UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ALFREDO PEREIRA DE QUEIROZ FILHO

Análise espacial: abordagem do mapeamento bibliométrico

São Paulo

2018

ALFREDO PEREIRA DE QUEIROZ FILHO

Análise espacial: abordagem do mapeamento bibliométrico

Tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas como requisito parcial para a obtenção do título de Livre Docência.

Área de concentração: Geografia Física

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Q3a   Queiroz Filho, Alfredo Pereira de Queiroz Filho
            Análise espacial: abordagem do mapeamento
bibliométrico / Alfredo Pereira de Queiroz Filho
Queiroz Filho - São Paulo, 2018.
            121 f.

            Livre-docência - Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Geografia. Área de concentração:
Geografia Física.

            1. Geografia Física. 2. cartograma. 3.
Bibliometria. 4. artigo científico.

Folha de aprovação

Nome: Alfredo Pereira de Queiroz Filho

Título: Análise espacial: abordagem do mapeamento bibliométrico

Tese apresentada ao Departamento de Geografia
da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas como requisito parcial para a obtenção
do título de Livre Docência.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____
Assinatura: _____

Agradecimentos

Gostaria de externar minha gratidão aos professores Ailton Luchiari, Emerson Galvani, Lígia Vizeu Barrozo, Jurandyr Luciano Sanches Ross e Mariana Giannotti pelo apoio e estímulo.

Também sou grato à Mitti Koyama, Marlon Resende Faria e Bruna Pizzol, pelo suporte quantitativo e estatístico aos dados da tese.

Especial agradecimento à Silmia Sobreira, pelas incontáveis horas de boa conversa e reflexão.

A pesquisa é dedicada à Nanis, CG e GG. Razão de tudo!

Resumo

Queiroz Filho, Alfredo Pereira de. **Análise espacial: abordagem do mapeamento bibliométrico**. 2018. 120p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

A análise espacial é considerada uma das decorrências da revolução quantitativa da geografia da década de 1950. Para alguns autores, ela recuperou uma antiga tradição da geografia grega clássica, a abordagem da superfície terrestre, o *geos* de Ptolomeu e de Varenius. No entanto, seu desenvolvimento foi acompanhado de inúmeras críticas, que contribuíram para expandir a dicotomia quantitativo/qualitativo na discussão metodológica na geografia. Esta pesquisa analisa os artigos científicos, extraídos da Coleção Principal da *Web of Science*, que utilizaram a análise espacial (AE). Realiza um mapeamento bibliométrico da produção científica que contém AE nos respectivos títulos, resumos ou palavras chave, desde o período associado à revolução quantitativa até o atual (1950-2017). Os resultados indicaram que o crescimento anual da publicação de artigos relacionados à análise espacial foi de 11,74%. A partir de 1990, esse aumento apresentou comportamento exponencial. Essa ampliação foi muito superior à taxa geral de crescimento dos artigos e mostrou a expansão do uso da análise espacial em inúmeras áreas de pesquisa. Os dados confirmaram que as áreas de pesquisa *Environmental Sciences* (9,14%), *Ecology* (6,02%) e *Public Environmental Occupational Health* (5,96%) publicaram mais artigos do que *Geography* (5,34%). Constatou-se também uma grande relevância dos aspectos metodológicos da análise espacial. A cocitação de autores e de artigos e a coocorrência de palavras destacaram esse aspecto. O número de citações e o acoplamento bibliográfico das revistas, artigos e autores corroboraram o *ranking* de áreas de pesquisa mais produtivas.

Palavras-chave: Análise espacial, mapeamento bibliométrico, artigo científico.

Abstract

Queiroz Filho, Alfredo Pereira de. **Análise espacial: abordagem do mapeamento bibliométrico**. 2018. 120p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Spatial analysis is considered one of the consequences of the quantitative revolution of the geography of the 1950s. For some authors, it recovered an ancient tradition of classical Greek geography, the approach to the Earth's surface, the *geos* of Ptolemy and Varenius. However, its development was accompanied by numerous criticisms, which contributed to expand the quantitative / qualitative dichotomy in the methodological discussion in geography. This research analyzes the scientific papers, extracted from the Core Collection of Web of Science, that used the spatial analysis (AE). It performs a bibliometric mapping of the scientific production that contains AE in the respective titles, abstracts or keywords, from the period associated to the quantitative revolution to the present (1950-2017). The results indicated that the annual growth of the publication of papers related to spatial analysis was 11.74%. From 1990, this increase showed an exponential behavior. This increase was much higher than the general growth rate of the papers and showed the expansion of the use of spatial analysis in many research areas. The data confirmed that the research areas Environmental Sciences (9.14%), Ecology (6.02%) and Public Environmental & Occupational Health (5.96%) published more articles than Geography (5.34%). A great relevance of the methodological aspects of the spatial analysis was also verified. The cocitation of authors, papers and the cooccurrence of words emphasized this aspect. The number of citations and the bibliographic coupling of the journals, papers and authors corroborated the ranking of more productive research areas.

Keywords: Spatial analysis, bibliometric mapping, scientific paper.

Lista de figuras

Figura 1: Representação esquemática dos principais componentes da pesquisa.....	15
Figura 2: Plano de voo da geografia quantitativa	25
Figura 3: Difusão da geografia quantitativa	26
Figura 4: Autores mais citados, sobre SIG, no período 2007-2016	49
Figura 5: Número de citações, por país, de artigos sobre pensamento espacial.....	50
Figura 6: Formas de mapeamento de redes acadêmicas.....	51
Figura 7: Representação do acoplamento bibliográfico e cocitação	53
Figura 8: Número de publicações sobre SIG, por área do conhecimento (2007-2016)	60
Figura 9: Diagrama de Venn da pesquisa.....	62
Figura 10: Esquema metodológico	62
Figura 11: Fluxograma de procedimentos	63
Figura 12: Total de artigos publicados (1950-2017)	67
Figura 13: Artigos publicados entre 1990-2017	68
Figura 14: Total de artigos por área de pesquisa (mais produtivas).....	69
Figura 15: Total de artigos por área de pesquisa por década (1990-2017)	72
Figura 16: Total de artigos publicados por revista	76
Figura 17: Representação da rede de revistas (maior número de artigos).....	77
Figura 18: Representação da rede de revistas (mais de 500 citações).....	78
Figura 19: Cocitação de revistas (> 500 citações).....	80
Figura 20: Acoplamento bibliográfico de revistas (> 500 citações).....	80
Figura 21: Rede de autores com mais artigos publicados	83
Figura 22: Rede de autores mais citados	84
Figura 23: Representação da estrutura das citações dos artigos (1990-2017).....	85
Figura 24: Cocitação de autores (> 100 citações)	86
Figura 25: Acoplamento bibliográfico de autores (> 500 citações)	87
Figura 26: Rede de artigos mais citados (autor e ano)	90
Figura 27: Cocitação de artigos (> 50 citações)	90
Figura 28: Acoplamento bibliográfico de artigos com mais de 200 citações.....	91
Figura 29: Representação das universidades mais produtivas.....	93
Figura 30: Representação das universidades conforme as citações dos artigos	94
Figura 31: Frequência de palavras.....	96
Figura 32: Coocorrência de palavras (> 165 ocorrências).....	97

Lista de Tabelas

Tabela 1: Expressões de busca	66
Tabela 2: Síntese dos dados da amostra	67
Tabela 3: Áreas de pesquisa mais produtivas (declaração de até seis áreas por artigo).....	69
Tabela 4: Relação das áreas de pesquisa citadas por artigo	70
Tabela 5: Total de artigos por área de pesquisa (décadas)	71
Tabela 6: Distribuição dos artigos por “grandes” áreas de pesquisa.....	73
Tabela 7: Distribuição dos artigos por área de pesquisa (WC)	74
Tabela 8: Lista de revistas de acordo com o número de artigos.....	75
Tabela 9: Lista de revistas conforme o número de citações	78
Tabela 10: Revistas da amostra e a Lei de Bradford	81
Tabela 11: Relação de número de autores por artigo da amostra.....	82
Tabela 12: Autores mais produtivos e respectivas áreas de pesquisa.....	83
Tabela 13: Lista de autores mais citados (total de citações).....	84
Tabela 14: Produtividade geral dos autores.....	88
Tabela 15: Artigos mais citados	89
Tabela 16: Lista de universidades que produziram mais artigos.....	92
Tabela 17: Lista de universidades com artigos mais citados.....	93
Tabela 18: Frequência e relevância de palavras	95
Tabela 19: Número de revistas por área de pesquisa da amostra	104
Tabela 20: Citações dos autores da revisão bibliográfica na amostra	107

Lista de quadros

Quadro 1: Resumo dos procedimentos bibliométricos.....	55
Quadro 2: Campos dos arquivos na plataforma WoS	65
Quadro 3: Sistematização dos resultados por unidades de análise e métricas da pesquisa	100

Lista de equações

Equação 1: Lei de Lotka.....	40

Sumário

1	Introdução	12
1.1	Contexto.....	12
1.2	Motivação, pressuposto e hipótese	14
1.3	Objetivo	16
2	Análise Espacial (AE).....	17
2.1	Primórdios.....	17
2.2	Contexto contemporâneo	20
2.3	Principais críticas	28
2.4	Desdobramentos.....	31
2.5	Caminhos da superação	36
3	Bibliometria.....	39
3.1	Leis bibliométricas.....	39
3.2	Definições e conceitos	44
3.3	Mapeamento bibliométrico	46
3.4	Procedimentos bibliométricos.....	51
3.5	Principais críticas	56
3.6	A bibliometria na geografia	58
4	Metodologia e procedimentos	61
1.1	Metodologia	61
4.1	Procedimentos.....	63
4.1.1	Características dos dados da WoS	64
4.1.2	Critérios da amostra dos dados	65
5	Resultados	67
5.1	Total de publicações	67
5.2	Áreas de pesquisa.....	69
5.3	Revistas	75

5.4	Autores	82
5.5	Artigos	89
5.6	Universidades.....	92
5.7	Palavras	95
6	Discussão	99
6.1	Comprovação	100
6.2	Contrapontos	104
6.2.1	Proporcionalidade	104
6.2.2	Interdisciplinaridade	105
6.2.3	Expressividade	106
6.2.4	Limites	108
6.2.5	Paradoxo?	109
6.2.6	Tendências	111
7	Conclusões	112
8	Perspectivas	114
9	Referências	116

1 Introdução

A introdução mostra um panorama geral da tese e está dividida em três subitens: contexto, motivação, pressuposto, hipótese e objetivo.

1.1 Contexto

No passado recente, de acordo com Egenhofer et al. (2016), a pesquisa geográfica evoluiu de um ambiente de escassez para extraordinária oferta de dados. Segundo o autor, estariam surgindo novas perspectivas na geografia para analisar grandes volumes de dados, com componentes espaciais de vários aspectos do ambiente e da sociedade, criados por milhões de sensores, em vários formatos, como imagens de sensoriamento remoto, coordenadas de GPS, mapas, *blogs*, vídeos, áudios, fotos, mensagens, entre outros.

A visualização dessa massa de dados se desenvolveu associada a inúmeras áreas do conhecimento. No entanto, mantiveram algumas características e termos consagrados. Segundo Chen (2006), quando a representação possui características geográficas, a informação pode ser organizada a partir da sua localização, de forma muito natural e intuitiva. As metáforas geográficas e espaciais são muito importantes e podem ser encontradas na maioria dos sistemas de visualização da informação. Não apenas desempenham um papel predominante, mas também se tornaram um dos modelos de *design* fundamentais dos ambientes virtuais. Para Slocum et al. (2009), a visualização científica envolve o uso de sofisticadas estações de trabalho para explorar grandes conjuntos de dados multivariados. Ela se estende muito além do campo dos dados espaciais, com os quais o geógrafo trabalha, como, por exemplo, as imagens médicas, as estruturas moleculares e os fluxos de fluidos.

Os metadados, que são descrições dos dados, podem ser considerados como atributos desse extraordinário e recente volume de informações disponíveis nas redes de comunicação. Para Ware (2013), a visualização dos metadados representa inúmeros desafios, dada sua complexa estrutura. Podem possuir distintas características, representar novas entidades, classes de objetos, relacionamentos, interações ou regras. Mas, ainda que sua representação gráfica não possa ser considerada uma tarefa trivial, dada a sua natureza diversificada, os problemas de representação são essencialmente os mesmos das outras informações.

Para Tufte (2001), a elegância gráfica é frequentemente encontrada na simplicidade do *design*. Boas representações visuais ajudam a compreender mecanismos, processos, dinâmicas e relações de causa/efeito. Para o autor, a melhor forma para descrever, explorar e resumir um conjunto de dados, mesmo que grande, é olhar para as imagens dessas informações.

Nesse contexto recente, a produção científica também cresceu em ritmo acelerado, em inúmeras áreas. O recorte da pesquisa aborda dois aspectos dessa evolução: a análise espacial e a bibliometria. Sobre essa conjuntura, Getis (2008) considera que a análise espacial amadureceu de tal forma, a partir da década de 1990, que seus métodos e conceitos transcenderam a geografia, e se tornaram fundamentais para distintas áreas de pesquisa, como a ecologia, epidemiologia, sociologia, planejamento urbano, geologia e estudos ambientais. E, segundo Huggett (2013), a elevação do número de pesquisadores e de artigos científicos ampliou a importância das métricas das publicações. Simultaneamente, os avanços computacionais e de armazenamento de dados melhoraram a acessibilidade e a facilidade de uso de medidas bibliométricas.

1.2 Motivação, pressuposto e hipótese

A motivação da pesquisa está relacionada ao questionamento de Fotheringham; Brunsdon; Charlton, (2000, p. xi), da Universidade de New Castle, extraída do prefácio do livro *Quantitative Geography: perspectives on spatial data analysis*:

“Um dos mais intrigantes paradoxos que enfrentarão os que vierem analisar o desenvolvimento da geografia será o motivo pelo qual, no final do século XX, grande parte da geografia se voltou contra a análise quantitativa de dados espaciais, assim como muitas outras disciplinas passaram a reconhecer sua importância. Em uma época em que a geografia deveria atender à demanda crescente de analistas de dados espaciais, a maioria de seus formandos era, na melhor das hipóteses, não quantitativa e, em alguns casos, era ativamente antiquantitativa”.

O mencionado paradoxo, aliado à vivência e trajetória profissional do autor, se transformou rapidamente em orientação para esta pesquisa acadêmica. A proposta é verificar se, ao menos em parte, a afirmação permanece válida e refletir sobre suas circunstâncias. Assim, foi cunhada a pergunta de base da pesquisa: os profissionais de outras áreas do conhecimento usariam mais análise espacial do que os próprios geógrafos?

Para respondê-la, decidiu-se avaliar a produção de artigos científicos das distintas áreas de pesquisa. Além da relevância, a escolha dos artigos também foi influenciada pela quantidade, facilidade de acesso e métricas associadas. Malgrado as críticas ao produtivismo acadêmico, os artigos foram considerados como principal meio de divulgação científica dos pesquisadores.

A amostra de artigos foi extraída da *Web of Science Core Collection* (WoS). A WoS é uma plataforma que integra inúmeros bancos de dados bibliográficos. A *Core Collection* é o seu recurso mais importante e contém mais de 20.000 revistas acadêmicas, revisadas por pares e publicadas em todo o mundo, de 250 áreas do conhecimento, contendo aproximadamente 69 milhões de artigos e um bilhão de referências citadas, desde o ano de 1900.

Para integrar a amostra analisada nessa pesquisa, os artigos científicos internacionais deveriam possuir a expressão “análise espacial” nos principais campos do banco de dados: título, resumo ou palavras chave (metadados dos artigos).

O primeiro pressuposto da pesquisa é de que o título, resumo e palavras chave do artigo científico contêm os elementos mais importantes da pesquisa acadêmica. O segundo é de que

esses componentes do artigo informam, quando pertinente, se teorias, metodologias e procedimentos de AE foram utilizados na realização da investigação científica.

A importância dos artigos científicos pode ser considerada de longa data. Na década de 1960, as estimativas eram de que o número de revistas científicas em atividade era próximo de 30.000, que o total de artigos publicados era de 6.000.000, e que aumentavam em uma taxa de meio milhão por ano (PRICE, 1963). Além disso, também no mesmo período, Stoddart (1967) constatou uma significativa mudança na estrutura das publicações científicas. Na geografia, assim como em outras ciências, os artigos científicos estariam se tornando cada vez mais importantes e, os livros, reduzindo sua histórica influência.

A hipótese da pesquisa, originária do paradoxo citado, é de que o número de artigos científicos que utilizam AE é maior em outras áreas de pesquisa e menor na geografia. Além de comprovar se a afirmação permanece verdadeira, quase duas décadas após sua menção, a proposta é refletir sobre os dados e circunstâncias.

Uma suposição é de que, embora a geografia tenha sido o berço da revolução quantitativa e da AE, há indícios de que o número de artigos científicos da geografia teria sido suplantado pelo das outras áreas do conhecimento, pois não vivenciaram a dicotomia quantitativo-qualitativa tão expressiva quanto a do meio geográfico.

De maneira sucinta, considera-se que: a análise espacial é o objeto de análise; o artigo científico é o meio; os periódicos agrupam os artigos, e as áreas do conhecimento se expressam por diversas revistas e artigos (Figura 1).

Figura 1: Representação esquemática dos principais componentes da pesquisa

1.3 Objetivo

Representar e avaliar os artigos científicos que utilizam a análise espacial (AE) da Coleção Principal da WoS. Consiste em uma análise bibliométrica da produção científica que contém AE no título, resumo ou palavras chave dos artigos, desde o período da revolução quantitativa da geografia até o atual (1950-2017).

A mineração de dados será utilizada para explorar o acervo bibliográfico da WoS. Os operadores da lógica booleana (AND, OR, & NOT) serão utilizados para ampliar, restringir e, eventualmente, excluir artigos da amostra. O mapeamento bibliométrico será utilizado para representar graficamente os seus metadados e respectivos atributos.

