

## **Mapeamento geotécnico como subsídio à gestão territorial: um itinerário sobre a produção científica do século XXI**

### **Geotechnical mapping as a subsidy to territorial management: an itinerary on scientific production of the 21st century**

DOI:10.34117/bjdv8n4-518

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

#### **André Felipe Bozio**

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG)

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Endereço: Rua João Pio Duarte Silva, Córrego Grande, Florianópolis – SC

CEP: 88037-001

E-mail: andrefbozio@gmail.com

#### **Helen Aline Jacinto**

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG)

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Endereço: Rua João Pio Duarte Silva, Córrego Grande, Florianópolis – SC

CEP: 88037-001

E-mail: helenalinesenai@gmail.com

#### **Vivian da Silva Celestino Reginato**

Doutora em Engenharia Civil

Instituição: Departamento de Engenharia Civil (ECV) do Centro Tecnológico (CTC) da UFSC

Endereço: Rua João Pio Duarte Silva, Córrego Grande, Florianópolis – SC

CEP: 88037-001

E-mail: vivian.celestino@ufsc.br

#### **Rafael Augusto dos Reis Higashi**

Doutor em Engenharia Civil

Instituição: Departamento de Engenharia Civil (ECV) do Centro Tecnológico (CTC) da UFSC

Endereço: Rua João Pio Duarte Silva, Córrego Grande, Florianópolis – SC

CEP: 88037-001

E-mail: rrhigashi@gmail.com

#### **RESUMO**

Os documentos provenientes dos mapeamentos geotécnicos são importantes norteadores para planejadores e gestores territoriais, tornando-os fortes instrumentos. Haja vista a necessidade da elaboração de cartas relativas ao mapeamento geotécnico é notório que os conhecimentos acerca do estado da arte sejam um fator relevante para a contribuição do campo teórico da temática. Neste sentido o objetivo deste artigo é apresentar um panorama da produção científica dos primeiros anos do século XXI acerca do

mapeamento geotécnico de forma a contemplá-lo como subsídio à gestão do território. Como método para se chegar aos resultados foi utilizada a pesquisa bibliográfica exploratória e bibliométrica, que permitiu realizar uma revisão sistemática da literatura da área a partir das produções em periódicos brasileiras e internacionais entre os anos de 2000 e 2019. Foram analisados 41 trabalhos, categorizados de acordo com a área de estudo mapeada. Os objetos analisados também foram classificados por suas abordagens metodológicas, temporais, autorais e temáticas. Os resultados advindos da pesquisa providenciaram uma perspectiva panorâmica científica acerca do conceito de mapeamento geotécnico, revelando-o como um influente instrumento de subsídio ao planejamento e gestão territorial das cidades.

**Palavras-chave:** mapeamento geotécnico, planejamento territorial, bibliometria.

### **ABSTRACT**

Documents from geotechnical mapping are important guides for territorial planners and managers, making them strong instruments. Given the need to prepare maps related to geotechnical mapping, it is clear that knowledge about the state of the art is a relevant factor for the contribution of the theoretical field of the subject. In this sense, the objective of this article is to present an overview of the scientific production of the first years of the 21st century on geotechnical mapping in order to contemplate it as a subsidy to the management of the territory. As a method to arrive at the results, exploratory and bibliometric bibliographic research was used, which made it possible to carry out a systematic review of the literature in the area from the productions in Brazilian and international journals between the years 2000 and 2019. 41 works were analyzed, categorized according to according to the mapped study area. The analyzed objects were also classified by their methodological, temporal, authorial and thematic approaches. The results from the research provided a panoramic scientific perspective on the concept of geotechnical mapping, revealing it as an influential instrument to support the planning and territorial management of cities.

**Keywords:** geotechnical mapping, territorial planning, bibliometrics.

## **1 INTRODUÇÃO**

O acelerado e desordenado crescimento populacional no território impacta diretamente os sistemas ambientais e físicos das cidades desde as primeiras décadas do século XX, de acordo com Xavier e Bressani (2019). Esta situação resulta em alterações e impactos como desmatamentos, disposição inadequada de resíduos sólidos, inundações, ausência de tratamento de efluentes e movimentos de massa (RUIZ JUNIOR e OLIVEIRA, 2013).

A partir desta problemática, surge a necessidade de investigar e cartografar o meio físico no contexto geológico-geotécnico (XAVIER e BRESSANI, 2019). Para fins de uso e ocupação do solo as investigações prévias garantem ao planejador territorial um grau de confiabilidade em seus projetos (MASOUD, 2016) e um maior domínio e

reconhecimento do território (EL AAL e MASOUD, 2018).

