores com maiores números de ocorrência

Autor	Cluster	Documentos	Citações	Citações Normalizadas	Ano Médio de Publicação	Força Total dos Links
Bogdanovic, Milos	1	2	10	7.087	2015	4
Fan, Hongchao	2	2	36	6.5915	2021	4
Gottwald, Sarah	5	2	64	3.4350	2018	0
Hennig, Sabine	6	2	11	6.605	2019	0
Kong, Geifei	2	2	36	6.5915	2021	4
Kong, Ningning	3	2	28	2.0900	2014.5	4
Kray, Christian	4	2	22	2.3582	2020.5	2
Popelka, Stanislav	7	2	17	2.9085	2020.5	0
Resch, Bernd	8	2	57	6.2404	2013.5	0
Roth, Robert E.	9	2	68	5.2883	2018.5	0
Rzeszewski, Michal	10	2	45	5.2520	2020	0
Stanimirovic, Aleksandar	1	2	10	7.087	2015	4
Stoimenov, Leonid	1	2	10	7.087	2015	4
Stonebraker, Ilana	3	2	28	2.0900	2014.5	4
Unrau, Rene	4	2	22	2.3582	2020.5	2
Zhang, Chaoquan	2	2	36	6.5915	2021	4

Autor	Cluster	Documentos	Citações	Citações Normalizadas	Ano Médio de Publicação	Força Total dos Links
Zhang, Tao	3	2	28	2.0900	2014.5	4

Elaboração: Os autores (2025).

Dentre os autores mais proeminentes destaca-se Robert E. Roth, com 68 citações acumuladas e alta citação normalizada, o que evidencia sua relevância teórica no campo da cartografia interativa e usabilidade geoespacial. Embora sua força total de ligação (*link strength*) seja igual a zero, indicando menor colaboração direta com outros autores da amostra, produção apresenta forte impacto acadêmico, com número expressivo de citações. Esse fenômeno é observado com frequência em redes de coautoria de áreas interdisciplinares, nas quais pesquisadores altamente produtivos podem atuar de forma mais independente ou estar inseridos em redes periféricas, ainda que influentes (YAN & DING, 2009).

Bernd Resch apresenta perfil semelhante, com expressiva influência (57 citações) e produção consolidada desde 2013. Sua trajetória demonstra relevância duradoura, sobretudo em estudos relacionados a visualização geoespacial e representação 4D.

Por outro lado, Fan, Hongchao, Kong, Gefei e Zhang, Chaoquan se destacam tanto pelo número de citações como pela elevada força de ligação (4), revelando uma rede colaborativa coesa e produtiva. Com ano médio de publicação recente (2021), esses autores configuram uma rede emergente de pesquisadores altamente produtivos, voltados à aplicação de inteligência artificial e modelagem 3D com dados VGI (informação geográfica voluntária).

Outras duplas colaborativas notáveis incluem:

- Bogdanovic, Stoimenov e Stanimirovic, cuja rede de colaboração indica consistência produtiva e atuação conjunta desde 2015;
- Zhang, Tao e Kong, Ningning, com publicações voltadas à visualização interativa de dados espaciais;
- Unrau e Kray, atuando em temas ligados a usabilidade em interfaces acessíveis.

Cabe observar que diversos autores com forte impacto de citações, como Gottwald, Popelka, Rzeszewski e Hennig, também apresentam força de ligação igual a zero, o que sugere contribuições relevantes realizadas de forma individual ou em redes externas ao corpus principal. Isso indica que o campo da usabilidade em WebGIS ainda possui núcleos de colaboração fragmentados, e que há potencial para maior integração entre grupos de pesquisa que atualmente operam de forma isolada.

A análise evidencia que, apesar da existência de grupos colaborativos consolidados, a área ainda carece de redes amplas e integradas de cooperação científica. Incentivar colaborações entre pesquisadores de diferentes continentes e subáreas pode enriquecer as abordagens metodológicas, promover a padronização de métricas e ampliar a generalização dos resultados empíricos. Essa perspectiva é particularmente estratégica para um campo multidisciplinar como o WebGIS, que demanda interações entre especialistas em usabilidade, cartografia, ciência de dados e políticas públicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise cientométrica da produção científica voltada à avaliação de usabilidade em aplicações WebGIS, com base em publicações indexadas na Web of Science e na aplicação de técnicas de mapeamento bibliométrico por meio do software

VOSviewer. A abordagem adotada possibilitou identificar tendências temáticas, redes de colaboração, principais referências teóricas e lacunas ainda existentes no campo, oferecendo subsídios relevantes para pesquisadores que atuam ou pretendem atuar nessa área de interseção entre usabilidade e geotecnologias.