Em relação à AE, visa responder:

- Publicação: qual é o total de artigos publicados? Como se distribuíram no tempo?
- Área do conhecimento: quais são as áreas de pesquisa mais produtivas? Como foi sua evolução ao longo do tempo?
- Revistas: quais são os periódicos que mais publicaram sobre AE? A qual área do conhecimento pertencem? Quais foram as mais citadas?
- Autor: quais os autores mais produtivos e citados? A quais áreas de pesquisa pertencem?
- Universidade: quais instituições são mais produtivas e citadas?
- Palavras: quais palavras mais ocorrem nos títulos, resumos e palavras chave?
- Tendência: haveria alguma perspectiva?

2 Análise Espacial (AE)

O capítulo contém uma revisão bibliográfica sobre AE no contexto da geografia. Sua estrutura reflete um recorte histórico da sua ocorrência e ilustra sua variação semântica, com os termos geografia quantitativa, geografia teórica, AE e análise geoespacial, que se sucederam a partir da década de 1950 na geografia.

2.1 Primórdios

Segundo Barnes; Abrahamsson (2017), os primórdios da ciência espacial remontam aos antigos gregos, em particular, ao trabalho de Cláudio Ptolomeu, em Alexandria, no final do primeiro e início do segundo século da Era Cristã. Sob essa perspectiva, Barnes (2011) considera que os elementos que compõem a AE existem há milênios. O autor não sugere que ela tenha sido concebida por Ptolomeu, mas que o eminente geógrafo estava preocupado com o espaço, e que sua análise se daria pela tradição filosófica de Platão, Aristóteles e Euclides, da qual era herdeiro. Pondera que componentes de suas ideias e práticas se mantiveram com Varenius e Newton e, por fim, foram incorporadas ao que se tornou a AE contemporânea.

De acordo com Curry (2005), a geografia grega clássica utilizava diferentes abordagens: *topos*, *choros* e *geos*. *Topos* correspondia ao estudo do lugar, *choros* à região e *geos* à superfície terrestre. Os lugares se combinariam para constituir regiões, que por sua vez se agregariam para representar a superfície terrestre. Na atualidade, segundo Barnes (2008), essa distinção continua sendo interpretada como diferentes escalas geográficas ou recortes espaciais.

No entanto, Curry (2005) considera que essa distinção reflete com mais propriedade os modos de conhecimento geográfico. *Topos* e *choros*, as primeiras formas da geografia clássica, emergiram de uma cultura oral, uma vez que lugar e região estavam associados às narrativas. *Geos*, em contraste, surgiu mais tarde, relacionado aos números, à matemática, provável decorrência da *Geographia*, de Ptolomeu. “Ele acreditava que a tarefa do *geos* era assegurar semelhança à configuração da Terra” (CURRY, 2005, p.685).

Em certo sentido, o que hoje se considera como geográfico estava bem estabelecido em Ptolomeu. É uma abordagem de representação na qual se imagina que a Terra pode ser vista como uma superfície divisível por uma grade matemática. A Terra é imaginada em termos visuais, vista de cima (CURRY, 2005, p.685).

A *Geographia* de Ptolomeu foi perdida e encontrada inúmeras vezes, em mais de mil anos. Foi traduzida para o latim, em 1406, e publicada em Bolonha, em 1477. Na década de 1640, Bernhardus Varenius estudou essa edição latina em Amsterdã, e publicou sua obra em 1650, a *Geographia Generalis* (BARNES; ABRAHAMSSON, 2017).

De acordo com Lukermann (1961), da mesma forma que a *Geographia* de Ptolomeu, a *Geographia Generalis* de Varenius recomendava a matematização do espaço, a descoberta de elementos espaciais universais e o reconhecimento de princípios gerais de ordenamento espacial.

Ptolomeu pode ser considerado a última grande fonte da geografia clássica (LUKERMANN, 1961). No entanto, segundo o autor, não deve ser considerado como síntese ou ápice desses estudos. Ao contrário, ele foi uma das fontes. E, elas sempre têm antecedentes. Ptolomeu simbolizou a mudança e criação, da mesma forma que representou a continuidade da tradição sobre o tema.

Segundo a interpretação de Ptolomeu, a geografia é um mapa (*diagraphos*) do mundo conhecido (LUKERMANN, 1961). Deveria descrever a natureza, a proporção, a posição e a configuração dessas características de forma quantitativa. No período clássico, ainda segundo o autor, a essência dos métodos e processos para fazer geografia se baseava na localização, no posicionamento das coisas. A geografia era a terra conhecida, na qual os processos naturais ocorriam. A corografia articulava as partes de um dado conjunto e, a topografia, o lugar, a unidade ou grupo de unidades.

Para Ptolomeu, excerto extraído de *A Sourcebook in Greek Science*, de 1948, traduzido por M. R. Cohen e I.E. Drabkin:

A geografia deve, primeiro, considerar a forma de toda a Terra, bem como seu tamanho e sua posição com referência aos céus, de modo que se possa ser capaz de ter o tamanho e a natureza da porção conhecida da Terra e sob quais círculos paralelos a esfera celestial em cada lugar está. A partir disso, será possível compreender a duração de noites e dias, as estrelas fixas que estão acima e aquelas que em todos os momentos estão abaixo do horizonte, bem como todas as outras informações sobre as regiões habitáveis.

São estudos que fazem parte da mais sublime e bela ciência teórica, pois é com a ajuda da matemática que eles revelam ao homem a compreensão do próprio céu em sua verdadeira natureza (pois podemos observá-lo como ele gira sobre nós); enquanto eles representam a terra através de um modelo, uma vez que a terra real, que é tão grande e não nos cerca, não pode ser atravessada em sua totalidade ou em suas partes individuais pelos mesmos homens (COHEN; DRABKIN, 1948, p.164).

Muitos autores consideram que a gênese da geografia está associada aos gregos. De acordo com Pattison (1964), a geografia possuía quatro principais tradições: a espacial, de estudos de área, da relação homem-terra e das ciências da terra. A análise espacial implicava em isolar as características do objeto de estudo, tais como, distância, forma, direção e posição. Na época, os principais elementos da tradição espacial eram a geometria e o movimento, cujas origens podem ser associadas à Grécia Antiga, ao trabalho de Ptolomeu. As origens da tradição de estudos da área podem ser associadas à obra de Estrabão, também na Grécia Antiga. Eternizado pela sua *Geographia*, buscava descrever a natureza, o caráter e a diferenciação dos lugares (posteriormente resgatada por Hartshorne). As origens da tradição de relação homem-terra podem ser associadas a Hipócrates, médico grego, do século V a.C.. Sua obra *Sobre os Ares, Águas e Lugares*, continha reflexões sobre a saúde humana e a natureza, relacionadas às características ambientais. A tradição da ciência da terra abrangeria o estudo da Terra, águas e atmosfera. Também pode ser associada à Grécia Antiga, à obra de Aristóteles, como um amplo estudo de processos naturais da superfície terrestre e seu entorno. Foi rejuvenescida por Varenius, no século XVII, com sua obra *Geographia Generalis*.

Nesse contexto de resgate de autores clássicos, Billinge; Gregory; Martin (1983) observaram que a história da geografia é frequentemente abordada como um arco intelectual, do passado ao presente, cuja trajetória funde relações históricas e dependências lógicas. A Natureza da Geografia, de Hartshorne, é um bom exemplo disso, pois resgatou referências do passado, como Kant, Humboldt, Ritter, Richthofen e Hettner, e buscou evidenciar algum consenso com os clássicos para dar credibilidade às suas conclusões. Em certos casos, os autores avaliam que essa busca de convergência poderia ser considerada retórica, uma forma de persuasão para propagar certas teorias ou pontos de vista.

2.2 Contexto contemporâneo

Para Burton (1963), a geografia passou por uma transformação radical de espírito e propósito, na década de 1950, denominada de revolução quantitativa. A insatisfação com a geografia idiográfica, praticada em décadas pregressas, poderia ser entendida como a raiz dessa revolução. Caracterizou-se pelo uso da matemática, pela construção e teste de modelos teóricos na geografia.

Para Baker; Boots (2005), uma importante característica dessa revolução foi a assimilação de ideias relacionadas à Teoria Geral dos Sistemas (TGS), proposta por von Bertalanffy, em 1950. Essa teoria possibilitou usar as propriedades de um sistema conhecido, por analogia, para explorar e representar as de um sistema pouco conhecido.

Segundo Adams (2001), um panorama da pesquisa em geografia, na primeira metade do século XX, poderia ser sintetizado em: 1) predomínio da geografia física e regional, com uso de procedimentos não quantitativos, 2) perda de credibilidade do arcabouço teórico do determinismo ambiental, 3) ascensão dos aspectos culturais, da obra de Carl Sauer, de 1925, *Morphology of landscape*, 4) influência de Hartshorne, a partir da obra *Nature of Geography*, de 1939, 5) publicação do ensaio crítico de Fred Schaefer, intitulado *Exceptionalism in geography*, em 1953.

De acordo com Bunge (1979), o artigo *Exceptionalism in Geography: A Methodological Examination*, de 1953, de F. K. Schaefer pode ser considerado um marco da geografia quantitativa. Schaefer desqualificou os procedimentos descritivos, atribuídos aos regionalistas e desprezou a singularidade resultante dos processos idiográficos, enaltecidos por Hartshorne. Para Schaefer, a Geografia era uma ciência que deveria se interessar mais pelos padrões dos fenômenos (nomotética) e menos em fatos individuais (idiográfica). De forma análoga, segundo Goodchild (2008a), Bunge considerou que o mais importante debate intelectual da geografia, no final da década de 1950 e início da de 1960, ocorreu entre as perspectivas nomotética e idiográfica da ciência.

De acordo com Schaefer (1953), o pai do criticado excepcionalismo foi Immanuel Kant. Ainda que possa ser considerado um dos grandes filósofos do século XVIII, Kant era um geógrafo de pouca expressão se comparado a seus contemporâneos ou com Varenius, que morreu mais de cento e cinquenta anos antes dele. Para Kant, a história e a geografia se encontravam em uma posição excepcional, diferente das chamadas ciências sistemáticas. Ambas poderiam ser consideradas como uma descrição. Sua principal diferenciação era de

que a primeira era uma descrição de acordo com o tempo, enquanto a última seria uma descrição de acordo com o espaço.

Com o desenvolvimento das ciências naturais nos séculos XVIII e XIX, ficou evidente que a mera descrição não seria suficiente para embasar a geografia (SCHAEFER, 1953). A descrição, mesmo se seguida de classificação, não explicaria a maneira pela qual os fenômenos seriam distribuídos pelo mundo. Para o autor, nenhuma ciência deveria destacar fatos individuais, mas os padrões que os fenômenos exibem. A geografia, portanto, deveria prestar mais atenção no arranjo espacial dos processos de uma área e menos nos próprios fenômenos. As relações espaciais seriam atributos fundamentais da geografia.

Além disso, segundo Schaefer (1953), a metodologia científica não poderia ser considerada um repositório de técnicas especiais, escolhidas sem critério. A geografia teria se equivocado ao interpretar as técnicas de elaboração de mapas, de ensino e as histórias do desenvolvimento da área como metodologias.

Além de considerar as metodologias geográficas muito complacentes, Schaefer (1953) mostrou indignação pelo fato de que algumas ideias fundamentais tivessem permanecido incontestadas por décadas, embora houvesse razões para duvidar da sua capacidade de explicação. Parte da defasagem metodológica, em relação às outras ciências, talvez se devesse às ambições irrealistas e pouco claras de conceber a geografia como ciência única e integradora, com uma metodologia única e própria.

Para Schaefer (1953), os conceitos, leis e hipóteses, em um campo ativo do conhecimento, deveriam ser continuamente refinados, descartados ou reduzidos ao *status* de aproximações. A metodologia seria a lógica desse processo e seu debate, principalmente nas disciplinas jovens, era um sinal de saúde.

De acordo com Burton (1963), o método científico consistiria na organização dos fatos, experiências e aperfeiçoamento da teoria para a previsão de fatos desconhecidos. A teoria proporcionaria a medida na qual os eventos excepcionais e inusitados poderiam ser reconhecidos. Segundo o autor, o enfoque mecanicista de parte da ciência do século XIX poderia, em alguma proporção, ser observado entre os deterministas, como Semple (discípulo de Ratzel), Huntington e Griffith Taylor, pois buscavam relações de causa e efeito e refletiam constantemente sobre padrões e leis. Da mesma forma, características mecanicistas estariam presentes em boa parte do trabalho recente dos quantificadores.

Outra abordagem metodológica da geografia, segundo Schaefer (1953), era a correlação cartográfica. Estava associada a dois tópicos conexos, a geografia comparativa e a tipologia. Humboldt teria utilizado ocasionalmente, mas Ritter e Hettner apreciavam esse procedimento. Ambos compararam fenômenos geográficos de vastas regiões ou continentes inteiros, os quais, apesar das suas complexidades, exibiam certas semelhanças. Contudo, o autor considerava que muitos dos trabalhos denominados comparativos poderiam ser enquadrados como descrições regionais ingênuas.

No início da década de 1960, Ackerman (1963) acreditava no potencial da quantificação aplicada à geografia. Mas, questionou se seria a matematização o caminho para o futuro. Também advertiu que era necessário cuidado para avaliar as linhas de pesquisas decorrentes dessa integração. Mencionou a possibilidade de eventuais impasses causados pelas técnicas matemáticas, computador e pela lógica simbólica. Contudo, na perspectiva do autor, “a ciência seria uma procura das regularidades subjacentes aos eventos diferentes” (ACKERMAN, 1963, p.433). Esta busca ocorreria pela: 1) observação comprovável e descrição; 2) elaboração de hipóteses para projetar a realidade no desconhecido e 3) teste das hipóteses.

Para (BARNES, 2001), embora a década de 1950 seja usualmente associada à revolução quantitativa da geografia, a revolução teórica concomitante foi igual ou mais importante. O autor considera, porém, que tanto o adjetivo quanto o substantivo na frase “revolução quantitativa” seriam erros de interpretação. O substantivo estaria equivocado porque a geografia poderia ser caracterizada como quantitativa, na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos, desde o tempo de sua institucionalização formal, no século XIX. O adjetivo estaria errado porque os eventos significativos na geografia econômica da década de 1950 envolveram muito mais a introdução de teorias do que propriamente dos números.

Para Gould (1979), não foram os números, em si, que foram importantes na revolução quantitativa, mas uma nova maneira de ver a pesquisa geográfica. O autor sintetiza o período na definição de pensamento científico de Whitehead: “Para ver o que é geral no que é particular e o que é permanente no que é transitório” (p. 140). Nesses vinte anos, a geografia teria assimilado procedimentos estatísticos, de otimização, de análise de sistemas e de pesquisa operacional que permitiram ver o geral no particular. Considerou, entretanto, que não houve mudança de paradigma, mas ampliação da dimensionalidade da geografia.

A revolução quantitativa, na década de 1950, pode ser comparada à descoberta de um novo continente pelos geógrafos, um mundo marcado por hexágonos aninhados, centralidade funcional, coeficientes de tendência de superfície e computadores com dimensões semelhantes a pequenos imóveis (BARNES, 2004). Para o autor, a expressão utilizada por Isaac Newton “Se eu tenho vejo mais, é por estar nos ombros dos Gigantes” poderia ser aplicada à evolução da geografia quantitativa. O físico supôs que seu conhecimento era privilegiado, pois poderia “ver mais”, uma vez que estava apoiado em seus antecessores, os gigantes, como Copérnico, Kepler e Galileu. Essa observação reforça também a mencionada referência à contribuição de Ptolomeu, feito por Lukermann (1961).

No final da década de 1950, conforme Adams (2001), muito geógrafos urbanos se empenharam na releitura de obras, como a Teoria de localização das Indústrias, de Alfred Weber, de 1929, na Localização da Atividade Econômica, de Edgar Hoover, de 1948, Comportamento Humano e o Princípio de Menor Esforço, de George Kingsley Zipf, de 1949, Estudos de Wassily Leontief, sobre a Estrutura da Economia Americana, de 1953 e *The Location of Agricultural Production*, de 1954, de Edgar Dunn. O autor também destacou a publicação *Interregional and Regional Input-Output Analysis: A model of a Space Economy*, de 1951, de Isard, e *The Propagation of Innovation Waves*, 1952, de Haggerstrand.

Baker (2008) considera que a essência da revolução quantitativa na geografia foi usar modelos e métodos científicos para buscar o ordenamento dos padrões e processos espaciais e superar as geografias descritivas e regionais dos anos 50 do século XX.

Outro aspecto importante a ser mencionado é que o modelo quantitativo de ciência do pós-guerra foi forjado por uma máquina produzida por esse mesmo paradigma, o computador (BARNES, 2011). Para Baker; Boots (2005), embora os conceitos da quantificação utilizados nas décadas de 1960 e 1970 possam ter se sofisticado, uma parte importante permaneceu idêntica. Ponderam que a principal evolução foi de que os testes empíricos deixaram de ser opcionais. Além de usar modelos coerentes, testáveis e reproduzíveis, tornou-se fundamental compreender o significado dos processos estatísticos utilizados, formalizados computacionalmente.

De acordo com Golledge (2002), houve uma mudança substancial na natureza do conhecimento geográfico na segunda metade do século XX. Na maior parte da história da disciplina, o conhecimento geográfico se caracterizou pela coleta e representação de fatos

físicos e humanos. Mas, na última metade do século anterior, houve uma expressiva mudança de ênfase: da forma, acúmulo ou estoque, para a compreensão do processo.

Ao invés de reconhecer, rotular, inventariar textual e graficamente os fenômenos, parte dos geógrafos utilizou o raciocínio lógico, a inferência dedutiva e indutiva, a análise de formas complexas e sua representação para compreender os processos associados aos fenômenos. Compreender o espaço significaria reconhecer as relações entre as primitivas geográficas e os conceitos a elas associados, tais como, arranjo, organização, distribuição, padrão, forma, hierarquia, distância, direção, orientação, regionalização, etc., e sua generalização e associação formal em teorias (GOLLEDGE, 2002).