Na conjuntura das aplicações práticas deste tipo de cartografia, Andrade e Quinta-Ferreira (2017) afirmam que o mapeamento geotécnico se aplica em projetos de ordenamento e planejamento territorial, obras de grande e pequeno porte, sendo elas lineares ou pontuais, aplicações em análises de estabilidade de taludes, acerca dos desastres naturais e áreas de risco.

O mapeamento geotécnico produz documento cartográfico e este documento, conforme Chaminé *et al.* (2016), é um importante instrumento na gestão urbana, acerca dos levantamentos de investigações geotécnicas, comportamento dos solos, recursos geológicos, avaliações de patrimônio e riscos geográficos com a finalidade do planejamento urbano e territorial. Todavia, a área de estudo que será analisada geotecnicamente por meio da cartografia, bem como sua finalidade, implica diretamente nas escolhas da metodologia, instrumentos tecnológicos, escalas, entre outros meios para se chegar ao resultado final (ANDRADE e QUINTA-FERREIRA, 2017).

A partir da contextualização por hora desenhada, é proposto o seguinte questionamento: Como estão sendo desenvolvidos os estudos em âmbito nacional e internacional, relativos aos trabalhos de mapeamento geotécnico como subsídio à gestão territorial, de forma a compor o estado da arte para esta temática?

A análise bibliométrica, área conexas à Ciência da Informação, proporciona um relevante diagnóstico da produção científica acerca de um determinado tema, já que retrata o comportamento e o desenvolvimento, apontando lacunas teóricas e empíricas de certo campo de conhecimento (ARAÚJO e ALVARENGA, 2011), quantificando as características presentes em uma determinada amostra de trabalhos (PRITCHARD, 1969; TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

Destarte, o objetivo deste trabalho é analisar se a produção científica acerca do mapeamento geotécnico produzida nos primeiros anos do século XXI contempla os documentos geotécnicos como subsídios à gestão do território. Especificamente o objetivo é apresentar um panorama da produção científica engendrada em âmbito brasileiro e mundial e identificar lacunas que possam delinear uma agenda de pesquisa e recomendações futuras.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

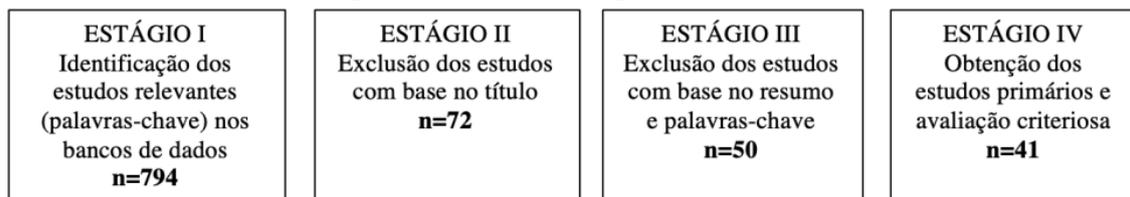
No tocante à metodologia que fundamenta esta bibliometria, foi utilizado o método de *Systematic Review*, elaborada por Dybå e Dingsøyr (2008), os quais definem

uma estrutura de triagem de artigos relevantes de um determinado campo de conhecimento. O método consiste em uma triagem por etapas dos estudos encontrados nas bases de dados, analisando em cada uma destas algum tópico específico do texto, finalizados com a leitura integral do trabalho. Para elucidar as etapas deste método e o processo de filtragem dos trabalhos que constituem a amostra final deste trabalho, a Figura 1 determina um resumo das etapas concretizadas.

Em termos bibliométricos a pesquisa teórica se baseou em exploração bibliográfica relacionada ao mapeamento geotécnico e reuniu em forma de fichamentos a produção científica produzida entre 2000 e 2019, ou seja, as publicações em periódicos indexadas nas seguintes bases de dados: *Scielo*, *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct* e *Google Scholar*.

Cabe salientar que a triagem da amostra inicial se deu pelas seguintes palavras chaves: *Geotechnical Mapping*, *Geotechnical Cartography*, e no idioma português: Mapeamento Geotécnico e Cartografia Geotécnica. A escolha pelas palavras chaves em inglês se justifica pelo objetivo do artigo, haja vista que se pretende analisar o contexto internacional das pesquisas em mapeamento geotécnico, ademais, as portuguesas se esteiam na ideia da análise da produção em nível nacional. O período de acesso nas bases de dados ocorreu no mês de maio de 2020.