Os resultados demonstram que a pesquisa sobre usabilidade em WebGIS se encontra em expansão, com núcleos consolidados que articulam conceitos como design centrado no usuário, experiência do usuário (UX) e métodos quantitativos de avaliação, como por exemplo a escala SUS. A centralidade desses temas indica que futuras investigações devem continuar priorizando abordagens que considerem a perspectiva do usuário, especialmente no que diz respeito à interatividade, navegabilidade e eficiência das interfaces geoespaciais.

Outro achado relevante refere-se à presença expressiva de termos associados à participação pública (PPGIS), o que evidencia um esforço crescente em tornar os sistemas WebGIS acessíveis a usuários não especialistas. Essa tendência reforça a necessidade de práticas de design inclusivo, baseadas em diretrizes como a ISO 9241-11 (2018), especialmente em contextos de tomada de decisão urbana, justiça ambiental e gestão participativa do território.

Conforme apontado por Unrau e Kray (2018), persiste uma lacuna quanto à realização de estudos longitudinais que acompanhem a evolução do uso de WebGIS ao longo do tempo. Questões como a curva de aprendizado de usuários novatos, a adaptação das interfaces às necessidades de especialistas e a recuperação de erros ainda carecem de abordagens sistematizadas, o que limita o aprimoramento contínuo dessas plataformas.

Observamos a falta de padronização na terminologia utilizada para descrever as aplicações WebGIS. A coexistência de termos como “Web GIS”, “WebGIS” e “web-based GIS” em diferentes clusters da análise semântica evidencia um problema terminológico que pode dificultar a replicabilidade de estudos e comprometer a recuperação eficiente de literatura relevante. A construção de um vocabulário controlado e a adoção de padrões terminológicos comuns representam um passo necessário para o fortalecimento epistemológico da área.

A análise de coautoria também revelou importantes dinâmicas de colaboração e impacto. Autores como Robert E. Roth, Bernd Resch e Sarah Gottwald figuram como referências consolidadas, com elevada influência na área. Por outro lado, pesquisadores como Hongchao Fan e Gefei Kong demonstram forte produção recente e integração em redes colaborativas ativas, sinalizando novas frentes temáticas e tecnológicas, como modelagem 3D, inteligência artificial e dados geográficos voluntários (VGI).

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que futuras pesquisas combinem abordagens quantitativas e qualitativas, com especial atenção a avaliações longitudinais, testes com usuários diversos em termos de cognição, cultura e domínio tecnológico, e aplicação de métricas adaptativas de usabilidade. Espera-se que as lacunas aqui identificadas sirvam como guia estratégico para o avanço do conhecimento científico e o aprimoramento das práticas de avaliação em WebGIS.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, S. A. Usability problems in GI Web applications: A lesson from literature. *AGILE: GIScience Series*, v. 2, p. 1-7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-17-2021>.

ALABDULWAHHAB, F. A. Web 3.0: The decentralized web blockchain networks and protocol innovation. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER APPLICATIONS & INFORMATION SECURITY (ICCAIS)**, 1., 2018. Anais [...]. [S.l.]: IEEE, 2018. p. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/CAIS.2018.8441990>.

BABELON, I.; STÅHLE, A.; BALFORS, B. Toward Cyborg PPGIS: exploring socio-technical requirements for the use of web-based PPGIS in two municipal planning cases, Stockholm region,

Sweden. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 60, n. 8, p. 1366-1390, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1221798>.

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.

BROOKE, J. et al. SUS - A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, v. 189, n. 194, p. 4-7, 1996.

BROWN, G.; KYTTÄ, M. Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. *Applied Geography*, v. 46, p. 122-136, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.11.004>.

BUGS, G. et al. An assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil. *Cities*, v. 27, n. 3, p. 172-181, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.11.008>.

ÖLTEKIN, A. et al. Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: a case study integrating usability metrics with eye-movement analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 36, n. 1, p. 5-17, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1559/152304009787340197>.

FAN, H.; KONG, G.; ZHANG, C. An Interactive platform for low-cost 3D building modeling from VGI data using convolutional neural network. *Big Earth Data*, v. 5, n. 1, p. 49-65, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/20964471.2021.1886391>.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, v. 69, p. 211-221, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>.

GOTTWALD, S.; LAATIKAINEN, T. E.; KYTTÄ, M. Exploring the usability of PPGIS among older adults: Challenges and opportunities. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 30, n. 12, p. 2321-2338, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1170837>.