A obra *Theoretical Geography*, de William Bunge, publicada em 1962 e reeditada em 1966, pode ser considerada como obra seminal da revolução espaço-quantitativa (COX, 2001). Segundo o autor, a ambição do projeto da Geografia Teorética era enorme. Visava recriar a disciplina, respaldada pelo seu caráter científico e reunir os geógrafos em torno do seu problema central, a proximidade. A proposta era buscar o arranjo espacial dos objetos em interação. Essas relações espaciais seriam indiferentes à substância. Do ponto de vista espacial, não haveria diferenças essenciais entre a geografia física e a humana. Nesse sentido, a geografia teorética de Bunge poderia ser considerada como um manifesto acadêmico. Embora não declarada explicitamente, geografia era considerada geometria. Para Bunge, conceber uma linguagem matemática para descrever os fenômenos espaciais não era um meio para aplicar a teoria, mas uma finalidade para a qual o esforço teórico deveria ser direcionado.

Segundo Goodchild (2008a), a motivação de Bunge, em *Theoretical Geography*, estava apresentada na introdução: a geografia era uma ciência; toda ciência é definida por seu domínio de conhecimento; toda ciência tem um lado factual ou empírico e um lado teórico; havia muitos livros sobre fatos, mas nenhum sobre teoria geográfica.

Para Bunge, leis simples deveriam ser pesquisadas para compreender os padrões dos fenômenos da superfície terrestre. A chave para entender esses padrões era a geometria, pois permitia descrevê-los com precisão. Seus teoremas permitiriam raciocinar e fazer inferências sobre sua distribuição (GOODCHILD, 2008a). Atualmente, segundo o autor, as ideias de geografia de Bunge, baseadas na geometria, estão vivas, mas não pelas razões sugeridas na década de 1960. O padrão geométrico é um componente importante, mas não poderia ser considerado como explicação da causa do fenômeno. Da mesma forma, as propriedades

espaciais como latitude, distância ou direção, isoladas, tampouco esclareceriam a natureza dos fenômenos.

Schaefer, segundo Goodchild (2008a), exerceu profunda influência em Bunge. Este fez parte de um grupo de estudantes de pós-graduação da Universidade de Washington, no final dos anos 1950, e foram inspirados por William Garrison, Edward Ullman e Donald Hudson. Esse seleto grupo incluía pesquisadores como Duane Marble, Brian Berry, Michael Dacey, Richard Morrill, John Nystuen, Arthur Getis e Waldo Tobler (apelidados como *space cadets*), que tiveram papel decisivo em disseminar a quantificação na geografia.

Conforme Haggett (2008), os principais centros de difusão da revolução quantitativa na geografia humana, nas décadas de 1950 e 1960, foram a Universidade de Washington, nos EUA, e na Universidade de Lund, no sul da Suécia. A Figura 2 ilustra as cidades nas quais a geografia quantitativa foi formulada, praticada e entre as quais seus integrantes se deslocaram.

Figura 2: Plano de voo da geografia quantitativa
Fonte: (BARNES, 2004)

De acordo com Haggett (2008), houve cinco principais diferenças entre a revolução quantitativa dos EUA e da Inglaterra (Figura 3). A primeira é temporal, pois surgiu em Cambridge de 4 a 5 anos após Washington. A segunda foi a origem: o epicentro foi Columbia, e não Seattle, a figura-chave foi Strahler (Geografia Física), ao invés de Garrison (Geografia Humana). A terceira foi a característica disciplinar, pois o principal fluxo de ideias dos EUA veio das Ciências Sociais e, em Cambridge, das Ciências Ambientais. A quarta foi o meio de

propagação: pós-graduação nos EUA e os cursos de verão do Madingley Hall, próximo à Cambridge. A quinta diferença era a quantidade de recursos disponíveis. Dos pontos de vista financeiro e computacional, o Reino Unido não teve qualquer equivalente aos institutos e universidades norte-americanas, que receberam volumosos recursos do *National Science Foundation* (NSF).

Figura 3: Difusão da geografia quantitativa
Fonte: Haggett (2008)

Sobre a quantificação na geografia, Barnes (2001) considera que as transformações foram teóricas e revolucionárias, mas especialmente epistemológicas. Considera que os teóricos da primeira fase utilizaram vocabulário original nas pesquisas, fundamental para garantir a veracidade de suas postulações. Contudo, sua essência ainda não estava cristalizada. Havia diferenças, entre seus autores, sobre o cerne dos fundamentos teóricos: leis morfológicas de Schaefer, de 1953, lógica espacial da geometria de Bunge, de 1966, linguagem universal da matemática, de Garrison, de 1956, raciocínio lógico de Haggett, de 1965, física social e a lógica da ciência regional, de Warntz, de 1957.

O termo análise espacial, segundo Barnes (2008), ganhou destaque a partir do livro *Spatial Analysis: a reader in statistical geography*, de 1968, de Brian Berry e Duane Marble. Até aquele momento, a expressão era pouco utilizada, diferente dos termos análise regional, análise locacional ou análise de rede, mais recorrentes.

Essa obra de 1968 reuniu 37 capítulos, oriundos do primeiro período da revolução quantitativa na geografia. Difundida nas décadas seguintes, viria receber nova denominação - análise geoespacial, e assumiria características multidisciplinares e inovadoras (BERRY; GRIFFITH; TIEFELSDORF, 2008).

Lamentavelmente, para (BARNES, 2011), a análise espacial foi preterida no período que a geografia se inseriu no meio acadêmico (final do século XIX). Sua inserção universitária priorizou abordagens sobre *topos* e, especialmente, *choros*, que tinham sido consideradas, cerca de duzentos anos antes, por Varenius, uma geografia especial entediante.

Para Dixon; Jones III (1998), a análise espacial caracterizou o movimento iniciado nas décadas de 1950 e 1960 que transformou a geografia anglo-americana, cuja natureza era essencialmente descritiva em uma ciência preocupada em analisar padrões espaciais e descobrir as especificidades operacionais e a ocorrência de processos que produzem esses padrões.

De acordo com Barnes (2011), a análise espacial estava intrinsecamente ligada à geografia quantitativa. Considerou fundamental o contexto dessa revolução, ocorrido após a Segunda Grande Guerra, marcado por: significativas mudanças nas ciências sociais e ambientais dos EUA; generoso apoio financeiro e institucional dos militares, relacionado à Guerra Fria; preocupação do estado intervencionista com o planejamento instrumental e a gestão do crescimento urbano e da malha viária; surgimento e rápido aperfeiçoamento do computador, equipamento essencial para as análises espaciais.

2.3 Principais críticas

Conforme Spate (1960), sedutoras dicotomias estão associadas à discussão metodológica na geografia. As principais são: arte e ciência, física e humana, nomotética e idiográfica, intuição e raciocínio, regional e sistemática, qualitativa e quantitativa. Para o autor, seria fundamental descobrir meios para equacionar os problemas relacionados à quantidade e ao valor. Avaliou que a redução matemática poderia implicar na perda de elementos essenciais da pesquisa, pois considerava que as experiências mais importantes eram qualitativas.

Os principais riscos da quantificação, ainda de acordo com Spate (1960), seriam: a tendência a confundir os fins e os meios; a ingenuidade, que não separa o trivial do importante; a ambição juvenil dos pesquisadores, que em excesso, poderia conduzir ao obscurantismo da vida acadêmica.

Sobre a revolução quantitativa, Burton (1963) agrupou as principais críticas em:

- 1) Proposta equivocada: a quantificação levaria a geografia em uma direção errada e infrutífera;
- 2) Desperdício de tempo: aperfeiçoar os equipamentos e os treinamentos em estatística seriam pouquíssimo úteis;
- 3) Seletividade: as técnicas estatísticas poderiam ser aplicadas em certas pesquisas da geografia, mas não em todas, porque há certas coisas que não podem ser medidas. Embora seja considerado um fato pacífico, a literatura sobre a análise de dados qualitativos se expandiu;
- 4) Aplicação incorreta: ainda que úteis, as técnicas quantitativas estariam sendo utilizadas equivocadamente. Os fins eram confundidos com os meios e não haveria discernimento para distinguir o importante do trivial. As aplicações incorretas foram e sem dúvida continuarão sendo feitas, em alguns casos, pelo motivo errado, como moda ou esnobismo;
- 5) Usuário: a quantificação é boa, mas os quantificadores não (argumento *ad hominem*). Os pesquisadores seriam presunçosos, ambiciosos ou arrogantes.

Conforme Spate (1960, p. 387), a afirmação “É importante contar o que pode ser contado” teria validade em um contexto limitado. As descrições quantificadas seriam procedimentos muito importantes, mas haveria significativa diferença entre classificar e compreender, contar

e julgar. Para o autor, os métodos quantitativos seriam complementos à descrição, mas não seriam capazes de fornecer interpretações.

Para Curry (1967) o uso de vários modelos computacionais, na época, ocorreu em relação inversa às suas exigências teóricas. A falta de teorização formal foi o maior obstáculo para o progresso da quantificação. Suas previsões, feitas há mais de cinquenta anos, mostram uma extraordinária capacidade de análise que, sem dúvida, expressam com exatidão inúmeras circunstâncias do momento atual:

É perigoso adivinhar o impacto dos métodos quantitativos na geografia daqui a cinquenta ou cem anos. Até agora, o desenvolvimento sugere que o curso futuro será governado mais pela mudança tecnológica do que uma busca ótima por avanços científicos. Os computadores já criaram algum impacto e provavelmente causarão ainda maiores. Os satélites voltados para a Terra, que transmitem dados em todas as faixas do espectro eletromagnético, terão suas resoluções consideravelmente melhoradas e demandarão muito mais capacidade de processamento de dados. O reconhecimento automatizado de padrões será impulsionado. Grande parte da função de “conhecimento mundial” da geografia será suplantada pela visualização *on-line* de qualquer parte desejada da Terra. Uma boa parte da tomada de decisão para a alocação de recursos também será estruturada a partir desse fluxo de informações. Em tudo isso, o geógrafo quantitativo terá um papel importante e será transformado ao considerar questões fundamentais desse processo (CURRY, 1967, p 277).

Segundo Morrill (2008), seria possível argumentar que 95% dos ataques à geografia quantitativa se referiam: à sua prática, à inadequação da teoria, ao seu poder como ciência, aos dados insuficientes e superficiais e aos inúmeros pecados de comissão e de omissão. E que somente 5% criticaram sua viabilidade ou plausibilidade. Para o autor, a rejeição à quantificação causou um dano significativo, mesmo que boa parte das críticas tivesse um caráter notadamente retórico. Mas que, enquanto ciência, a geografia seria mais forte do que seus críticos proclamavam.

Para BARNES (2011), as críticas à análise espacial se intensificaram no início da década de 1970. Foi considerada fora de sincronia com o passado intelectual da disciplina, fundamentada pela singularidade geográfica, e com o momento histórico e político, do final dos anos 1960 e início dos anos 1970. Houve muitas reações à abstração, tecnologia, ordenação formal, autoridade centralizada e atributos da análise espacial.

Fotheringham; Brunsdon; Charlton (2000) também sintetizaram as críticas à quantificação: desilusão com os fundamentos do positivismo e ascensão dos paradigmas marxistas, pós-modernistas, estruturalistas e humanistas; desejo aparentemente interminável por novos paradigmas; necessidade de autoafirmação: a linha de pesquisa que parece ser mais bem aceita na geografia humana do que em algumas disciplinas relacionadas é a que mais criticaria os paradigmas estabelecidos; herança negativa da quantificação: os usuários dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), independentemente da revolução da informação, herdaram os mesmos estigmas depreciativos; nível de dificuldade da geografia quantitativa, particularmente para os pesquisadores e alunos que não possuem formação matemática consistente.

David Harvey pode ser considerado como figura central da reação da geografia humana contra a análise espacial (BARNES, 2011). De acordo com o autor, antes mesmo de concluir sua obra quantitativa, *Explanation in Geography*, em 1969, Harvey mostrou sinais de dúvidas sobre sua abordagem metodológica. Mudou de posição em 1971 e, em 1972, Harvey atacou a utilidade das teorias, modelos e técnicas estatísticas, considerando-as, na melhor das hipóteses, irrelevantes e, na pior, politicamente regressivas ou contrarrevolucionárias.

De certa maneira, de acordo com Marchand (1974), os geógrafos radicais estariam certos em contradizer o positivismo. Contudo, deveriam utilizar sua dialética até a síntese. Ao permanecerem no nível do mito, alimentaram a contradição ao invés de transcendê-la.

Ainda segundo Marchand (1974), a geografia quantitativa vivenciou, em determinado período, uma séria crise. Ocorreu, em parte, devido ao mau uso da matemática, mas também pela recusa da formalização e pelo destaque dado aos estudos sociais e políticos. O autor argumentou, contudo, que os geógrafos deveriam usar linguagens formais. Precisariam buscar a linguagem que melhor representasse, em um intervalo de tempo, o conjunto de fenômenos pesquisado.

2.4 Desdobramentos

Segundo Gould (1979), o período entre 1957 e 1977 pode ser considerado como os melhores e os piores dos tempos. Para o autor, essa frase de Dickens capta com primor a ambivalência e ambiguidade de qualquer período verdadeiramente revolucionário. Foi uma época de grande inovação e de inúmeros desafios, com uma sensação de descoberta e excitação intelectual. Mas, pode também ser caracterizada pela mesquinhez do espírito humano, decorrência dos ataques dos pesquisadores tradicionalistas que se sentiram ameaçados e buscavam defender seu mundo confortável e estabelecido.

Após de quinze anos de progresso, a geografia quantitativa perdeu parte de sua energia, cercada pela indiferença e hostilidade. Ela ignorou as questões sociais e muitas das técnicas estatísticas provaram ser tão inapropriadas quanto os métodos clássicos. Em contrapartida, o movimento da geografia radical foi importante e, em parte, estava correto, mas caiu em uma armadilha dialética ao contradizer os geógrafos quantitativos, pois “representou a antítese no exato momento em que a geografia precisava desesperadamente do toque de síntese” (MARCHAND, 1974, p.15).

De acordo com Goodchild (2008b), a pesquisa sobre quantificação, na década de 1970, perdeu muito de seu ímpeto por duas principais razões. A primeira é de que a distribuição espacial decorreria de inúmeros e distintos processos. Ainda que seja plausível escolher a alternativa mais simples usando, por exemplo, o princípio da Navalha de Occam, era difícil argumentar qual dos processos seria o mais simples. Além disso, percebeu-se que os esforços para avaliar se um padrão é agrupado, e rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade espacial, contribuía muito pouco para a compreensão do fenômeno. A segunda foi a decepção dos pesquisadores com a qualidade da explicação fornecida pelos modelos.

Entretanto, o referido autor considera que, em certas áreas da geografia, a estatística continuou sendo muito significativa. Os SIGs, que surgiram na década de 1960 e se desenvolveram nas décadas seguintes, poderiam ser considerados uma resposta às várias necessidades sobrepostas de pesquisa e ilustrariam sua relevância para tratar grandes conjuntos de dados.

Barnes (2011) ressalta que Waldo Tobler, outro aluno de doutorado da Universidade de Washington da década de 1950, teve uma atuação fundamental na adaptação da cartografia para os SIGs. E observa que William Warntz, contratado para trabalhar no *Harvard Laboratory for Graphical Design*, de Howard Fisher, também muito contribuiu com o

desenvolvimento do programa SYMAP (*Synergistic Mapping*), considerado um dos embriões norte-americanos dos SIGs.

Para Getis (2008), alguns pesquisadores consideraram que a revolução quantitativa da geografia, do final dos anos 1950 e início dos anos 1960, havia desaparecido após 20 anos. Contudo, essa literatura não menciona que as sementes plantadas na revolução quantitativa produziram uma colheita constante de contribuições, que se intensificou internamente e que se expandiu para fora da geografia, como ecologia, epidemiologia, sociologia, planejamento urbano, geologia e estudos ambientais.

A análise espacial não morreu quando reencarnou no novo corpo do SIG (BARNES, 2011). Houve convergência, ao invés de exclusão. O SIG permitiria maior extensão das formas existentes de análise espacial. Em seu formato mais básico, o SIG é a representação cartográfica de dados georreferenciados, que podem ser analisados por algoritmos de análise espacial. De forma análoga, Dixon; Jones III (1998) consideraram que o SIG é um conjunto de ferramentas para realizar as análises espaciais.

A conexão entre AE e SIG caracterizou uma época. Fotheringham; Rogerson (1994) editaram um livro sobre sua integração, o *Spatial analysis and GIS*, com catorze pesquisadores do tema. Para Bailey (1994), uma das dificuldades relativas às discussões da época foi a exata definição da AE. Considerou que sua natureza multidisciplinar e suas respectivas terminologias valorizavam características específicas de cada área de pesquisa. Dessa forma, definiu AE como a habilidade geral para manipular dados espaciais em diferentes formas e extrair significados adicionais como resultado (p.15).

Para Barnes; Abrahamsson (2017), a versão moderna da análise espacial emergiu da revolução quantitativa da geografia, que recuperou tradições anteriores do *geos*, de Ptolomeu e da *Geographia Generalis*, de Varenius. Para Getis (2008), os conceitos espaciais eram fundamentais para a compreensão geográfica na Universidade de Washington, na década de 1950. Essa escola destacou o papel da localização relativa como um fator importante para compreender a natureza da atividade humana.

De acordo com Berry; Griffith; Tiefelsdorf (2008), quarenta anos após a publicação do livro *Análise Espacial*, a Ciência Geoespacial emergiu como um novo e poderoso *locus*, com uma agenda de pesquisa tecnicamente competente e socialmente significativa. Tornou-se uma iniciativa multidisciplinar que envolve geógrafos, estatísticos, economistas, epidemiologistas, demógrafos, entre outros.

Na época em que as forças do marxismo, desconstrução e pós-modernismo se uniram à recaptação romântica do excepcionalismo para desviar a geografia da cúspide da respeitabilidade científica, a análise geoespacial emergiu como uma nova força vital que apoia a investigação espacialmente integrada que perpassa as ciências naturais e humanas (BERRY; GRIFFITH; TIEFELSDORF, 2008, p. 229).

Conforme Goodchild (2008b), a abordagem estatística da geometria possibilitou a ligação entre os primeiros trabalhos da revolução quantitativa em geografia e pesquisa moderna em *GIScience*. De acordo com o autor, Bunge percebeu que muitas formas geográficas poderiam ser associadas aos processos estocásticos (variáveis aleatórias que representam a evolução de um sistema ao longo do tempo). A similaridade de forma entre os meandros do rio e as estradas, indicaria relativo grau de isomorfismo das respectivas gêneses, assim, seria possível identificar os processos estocásticos subjacentes.

