

# Sistemas de Informação Geográfica combinados com Métodos Multicritérios: uma revisão

Dalvana L. Ribeiro, <sup>1</sup>André A. Longaray<sup>2</sup>

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional (PPGMC)/FURG, Rio Grande, RS

**Resumo.** Neste trabalho realizou-se a investigação da produção científica sobre a temática de combinação de sistemas de informações geográficas e métodos multicritérios. Para isso, foi utilizado o protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Como resultado obteve-se um portfólio de 64 artigos alinhados ao contexto temático da pesquisa, provenientes das bases Web of Science, Scopus e Dimensions. Para compreender o desenvolvimento das áreas contempladas realizou-se análises de produção e de conteúdo utilizando os softwares CiteSpace e VOSviewer. Considerando o intervalo de 1999 a 2023, observando-se um aumento significativo a partir de 2014. As ferramentas provenientes do software VOSviewer e CiteSpace permitiram visualizar a rede de palavras-chave e suas conexões ao longo do tempo e os termos de títulos utilizados ao longo dos últimos anos.

**Palavras-chave.** Sistemas de informações geográficas, métodos multicritérios, PRISMA, CiteSpace, VOSviewer.

## 1 Introdução

A gestão de órgãos públicos envolve inúmeras responsabilidades e enfrenta muitos desafios. As constantes mudanças sociais, o impacto econômico e os avanços tecnológicos, são elementos que testam a capacidade de adaptação e resposta dessas organizações. Nessas ocasiões, o gestor público é confrontado com inúmeras possibilidades de escolhas e decisões complexas. Para auxiliá-lo, existem vários instrumentos e ferramentas competentes capazes de auxiliá-lo nesse processo, como por exemplo os métodos multicritérios (MCDM) e os sistemas de informações geográfica (SIG). Os métodos multicritérios são ferramentas matemáticas preocupadas com a estruturação e resolução de problemas de decisão e planejamento [14]. Na literatura existe uma variação na denominação desses métodos, sendo que em publicações em língua inglesa a AMD é nominada como MCDA (MultiCriteria Decision Analysis) ou MCDM (MultiCriteria Decision Making) e ainda MCDA (MultiCriteria Decision Aid), apesar dessas variações todos conduzem ao objetivo de suporte a decisão [7]. O principal diferencial desses métodos é colocar o decisor no centro do processo, incorporando informações subjetivas deste para a decidir melhor escolha [5]. Além dos métodos multicritérios, outra ferramenta que tem ganhado destaque em processos decisórios é o sistema de informações geográficas. O SIG pode ser definido como um sistema constituído por um conjunto que integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar os dados espacialmente referenciados ao sistema de coordenadas conhecidos [12]. Uma das principais vantagens do uso de SIG é a possibilidade de combinação de vários dados e o processo de apresentação dos resultados na forma espacialmente explícita com a confecção de mapas temáticos [1]. A gestão estratégica pode ajudar as organizações públicas ou outras entidades a alcançar objetivos importantes e criar valor público [2].

---

<sup>1</sup>lopesribeirodalvana20@gmail.com

<sup>2</sup>andrelongaray@furg.br

## 2 Métodos de Análise Multicritério

Entre os componentes importantes da gestão estão as diferentes perspectivas, valores e preferências dos responsáveis e afetados pelas decisões tomadas [8]. Neste contexto, os métodos multicritérios contribuem com a decomposição dos objetivos em critérios, facilitando o processo decisório. Os métodos multicritérios não são métodos automatizáveis que conduzem a mesma solução para todos os tomadores de decisão, mas incorporam informações subjetivas particular de cada decisor constituídas em suas preferências e compromisso com a solução do problema [5]. Esses métodos facilitam a tomada de decisão por meio de estruturas que conduzem o gestor a uma escolha consciente apoiada em informações quantitativas e qualitativas. Permitindo assim, melhor adaptação às mudanças, evitando possíveis falhas e englobando uma maior abrangência de possibilidades.