Figura 1 – Processo de triagem dos trabalhos



Primeiramente ocorreu um processo de triagem em quatro etapas onde a primeira se constituiu na filtragem de todos os artigos inseridos nas bases de dados por meio das palavras chaves supracitadas nos textos de forma integral. Por consequência foram encontrados 794 trabalhos, contendo artigos de periódicos, entre trabalhos duplicados e nem todos relacionados à temática.

Na segunda etapa a mesma filtragem foi realizada, porém se limitando somente aos textos que continham as palavras-chaves supracitadas nos títulos e/ou palavras-chave nos 794 trabalhos. Desta forma tanto os trabalhos duplicados quanto os que não condiziam com a temática em questão foram descartados, num total de 722.

No terceiro estágio, a amostra de 72 artigos foi submetida a uma análise criteriosa através da leitura de seus resumos e palavras-chave. Esta etapa consistiu em verificar o objetivo principal do artigo, ou seja, se o mesmo abordava a elaboração de um mapeamento geotécnico, independente da sua finalidade, ou ensaios teóricos relacionados ao tema, o que reduziu a amostra para 50 artigos.

A quarta etapa abarcou a leitura integral e crítica dos textos em seu inteiro teor, considerando aqueles que realmente tratavam da temática como ponto central, não apenas a citando. A amostra bibliométrica final, entretanto, ficou reduzida em 41 artigos.

Os trabalhos selecionados foram analisados e categorizados por meio de um fichamento, objetivando as principais informações contidas em cada artigo. Após isto, os textos foram categorizados e divididos em duas planilhas, entre nacionais e internacionais. A partir desta divisão, cada planilha contendo os trabalhos foi dividida de acordo com os seguintes atributos: (1) autor(es), (2) nome da revista, (3) área de estudo, (4) ano de publicação, (5) instituição de origem dos autores, (6) palavras-chave, (7) objetivos do mapeamento, (8) método de cartografia geotécnica e (9) *softwares* utilizados.

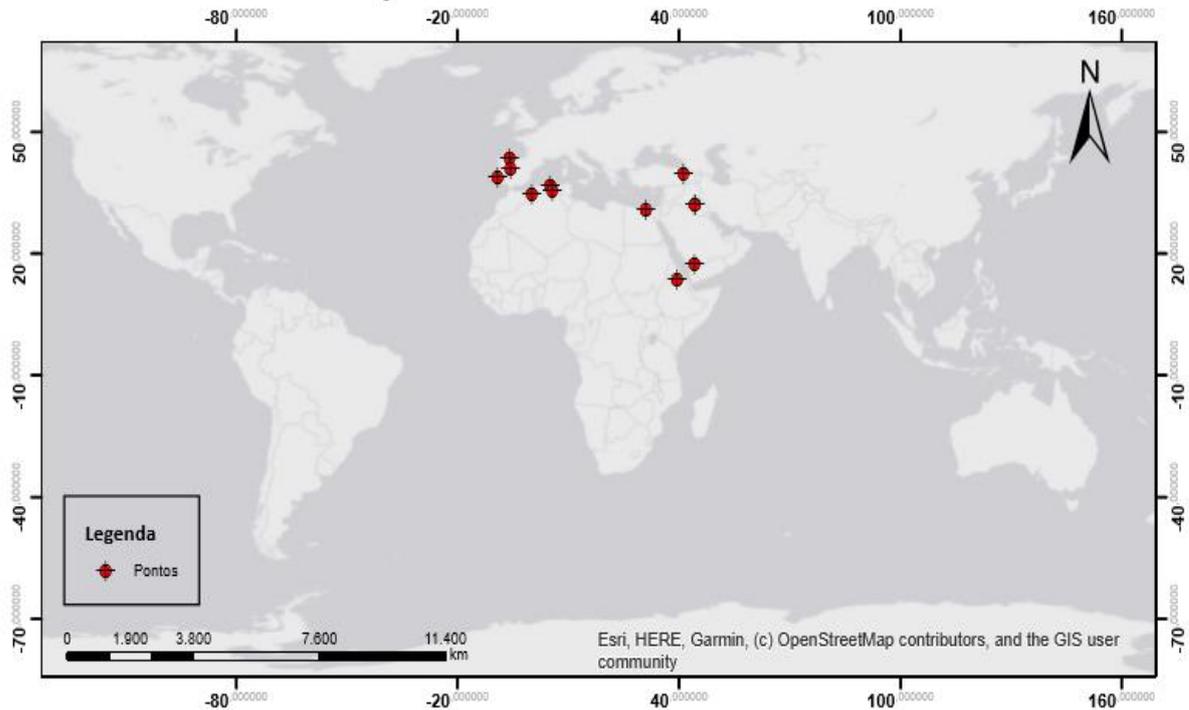
### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir dos 41 artigos filtrados, 27 foram classificados como estudos realizados em âmbito nacional e 14 em âmbito internacional.