Para Dixon; Jones III (1998), a análise espacial adotou quatro linhas inter-relacionadas de investigação: 1) aplicação da matemática na representação e análise teórica das estruturas espaciais e suas transformações (álgebra e cálculo); 2) a avaliação empírica de modelos por meio de avaliações estatísticas descritivas e inferenciais de dados espacialmente referenciados; 3) abordagem preditiva de modelos, através de simulação, para projetar estados futuros de elementos espaço-temporais; e 4) abordagem normativa para modelos, relacionada com a determinação de arranjos espaciais ótimos para infraestrutura física e fluxos espaciais.

Sob outra perspectiva, Sheppard (2001) considerou que a matemática é uma linguagem socialmente construída para descrever e conceituar o mundo. Em decorrência, afirmou que a matemática não seria um sistema lógico hermeticamente fechado que possibilitaria a determinação de verdades e tampouco um espelho da ordem natural do mundo. E, que os SIGs não seriam instrumentos universalmente úteis, mas uma tecnologia social moldada pelo contexto geográfico, que evoluiu na conjuntura das tecnologias da informação.

Em direção semelhante, Marchand (1974) avalia que a formalização matemática não deveria ser considerada como expressão de uma estrutura única e natural do mundo, mito do cientificismo do século XIX. Para o autor, deveria ser abordada como um conjunto de significantes, dentre muitos, que se ajustam, circunstancialmente, ao mundo. Uma teoria não

teria a pretensão de explicar o mundo de maneira única, mas apenas se adaptar convenientemente às observações.

Há mais de cinquenta anos, Spate (1960) afirmou que a autoidentificação, como geógrafo humanista ou quantificador, havia se tornado um processo inerente à profissão. Contudo, o autor considerou um grande equívoco anular ou depreciar o outro contexto metodológico. E que a prática de rotular indiscriminadamente as pesquisas (mera quantificação ou descrição) deveria ser considerada um retrocesso acadêmico. Essa autofagia entre metodologias da geografia seria improdutiva e anacrônica.

Na geografia, de acordo com Sheppard (2001), haveria uma tendência em associar a geografia quantitativa ao empirismo, positivismo e ao *status quo* acadêmico e social. Ao contrário, a geografia qualitativa seria vista como não empirista, sensível à complexidade, contextual e capaz de valorizar as abordagens acadêmicas e os grupos sociais minoritários. O autor sustenta, no entanto, que esse dualismo deveria ser modificado, e sua representação desconstruída.

No início dos anos 1970, conforme Kwan; Schwanen (2009), a relevância e as premissas epistemológicas da geografia quantitativa foram muito questionadas, particularmente pelos humanistas, marxistas, feministas, pós-estruturalistas e pós-colonialistas. A quantificação era frequentemente tratada com desconfiança ou desprezo por muitos profissionais engajados em uma agenda progressista na geografia.

Sheppard (2001) julgou necessário reavaliar a estratégia de promover a geografia qualitativa e depreciar a quantitativa. O autor acredita que seria insustentável a tradição crítica de geografia permanecer antiquantitativa. Tampouco supor que os movimentos sociais conseguiriam se organizar, com eficiência, adotando apenas práticas qualitativas, relegando a importância da logística, dos cronogramas, orçamentos e das tecnologias de comunicação.

Para Marchand (1974), os geógrafos quantitativos utilizariam a matemática porque a consideraram objetiva. Os radicais, em oposição, recusaram os modelos matemáticos, pois seriam preconceituosos e parciais. Para o autor, ambos estariam, ao mesmo tempo, certos e errados. Haveria um insalubre prestígio associado ao uso de números, que levaria a aceitar conclusões baseadas em figuras, mesmo que sejam tendenciosas ideológica e tecnicamente. Ao invés de banir a quantificação, considerou que deveria haver mais conhecimento matemático, para reduzir eventuais usos desonestos.

Conforme Morrill (2008), o balanço da revolução quantitativa seria positivo, pois o número de praticantes seria elevado e haveria uma impressionante produção bibliográfica sobre a ciência espacial. Mas esse mesmo termo, por outro lado, seria um indicador de fracasso e não de vitória, na medida em que a geografia enquanto ciência permaneceria contestada por parte de seus integrantes.

2.5 Caminhos da superação

De acordo Wheeler (1997), há semelhanças e diferenças entre a aplicação dos métodos quantitativos em geografia, no final da década de 1950 e início da de 1960, e a ascensão dos SIGs, do início dos anos 80. A quantificação na geografia gerou muita controvérsia e inúmeros debates, mas a introdução aos SIGs não recebeu a mesma oposição. O desenvolvimento dos SIGs, no período inicial, foi gradual e considerado como extensão natural da cartografia, sensoriamento remoto, dos bancos de dados e da computação. Posteriormente, entretanto, ambas compartilharam o mesmo rótulo pejorativo de positivista, de serem liderados por dados e baseados em técnicas. Apesar desse contexto, o autor acredita que o SIG teria potencial para integrar abordagens tradicionalmente díspares da geografia e oferecer bases para a transformação da área no século XXI.

Schuurman (2000) realizou uma análise historiográfica das críticas aos SIGs e classificou os argumentos em três grupos distintos. O primeiro, de 1990 a 1994, se caracterizou pelas fortes críticas à conotação positivista dos SIGs. O segundo, a partir de 1995, expressou maior grau de cooperação entre os estudiosos e seus opositores, decorrência da Iniciativa 19, do *National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA), destinada a estudar os efeitos sociais dos SIGs. No terceiro, houve maior preocupação com os efeitos das tecnologias. Assim, as discussões sobre a tecnologia evoluíram das críticas positivistas às análises dos efeitos dos usos tecnológicos nas pesquisas geográficas.

Com o aumento do uso das tecnologias geoespaciais, nas décadas de 1980 e 1990, alguns geógrafos questionaram o papel da geografia aplicada na sociedade. No entanto, a publicação de *Ground Truth*, de John Pickles, em 1995, sugeriu que a melhor compreensão das repercussões sociais da pesquisa em SIG poderia causar maior aceitação e legitimidade da tecnologia. De acordo com Yeager; Steiger (2013), a natureza da pesquisa aplicada seria idiográfica. E que embora pudesse contribuir para as análises nomotéticas, via metanálise dos estudos de casos, não poderia ser considerada nomotética. No entanto, que a união de métodos qualitativos às diferentes tecnologias geoespaciais proporcionou formas inovadoras para compreender e visualizar as relações multifacetadas entre os fenômenos.

O caso do poder dos números como uma estratégia contra o poder é especialmente bem interpretado por Mark Ellis (“Não consigo imaginar como a geografia humana pode ser crítica se não abraça... números” - Ellis, 2009: 308), e o papel brilhantemente sedicioso de Elvin Wyly (2009: 316): “Todas as estatísticas são construções sociais, mas quando geógrafos críticos abandonam a estatística, desistimos da oportunidade de moldar e mobilizar essas construções para fins progressistas”. O ponto mais importante contra alguns dos “mitos”, é que se pode ser um marxista, pós-modernista ou pós-estruturalista crítico e fazer uso da matemática e da teoria formal. Não há contradição; na verdade, a combinação pode ser uma necessidade, produzindo artigos que atendam até mesmo aos exigentes padrões científicos da Análise Geográfica (BARNES, 2010, p. 670).

Barnes (2010) considerou simbólica a revisão da crítica à geografia quantitativa pelos seus pares. Alguns autores de tradição marxista passaram a considerar a quantificação como um instrumento poderoso de fomento de mudanças sociais e de políticas progressivas.

Embora muitos pesquisadores tenham questionado a adequação de métodos quantitativos para abordar questões como justiça social e desigualdade, alguns argumentaram que a quantificação teria potencial para contribuir para sua compreensão (KWAN; SCHWANEN, 2009).

Apesar das recentes tentativas de reconciliação, Kwan; Schwanen (2009) também mencionaram a tendência a perceber as abordagens quantitativas e críticas como esferas irreconciliáveis de pesquisa geográfica. Suas origens, aparentemente, poderiam ser associadas às políticas identitárias da geografia, cujas disputas entre as perspectivas qualitativa-crítica e quantitativa-espacial, ao longo de décadas ampliaram e enrijeceram o antagonismo. Segundo Yeager; Steiger (2013), ainda que haja distintas denominações, a oposição qualitativa e quantitativa representaria inúmeras batalhas entre o geral e o singular nas ciências sociais.

Embora a geografia quantitativa, ou positivista, fosse criticada quanto a sua capacidade de aquisição de conhecimento objetivo dos fenômenos e a descoberta de regularidades empíricas de questões sociais, econômicas ou sociais, e também pela incapacidade de representar experiências humanas complexas e realidades sociais que não são quantificáveis, as geografias quantitativa e crítica não seriam necessariamente incompatíveis e não deveriam ser consideradas inerentemente antagônicas (KWAN; SCHWANEN, 2009). Os autores fizeram um apelo para que os geógrafos revissem sua crítica à geografia quantitativa, de forma a transcender o antagonismo binário crítico-quantitativo. Ponderaram que a geografia

quantitativa poderia ser empregada como um instrumento importante para desafiar a injustiça social e para as transformações sociais e políticas.

O uso de métodos qualitativos na geografia aplicada tornou-se comum (YEAGER; STEIGER, 2013). No entanto, os autores consideram que usar metodologias híbridas - qualitativas, mistas e tecnologias geoespaciais, não implicaria em autorização para ignorar práticas metodológicas e epistemológicas sólidas. Recomendam o uso equilibrado dos métodos para melhor resolver problemas específicos.

Sheppard (2001), sugeriu que um sistema progressivo de educação em geografia seria uma possível solução para superar a dicotomia. Deveria, entre outros, abordar as complexas relações entre métodos, filosofia e teoria social; desestimular o dualismo entre a geografia quantitativa e qualitativa, ainda que mantendo uma tensão criativa entre ambos; e disseminar várias linguagens e métodos para que os alunos compreendam suas vantagens e limitações.

3 Bibliometria

O capítulo apresenta uma análise sobre a bibliometria. Aborda suas leis, definições, procedimentos e críticas e sua utilização pela geografia. Ilustra parte da sua evolução terminológica e procura estabelecer algumas associações com a geografia quantitativa.

3.1 Leis bibliométricas

As leis e princípios da pesquisa bibliométrica foram elaborados na primeira metade do século XX, em período e circunstâncias não muito distintos aos da revolução quantitativa na geografia. Conforme Bellis (2009), as mais importantes foram a Lei de Lotka, de 1926, Lei de Bradford, de 1934 e Lei de Zipf, de 1949, respectivamente aplicadas aos autores, periódicos e palavras.

De acordo com Chen; Leimkuhler (1986), há uma relação funcional entre essas três leis, pois compartilham a mesma base matemática. Da mesma forma, segundo Andres (2009), princípios matemáticos semelhantes nessas leis são aplicados às diferentes áreas da pesquisa bibliométrica sobre a produtividade de autores, revistas e as características das palavras. Mais recentemente, a Lei de Price, de 1963, ampliou a diversidade de métricas sobre o tema.

A Lei de Lotka ou da produtividade de autores foi elaborada pelo matemático e estatístico Alfred Lotka, em 1926 (HUBER, 1998; EGGHE, 1985). De acordo com Coile (1977), Lotka descobriu que a produtividade dos autores seguia uma relação matemática após analisar as publicações da revista *Chemical Abstracts*, entre 1907 e 1916. Conforme Lotka, quanto mais produtivo for um autor, maior seria sua tendência de publicar novamente. E, quanto menos produtivo, menor a chance de novas publicações. Constatou também que a maior parte dos autores, aproximadamente 60%, publicava apenas uma vez (PAO, 1985).

A Lei de Lotka está descrita na Equação 1. De acordo com Andres (2009), essa lei usa o número de autores que contribuíram com apenas uma publicação e prevê a quantidade de autores que terão x artigos. Em resumo, o número de autores que produzem x publicações é proporcional a $1/x^2$.

$$y_x = c \times x^{-2}$$

Equação 1: Lei de Lotka

Onde:

y_x = número de autores com x publicações;

c = números de autores com uma única publicação.

Andres (2009) exemplifica sua aplicação: supondo que 100 autores produziram uma publicação cada, então 25 autores produziram duas publicações ($y_2 = 100/2^2 = 25$), onze autores teriam três publicações ($y_3 = 100/3^3 = 11$), e assim sucessivamente. Com o aumento do número de publicações, o número de autores que publicam x artigos diminuiria. Assim, 25% das contribuições corresponderiam a 75% dos autores menos produtivos. E, cerca de 10 autores produziram 50% das publicações dessa amostra.

A lei de Bradford, de 1934, foi formulada pelo matemático e bibliotecário Samuel Clement Bradford. É considerada útil para medir a produtividade e a distribuição de periódicos científicos. Conforme Andres (2009), Bradford compilou artigos de Geofísica, entre 1931 e 1933, e descobriu uma regularidade matemática entre as publicações. Evidenciou uma relação inversa entre a quantidade de artigos publicados em uma área do conhecimento e o número de periódicos nos quais os mesmos são publicados. Em decorrência, em uma área específica do conhecimento, um pequeno número de revistas seria responsável por um considerável percentual do total de publicações, portanto exerceria elevada influência acadêmica. Por outro lado, constatou que a maior parte dos periódicos é pouco influente, ao publicar pequena quantidade de artigos da referida área (LEIMKUHLER, 1967).

Para aplicar a lei de Bradford, é necessário conhecer o número de artigos publicados por cada área específica. Uma tabela com a frequência de publicações das revistas permite calcular a constante k , que é o fator multiplicador que explicaria a distribuição das revistas em suas zonas (ANDRES, 2009). Ainda conforme a autora, a Lei de Bradford agrupa os periódicos de um determinado campo do conhecimento conforme sua produtividade em três zonas distintas: principal, zona 1 e zona 2 (alta, média e baixa produtividade). O número de artigos é constante entre as zonas, mas o de revistas varia. A taxa de variação entre as zonas seria aproximadamente $1:n:n^2$. A autora esclarece: supondo o total de 300 artigos, publicados em 65 revistas e considerando que sejam cinco os periódicos mais produtivos da zona principal, então a zona 1 possuiria 15 e, a zona 3, 45 revistas. Simplificando, a relação seria 1:3:9.

A Lei de Zipf foi assim denominada em decorrência da sua obra *Human Behavior and the Principle of Least Effort*, de 1949. Conforme Harremoes; Topspe (2005), o linguista norte-americano argumentou que haveria um relativo equilíbrio de vocabulário no desenvolvimento de uma linguagem. Esse balanceamento seria resultante de duas forças opostas, a de unificação e a de diversificação. A primeira tenderia a reduzir o vocabulário, e corresponderia ao denominado princípio de menor esforço – do ponto de vista do falante, e a segunda teria o efeito oposto, conectada aos ouvintes, que desejam associar significados à fala.

De acordo com Wyllys (1981), Zipf não transformou suas ideias em um modelo matemático, pois não teve treinamento para lidar com fenômenos quantitativos. Curiosamente, ainda segundo o autor, Zipf nunca mostrou interesse em explorar a natureza quantitativa de seus dados e raramente trabalhou com suporte de profissionais da estatística. No entanto, era um pesquisador incansável. E, sua pesquisa sobre a frequência de palavras pode ser considerada uma incontestável contribuição científica. Nessa perspectiva, é interessante a afirmação de Adams (2001), de que os geógrafos urbanos da década de 1950, no contexto da quantificação, tivessem se dedicado à releitura dessa obra de Zipf.

Segundo Harremoes; Topspe (2005), a pesquisa de Zipf tornou mais conhecida às ideias do francês J.B. Estoup. Em 1916, esse pesquisador observara que o *ranking* (r) e a frequência de palavras (F) obedeciam a uma lei hiperbólica: F seria aproximadamente constante. O trabalho de Zipf mostrou que a relação *ranking*/frequência tinha características de uma lei empírica geral, com precisão surpreendentemente alta para textos longos (> 5.000 palavras). Por causa dos cuidadosos trabalhos do autor, essa lei ficou conhecida como lei de Zipf.

Segundo Bellis (2009), Zipf analisou a frequência de palavras em diferentes *corpora* de linguagem natural. Sua maior contribuição está relacionada ao livro *Ulysses*, de James Joyce. Após avaliar a frequência de ocorrência de palavras, descobriu que a décima palavra mais frequente do romance foi mencionada 2.653 vezes, que a centésima palavra mais frequente ocorreu 265 vezes, e a quinta milésima (5.000^a) palavra mais frequente ocorreu 5 vezes. Zipf percebeu que, ao multiplicar 10×2.653 , 100×265 e, finalmente, 5.000×5 , o resultado poderia ser considerado constante, apesar de pequenas variações.

Zipf associou a assimetria da distribuição de palavras à tendência humana ao equilíbrio na ordenação dos componentes elementares da linguagem, que denominou como princípio da economia ou do menor esforço. Uma consequência intuitiva desse princípio é a preferência

por usar palavras comuns, curtas e de pronúncia fácil ao invés de raras, longas e de difícil pronúncia (BELLIS, 2009).

A contribuição acadêmica da obra *Little Science, Big Science*, de 1963, de Derek J. de Solla Price, foi de tamanha envergadura que os pesquisadores elevaram sua proposta de teoria da raiz quadrada à categoria de lei (NICHOLLS, 1988).

De acordo com Andres (2009), Price considerava que havia regularidade no crescimento da produção científica (padrão exponencial). Na época, constatou a tendência à duplicação das publicações, assim como de cientistas, no período de 10 a 15 anos. Nesse contexto de expansão, Price também abordou seu contraponto, o conceito de obsolescência da literatura. Referia-se ao declínio do uso dos documentos ao longo do tempo: enquanto a produtividade de uma área tende a aumentar, as citações dos seus artigos diminuiriam com o tempo. Somente alguns artigos seriam frequentemente citados, os que se tornariam clássicos, referências fundamentais ou textos seminais.