## 3 Sistemas de Informações Geográficas

Os primeiros Sistemas de informações geográficas surgiram na década de 60 e foram usados para resolver problemas de planejamento urbano e gestão de terras. Os componentes de um SIG compreendem o hardware, software, pessoas e organizações, além de dados geoespaciais. O hardware inclui computadores para processamento de dados, armazenamento de dados e entrada/saída, GPS e dispositivos móveis para trabalho de campo. O software, inclui programas e aplicativos a serem executados por um computador para gerenciamento de dados, análise de dados, exibição de dados e outras tarefas. Como as operações de um SIG geralmente ocorrem dentro de um ambiente organizacional, estes devem ser integrados à cultura e aos processos de tomada de decisão da organização [11]. Um exemplo disso é a associação do SIG com métodos multicritérios. A combinação de MCDM baseada em SIG emprega recursos de SIG na gestão de dados geográficos e flexibilidade de MCDM para integrar diferentes critérios com informações baseadas em valor, como por exemplo, opinião de especialistas [10].

## 4 Metodologia

A pesquisa foi conduzida seguindo as diretrizes de Relatórios Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA) em três bancos de dados (Web of Science, Scopus e Dimensions). O protocolo oferece um checklist com 27 itens e um fluxograma composto de quatro etapas [9]. No presente estudo, a questão formulada foi a seguinte: Como um SIG combinado com métodos multicritérios pode contribuir para a gestão de corporações? Para tentar encontrar as possíveis respostas a esta questão utilizou-se as seguintes palavras-chaves: (Geo data OR Gis Scienc\* OR Geographic Information\$ System OR GIS AND Multicriteria\$ Decision Analysis OR Decision Making OR Decision\* Aid Information\$ OR multicriteria\$ method\* AND Organiz?ation\* OR Management\* OR Corporation\*) . Esse tipo de estratégia combina operadores booleanos (OR e AND), truncamento e caracteres curingas (\* ,? e \$). Esse modelo de arranjo pode ajudar com a obtenção de resultados mais produtivos, ampliando o foco da pesquisa [4]. Para a visualização dos dados foram usados os softwares bibliométricos VOSviewer [13] e CiteSpace [3].

## 5 Resultados e Discussão

O diagrama baseado no protocolo PRISMA para esta revisão é mostrado na Figura ??.

Foram identificadas 25.078 publicações que constituíram o Portfolio Bibliográfico (PB) inicial. Após essa identificação foi realizada uma triagem considerando o potencial de conexão com o tema

por meio da análise de títulos e resumos, sendo excluídos 4.685 documentos devido a fraca afinidade com o tema. Como critérios de elegibilidade, levou-se em conta: a) publicações em periódicos revisados por pares, b) metodologia clara e detalhada, c) abordagens com foco na gestão, d) aplicações das técnicas de SIG e métodos multicritérios e e) feitas no idioma em inglês. Os artigos que não contemplassem tais critérios foram excluídos da presente revisão, o que resultou em um PB final com 64 artigos. Com a organização do PB final, passou-se as análises dos componentes deste.

## 5.1 Análise de Produção

Para avaliar a produção científica foi realizada a análise da variação de publicações por ano. Para isso, foi verificado a distribuição do número de artigos do portfólio envolvendo 64 documentos no período de 1999 a 2023. Na Figura 1 é possível perceber que o número de publicações variou lentamente de 1999 a 2012.

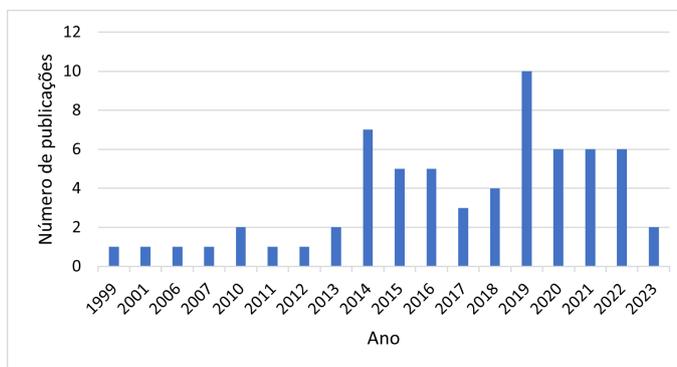


Figura 1: Publicações por ano.

A partir de 2014 percebe-se um aumento considerável de exploração desse assunto na comunidade científica. Os anos com maiores produções foram 2014 e 2019. No intervalo de 2014 a 2023 a média de publicações foi de cerca de 5 artigos, concentrando 84,37 % do total presente no portfólio, o que indica a tendência de crescimento nos últimos anos.