#### **3.1 PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL**

Com uma amostra de 14 artigos internacionais, no que tange ao enquadramento do trabalho, existe a preponderância de 12 artigos teórico-empíricos, com áreas de estudos delimitadas, apresentando dados relevantes ao contexto estudado, e dois artigos abarcando ensaios teóricos. Ver a localização das áreas de estudo utilizadas nos artigos citados na Figura 2.

Figura 2 – Mapa de localização das áreas de estudo internacionais



A partir da análise dos dados foi possível destacar três autores que publicaram mais de uma vez com o tema sobre mapeamento geotécnico, sendo eles BELLAKHDAR, K., HOUMADI, Y. H. e MASOUD, A. A.

A partir das análises realizadas pelo planejamento dos artigos identificou-se que as instituições que mais publicaram entre os períodos de 2000 a 2019 foram a *University of Kufa*, localizada no Iraque e a *Tanta University*, localizada no Egito. Esses estudos trouxeram o mapeamento como subsídio para explicar os fenômenos de argilas expansivas em zonas de risco (HOUMADI *et al.*, 2009; MOHAMMED *et al.*, 2010; EL AAL e MASOUD, 2018), justificado pelo fato destas áreas estarem contidas em zonas em que o solo sofre longos períodos de cheias e grandes períodos de seca, ocasionando, desta forma, inchaço e encolhimento do mesmo (CAMERON, 2006; CLAYTON *et al.*, 2010).

Quanto ao ano de publicação dos artigos em área de estudo internacional, observa-se na Figura 3 que os anos de 2016 e 2017 obtiveram maior número de pesquisas relacionadas, apresentando 3 publicações para cada ano.

Considerando que foram analisados os últimos 19 anos, é razoável afirmar que a quantidade de estudos realizados é baixa, retratando a incipiência das pesquisas em âmbito internacional. Na primeira década analisada, apenas 4 publicações foram identificadas. A partir de 2011 é possível concluir que houve um esforço eminente na

produção científica internacional nesta área do conhecimento, totalizando 10 trabalhos. Ainda que seja perceptível a lacuna no tocante ao mapeamento geotécnico neste período, houve um leve aumento a partir da segunda década.

Figura 3 – Publicações internacionais por ano



No que tange às temáticas centrais desses trabalhos, a construção de banco de dados geotécnicos lidera o *ranking* com 26,67% da amostra, buscando contribuir nas investigações geotécnicas locais para empregar o uso e ocupação do solo, georreferenciando por meio de *softwares* SIG os parâmetros geotécnicos para cada área.

Em seguida foram classificados artigos que tiveram por objetivo a construção do mapeamento geotécnico como subsídio ao planejamento territorial (20,00%) trazendo contribuições acerca da otimização da gestão dos planejadores, fazendo com que estes nas etapas de projeto e planejamento, observassem áreas de risco ou que gerem custos excessivos às obras de engenharia civil (GURE *et al.*, 2013; MASOUD, 2016), podendo servir como mitigadores e para análises de desastres naturais (MARTÍNEZ-GRANJA *et al.*, 2013), apesar destes mapas não substituírem análises pontuais para as diferentes obras civis (GURE *et al.*, 2013).

A fim de utilizar esses mapeamentos para análises das fundações (13,33%) os autores buscaram georreferenciar os parâmetros geotécnicos de forma a retirar aspectos acerca das fundações e contribuir com a adoção de medidas preventivas e de controle nos projetos e obras (LILLOUCH *et al.*, 2018; EL AAL e MASOUD, 2018). As áreas de risco (13,33%) também foram foco destes trabalhos, retratando as primeiras estimativas em áreas de deslizamento de terra (HOUMADI *et al.*, 2009) e inchamento dos solos (MOHAMMED *et al.*, 2010). Por fim, foram levantados trabalhos relacionados a

movimentos de massa, riscos sísmicos, suscetibilidade de solos, ambos com apenas um artigo (6,67%).

No âmbito da natureza do artigo, o ensaio teórico traz as principais contribuições da cartografia geotécnica com fins ao planejamento urbano, à ocupação racional dos terrenos e para as construções civis (pontuais ou lineares), igualmente, realiza um apanhado histórico da cartografia geotécnica em Portugal (ANDRADE e FERREIRA, 2017).