A Lei de Price, também conhecida como Teoria da Raiz Quadrada ou Lei de Elitismo, adota a premissa de que o número dos autores mais produtivos corresponde à raiz quadrada do total de autores existentes (PRICE, 1963). Segundo Nicholls (1988), a lei de Price está relacionada à lei de Lotka, pois sua hipótese inicial partiu da distribuição desse autor.

Conforme Merton (1968), a lei de Price pode ser associada ao *Efeito Mateus* na ciência. Foi assim denominado por causa do versículo Mateus 25:29 “Porque a todo o que tem, dar-se-lhe-á, e terá em abundância; mas ao que não tem, até aquilo que tem ser-lhe-á tirado”. Na vida acadêmica, assim como um movimento espiral, os autores mais citados tenderiam a serem mais citados (exemplo dos ganhadores de prêmios Nobel). E, os pouco citados, seriam sempre menos citados. Para Price (1963), aproximadamente 75% daqueles que escrevem um só artigo nunca mais voltam a escrever. Esta desigualdade criaria um elitismo acadêmico, contribuindo para concentrar a maior parte do conhecimento científico em poucos autores e poucos periódicos.

A métrica atual mais conhecida para medir a produtividade dos periódicos é o Fator de Impacto (FI). De acordo com Andres (2009), Börner; Chen; Boyack (2005), a ideia de avaliar o que se conhece atualmente como fator de impacto é da década de 1920. No entanto, só a partir da publicação de dois artigos chave, em 1955 e 1963, por Eugene Garfield, é que sua relevância passou a ser amplamente reconhecida. Sua principal vantagem é a capacidade de destacar as revistas mais influentes, mesmo que, comparativamente, possuam poucos artigos

publicados. O fator de impacto de uma revista é calculado pela soma das citações dos dois últimos anos dividido pelo número de artigos publicados no mesmo período.

Conforme Bellis (2009), o fator de impacto passou a ser regularmente calculado pelo *Journal Citation Report* (JCR), a partir de 1975. É uma publicação do *Institute for Science Information* (ISI), fundado por Garfield, que agrupava e comparava, na época, cerca de 9.000 revistas internacionais, de todas as áreas do conhecimento.

O artigo *Citation Indexes for Science*, de Garfield, revolucionou a forma como os pesquisadores interpretavam o papel das citações bibliográficas no processo de produção do conhecimento (BELLIS, 2009). Garfield (1955) propôs um sistema bibliográfico que permitia ao pesquisador verificar rapidamente todos os artigos que citassem ou criticassem um determinado trabalho. Para o autor, esse mecanismo seria descrito com mais propriedade como um índice de associação de ideias, pois daria ao leitor a margem de manobra que ele exige.

Se considerarmos o livro como a unidade macro do pensamento e o artigo de periódico como a micro unidade do pensamento, então o índice de citação, em alguns aspectos, seria considerado a unidade molecular do pensamento. É aqui que a maioria dos outros índices seria inadequada, porque o cientista geralmente se preocupa com uma ideia particular e não com um conceito completo. Índices de pensamento seriam extremamente úteis se forem adequadamente concebidos e desenvolvidos (GARFIELD, 1955, p. 468).

Para Bellis (2009), Garfield baseou-se na ideia de que as citações são blocos de construção de uma linguagem que refletiriam, melhor do que o índice por assunto, a estrutura da comunicação científica. As citações, bibliográficas seriam mais precisas e flexíveis do que a indexação convencional, na medida em que usa um apontador inequívoco de documento para abordar as unidades de pensamento dos cientistas. Considerou fundamental divulgar para a comunidade acadêmica a conexão entre os autores citados, pois davam suporte aos resultados da pesquisa.

3.2 Definições e conceitos

As referências indicam que pesquisas bibliométricas são realizadas desde o início do século XX. De acordo com Raisig (1962), Cole e Eales, em 1917, podem ser considerados os pioneiros. Analisaram a literatura sobre anatomia, publicada entre os anos de 1550 e 1860, e elaboraram gráficos para representar as respectivas variações temporais, geográficas e as divisões do reino animal.

No entanto, Shapiro (1992) considera que a indexação de citações e a análise de citações foram praticadas na área jurídica muito antes de serem introduzidas na literatura científica. Para o autor, há registros de contagens de publicações dos textos legais em 1817, de que um livro de índices de citações foi publicado em 1860 e que análises de citações de decisões judiciais datam de 1894 e 1895.

Pritchard (1969) acredita que o termo bibliografia estatística foi usado pela primeira vez por E. Wyndham Hulme, em 1922. A expressão foi empregada para caracterizar os processos científicos de contagem de documentos. Além de resumir os resultados de Cole e Eales, Hulme produziu trabalhos sobre o crescimento de patentes do Reino Unido.

No entanto, Pritchard (1969), considerou o termo inadequado. Argumentou que tinha sido usado apenas quatro vezes em quase cinquenta anos, que seria pouco descritivo e poderia ser confundido com as próprias estatísticas ou com as bibliografias sobre estatística. Ponderou que a denominação mais adequada ao campo de pesquisa seria bibliometria.

Da mesma forma que na geografia quantitativa, a bibliometria também vivenciou uma evolução terminológica, em parte influenciada pelo desenvolvimento tecnológico, como bibliografia estatística, bibliometria, cientometria, informetria, webometria e cybermetria. Segundo Bellis (2009), há considerável sobreposição entre essas áreas de pesquisa. O objetivo comum é quantificar, representar e analisar as formas de comunicação. Suas diferenças se baseiam na ordem dos procedimentos e nos limites do objeto que está sendo medido.

Ainda de acordo com Bellis (2009), o termo bibliometria estaria associado ao aspecto material do meio, como, por exemplo, a quantificação de livros, artigos, publicações, citações, entre outros. A cientometria, com espectro mais amplo, englobaria os aspectos quantitativos e modelos relacionados ao conhecimento científico e tecnológico. Além dos documentos, analisaria, por exemplo, os pesquisadores, laboratórios, recursos, indicadores de citação ou equipamentos. A informetria, ainda mais abrangente, seria o estudo de aspectos quantitativos

da informação, em qualquer forma ou grupo social (não se restringiria aos registros, bibliografias e aos cientistas). A informação seria o conceito-chave e, as redes, o seu ambiente de maior relevância. Webometria e cybermetria seriam considerados termos correspondentes, que valorizariam o meio de propagação da informação.

Para Hood; Wilson (2001), bibliometria, cientometria e informetria seriam termos usados para descrever parte ou toda área de pesquisa. Os termos tiveram origens históricas particulares e apresentariam considerável sobreposição de significado, embora não possam ser considerados sinônimos. Com o tempo, a frequência de uso dos termos se transformou. O mais antigo, bibliometria, mostrou estabilidade, mas os dois termos novos, com maior abrangência, se disseminaram para caracterizar novas perspectivas em decorrência dos avanços tecnológicos.

Do ponto de vista empírico, constatou-se que não há um periódico cujo título utilize o termo bibliometria na *Web of Science* (WoS) e que os artigos sobre o assunto estão distribuídos em inúmeras revistas relacionadas à biblioteconomia, documentação e informação. No entanto, que as terminologias mais recentes estão associadas a dois periódicos: a revista *Scientometrics* começou a ser publicada em 1979 e, a revista *Journal of Informetrics*, passou a ser publicada a partir de 2007.

A bibliometria é considerada a medida do conhecimento científico ou do discurso gravado (PRITCHARD, 1969). Contudo, para Hood; Wilson (2001), é difícil distinguir, em muitos casos, a cientometria da bibliometria. Avaliam, como exemplo, que muitas pesquisas bibliométricas são publicadas na revista *Scientometrics*. Para os autores, o foco da bibliometria seria preponderantemente na literatura científica. A cientometria abordaria a análise das práticas dos pesquisadores, as estruturas sócioorganizacionais, a gestão e desenvolvimento da pesquisa, o papel da ciência e da tecnologia na economia ou nas políticas governamentais.

3.3 Mapeamento bibliométrico

Uma das principais justificativas para ascensão e importância da bibliometria é quantitativa. De acordo com Huggett (2013), a taxa de crescimento anual de artigos publicados é de 3,5% ao ano. Se considerarmos que o acervo da *Web of Science* (WoS) possui cerca de 69 milhões de artigos científicos, esse crescimento pode ser considerado monumental. Por outro lado, para a autora, essa magnitude pode causar uma sobrecarga de informação nos pesquisadores (fracasso de filtragem). Na medida em que a quantidade de publicações científicas aumenta, torna-se mais difícil selecionar os periódicos e artigos mais relevantes à pesquisa acadêmica. Nesse contexto, o destaque da bibliometria aumentaria, pois fornece inúmeros procedimentos que contribuem para a realização de análises, revisões e historiografias.

De acordo com Garfield; Pudovkin; Istomin (2002), os historiogramas seriam representações relevantes ao estudo da história dos tópicos científicos contemporâneos. Seu propósito básico seria mostrar o desenvolvimento cronológico de um tópico ou campo, do seu artigo fundamental em diante, ano a ano.

Essa magnitude do acervo de documentos científicos despertou a atenção de muitos pesquisadores. Há décadas, eles buscam alternativas para sua representação e gerenciamento. De acordo com Small; Garfield, (1985), Samuel Bradford foi um dos precursores da ideia de que o conhecimento pode ser representado espacialmente. Citaram também a contribuição de Vannevar Bush, com a metáfora da fronteira científica (*Science the endless frontier*), e o conceito de mapas mentais, de Peter Gould e Rodney White. Para Small; Garfield, (1985), as análises do *Institute for Scientific Information* permitem elaborar mapas, de forma a mostrar a topografia da ciência em vários níveis de agregação e escala.

Então, vamos desenhar linhas retas, de comprimento unitário, a partir de um ponto conveniente, para representar esses símbolos. As linhas serão diferenciadas por direção e, se quisermos usar um espaço de três dimensões, as linhas unitárias terminarão em pontos sobre a superfície de uma esfera unitária. O agregado de pontos representará a classe de seres, homens. Da mesma forma, deixe que mais linhas sejam desenhadas para representar todas as coisas sobre as quais desejamos falar. O agregado de pontos, onde todas essas linhas terminam na superfície da esfera, representa o universo do discurso (...). E assim temos uma imagem do universo do discurso como um globo, no qual estão dispersas, em confusão promíscua, as coisas separadas e mutuamente relacionadas que vemos ou pensamos (BRADFORD, 1948, p. 175).

De acordo com Small (1997), o mapeamento da ciência visaria encontrar representações das conexões intelectuais no interior do mutável sistema do conhecimento científico. As citações bibliográficas dos artigos científicos mostrariam fluxos de informação dentro da comunidade científica. Ainda segundo o autor, na época, havia dois principais tipos de mapeamento: 1) os que representavam um determinado tópico ou assunto, categoria melhor relacionada a esta pesquisa, 2) os que representavam um banco de dados inteiro. Essa última, a abordagem global, poderia fornecer um novo paradigma visual para a recuperação da informação com base na navegação em um espaço de informação.

Segundo Yan; Ding (2012), haveria uma tendência crescente de investigação dos vários tipos de redes acadêmicas. Nessas redes, um nó representaria uma entidade acadêmica, um artigo, uma revista ou um autor, e um *link* expressaria relações tais como citação, coautoria, cocitação, acoplamento bibliográfico ou copalavra. Através da análise das redes acadêmicas, seria possível obter importantes *insights* sobre a interação dessas pesquisas.

Retratar a ciência com o uso de metáforas inspiradas em objetos e superfícies modulares é relativamente comum (BELLIS, 2009). Para o autor, a ciência seria frequentemente representada geograficamente, como uma agregação de áreas de pesquisa, ou destacaria o caráter artificial de qualquer classificação, como um mosaico ou um quebra-cabeça.

De acordo com Morris; Martens (2009), um mapa bibliométrico seria a representação da estrutura e interconexão de elementos conhecidos de um sistema. Da mesma forma, ponderaram os autores, os mapas cartográficos representariam elementos conhecidos ao seu leitor, como estradas, rios, lagos, cidades e fronteiras políticas. Mais do que um diagrama, o mapa bibliométrico representaria a interconexão entre aspectos conhecidos da bibliometria, como os tópicos de pesquisa, equipes de pesquisadores, conceitos básicos, periódicos, instituições de pesquisa e vocabulários técnicos.

Outra associação interessante foi realizada por Rip; Courtial (1984). Para esses autores, um mapa de ligações entre palavras (copalavra) poderia ser considerado como um mapa topológico de uma cidade, que representaria as rotas de ônibus ou metrô. As linhas entre as palavras-chave mostrariam as possibilidades de viajar de um lugar para outro, mas não indicariam as distâncias, o tempo a ser percorrido ou outra métrica. Sua representação em um plano bidimensional seria arbitrária e escolhida apenas para facilitar sua leitura e interpretação.

De acordo com Van Eck et al., (2010), o mapeamento bibliométrico seria uma ferramenta poderosa para estudar a estrutura e a dinâmica dos campos científicos. De acordo com os autores, os mapas bibliométricos mostrariam distintas relações entre autores, periódicos, palavras e os diferentes tipos de citação.

Para Van Raan; Tijssen (1993) os mapas bibliométricos seriam alternativas muito promissoras para extrair padrões estruturados de um crescente e amorfo conjunto de dados científicos. Suas vantagens seriam permitir: a visualização de massas complexas de dados, uma visão geral mais completa e rápida, a filtragem e a redução da informação. Mencionaram também que uma cartografia da ciência não somente deveria reformatar os dados em uma representação visual específica, mas também reduzir os dados e reter as informações essenciais. Ainda que não mencionem, considerou-se que os autores fizeram uma clara analogia à generalização cartográfica, cujas origens, de acordo com Cebrykow (2017), estão relacionadas aos trabalhos de M. Eckert e E. Imhof, das primeiras décadas do século XX.

Segundo Van Eck; Waltman (2010), existem dois principais elementos de análise dos mapas bibliométricos: distância e linha. A distância entre dois itens indicaria a força da relação entre eles: quanto menor a separação (maior proximidade), mais forte seria a relação entre os itens. Na linha, a largura das arestas mostraria a relação entre os itens representados.

É importante destacar que embora o termo mapa seja polissêmico, seu significado na bibliometria difere do utilizado na cartografia e geografia, estrito senso. Para Andrews, (1996) o termo mapa tradicionalmente corresponde à representação de fenômenos da superfície terrestre.

Da perspectiva cartográfica, Martinelli (2014) entende que a denominação mais adequada para esse tipo de representação seria o grafo. Segundo o autor, o grafo é uma construção gráfica na forma de rede, que poderia ser definido como um conjunto de pontos (nós) conectados por linhas (arestas). Sua origem provém da teoria dos grafos, proposta por Leonhard Euler, em 1736, cujos princípios contribuíram para a topologia (relacionamentos entre as entidades espaciais).

Os mapas bibliométricos não possuiriam escala cartográfica ou correspondência com a superfície terrestre, mas expressariam relações proporcionais de visualização, possibilitando evidenciar proximidades entre diferentes grupos (*clusters*) em um determinado universo, representadas na forma de rede (VAN ECK; WALTMAN, 2010). Guardadas as devidas proporções, essas características conferem certo grau de espacialidade aos elementos

representados, sem os quais a sua visualização seria inviável. A distância seria inversamente proporcional à conexão entre os objetos e serviria para indicar o grau de proximidade que dois ou mais elementos possuiriam entre si. Significa que, quanto mais próximos estiverem representados, maior será o grau de conexão que estes possuem no meio científico.

Do ponto de vista da Cartografia Temática, no entanto, os mapas bibliométricos seriam dotados de duas variáveis visuais: tamanho e cor. O tamanho pode ser implantado nas formas pontual ou linear (SLOCUM et al., 2009). Como ilustra a Figura 4, o ponto está representado por círculos proporcionais e indica sua relevância em comparação ao universo representado. No caso da linha, quanto maior sua espessura, mais forte será a conexão entre os elementos. As cores mostram seletivamente os agrupamentos por níveis de conexão.

Nessa figura, M.F. Goodchild aparece com o maior símbolo, pois foi o autor mais citado dentre os periódicos selecionados sobre SIG, no período 2007-2016 (638 citações). No caso, a proximidade indica o grau de semelhança entre as palavras chave dos artigos dos autores e, as cores, agrupam essa afinidade.

Figura 4: Autores mais citados, sobre SIG, no período 2007-2016
Fonte: Melo; Queiroz (2018)

A Figura 5 mostra a variação do tamanho das arestas. Elas indicam o número de citações, por país, de artigos que tratam do tema pensamento espacial. Nota-se a centralidade e tamanho dos Estados Unidos e a expressividade das linhas (citações) em relação à China, Austrália, Inglaterra e Brasil.

Figura 5: Número de citações, por país, de artigos sobre pensamento espacial.
 Fonte: Queiroz (2018)

3.4 Procedimentos bibliométricos

De acordo com Zupic; Čater (2015), os cinco principais procedimentos bibliométricos são: citação direta, acoplamento bibliográfico, cocitação, coautoria e copalavra. Os três primeiros utilizam dados de citação para construir medidas de influência e similaridade. A coautoria mede a colaboração dos pesquisadores nas publicações e a copalavra expressa as conexões entre conceitos que ocorrem conjuntamente nos títulos, palavras-chave ou resumos das publicações. A Figura 6 sintetiza as alternativas mais utilizadas para a elaboração de mapas que representam as redes acadêmicas.

Figura 6: Formas de mapeamento de redes acadêmicas

Fonte: Yan; Ding (2012)

As medidas de citação contam o número de vezes que um autor, publicação ou revista foi citado, em um período específico de tempo (ANDRES, 2009). São úteis, de acordo com a autora, para comparar a produtividade e o impacto entre autores, revistas, instituições ou países. Embora a quantidade de citações seja considerada um reconhecimento da contribuição do autor, artigo ou revista, ressaltou que esse critério seria insuficiente para avaliar a respectiva qualidade.

Andres (2009) resgatou as observações de Price sobre o comportamento das citações da literatura, que constatou que esse padrão varia muito conforme o documento avaliado. Ele pode ser reconhecido muito tempo após sua publicação, nunca ser citado, receber citações imediatamente após sua veiculação ou obter citações progressivas, com a gradual percepção da sua importância pela comunidade.