## 5.2 Análise de palavras-chave

As palavras-chave tem um papel muito importante ao resumir os temas principais discutidos em artigos. A co-ocorrência destas pode refletir efetivamente os pontos de acesso de pesquisa nas diversas áreas do conhecimento, fornecendo apoio auxiliar à pesquisa científica [6]. Nesse sentido, ao organizar uma rede desses eventos, obtém-se uma imagem precisa da produção de conhecimento científico em termos de padrões, relacionamentos e organização intelectual dos tópicos cobertos [13]. Para tanto, nesta análise foi utilizado o software VOSviewer, que constrói redes considerando a proximidade e força das conexões existentes entre as palavras-chave.

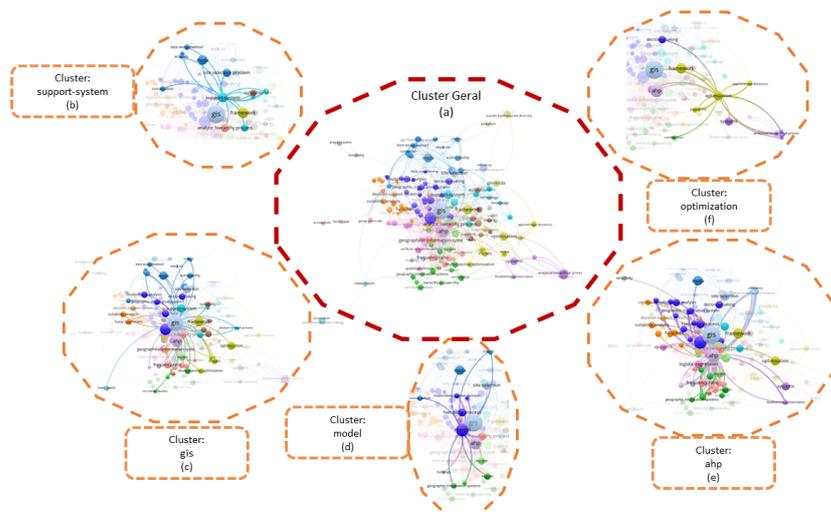


Figura 2: Rede de palavras-chave.

A Figura 2 mostra a rede de palavras-chave gerada pelo software VOSviewer e seus principais subclusters. A rede possui cerca de 3799 conexões entre 413 itens. O cluster (a) (support-system) possui 86 conexões, entre elas, temas como "site selection problem", "conservation", "mcda"(MultiCriteria Decision Analysis), além de "framework" e "analytic hierarchy process". O cluster (b) (gis) é o que mais possui ligações, com cerca de 285 entre vários termos, desde "suitability analysis", "vulnerability", "analytic network process" até "optimization" e "risk" o que mostra a abrangência dessa técnica nas mais diversas ocasiões. O cluster (c) aborda os principais modelos, como "multicriteria spatial decision", "TOPSIS" e mais proeminente o método "AHP", que é um método multicritério. Na sequência este mesmo método lidera o cluster (d), com cerca de 137 conexões entre "optimization", "fuzzy logic", "logistic-regression" e tantos outros termos, o que mostra a sua versatilidade e aplicação. Por fim, o cluster (e) está relacionado a "optimization" e está ligado a "combination", "systems", "algorithms", "gis" e "decision-making". A Figura 3 também exibe o desenvolvimento recente entre "gis", "ahp", "framework" e "decision-making" juntamente com "optimization", que teve uma maior cobertura a partir de 2018.

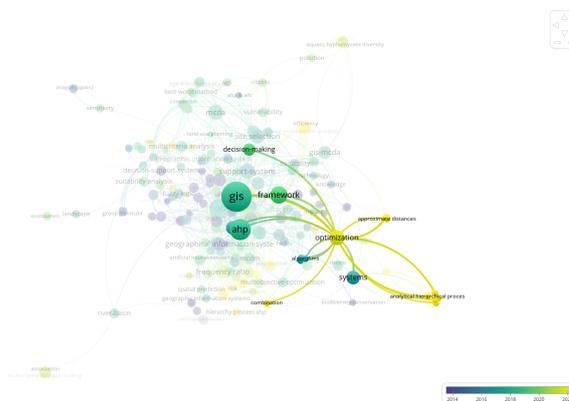


Figura 3: Rede de palavras-chave ao longo do tempo.