É razoável afirmar que existe uma incipiência na produção de artigos teóricos os quais buscam uma discussão conceitual das práticas de mapeamento geotécnico, trazendo à luz a necessidade de desenvolver os conceitos acerca desta prática no contexto internacional. Contudo, os artigos empíricos, aqueles que aplicaram as técnicas de mapeamento geotécnico em uma determinada área de estudo, trazem nas descrições de suas metodologias um enredo não padronizado e uma metodologia de mapeamento não justificada para as determinadas áreas de estudo, visto que isso assume grande responsabilidade na qualidade do produto final.

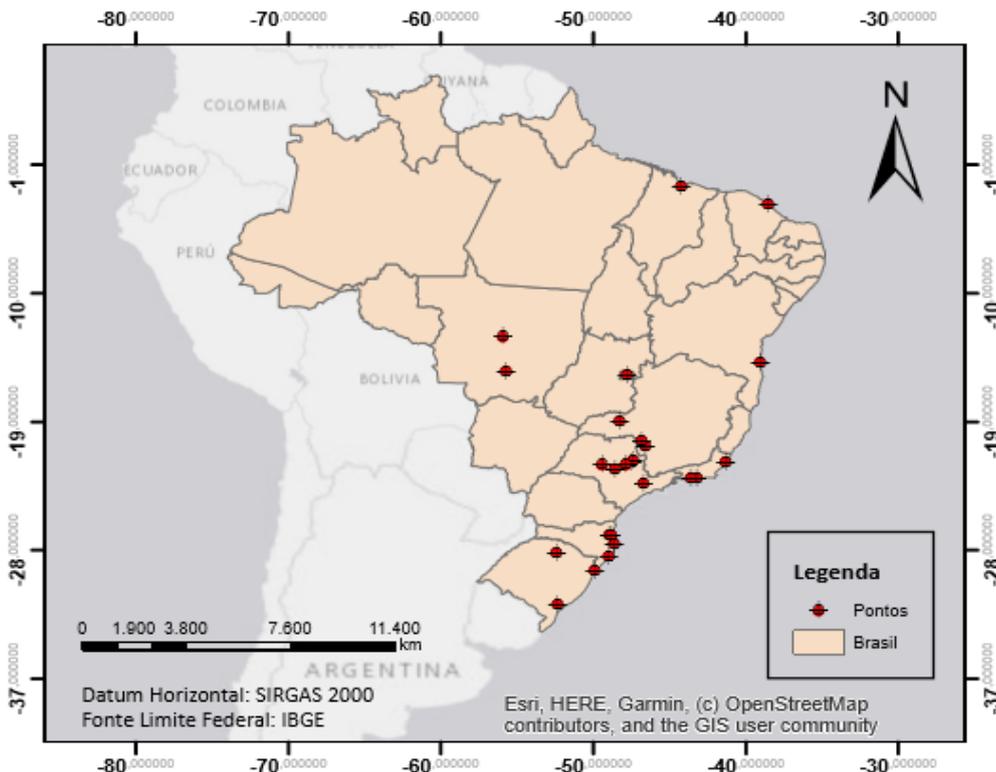
Em uma amostra de 14 artigos empíricos, apenas quatro determinaram de forma explícita a escolha de um método previamente definido acerca do mapeamento, sendo que 10 destes, ou seja, 71% da quantidade de artigos empíricos internacionais, não delimitam de forma clara e explícita o método e a escolha deste para sua aplicação.

Realizou-se, juntamente, uma análise dos subsídios digitais e *softwares* para a organização, compilação e representação das propriedades e produtos finais do mapeamento. A maioria dos autores descreveu como "um *software* da plataforma *GIS*" (40%), ou não especificaram (27%). Dentre os *softwares* descritos destacam-se o *ArcGIS* (13%), *ArcView* (6%), *Surfer* (7%) e *MapInfo* (7%).

### 3.2 PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA

Na triagem dos artigos obteve-se 27 trabalhos de âmbito nacional. Da amostra total para nível nacional, 25 artigos são considerados empíricos, apresentando informações e resultados acerca das áreas de estudos determinadas e, dois artigos enfatizam a teoria. As localizações das áreas estudadas em território brasileiro estão identificadas por meio da Figura 4.

Figura 4 – Mapa de localização das áreas de estudos nacionais



A partir do georreferenciamento dos pontos estudados, percebeu-se uma prevalência em áreas da região Sul (11 trabalhos) e Sudeste do Brasil (sete trabalhos). Relacionado aos autores brasileiros que mais publicaram (mais de um trabalho no lapso temporal), somam-se o total de seis pesquisadores, retratados pelo Quadro 1.