A autocitação pode representar uma indesejável tendência nas métricas de citação (ZUPIC; ČATER 2015). A autocitação acontece quando o documento é citado pelo próprio autor ou coautores. Entretanto, para Andres (2009), os dados sobre autocitação deveriam ser analisados

com cautela, por causa de homônimos e erros de digitação dos sobrenomes dos autores. Ainda segundo a autora, não há consenso sobre o papel da autocitação. Alguns autores argumentariam sobre seu potencial negativo, se forem usados para inflar as taxas de citação dos autores, ampliando artificialmente suas influências acadêmicas. Outros pesquisadores consideraram a autocitação um desdobramento natural da comunicação científica, reflexo do processo cumulativo e de especialização da pesquisa científica.

Uma alternativa para minimizar as eventuais distorções da quantidade de citações é o índice de Hirsch (BELLIS, 2009). Mais conhecido como índice h , foi proposto para avaliar o impacto cumulativo e a relevância das pesquisas de um autor. Um cientista possui índice h se h das publicações do autor ou coautor possuir ao menos h citações cada, enquanto que o restante das suas publicações receba menos do que h citações. Exemplo: um autor possui índice $h = 15$ caso tenha publicado 15 artigos que tenham sido citados ao menos 15 vezes, enquanto que o resto dos seus artigos possua menos do que 15 citações (HIRSCH, 2005).

De acordo com Marshakova (1981), existem duas principais formas para analisar as informações extraídas das citações. O acoplamento bibliográfico, que possui um caráter retrospectivo, e a cocitação, que poderia ser considerado um acoplamento prospectivo. Ainda que possuam semelhanças, esses procedimentos possuem importantes diferenças.

De acordo com Bellis (2009), M. Kessler, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), forneceu em 1963 evidências empíricas da relevância do acoplamento bibliográfico. Esse tipo de análise estabelece um elo indireto entre os artigos que compartilham uma ou mais referências bibliográficas e revela semelhanças entre os assuntos dos artigos acoplados.

O acoplamento bibliográfico usa o número de referências compartilhadas por dois documentos como medida da similaridade entre eles. Quanto mais bibliografias forem citadas simultaneamente por dois artigos, mais forte será sua conexão (ZUPIC; ČATER, 2015). O acoplamento bibliográfico ocorre quando dois ou mais artigos citantes se relacionam através das mesmas citações (Figura 7). No exemplo, os artigos “A” e “B” se conectam porque ambos citaram os artigos “C”, “D”, “E” e “F”.

Figura 7: Representação do acoplamento bibliográfico e cocitação
 Fonte: Adaptado de Garfield (2001)

No acoplamento bibliográfico, o número de referências compartilhadas entre dois documentos é estático. E, como o número de referências citadas por um artigo publicado não se altera, seu resultado não depende da época em que a análise é realizada (ZUPIC; ČATER, 2015). Por essa razão, é muito utilizado para mapear as circunstâncias acadêmicas de um período específico do passado (SMALL, 1997).

Glänzel; Thijs (2012) recomendaram que o uso do acoplamento bibliográfico fosse restrito a períodos limitados de tempo. Ponderaram que, como os hábitos de citação mudam, faria pouco sentido acoplar citações da década de 1960 com as de 2010.

A cocitação poderia ser definida como a frequência com que duas referências são citadas juntas (SMALL, 1973). A principal suposição da cocitação é de que quanto mais duas referências forem citadas conjuntamente, maior a probabilidade de que seu conteúdo esteja relacionado. A cocitação pode ser aplicada aos documentos (artigos), autores e periódicos (ZUPIC; ČATER, 2015).

Diferente do acoplamento bibliográfico, que possui uma característica estática, a cocitação tem uma natureza dinâmica. Exemplo: inúmeros artigos publicados em 2018 podem utilizar pares de referências usados por artigos das décadas de 1950, 1960, 1970, etc.. E, como o número de artigos aumenta anualmente, essa frequência de citação também se modifica (BELLIS, 2009). Conforme a Figura 7, "A" se relaciona com "B" pois ambos são citados por "C", "D", "E", e "F", que são os artigos citantes, cujo número pode variar ao longo do tempo.

Segundo Marshakova (1981), Grácio (2016), essa conexão entre dois artigos pode não ficar evidente no momento de sua publicação. No entanto, suas relações podem surgir e aumentar na medida em que as publicações começarem a ser citadas conjuntamente na literatura científica. A cocitação mediria, dessa forma, a reação dos pesquisadores em relação aos documentos publicados.

As redes de cocitação representam ligações entre um número de autores ou entre um número de trabalhos publicados. São excelentes representações visuais sobre o comportamento de escolas de pensamento, paradigmas disciplinares e os *invisible colleges*, termo adotado para denominar as relações informais de comunicação entre cientistas que compartilham um interesse comum (PASADEOS; PHELPS; KIM, 1998).

A coautoria em publicações é considerada uma medida de colaboração científica. Como os dados bibliográficos possuem informações sobre as instituições dos seus autores, a análise de coautoria também mostra a colaboração entre instituições de pesquisa e países (ZUPIC; ČATER, 2015). Para Katz; Martin (1997), a coautoria pressupõe o trabalho conjunto, mas é difícil definir os limites das contribuições. Além disso, refletem sobre a possibilidade de ocorrência de dois extremos: a autoria honorária, na qual o autor é inserido, mas não contribui, e as ausências, profissionais que contribuíram, mas não tiveram seus nomes incluídos na publicação.

A copalavra (ocorrência conjunta de termos) é uma técnica de análise de conteúdo que usa as palavras dos documentos para estabelecer relações e construir uma estrutura conceitual do domínio (CALLON et al., 1983). De acordo com Zupic; Čater (2015), a ideia desse procedimento seria de que o aumento da frequência da coocorrência de termos representaria uma proximidade conceitual. Os autores afirmaram ainda que este é o único procedimento bibliométrico que usa o conteúdo específico dos documentos para construir uma medida de similaridade. Neste sentido, difeririam das outras formas de análise que conectam documentos indiretamente através de citações ou coautorias.

O Quadro 1 sistematiza os procedimentos abordados e mostra suas principais vantagens e desvantagens.

Quadro 1: Resumo dos procedimentos bibliométricos

Fonte: Zupic; Čater (2015)

Procedimento	Descrição	Unidade de análise	Vantagens	Desvantagens
Citação	Estima a influência de documentos, autores ou periódicos através das taxas de citação.	Documento Autor Revista	Mostra rapidamente os trabalhos importantes da área.	Publicações recentes tiveram menos tempo para serem citadas. Tendência a valorizar as mais antigas.
Cocitação	Conecta documentos, autores ou periódicos com base em ocorrências conjuntas nas referências bibliográficas.	Documento Autor Revista	É o método bibliométrico mais utilizado e validado. A conexão entre as unidades de análise se mostrou confiável. Como é uma medida de influência, oferece um método para filtrar os trabalhos mais importantes.	Não é adequado para mapear as frentes de pesquisa. Como as citações demoram a ocorrer, as novas publicações não podem ser conectadas diretamente. Impossibilidade de mapear artigos pouco citados. Alguns bancos de dados possuem apenas o nome do primeiro autor do artigo.
Acoplamento bibliográfico	Conecta documentos, autores ou periódicos com base no número de referências compartilhadas.	Documento Autor Revista	Disponibilidade imediata (não requer acúmulo de citações). Pode ser usado para novas publicações, ainda não citadas, campos emergentes e subcampos menores.	Deve ser usado em período de tempo limitado. Não identifica os trabalhos mais importantes pela contagem de citações. Difícil avaliar a importância das publicações representadas.
Coautoria	Conecta os coautores da publicação.	Autor	Pode fornecer evidências de colaboração e reproduzir a estrutura social da área.	A colaboração nem sempre é formalizada como coautoria
Copalavra	Conecta as palavras que aparecem juntas no mesmo título, resumo ou lista de palavras-chave.	Palavra	Utiliza o conteúdo específico dos documentos. Os outros métodos usam apenas os metadados bibliográficos.	As palavras podem aparecer em diferentes formas e podem ter diferentes significados.

3.5 Principais críticas

A bibliometria, de forma semelhante à quantificação na geografia, recebeu inúmeras críticas. A maioria trata das limitações dos procedimentos de quantificação, mas também sobre sua forma de utilização. Conforme Andres (2009), as mais importantes se referem ao uso da WoS, à contagem das citações, ao fator de impacto e ao índice h .

Ainda que haja outras fontes de dados, a maioria das análises bibliométricas são efetuadas nos dados extraídos da WoS. Segundo Weingart (2005), é necessária atenção a esse monopólio de dados sobre as citações. A principal preocupação do autor é de que a produção dos indicadores pertence a uma empresa privada, com fins comerciais, a Clarivate Analytics, que comprou a empresa da Thompson Reuters. Como parte da avaliação da pesquisa e dotação orçamentária das universidades está associada às métricas de desempenho, os dados dessa corporação possuem uma extraordinária influência na pesquisa científica.

Conforme Bellis (2009), há outra crítica fundamental às fontes de dados. Esses repositórios de dados bibliométricos poderiam ser considerados incompletos, ainda que possuam uma amostra significativa da produção acadêmica. Grandes bancos de dados, por exemplo, não valorizariam: os periódicos não anglo-americanos (línguas distintas do inglês), as atas de conferências e os livros, que representam importantes fontes da comunicação científica.

Por outro lado, Van Raan (2005) afirma que os procedimentos bibliométricos poderiam se tornar ferramentas inadequadas para avaliar o desempenho de pesquisa e classificar as instituições acadêmicas. O problema não seria especificamente a criação do *ranking* das instituições, mas a junção da insuficiência dos indicadores com sua utilização por pessoas não capacitadas nos estudos quantitativos. Nesse sentido, seria semelhante a uma das críticas da quantificação em geografia, a da aplicação incorreta embora os procedimentos fossem considerados adequados.

Segundo Moed (2002), as principais críticas ao fator de impacto publicado pelo *Institute for Scientific* (ISI) são: as distintas coberturas de periódicos e as possíveis diferenças estatísticas entre as suas versões; as variações de nomes de autores, departamentos ou universidades (homônimos, abreviações, nomes do meio) e as diferenças nas características de citação e publicação entre os campos científicos. Para o autor, os indicadores bibliométricos dependem do contexto e, portanto, demandam um ajuste fino, pois podem ser úteis em uma circunstância e ser inapropriados em outra.

Além disso, Bellis (2009) aborda as críticas que consideram, por definição, que o numerador (citações) e o denominador (artigos) da fórmula do Fator de Impacto seriam incongruentes. As unidades que contribuiriam para aumentar o primeiro não seriam contabilizadas no segundo. Os editoriais, cartas e resumos de conferências podem ser citados e são contados nas citações das revistas (numerador), mas não fazem parte do denominador do cálculo. Dessa forma, eventualmente poderiam aumentar artificialmente a pontuação de revistas que publicaram artigos triviais.

O próprio Hirsch (2005), autor do índice h , mencionou que a avaliação do pesquisador não deveria ser baseada em um único indicador, pois sua repercussão poderia ser importante (concessão ou recusa de financiamento ou cargo). Segundo Andres (2009), para ter um elevado índice h , um autor precisaria ter publicado um significativo número de artigos com grande impacto. No entanto, um autor poderia ter índice h relativamente baixo, mas possuir uma extraordinária contribuição científica, com um ou mais artigos muitíssimos citados. Além disso, autores poderiam ter o mesmo índice, mas performances muito distintas. Exemplo: dois autores com índice $h = 10$, o primeiro possui 100 citações em cada artigo e, o segundo, possui 10 citações cada. Nesses casos, o índice h seria inapropriado para avaliar os pesquisadores.

3.6 A bibliometria na geografia

A bibliometria é utilizada com alguma frequência para caracterizar a geografia. Bunge (1961), por exemplo, avaliou três revistas, entre 1958 e 1960, para analisar as escolas de pensamento da geografia (*Annals of the Association of American Geographers*, *Geographical Review*, and *Economic Geography*). Stoddart (1967) avaliou o crescimento da atividade científica da geografia, a produtividade dos geógrafos, alguns aspectos da estrutura interna e das relações externas do trabalho geográfico.

Gatrell; Smith (1984) analisaram a rede de inter-relações de 22 periódicos geográficos, entre 1970-1972 e 1980-1982, a partir da frequência com que os artigos publicados em um periódico citavam artigos em outro. Whitehand (1984) analisou o fator impacto de periódicos geográficos, entre 1978 e 1982. Wrigley; Matthews (1986) analisaram as características das citações de artigos científicos e de livros de geografia.

Lee; Evans (1985), após estabelecer um ranking dos periódicos de geografia norte-americanos, liderados por *Quaternary Research*, *Annals AAG*, *Arctic and Alpine Research*, *Geographical Review*, *American Cartographer*, criaram um *ranking* de revistas geográficas estrangeiras e de outras áreas do conhecimento: *Science*, *Canadian Geographer*, *Progress in Human Geography*, *Geographical Journal*, *Transactions*, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, *Geographical Magazine*, *Land Economics*, *Journal of Regional Science*, *Progress in Physical Geography*.

Em período mais recente, Robinson; Poston (2006) examinaram os padrões de citação de 1.555 referências, a partir de 2000, das revistas *Annals of the Association of American Geographers*, *Applied Geography*, *Cartographic Journal*, *Economic Geography* e *Geographical Analysis*.

Tian; Wen; Hong (2008) avaliaram a produção científica relacionada aos SIGs, entre 1997 e 2006. Constataram o considerável aumento do número de periódicos e de países produtores. A taxa média anual de crescimento foi de 11,5%, com picos em 2000 e 2003. E estimaram que o número de artigos científicos sobre SIG, publicados em 2012, seria duas vezes maior do que em 2006.

Xuemei et al., (2014) consideraram a aplicação dos SIGs na bibliometria é um exemplo de pesquisa interdisciplinar. E, que suas operações espaciais podem ser usadas para construir bibliotecas digitais, exibindo a localização e distribuição dos autores dos artigos científicos.

De forma semelhante, Wei; Grubestic; Bishop, (2015) mapearam as publicações sobre SIG, entre 2002 e 2013. LIU et al., (2016) ampliaram o período de análise, de 1961 a 2010. Li et al (2016) utilizaram a bibliometria para analisar a evolução dos SIGs em território chinês. Li et al., (2017) usaram a bibliometria para analisar a evolução do pensamento geontológico.

Melo; Queiroz (2018) também realizaram um mapeamento bibliométrico de artigos sobre SIG, publicados entre 2007 e 2016. Constataram que o período mais produtivo ocorreu entre 2012 e 2013, e que as áreas acadêmicas mais expressivas foram Geografia, Ciência da Computação, Geografia Física e Ciências Ambientais/Ecologia. E, dentre os inúmeros temas, os mais expressivos foram: autômatos celulares, a relação entre SIG e o usuário, a integração entre SIG e Sensoriamento Remoto, as diferentes metodologias de classificação de usos do solo e as reflexões críticas sobre as tecnologias e o SIG.

A referida publicação foi fundamental para a elaboração desta pesquisa. Embora a amostra utilizada estivesse restrita a vinte revistas internacionais influentes, observou-se que a maior produtividade de artigos sobre SIG era na área de geografia (Figura 8). Apesar da assimetria, os dados do referido período e amostra foram considerados um estímulo, pois, de certa maneira, se contraporiam à hipótese desta pesquisa e ao questionamento de Fotheringham; Brunsdon; Charlton, (2000, p. xi). Outra eventual contradição seria a relevância das críticas às tecnologias e aos SIGs entre os temas mais publicados.

Nesse contexto, é relevante justificar algumas escolhas terminológicas da tese. Considerou-se que SIG e AE estão diretamente relacionados, por vezes usados como sinônimos, mas possuem distintas abrangências. Uma revisão das definições de SIG, elaborada por Maguire (1991), sistematizou seus três principais pontos de vista: mapa, banco de dados e análise espacial. O SIG, mais genérico, costuma ser empregado no sentido de ambiente e *software* e, a AE, no de procedimento e metodologia. Do ponto de vista empírico, não é raro encontrar pesquisadores que usam o SIG somente para fazer mapas temáticos, sem qualquer tipo de análise ou estatística espacial.

Além disso, destaca-se que o paradoxo dos autores ingleses não se referiu aos SIGs, mas à análise quantitativa de dados espaciais, em contraposição à análise não quantitativa e à postura anti quantitativa dos formandos em geografia. Assim, a opção por usar “análise espacial” nas buscas do WoS foi decorrência da:

- Exatidão: é a expressão que melhor sintetiza o paradoxo;

- Significância: representa com maior propriedade e abrangência a quantificação na geografia;
- Consolidação: é o termo mais antigo, se comparado ao SIG, e está relacionado à obra de Brian Berry e Duane Marble, *Spatial Analysis: a reader in statistical geography*, de 1968.

Figura 8: Número de publicações sobre SIG, por área do conhecimento (2007-2016)
Fonte: Melo; Queiroz (2018)

E, considerando a terminologia sobre quantificação da literatura científica e as características desta pesquisa, o termo bibliometria se mostrou mais adequado à principal unidade de análise da tese: o artigo científico.

4 Metodologia e procedimentos

1.1 Metodologia

As duas principais metodologias utilizadas para investigar a hipótese da pesquisa foram: recuperação e análise da informação. A recuperação está relacionada à obtenção da amostra dos artigos científicos e, a análise, aos procedimentos bibliométricos.

Segundo Baeza-Yates; Ribeiro-Neto (2011), há mais 5.000 anos a humanidade organiza, busca e recupera informações. Nos primórdios, os procedimentos para o armazenamento, organização, compilação e indexação foram aplicados às placas de argila, papiros e livros. As edificações usadas para armazenar esses documentos passaram a se chamar bibliotecas, denominação originária da palavra grega *biblion* (rolo de papiro).