### 5.3 Análise de autores

Na Figura 4, é possível visualizar a distribuição e conexões dos autores e suas citações ao longo do tempo. Entre os autores com maior influência está Malczewski e Jelokhani localizados no centro da rede e estando entre os primeiros a trabalharem com essa abordagem de SIG e multicritério.

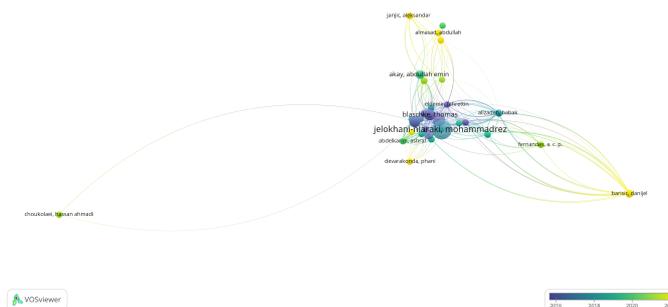


Figura 4: Rede de principais autores.

Quando investigada a influência de documentos na área, novamente Malczewski aparece com destaque no ano de 2006 e servindo de base para outros trabalhos como mostra a Figura 5

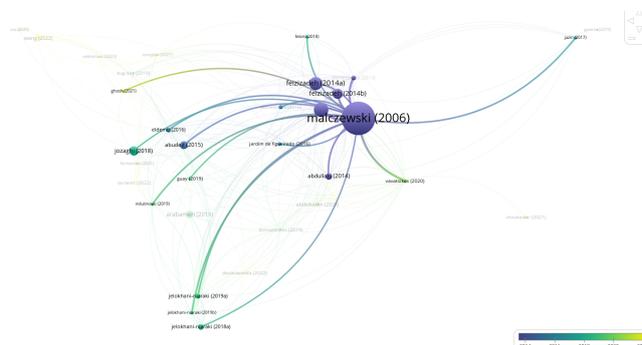


Figura 5: Principais documentos e suas conexões.

### 5.4 Análise de Linha do Tempo

Este procedimento teve por objetivo constatar as relações entre clusters que agrupam termos proveniente de títulos dos artigos do portfólio e sua ocorrência histórica. Com a função de agrupamento do CiteSpace é possível perceber alguns padrões de tendências que podem auxiliar na compreensão de estruturas de um domínio de conhecimento [3]. A Figura 6 mostra uma rede com 10 clusters principais denotados por rótulos baseados em partes extraídas de títulos dos artigos do portfólio. Na parte superior é exibido o período considerado (1996 - 2022) e as palavras abaixo se refere aos termos que mais ocorreram nos intervalos destacados. No extremo direito da figura estão os clusters identificados.

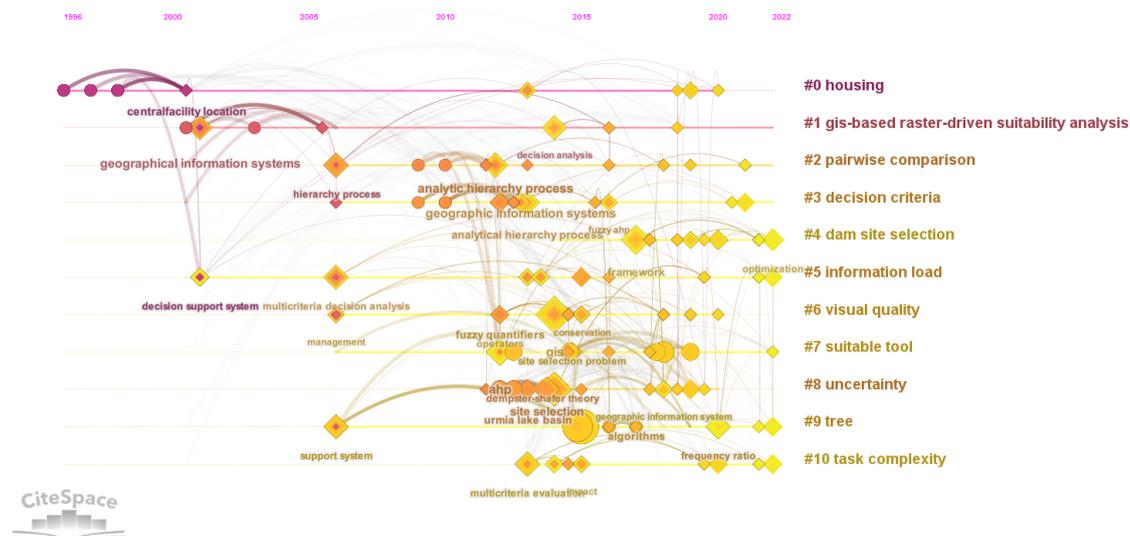


Figura 6: Análise de linha do tempo com termos de títulos.