GUHA, R.; AL-DABASS, D. Impact of Web 2.0 and cloud computing platform on software engineering. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRONIC SYSTEM DESIGN**, 2010. Anais [...]. [S.l.]: IEEE, 2010. p. 213-218. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISED.2010.48>.

HAKLAY, M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 37, n. 4, p. 682-703, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1068/b35097>.

HAKLAY, M.; TOBÓN, C. Usability evaluation and PPGIS: towards a user-centred design approach. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 17, n. 6, p. 577-592, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/1365881031000114107>.

HAN, W. et al. A geospatial web service approach for creating on-demand cropland data layer thematic maps. *Transactions of the ASABE*, v. 57, n. 1, p. 239-247, 2014. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.57.10020>.

HENZEN, C. Building a framework of usability patterns for web applications in spatial data infrastructures. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi7110446>.

ISO/IEC. ISO 9241-11: **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals**. Geneva: ISO, 1998.

JANICKI, J. et al. Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client-server web-mapping applications: The design and implementation of antmaps.org. *Ecological Informatics*, v. 32, p. 185-193, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.02.006>.

- KINGSTON, R. et al. Web-based public participation geographical information systems: an aid to local environmental decision-making. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 24, n. 2, p. 109-125, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(99\)00049-6](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(99)00049-6).
- LV, Z. et al. Virtual reality smart city based on WebVRGIS. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 3, n. 6, p. 1015-1024, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2546307>.
- MACEACHREN, A. M. et al. Visualizing geospatial information uncertainty: What we know and what we need to know. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 32, n. 3, p. 139-160, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1559/1523040054738936>.
- NIELSEN, J. **Usability engineering**. [S.l.]: AP Professional, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-052029-2.50007-3>.
- NIELSEN, J. **Usability inspection methods**. In: CONFERENCE COMPANION ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1994. Anais [...]. [S.l.], 1994. p. 413-414. DOI: <https://doi.org/10.1145/259963.260531>.
- NIVALA, A.-M.; BREWSTER, S.; SARJAKOSKI, T. L. Usability evaluation of web mapping sites. *The Cartographic Journal*, v. 45, n. 2, p. 129-138, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1179/174327708X305120>.
- RESCH, B.; WOHLFAHRT, R.; WOSNIOK, C. Web-based 4D visualization of marine geo-data using WebGL. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 41, n. 3, p. 235-247, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.901901>.
- ROTH, R. E. Interactive maps: What we know and what we need to know. *Journal of Spatial Information Science*, n. 6, p. 59-115, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5311/JOSIS.2013.6.105>.
- ROTH, R. E.; ROSS, K. S.; MACEACHREN, A. M. User-centered design for interactive maps: A case study in crime analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 4, n. 1, p. 262-301, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi4010262>.
- RZESZEWSKI, M.; KOTUS, J. Usability and usefulness of internet mapping platforms in participatory spatial planning. *Applied Geography*, v. 103, p. 56-69, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.01.001>.
- SERMET, Y.; DEMIR, I.; MUSTE, M. A serious gaming framework for decision support on hydrological hazards. *Science of The Total Environment*, v. 728, p. 138895, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138895>.
- SIEBER, R. Public participation geographic information systems: A literature review and framework. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 96, n. 3, p. 491-507, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2006.00702.x>.
- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 10. ed. São Paulo: Addison-Wesley/Pearson, 2019.
- TAYLOR, B. et al. Customizable 3D printed tactile maps as interactive overlays. In: **INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY**, 18., 2016. Anais [...]. [S.l.]: ACM, 2016. p. 71-79. DOI: <https://doi.org/10.1145/2982142.2982167>.
- UNRAU, R.; KRAY, C. Usability evaluation for geographic information systems: A systematic literature review. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 33, n. 4, p. 645-665, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1554813>.
- VAN ECK, N.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

VINUEZA-MARTINEZ, J. et al. Geographic information systems (GISs) based on WebGIS architecture: Bibliometric analysis of the current status and research trends. *Sustainability*, v. 16, n. 15, p. 6439, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16156439>.

Yan, E., & Ding, Y. (2009). Applying centrality measures to impact analysis: A coauthorship network analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(10), 2107–2118. <https://doi.org/10.1002/asi.21128>

YANG, D. et al. CrimeTelescope: crime hotspot prediction based on urban and social media data fusion. *World Wide Web*, v. 21, p. 1323-1347, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11280-017-0515-4>.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>.