Para Sanderson; Croft (2012), a pesquisa sobre recuperação de informações possui uma história antiga. Embora os primeiros sistemas de busca que usaram computadores tenham sido desenvolvidos no final da década de 1940, somente nos últimos dez anos que os mecanismos de busca da *web* se tornaram difundidos e a pesquisa remota pelos sistemas operacionais dos computadores pessoais foram viabilizadas. E, com o exponencial crescimento do volume de informações digitais, aumento da capacidade de processamento dos equipamentos e da velocidade das redes, os sistemas de recuperação de informação se tornaram onipresentes.

De acordo com Baeza-Yates; Ribeiro-Neto (2011), a recuperação da informação é uma área da Ciência da Computação que busca formas simples para acessar a informação armazenada. Os modelos clássicos de recuperação da informação consideram que cada documento é descrito por um conjunto de palavras-chave representativas, denominadas termos de indexação. O termo de indexação é formado por um grupo de palavras pré-selecionadas que representa conceitos-chave de um documento. Dentre os modelos clássicos, o utilizado na pesquisa foi o modelo booleano de recuperação da informação, que é baseado na teoria dos conjuntos e na álgebra booleana.

O modelo booleano é considerado simples, intuitivo e de semântica precisa. Nele, os termos de indexação estão presentes ou ausentes dos documentos, que significa que as frequências na matriz de termos são binárias. Uma consulta é composta por termos de indexação ligados por três conectivos booleanos: *not*, *and* e *or* (BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 2011). Como ilustra a Figura 9, uma consulta booleana simples foi aplicada ao banco de dados do acervo da

Web of Science Core Collection e sua interseção representa a amostra utilizada para avaliar a hipótese da pesquisa.

Figura 9: Diagrama de Venn da pesquisa

A análise das informações foi subsidiada pela bibliometria, definida por Pritchard (1969) como a medida do conhecimento científico ou do discurso gravado. A análise quantitativa das publicações, conforme a área do conhecimento, revistas, autores, artigos, universidades e termos foi realizada com os procedimentos bibliométricos: citação, cocitação, acoplamento bibliográfico e copalavra (abordados no capítulo anterior). Como ilustra a Figura 10, além de confirmar/refutar a hipótese, proposta é avaliar se padrões ou tendências poderiam ser extraídos dos dados amostrais.

Figura 10: Esquema metodológico

4.1 Procedimentos

O encadeamento das etapas da pesquisa pode ser observado na Figura 11. A edição dos dados, organização de tabelas e elaboração de gráficos (áreas de pesquisa e universidades) foram realizadas com o programa Excel. As análises bibliométricas (citação, cocitação, acoplamento e copalavra) foram realizadas com os seguintes programas:

- VosViewer: para elaborar mapas bibliométricos (VAN ECK; WALTMAN, 2010);
- CitnetExplorer: para representar gráfica e temporalmente a rede de citações dos artigos (VAN ECK; WALTMAN, 2014).

Figura 11: Fluxograma de procedimentos

4.1.1 Características dos dados da WoS

De acordo com Clarivate Analytics (2018), a *Web of Science Core Collection* (WoS) pode ser considerado o maior e mais confiável conjunto de dados de pesquisas científicas. A coleção possui cerca de 20.000 revistas, de mais de 250 áreas de pesquisa. Seu acervo possui 69 milhões de artigos, com 1 bilhão de referências citadas, catalogadas desde o ano de 1900.

Essa plataforma de busca é composta por dez indexadores bibliográficos. Os principais são:

- *Science Citation Index Expanded* (SCI-Expanded): desde o ano de 1900;
- *Social Sciences Citation Index* (SSCI): desde o ano de 1900;
- *Arts & Humanities Citation Index* (A&HCI): desde o ano de 1975;
- *Emerging Sources Citation Index* (ESCI): desde 2015.

O Quadro 2 mostra os rótulos dos campos do banco de dados da WoS. Essa estrutura ilustra as possibilidades de consulta da base de dados.

sigla	Conteúdo	sigla	Conteúdo
FN	Nome do arquivo	PU	Editor
VR	Número da versão	PI	Cidade da editora
PT	Tipo de publicação (J=Periódico, B=Livro; S=Série, P=Patente)	PA	Endereço do editor
AU	Autores	SN	Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas (ISSN)
AF	Nome completo do autor	EI	Número de Série Padrão Internacional para Publicações Eletrônicas (eISSN)
BA	Autores de livros	BN	Número Padrão Internacional de Livro (ISBN)
BF	Nome completo de autores de livros	J9	Abreviação da fonte de 29 caracteres
CA	Autores grupo	JI	Abreviação da fonte ISO
GP	Autores grupo de livros	PD	Data de publicação
BE	Editores	PY	Ano de publicação
TI	Título do documento	VL	Volume
SO	Nome da publicação	IS	Edição
SE	Título de série de livros	SI	Edição especial
BS	Subtítulo de série de livros	PN	Número da edição
LA	Idioma	SU	Suplemento
DT	Tipo de documento	MA	Resumo do encontro
CT	Título da conferência	BP	Página inicial
CY	Data da conferência	EP	Página final
CL	Local da conferência	AR	Número do artigo
SP	Patrocinadores da conferência	DI	Identificador de Objeto Digital (DOI)
HO	Anfitrião da conferência	D2	Identificador de Objeto Digital (DOI) de livro
DE	Palavras-chave de autor	EA	Primeira data de acesso
ID	Keywords Plus®	EY	Primeiro ano de acesso

AB	Resumo	PG	Contagem de páginas
C1	Endereço do autor	P2	Contagem de capítulos (Book Citation Index)
RP	Endereço de reprint	WC	Categorias do Web of Science
EM	Endereço de e-mail	SC	Áreas de pesquisa
RI	Número de ResearcherID	GA	Número de entrega de documentos
OI	Identificador do ORCID	PM	ID PubMed
FU	Agência financiadora e número do subsídio	UT	Número de acesso
FX	Texto sobre financiamento	OA	Indicador de acesso aberto
CR	Referências citadas	HP	Artigo interessante ESI
NR	Contagem de referência citada	HC	Artigo mais citado ESI
TC	Contagem do número de citações da CCWoS	DA	Data em que este relatório foi gerado
Z9	Contagem do número de citações	ER	Fim do registro
U1	Contagem de uso (Últimos 180 dias)	EF	Fim do arquivo
U2	Contagem de uso (Desde 2013)		

Quadro 2: Campos dos arquivos na plataforma WoS

Fonte: Clarivate Analytics (2018)

As áreas de pesquisa (WC) podem ser agrupadas em cinco grandes categorias:

- Artes e humanidades: Arquitetura, História, etc.;
- Ciências da vida e Biomedicina: Agronomia, Botânica, Ecologia, Ciências Ambientais, Saúde Pública, etc.;
- Ciências Físicas: Geologia, Geografia Física, Recursos Hídricos, etc.;
- Ciências Sociais: Geografia, Sociologia, Estudos Urbanos;
- Tecnologia: Engenharia, etc.

4.1.2 Critérios da amostra dos dados

A amostra da pesquisa foi produzida a partir da busca no banco de dados a *Web of Science Core Collection*. Os critérios de busca foram:

- Expressão: “*spati* analys**”;
- Campos: título (TI), palavras-chave (DE), Resumo (AB);
- Período: 1900 até 2017;
- Tipo de documento: artigos e revisões.

A expressão de busca foi utilizada entre aspas para garantir que a ocorrência conjunta e ordenada dos termos ("*spati* analys**"). Os asteriscos (caracteres coringas) foram usados para ampliar a amostra, pois se observou a existência de termos como *spatiotemporal* e *analyses* em inúmeros títulos do banco de dados. A Tabela 1 ilustra os valores obtidos na última consulta ao banco de dados da WoS (21/06/2018).

Expressão	Artigos	Revisões	Anais	Resumos	Resenhas	Total	Amostra = Artigos + Revisões
" <i>spati* analys*</i> "	12.667	358	3.327	248	216	16.816	13.017
" <i>spatial analysis</i> "	10.466	301	2.942	194	210	14.113	10.767
" <i>geographic information system</i> "	10.864	225	4.504	75	15	15.683	11.089
" <i>geospatial analysis</i> "	621	10	176	23		830	631
" <i>geomatic</i> "	121	6	66	2		195	127
" <i>quantitative geography</i> "	48	6	9		44	107	54
" <i>theoretical geography</i> "	17		2		9	28	17

Tabela 1: Expressões de busca

Fonte: Clarivate Analytics (2018)

A Tabela 1 também mostra os resultados da busca com as expressões mais comuns da revisão bibliográfica sobre a quantificação em geografia. A língua inglesa foi utilizada, pois representa mais de 95,68 % do acervo. Os artigos e as revisões foram escolhidos em função do aspecto qualitativo (revisão cega por pares) e quantitativo (numericamente expressivos). Os anais, resumos e resenhas foram desconsiderados por não possuírem os mesmos níveis de qualidade e por serem numericamente menos expressivos.

Os dados com referências bibliográficas completas foram obtidos na WoS, no formato texto, em blocos de 500 registros (limite do sistema). Foram armazenados na forma de planilha, com 13.025 linhas e 68 colunas (campos WoS). As principais edições dessa tabela foram: 1) detectar e eliminar os artigos duplicados (total de 8), 2) as células vazias foram preenchidas, na medida do possível (datas, nome, revistas), 3) os hifens foram eliminados (nomes e palavras chave). Após a edição, a amostra selecionada ficou com 13.017 artigos.

5 Resultados

Os resultados foram organizados da seguinte forma: total de publicações, áreas de pesquisa, revistas, autores, artigos, universidades e coocorrência de palavras. A Tabela 2 sintetiza as principais características da amostra analisada.

Componente	Quantidade
Artigos da amostra	13.017
Primeiros autores	10.943
Total de autores	39.817
Revistas	3.401
Citações	259.262
Áreas de pesquisa	221
Países	166
Universidades	9.122
Palavras (exceto artigos, preposições, etc.)	47.205

Tabela 2: Síntese dos dados da amostra

5.1 Total de publicações

A Figura 12 mostra o número de artigos publicados a partir de 1950. Nota-se que houve um crescimento exponencial de artigos a partir de 1990. Nesse período de 66 anos, a taxa de crescimento anual foi de 11,74%.

Figura 12: Total de artigos publicados (1950-2017)

O artigo pioneiro foi publicado em 1950 e possui características muito peculiares. Foi o primeiro e único artigo sobre AE de toda a década. Seu autor, BIRDSELL, J.B., era um professor de antropologia da Universidade da Califórnia, mas publicou na revista *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, o artigo intitulado *Some implications of the genetical concept of race in terms of spatial analysis*.

Na década de 1960, apenas meia dúzia de artigos sobre AE foi publicada (dois na área de *Psychology* e um em cada uma das seguintes áreas: *Geography*, *Physiology*, *Environmental Sciences e Astronomy & Astrophysics*). Na de setenta, ocorreram 45 publicações e 103 na de oitenta. Mas, como mostra a Figura 13, o aumento foi muito elevado a partir de 1990 (década de 1990=896, 2000=3.533 e 2010=8.433).

Figura 13: Artigos publicados entre 1990-2017

Esse crescimento de 11,74% foi muito superior ao estimado pela literatura. Price (1963) avaliou que o crescimento anual do número de artigos era de 4,7%, dobrando a cada quinze anos. Para Larsen; von Ins (2010), que fizeram uma avaliação mais recente, a taxa geral de crescimento não foi muito diferente da de Price. Contudo, os autores destacam que a taxa de crescimento não tem sido estável, ao longo do tempo, particularmente por causa do efeito negativo das duas grandes guerras e da crise econômica de 1929. A taxa de crescimento dos artigos variou entre 2 e 9% ao ano, provavelmente, segundo os autores, também em função da mudança da cobertura dos bancos de dados e das diferenças entre as áreas.

5.2 Áreas de pesquisa

As áreas de pesquisa foram representadas de acordo com a produtividade de artigos científicos sobre AE (Tabela 3 e Figura 14). Nota-se, na Tabela 3, uma relativa concentração das áreas dessa lista. Dentre as 221 áreas de pesquisa (WC), essas onze possuem 5.811 artigos, que representam 44,6% do total da amostra. As quatro primeiras são: *Environmental Sciences*, *Public Environmental & Occupational Health*, *Ecology* e *Geography*.

Área de pesquisa (WC)	1a	%	2a	3a	4a	5a	6a	Total
<i>Environmental Sciences</i>	1.190	9,14	339	259	1	0	0	1.789
<i>Public Environmental & Occupational Health</i>	783	6,02	332	8	2	0	0	1.125
<i>Ecology</i>	776	5,96	417	3	0	0	0	1.196
<i>Geography</i>	695	5,34	254	105	46	0	0	1.100
<i>Geosciences Multidisciplinary</i>	408	3,13	456	200	12	0	0	1.076
<i>Multidisciplinary Sciences</i>	382	2,93	18	0	0	0	0	400
<i>Biodiversity Conservation</i>	353	2,71	0	0	0	0	0	353
<i>Plant Sciences</i>	321	2,47	73	3	0	0	0	397
<i>Geography Physical</i>	310	2,38	259	102	61	0	0	732
<i>Forestry</i>	300	2,30	31	72	0	0	0	403
<i>Environmental Studies</i>	293	2,25	198	111	38	0	0	640
Total parcial	5.811	44,64	2.377	863	160	0	0	9.211

Tabela 3: Áreas de pesquisa mais produtivas (declaração de até seis áreas por artigo)

Figura 14: Total de artigos por área de pesquisa (mais produtivas)

Diante da importância e das particularidades das áreas de pesquisa, tornou-se necessário abordar algumas especificidades dessa categoria de análise e justificar as respectivas escolhas. A diferença entre classificações das áreas, o número e a relevância das áreas declaradas são abordadas a seguir.

Há dois campos sobre áreas de pesquisa, na amostra da WoS (WC e SC). O campo (SC) foi descartado, pois ele é mais genérico (142 áreas) e agrupa duas áreas importantes para a pesquisa: *Environmental Sciences* e *Ecology*. O campo (WC) foi escolhido por apresentar, ao menos quantitativamente, grau de especificidade mais elevado. São 221 áreas de pesquisa na amostra (79 a mais) e as áreas *Environmental Sciences* e *Ecology* são consideradas áreas distintas.

Outro aspecto importante é que a área de pesquisa é uma informação declaratória e de múltipla escolha. É preenchida pelo autor durante o processo de submissão. Assim, cada artigo da amostra pode estar associado a uma ou mais categorias da lista. Pode variar até seis áreas, mas a média observada foi de 1,78 áreas por artigo (Tabela 4).

Áreas de pesquisa	Artigos
1 ^a	13.017
2 ^a	6.431
3 ^a	2.815
4 ^a	707
5 ^a	217
6 ^a	13
Total	23.200
Média	1,78

Tabela 4: Relação das áreas de pesquisa citadas por artigo

Decidiu-se utilizar somente a primeira área de pesquisa declarada, pois foi considerada mais relevante (ver destaque na Tabela 3). O total de declarações foi rejeitado pela dificuldade e subjetividade para atribuir o peso às n áreas de pesquisa no artigo. E, também por que o *ranking* das áreas seria muito pouco alterado. Caso o total das áreas fosse utilizado, as *Environmental Sciences* permaneceriam em primeiro lugar e *Geography* continuaria em quarto. A única mudança seria a inversão dos segundo e terceiro lugares: *Ecology* ficaria em segundo e *Public Environmental & Occupational Health* ficaria em terceiro lugar, mas ainda mantendo uma diferença percentual mínima.

As áreas de *Geography* e *Geography Physical* foram mantidas separadas, da mesma forma que *Environmental Sciences* e *Environmental Studies*. Caso os valores fossem somados, as geografias ($695+310=1.005$) ainda teriam total inferior ao das ciências ambientais

(1.190+293=1.483). Juntas, as ciências ambientais ainda permaneceriam com produtividade 62% superior às geografias.

A Tabela 5 e a Figura 15 foram elaboradas em função do crescimento observado na Figura 12 (total de artigos) e detalham a evolução das publicações das áreas, por décadas. A década de 1950 foi excluída, pois o único artigo não faz parte das áreas mais produtivas (*Biochemistry & Molecular Biology*).

Área de pesquisa (WC)	60-69	70-79	80-89	90-99	00-09	10-17	Total
<i>Environmental Sciences</i>	1		4	57	353	775	1.190
<i>Public Environmental & Occupational Health</i>			8	40	226	509	783
<i>Ecology</i>			7	63	268	438	776
<i>Geography</i>	1	8	12	52	137	485	695
<i>Geosciences Multidisciplinary</i>			3	16	67	322	408
<i>Multidisciplinary Sciences</i>		1		6	37	338	382
<i>Biodiversity Conservation</i>				18	87	248	353
<i>Plant Sciences</i>			5	49	116	151	321
<i>Geography Physical</i>				17	49	244	310
<i>Forestry</i>			1	20	100	179	300
<i>Environmental Studies</i>		2	5	24	65	197	293
Total	2	11	45	362	1.505	3.886	5.811

Tabela 5: Total de artigos por área de pesquisa (décadas)

Observa-se, na Figura 15, que *Environmental Sciences* iniciam a década de 1990 um pouco abaixo de *Ecology*, mas que seu crescimento foi superior às outras áreas. A área *Public Environmental & Occupational Health* também começa a década de 1990 abaixo de *Ecology*, mas a supera em meados da década de 2000. A área *Ecology* mostrou ângulo de crescimento mais discreto do que as primeiras colocadas. A área *Geography*, com aumento significativo na década de 2000, supera *Ecology* e se aproxima de *Public Environmental & Occupational Health* no último período (década incompleta).

Figura 15: Total de artigos por área de pesquisa por década (1990-2017)

Esses dados absolutos corroboram a hipótese da pesquisa: outras áreas de pesquisa utilizam mais a análise espacial nas publicações do que a geografia, considerada berço da AE. No entanto, foi necessário aprofundar as análises e investigar outras circunstâncias desse contexto.

Após as análises descritivas (frequências absolutas e relativas), foram realizados testes estatísticos. O modelo de regressão de Poisson foi utilizado, tendo como *offset* o total de artigos. Após o ajuste do modelo, a comparação das proporções de publicações entre as áreas foi realizada via contrastes, com correção de Bonferroni (Tabela 6 e Tabela 7).