Quadro 1: Autores nacionais que mais publicaram

Autor	Instituição	Área de estudo	Nº de publicações
Collares, E.	UEMG	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
De Melo, N. A.	UEMG	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
Gomes, R. L	UESC	Ilhéus (BA)	2
Higashi, R. A. R	UFSC	São José (SC) e Ilhota (SC)	2
Jacó, A. P.	UEMG	Delfinópolis (MG) e Passos (MG)	2
Lorandi, R.	UFSCar	Porto Ferreira (SP) e Rio Clarinho (SP)	2

Diante do exposto foram realizadas pesquisas acerca dos perfis destes pesquisadores, trazendo suas áreas de conhecimento e formação, por meio da Plataforma Lattes do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Diante desta busca, concluiu-se que a formação dos pesquisadores se situa entre as áreas de geologia, engenharia civil e ambiental, permeando-se nas áreas de conhecimento acerca da pedologia, geotecnia, engenharia urbana, cartografia temática,

geoprocessamento e, para todos os pesquisadores, o planejamento territorial, como área igualmente pesquisada por todos.

Dentre as universidades que mais realizam estudos sobre mapeamento geotécnico é possível destacar a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo quatro publicações entre os anos de 2000 a 2019, seguidas da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com total de três publicações, e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG) e Universidade de Brasília (UnB) com duas publicações cada.

Em relação ao ano de publicação, ressalta-se uma maior quantidade publicada nos últimos cinco anos, conforme apresentação da Figura 5. Já entre os anos 2001 e 2004 e entre 2013 e 2015 não houve publicações sobre o tema abordado.

Figura 5 – Publicações nacionais por ano



Quanto às temáticas abordadas nesses 27 artigos, a maioria deles apresenta como finalidade o planejamento territorial, totalizando dez artigos, de acordo com a apresentação do Quadro 2.

Quadro 2: Temáticas abordadas no mapeamento geotécnico em nível nacional

Temática	%
Planejamento Territorial	33,33
Movimentos de Massa	14,81
Estradas	11,11
Fundações	11,11
Teórico	7,41
Uso e Ocupação do Solo	7,41
Avaliação Ambiental	3,70
Banco de Dados	3,70
Erosão	3,70
Resíduos Sólidos	3,70

A respeito destas temáticas, o planejamento territorial lidera o *ranking*. Estes estudos trazem contribuições de forma a subsidiar futuras expansões territoriais (XAVIER e BRESSANI, 2019) de forma a verificar as variações de possíveis ocupações e utilizações do meio físico, bem como às limitações para atividades humanas (SILVA *et al.*, 2000). A partir da coleta de dados, especializando-os em *softwares* de SIG podem-se analisar informações e pontuar áreas de riscos para mineração, áreas ribeirinhas, drenagem da cidade, entre outras (PONS e PEJON, 2008).

No que tange aos artigos relacionados aos movimentos de massa, a aplicação do mapeamento geotécnico como subsídio à modelos matemáticos de suscetibilidade foram demonstrados por meio dos estudos de Sbroglia *et al.* (2016) e Rosolem *et al.* (2017), contribuindo de forma direta em análises pontuais de deslizamentos de terra, fluxo de deslizamento, haja vista que estes estudos morfodinâmicos podem se associar à caracterização geológica-geotécnica (AMORIM *et al.*, 2017). No contexto do uso e ocupação do solo, seguindo os objetivos do mapeamento geotécnico, Pereira e Zaïne (2007) definiram unidades geotécnicas com aptidão para urbanização e para outras classes de ocupação, e, Costa e Alves (2006) especificaram frentes de expansão para a cidade.

Nas análises acerca das fundações dos edifícios, as pesquisas nacionais buscaram caracterizar as áreas de estudos por meio de ensaios geotécnicos definidos. Utilizaram-se parâmetros oriundos de ensaios SPT, CPTu, ensaios de palheta, retirada de amostras indeformadas, ensaios oedométricos e DPL (FOLLE *et al.*, 2008; MARQUES *et al.*, 2016; LUPATINI *et al.*, 2018). Foram apresentados trabalhos que contribuíram de forma direta nos projetos viários, e que justificaram a relevância do mapeamento geotécnico para a área de transportes, subsidiando o traçado de rodovias (MASSOCO *et al.*, 2019) e em questões ambientais e de suscetibilidade ao longo das estradas (FERNANDES e CERRI, 2011), ainda, apresentaram-se metodologias que contemplaram parâmetros relevantes para estes tipos de projetos (RIBEIRO *et al.*, 2018). Ainda sobre avaliação ambiental, o trabalho de Gomes e Teixeira (2011) analisou por meio de mapas geotécnicos áreas possíveis para instalação de postos de combustíveis. Foram aplicadas técnicas de mapeamento geotécnico para análises da erosão do solo (HEIDEMANN, 2014) e para disposição de resíduos sólidos (SILVA *et al.*, 2005).