Em uma análise geral, termos como “geographical information systems” e “decision support system” foram inicialmente abordados nos anos 2000. A partir de 2005 termos como "hierarchy process" e "multicriteria decision analysis" surgem, evidenciando a presença da área de multicritério. De 2010-2015, conforme a Figura 6 esses dois ramos foram amplamente estudados em vários problemas ("decision analysis", "site selection", "multicriteria evaluation impact"). Referente aos clusters, pode-se perceber a variedade de aplicações desde habitação, adequação baseada em SIG, qualidade visual até tarefas complexas. A análise de termos de títulos de artigos pode contribuir para a identificação de tendências e associações relevantes para a compreensão do tema abordado.

## 6 Conclusões

Neste trabalho a análise de produção científica sobre o tema de abordagem multicritério e sistemas de informações geográficas foi realizada. O checklist do protocolo PRISMA contribuiu efetivamente para a sintetização da literatura em um portfólio composto por 64 artigos alinhados ao contexto. Além disso, com o suporte dos softwares CiteSpace e VOSviewer foi possível observar alguns resultados interessantes sobre o desenvolvimento do tema e informações de vários itens.

Como considerações finais, salienta-se a efetividade dos softwares bibliográficos com suas representações de redes e elementos visuais, que contribuíram na interpretação e compreensão do desenvolvimento dos temas abordados. Como limitação do estudo tem-se a restrição de certas bases que impossibilitaram uma investigação mais completa.

## Referências

- [1] A Barakat et al. “Multivariate analysis and GIS-based soil suitability diagnosis for sustainable intensive agriculture in Beni-Moussa irrigated subperimeter (Tadla plain, Morocco)”. Em: **Modeling Earth Systems and Environment** 3 (2017), pp. 1-8.
- [2] John Bryson e Bert George. “Strategic management in public administration”. Em: **Oxford Research Encyclopedia of Politics**. 2020.

- [3] Chaomei Chen, Fidelia Ibekwe-SanJuan e Jianhua Hou. “The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis”. Em: **Journal of the American Society for information Science and Technology** 61.7 (2010), pp. 1386–1409.
- [4] John W Creswell. “Research designs: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches”. Em: **Callifornia: Sage** (2009).
- [5] Alessio Ishizaka e Philippe Nemery. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. John Wiley & Sons, 2013.
- [6] Huajiao Li et al. “Evolutionary features of academic articles co-keyword network and keywords co-occurrence network: Based on two-mode affiliation network”. Em: **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications** 450 (2016), pp. 657–669.
- [7] André Andrade Longaray et al. “Análise multicritério de decisão e sua aplicação na gestão da saúde: uma proposta de revisão sistemática da literatura”. Em: **Exacta** 14.4 (2016), pp. 609–618.
- [8] Mika Marttunen, Judit Lienert e Valerie Belton. “Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations”. Em: **European journal of operational research** 263.1 (2017), pp. 1–17.
- [9] David Moher et al. “Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement”. Em: **Systematic reviews** 4.1 (2015), pp. 1–9.
- [10] Barış Özkan, Eren Özceylan e İnci Sarçiçek. “GIS-based MCDM modeling for landfill site suitability analysis: a comprehensive review of the literature”. Em: **Environmental Science and Pollution Research** 26 (2019), pp. 30711–30730.
- [11] Ramalia Noratama Putri, M Teguh Wibowo et al. “Designing Healthcare and Pharmaceutical Applications Based on Geographic Information Systems (GIS)”. Em: **Journal International Multidisciplinary** 1.1 (2023), pp. 27–40.
- [12] FITZ Paulo Roberto. “Geoprocessamento sem complicação”. Em: **Paulo Roberto Fitz.– São Paulo: Oficina de Textos** (2008).
- [13] Nees Jan Van Eck e Ludo Waltman. “Visualizing bibliometric networks”. Em: **Measuring scholarly impact: Methods and practice** (2014), pp. 285–320.
- [14] M Velasquez e PT Hester. “An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods International Journal of Operations Research Vol. 10”. Em: (2013).