Dentre os *softwares* mais utilizados para a realização do mapeamento geotécnico em nível nacional, destaca-se o *ArcGIS*, totalizando 32%. Vale ressaltar que 29% dos artigos não especificam quais *softwares* utilizaram.

Entre os periódicos com maiores índices de publicações (acima de duas) de artigos oriundos de áreas brasileiras, estão a Revista Brasileira de Cartografia (n = 4), seguido da Caminhos de Geografia (n = 2), *Ciência et Praxis* (n = 2), *Geociência/Geosciences* (n = 2), Revista Brasileira de Geociências (n = 2) e a *Soils and Rocks* (n = 2). Partindo-se de uma análise de seus escopos, percebe-se uma aproximação às temáticas de ciências humanas, tecnológicas e ambientais, cartografia, Sistema de Informação Geográfica, cadastro territorial, geodésia, fotogrametria, hidrografia, sensoriamento remoto, engenharia geotécnica, geológica e do desenvolvimento territorial. Portanto, áreas correlatas às geociências.

#### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se que o presente estudo contribuiu com o desenvolvimento teórico a respeito do mapeamento geotécnico por meio de uma revisão sistemática e bibliométrica e da proposta de reflexões e direcionamentos sobre o tema.

A partir das análises desenvolvidas pela pesquisa apresentada, puderam-se delimitar diversas lacunas pelas quais impulsionarão futuras pesquisas na temática. A falta de padronização acerca das apresentações das coletas de dados e qualidade destes ficou evidente. São incipientes os trabalhos que delimitam um método de mapeamento geotécnico, de forma a delinear um fluxo claro das etapas de trabalho. A apresentação dos produtos cartográficos gerados não segue um modelo previamente estabelecido. É razoável apontar a necessidade de uma estruturação de banco de dados, haja vista que os trabalhos de cartografia geotécnica dependem diretamente deles.

Alguns autores trazem a necessidade de investigar os parâmetros geotécnicos por meio de outros métodos, como a geofísica. Também se verificou que, quando apresentados de forma tridimensional, os resultados poderiam otimizar os projetos de engenharia.

Foi possível concluir que devem ser desenvolvidos métodos específicos para diferentes tipos de solo, em diferentes contextos de análise e que muitas vezes são somente replicados alguns métodos.

Foi considerado importante o levantamento histórico acerca de deslizamentos de terra ocorridos em anos anteriores às publicações das pesquisas, assim como foi importante verificar as coberturas vegetais, as classificações do uso e ocupação do solo, bem como as áreas de expansão urbana existentes na área mapeada.

É fátua a necessidade de incorporarem-se novas variáveis para criações de modelos de abstração do solo (umidade, índice de radiação solar, iluminação), variáveis que podem ser obtidas através de modelos digitais de elevação ou imagens de satélite.

Conclui-se também que existe uma limitação devido a carência de trabalhos que contemplem análises mais pontuais acerca das unidades geotécnicas delimitadas, como estudos de caso em taludes, áreas de disposição de resíduos, obras viárias, entre outros.

Quanto as limitações desta pesquisa, é importante salientar que este estudo não visou esgotar a literatura nacional ou internacional sobre o tema, visto que o limite estabelecido se propôs somente a investigar as publicações ocorridas em determinada época e que a mesma se restringiu aos periódicos científicos.

Considera-se que muito trabalho ainda deve ser realizado para que este tipo de cartografia se torne uma teoria mais robusta. Os poucos trabalhos encontrados no Brasil e no mundo assinalam a predominância de estudos empíricos, mas evocam o desenvolvimento teórico na área. Alguns adotam a abordagem multimétodo, privilegiam o aprofundamento dos temas com as técnicas qualitativas, bem como preservam a objetividade e precisão da pesquisa quantitativa.

Por fim, conclui-se que, apesar das limitações apresentadas, o principal objetivo deste estudo foi alcançado, desvelando o quadro conceitual a respeito do mapeamento geotécnico por meio da apresentação do estado da arte, do panorama da produção nacional e internacional, e, principalmente, do direcionamento para pesquisas futuras, principalmente a serem utilizadas como subsídio à gestão territorial.

Considerando a relevância do conceito acerca do mapeamento geotécnico, foi proposto aqui um ponto de partida para a realização de futuras investigações que abracem uma melhor compreensão da área.

## REFERÊNCIAS

- Abd El Aal, A., & Masoud, A. A. (2018). Geotechnical mapping of Najran soils for safe urban expansion, Najran Region, Saudi Arabia. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36(4), 2003-2020.
- Al-Baghdadi, N. H. (2016). Geotechnical mapping of An-Najaf City, Iraq. *Journal of University of Babylon*, 24(4), 962-22.
- Al-Mamoori, S. K. (2017). Gypsum content horizontal and vertical distribution of An-Najaf and Al-Kufa Cities' soil by using GIS. *Basra Journal of Engineering Sciences*, 17(1), 48-60.
- Andrade, P. S., & Ferreira, M. Q. (2017). A cartografia geológico-geotécnica aplicada à geotecnia. Exemplos de aplicação em Portugal. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, (14), 193-208.
- Araújo, R. F., & Alvarenga, L. (2011). A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 16(31), 51-70.
- Cameron, D. (2006). *Role of vegetation in stabilizing highly plastic clay subgrades* (Doctoral dissertation, Birmingham University Press).
- Chaminé, H. I., Teixeira, J., Freitas, L., Pires, A., Silva, R. S., Pinho, T., ... & Carvalho, J. M. (2016). From engineering geosciences mapping towards sustainable urban planning. *European Geologist Journal*, 41, 16-25.
- Clayton, C. R., Xu, M., Whiter, J. T., Ham, A., & Rust, M. (2010, March). Stresses in cast-iron pipes due to seasonal shrink-swell of clay soils. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management* (Vol. 163, No. 3, pp. 157-162). Thomas Telford Ltd.
- Commission on Engineering Geological Maps International Association of Engineering Geology, & International Association of Engineering Geology. Commission on Engineering Geological Maps. (1976). *Engineering Geological maps: A guide to their preparation* (Vol. 15). Paris, Unesco Press.
- Debiche, F., Kettab, R. M., Benbouras, M. A., Benbellil, B., Djerbal, L., & Petrisor, A. I. (2018). Use Of gis Systems To Analyze Soil Compressibility, Swelling And Bearing Capacity Under Superficial Foundations Inalgiers Region, Algeria. *Urbanism. Arhitectura. Constructii*, 9(4), 357-370.
- Dias, R. D. (1995). Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. *Revista do Instituto Geológico*, 16(esp), 51-55.
- Díaz-Díaz, L. M., Pando, L., Arias, D., & López-Fernández, C. (2017). Geotechnical map of a coastal and industrialized urban area (Avilés, NW Spain). *Journal of Maps*, 13(2), 777-786.
- Dybå, T., & Dingsøy, T. (2008, October). Strength of evidence in systematic reviews in software engineering. In *Proceedings of the Second ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement* (pp. 178-187).

- Gandolfi, N., & Zuquette, L. V. (2004). *Cartografia geotécnica*. Oficina de Textos.
- Gure, E. G., Weldearegay, K., & Birhane, G. (2013). Engineering geological and geotechnical appraisal of Northern Mekelle town, Tigray, Northern Ethiopia. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 5(1), 23-56.
- Houmadi, Y., Mamoune, S. M. A., & Belakhdar, K. (2009). Swelling and geotechnical cartography of Saida soils. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 3(1), 32-40.
- Junior, L. D. R., & de Oliveira, R. C. (2013). Áreas protegidas e expansão do uso da terra no litoral norte do estado de São Paulo. *Caminhos de Geografia*, 14(48).
- Martínez-Graña, A., Goy, J. L., Zazo, C., & Yenes, M. (2013). Engineering geology maps for planning and management of natural parks: “Las Batuecas-Sierra de Francia” and “Quilamas”(Central Spanish System, Salamanca, Spain). *Geosciences*, 3(1), 46-62.
- Masoud, A. A. (2016). Geotechnical site suitability mapping for urban land management in Tanta District, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(5), 340.
- Mohammed, A. M. S., Houmadi, Y., & Bellakhdar, K. (2010). Geotechnical risks map of Saïda city, Algeria. *Electron J Geotech Eng*, 15(E), 403-414.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4), 348-349.
- RODRIGUES, V., & AUGUSTO FILHO, A. (2007). Mapeamento geotécnico do perímetro urbano e sua área de expansão no município de Jaú-SP: base para o planejamento urbano e ambiental. *Simpósio Brasileiro De Cartografia Geotécnica E Geoambiental*, 6, 725-740.
- Sobreira, F. G., & Souza, L. D. (2012). Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2(1), 79-97.
- Tague-Sutcliffe, J. (1992). An introduction to informetrics. *Information processing & management*, 28(1), 1-3.
- Xavier, S. C., & Bressani, L. A. (2019). Progressive mapping and urban growth: the construction of urbanization suitability map of Pelotas-Southern Brazil. *Soils Rocks* 42 (2): 99–116.