A regressão foi calculada em duas escalas: grandes áreas de pesquisa (5) e áreas de pesquisa (221). As cinco grandes áreas de pesquisa são: *Arts Humanities*, *Life Sciences Biomedicine*, *Physical Sciences*, *Social Sciences* e *Technology*, e agrupam todas as áreas WC. Esse agrupamento foi realizado para verificar se havia alguma diferença significativa entre os tipos de agrupamento (parte e todo).

Área de pesquisa (WC)	N	%	p
Total	13.017	100,0	
<i>Arts Humanities</i>	119	0,9	<0,001
<i>Life Sciences Biomedicine</i>			
<i>Environmental Sciences & Ecology</i>	1.483	11,4	<0,001
<i>PE & OH</i>	783	6,0	<0,001
<i>Others</i>	5.083	39,0	<0,001
<i>Physical Sciences</i>	1.592	12,2	<0,001
<i>Social Sciences</i>			
<i>Geography</i>	1.005	7,7	-
<i>Except Geography</i>	1.445	11,1	<0,001
<i>Technology</i>	1.507	11,6	<0,001

p - nível descritivo do teste de Wald do modelo de regressão de Poisson. Foi considerada como categoria de referência a área de Ciências Sociais - Geografia.

Porcentagem de artigos publicados em *Life Sciences Biomedicine* - others > *Physical Sciences* = *Technology* = *Life Sciences Biomedicine* - *Environmental Sciences & Ecology* = *Social Sciences* - *Except Geography* > *Social Sciences* - *Geography* > *Life Sciences Biomedicine* - *PE & OH* > *Arts Humanities*, segundo contrastes com correção de Bonferroni.

Tabela 6: Distribuição dos artigos por “grandes” áreas de pesquisa

De acordo com a Tabela 6, verificou-se participações distintas de artigos por “grandes” áreas de pesquisa ($p < 0,001$). Dessa forma, observou-se que a área de “*Life Sciences Biomedicine* - others” apresentou a maior porcentagem de publicações (39,0%) seguida pelas áreas “*Physical Sciences*”, “*Technology*”, “*Life Sciences Biomedicine* - *Environmental Sciences & Ecology*”, “*Social Sciences* - *Except Geography*” que apresentaram porcentagens similares (12%). A Geografia apresentou a terceira maior porcentagem (7,7%) seguida pela área “*Life Sciences Biomedicine* - *PE & OH*” (6,0%). Já a área “*Arts Humanities*” apresentou a menor porcentagem (0,9%).

Id	Área de pesquisa (WC)	N	%	p
Total		13.017	100,0	
1	<i>Environmental Sciences</i>	1.190	9,1	<0,001
2	<i>Public Environmental & Occupational Health</i>	783	6,0	<0,001
3	<i>Ecology</i>	776	6,0	0,035
4	<i>Geography</i>	695	5,3	-
5	<i>Geosciences Multidisciplinary</i>	408	3,1	<0,001
6	<i>Multidisciplinary Sciences</i>	382	2,9	<0,001
7	<i>Biodiversity Conservation</i>	353	2,7	<0,001
8	<i>Plant Sciences</i>	321	2,5	<0,001
9	<i>Geography Physical</i>	310	2,4	<0,001
10	<i>Forestry</i>	300	2,3	<0,001
11	<i>Environmental Studies</i>	293	2,3	<0,001
12	<i>Demais</i>	7.206	55,4	<0,001

p - nível descritivo do teste de Wald do modelo de regressão de Poisson. Foi considerada como categoria de referência a área de Geografia.

Porcentagem de artigos publicados em Demais áreas > *Environmental Sciences* > *Public Environmental & Occupational Health* = *Ecology* > *Geography* > *Geosciences Multidisciplinary* = *Multidisciplinary Sciences* = *Biodiversity Conservation* > *Plant Sciences* = *Geography Physical* = *Forestry* = *Environmental Studies*, segundo contrastes com correção de Bonferroni.

Tabela 7: Distribuição dos artigos por área de pesquisa (WC)

De acordo com a Tabela 7, verificou-se participações distintas de artigos por área de pesquisa ($p < 0,001$). Dessa forma, observou-se que, excluindo-se as demais áreas, a área de *Environmental Sciences* apresentou a maior porcentagem de publicações (9,1%) e as áreas *Public Environmental & Occupational Health* e *Ecology*, as segundas maiores (6,0%). A área *Geography* apresentou a terceira maior porcentagem (5,3%), seguida pelas áreas *Geosciences Multidisciplinary*, *Multidisciplinary Sciences* e *Biodiversity Conservation* (cerca de 3%). Já as áreas *Plant Sciences*, *Geography Physical*, *Forestry* e *Environmental Studies* apresentaram as menores porcentagens (no máximo de 2,5%).

5.3 Revistas

Dentre as 3.401 revistas da amostra, as mais relevantes foram representadas de acordo com os números de artigos e de citações. No que se refere ao total de artigos, como ilustram a Tabela 8, a Figura 16 e a Figura 17, observa-se uma considerável fragmentação. A mais significativa é a *Plos One*, que representa menos de 2% dos artigos da amostra. É um periódico multidisciplinar que publica artigos predominantemente das ciências naturais, pesquisa médica, engenharia, mas também ciências sociais e ciências humanas. O periódico *Applied Geography* é o segundo colocado, com 1% dos artigos da amostra.

Embora seja natural que a revista *International Journal of Geographical Information Science* esteja bem colocada (4º lugar), dada sua associação intrínseca com AE, é simbólico o fato de ter menos do que a metade dos artigos da *Plos One*. Além disso, está abaixo da *Geophysical Journal International*, e pouco acima das revistas *Environmental Monitoring and Assessment* e *Science of the Total Environment*.

Revistas	Artigos	%
<i>Plos One</i>	207	1,59
<i>Applied Geography</i>	135	1,04
<i>Geophysical Journal International</i>	113	0,87
<i>International Journal of Geographical Information Science</i>	101	0,78
<i>Environmental Monitoring and Assessment</i>	97	0,75
<i>Science of the Total Environment</i>	94	0,72
<i>Geospatial Health</i>	71	0,55
<i>International Journal of Health Geographics</i>	70	0,54
<i>Forest Ecology and Management</i>	67	0,51
<i>Computers & Geosciences</i>	61	0,47
<i>Landscape and Urban Planning</i>	61	0,47
<i>Landscape Ecology</i>	61	0,47
<i>Social Science & Medicine</i>	60	0,46
<i>Environmental Earth Sciences</i>	58	0,45
<i>Journal of Biogeography</i>	57	0,44
Total	1.313	10,09

Tabela 8: Lista de revistas de acordo com o número de artigos

Figura 16: Total de artigos publicados por revista

A lista de revistas com mais artigos sobre AE revela também um relativo equilíbrio da distribuição entre as áreas de pesquisa. As revistas *Environmental Monitoring and Assessment*, *Science of the Total Environment* e *Environmental Earth Sciences* estão vinculadas à área *Environmental Sciences*. As revistas *Geospatial Health*, *International Journal of Health Geographics*, *Social Science & Medicine* podem ser relacionadas à área *Public Environmental & Occupational Health*. A revista *Plos One* está associada às duas primeiras áreas. As revistas *Forest Ecology and Management* e *Landscape Ecology* estão associadas à área *Ecology*. As revistas *Applied Geography*, *International Journal of Geographic Information Science*, *Landscape and Urban Planning* e *Journal of Biogeography* podem ser relacionadas à *Geography*.

Figura 17: Representação da rede de revistas (maior número de artigos)

A Figura 17 representa graficamente as revistas com maior número de publicações. Nesse mapa bibliométrico, o tamanho dos círculos indica proporcionalmente a quantidade de artigos (ex.: *Plos One*, *Applied Geography*, etc.). As cores mostram os principais grupos temáticos (azul: *Environmental Sciences* e *Ecology*; vermelho: *Geography* e *Geosciences Multidisciplinary*; verde: *Public Environmental & Occupational Health*; amarelo: *Neurosciences*). A distância é proporcional à conexão entre revistas e indica o grau de proximidade científica (aspectos comuns) das publicações, como, por exemplo, *Plos One* e *Journal of Applied Ecology*. A espessura das linhas indica proporcionalmente a conexão entre as revistas, evidenciando a quantidade de ligações entre os mesmos grupos ou cores (ex.: grupo azul).

A Tabela 9 e a Figura 18 representam as revistas de acordo com o número de citações. A mais citada é a *Ecology*, com 8.460 citações e somente 33 artigos. Ocupa um lugar de destaque, pois é 2,27 vezes mais citada do que a segunda, a *Molecular Ecology*, com 3.720 citações e 49 artigos. Percebe-se também uma clara diferença entre as revistas mais citadas e as que publicaram mais artigos (Tabela 8). Em comum, apenas quatro revistas: *Plos One*, *Applied Geography*, *Environmental Monitoring and Assessment* e *Landscape Ecology*. Esta última revista possui apenas 61 artigos, mas 3.355 citações. Também chama a atenção o número de

citações da revista *Science* (1.614) para apenas seis artigos. Essa relação supera em muito o fator de impacto da revista (41,05), o maior da lista.

Revistas	Artigos	Citações	FI
<i>Ecology</i>	33	8.460	4,617
<i>Molecular Ecology</i>	49	3.720	6,131
<i>Landscape Ecology</i>	61	3.355	3,615
<i>Proceedings of The National Academy of Sciences of The USA</i>	35	2.873	9,700
<i>Applied Geography</i>	135	2.656	3,117
<i>Landscape and Urban Planning</i>	61	2.516	4,994
<i>Neuroimage</i>	39	2.303	5,426
<i>Plos One</i>	207	2.157	3,540
<i>Ecography</i>	27	2.129	4,520
<i>Ecological Modelling</i>	35	2.096	2,507
<i>Accident Analysis and Prevention</i>	56	1.853	2,584
<i>Remote Sensing of Environment</i>	32	1.752	6,457
<i>Science</i>	6	1.614	41,05
<i>Environmental Monitoring and Assessment</i>	97	1.588	1,804
<i>Geographical Analysis</i>	41	1.578	1,860
Total	914	40.650	

Tabela 9: Lista de revistas conforme o número de citações

Figura 18: Representação da rede de revistas (mais de 500 citações)

A Figura 18 representa graficamente as revistas com mais de 500 citações. O tamanho dos círculos mostra quantidade de citações, com destaque para *Ecology*. As cores ilustram os principais grupos (azul: *Environmental Sciences* e *Ecology*; vermelho: *Geography* e *Geosciences Multidisciplinary*; verde: *Public Environmental & Occupational Health*; amarelo: *Neurosciences*).

A distância mostra o grau de proximidade entre as revistas. O exemplo mais evidente é a sobreposição entre *Ecology* (azul) e *Landscape Ecology* (vermelho), cuja proximidade impede a visualização da legenda (regra para evitar sobreposição). A espessura das linhas indica a conexão entre as revistas e ressalta, principalmente, as ligações entre os agrupamentos de mesma cor. As revistas do grupo amarelo, as neurociências, não se conectam com o restante, em função das diferenças entre as áreas de pesquisa. O círculo da revista *Science* está representado, na cor vermelha (esquerda de *Remote Sensing of Environment*), mas seu rótulo não parece em decorrência de regra de não sobreposição do programa.

A Figura 19 apresenta a cocitação de revistas com mais de 500 citações. Como mencionado anteriormente, cocitação é a frequência com que duas referências são citadas juntas (SMALL, 1973). Essa métrica conecta as revistas com base em ocorrências conjuntas nas referências bibliográficas. Observa-se a proximidade e a proporção das revistas *Science* e *Nature*. Essas duas revistas são muito conhecidas, possuem elevada credibilidade e fator de impacto muito alto (41,05 e 41,57). A revista *Ecology*, que possui 33 artigos e 8.460 citações, também se destaca, mas com menos realce do que na Figura 18.

Na Figura 20, é notável o tamanho dos símbolos dos periódicos *Ecology*, *Molecular Ecology* e *Landscape Ecology*. Apresenta pequenas diferenças em relação à Figura 18, particularmente o destaque da *Landscape Ecology* e a inclusão do grupo da cor magenta (*Astrophysical Journal*, *Astronomy & Astrophysics* e *Royal Astronomic Society*).

Em relação à hipótese, considera-se que o número de artigos publicado por revista se mostrou um critério inconclusivo, pois destacou uma revista multidisciplinar (*Plos One*). A cocitação de revistas mostrou a importância dos periódicos relacionados às *Environmental Sciences* e *Ecology*, mas deu mais destaque às revistas *Science* e *Nature*. O número de citações e o acoplamento das revistas foram as métricas que mais claramente evidenciam que a AE é mais utilizada por outras áreas do conhecimento.

Ainda que a distribuição dos 13.017 artigos pelas 3.401 revistas da amostra tenha mostrado significativa fragmentação, a concentração de revistas preconizada pela Lei de Bradford ficou evidente (Tabela 10).

Zonas	Revistas	Artigos	%
1	247	>10	7,26
2	809	3 a 9	23,79
3	2.345	1 e 2	68,95
Total	3.401		100,00

Tabela 10: Revistas da amostra e a Lei de Bradford

Para Bradford, três principais zonas agrupam os periódicos conforme sua produtividade: a primeira zona (principal) contém poucas revistas, que são muito produtivas; a segunda, número mediano de revistas, com produtividade constantemente decrescente e, a última zona, muitos periódicos com pouquíssimos artigos (relação 1:3:9). O autor considerava que grande número de artigos seria publicado por revistas que, em princípio, não seriam as mais apropriadas para julgá-los (PINHEIRO, 1983).

5.4 Autores

Os autores dos artigos foram representados de duas formas: mais produtivos e mais citados. Os 13.017 artigos da amostra possuem 39.817 autores. Observa-se na Tabela 11 que somente 10% dos artigos foi escrito por um único autor, que cerca de 40% possui entre 2 e 3 autores e que há três artigos com mais cem autores, com destaque para o documento com 171 autores, da área *Biochemistry & Molecular Biology*, que recebeu 70 citações, desde 2012.

Num. autores	total	%
único autor	1.392	10,69
2 autores	2.650	20,36
3 autores	2.704	20,77
4 autores	2.171	16,68
5 autores	1.508	11,58
6 autores	953	7,32
7 autores	611	4,69
8 autores	347	2,67
9 autores	218	1,67
10 autores	138	1,06
11 a 99 autores	323	2,48
100 a 171 autores	3	0,02
Total	13.017	100,00

Tabela 11: Relação de número de autores por artigo da amostra

A Tabela 12 apresenta os autores com maior número de artigos da amostra (primeiro autor ou coautor). O autor mais produtivo publicou 32 artigos, em 13 diferentes áreas, com destaque para a área *Economics*. Outros aspectos que se destacam é a recorrência das *Environmental Sciences* e a diversidade de áreas de pesquisa. No caso dos sobrenomes curtos, característica recorrente entre autores de procedência oriental, é considerável a possibilidade de homônimos, mas avaliou-se que esse tipo de verificação transcendia o escopo da pesquisa.

A Figura 21 representa os autores mais produtivos na forma de mapa bibliométrico. O tamanho do círculo é proporcional ao número de artigos, a distância menor ilustra a relativa proximidade entre os artigos de cada autor. As cores mostram os principais agrupamentos das áreas de pesquisa, mas, nesse caso, sua associação é menos evidente, pois os autores publicaram em inúmeras áreas de pesquisa.

Autores/coautores	Artigos	Áreas	Maior frequência
GRUBESIC TH	32	13	<i>Economics</i> (8)
LIU Y	30	16	<i>Environmental Sciences</i> (5)
ZHANG Y	29	18	<i>Environmental Sciences</i> (6)
WANG J	27	19	<i>Environmental Sciences</i> (5)
LI Y	26	17	<i>Ecology</i> (3)
ANDRESEN MA	25	4	<i>Criminology & Penology</i> (16)
CHEN Y	22	13	<i>Environmental Sciences</i> (6)
ABDEL-ATY M	21	7	<i>Ergonomics</i> (11)
WANG JF	21	12	<i>Environmental Sciences</i> (3)
WANG Y	20	16	<i>Infectious Diseases</i> (3)
CLEMENTS ACA	19	7	<i>Infectious Diseases</i> (16)
MURRAY AT	16	8	<i>Geography</i> (7)
LAFFAN SW	14	4	<i>Ecology</i> (5)
KITRON U	12	4	<i>Infectious Diseases</i> (7)
LEGENDRE P	11	3	<i>Ecology</i> (7)

Tabela 12: Autores mais produtivos e respectivas áreas de pesquisa

Figura 21: Rede de autores com mais artigos publicados

A Tabela 13 mostra os autores mais citados. Nota-se que LEGENDRE, P.: possui quase duas vezes mais citações do que o segundo da lista, que publica com maior frequência na área de *Ecology* e que é o único autor que também consta da tabela dos mais produtivos.

Autor	Artigos	Citações
LEGENDRE, P	11	7.485
BORCARD, D	4	3.914
DRAPEAU, P	2	2.447
JERRETT, M	12	1.828
BINI, LM	12	1.718
ANSELIN, L	15	1.405
DINIZ, JAF	18	1.393
KREWSKI, D	8	1.300
ALKEMADE, R	3	1.298
PERRY, JN	15	1.282

Tabela 13: Lista de autores mais citados (total de citações)

A Figura 22 exibe a representação dos mais citados no formato de rede. Os quatro principais agrupamentos expressam as áreas mais relevantes: vermelho (*Ecology*), azul (*Public Environmental & Occupational Health*), verde (*Multidisciplinary Sciences*) e amarelo (*Biodiversity Conservation*).

Figura 22: Rede de autores mais citados

A Figura 23 apresenta as referências mais citadas pelos artigos da amostra no período de 1990 a 2017. Suas principais características são: a seleção dos autores é realizada por uma pontuação de citações, a posição vertical é definida pelo ano da publicação e a posição horizontal é determinada por suas relações com outras publicações, as linhas curvas representam o vínculo entre citações e, a publicação citada, está sempre localizada acima da publicação citante.

Figura 23: Representação da estrutura das citações dos artigos (1990-2017)

As cores indicam os agrupamentos das áreas de pesquisa. O grupo azul pode ser relacionado à *Geography* e *Public Environmental & Occupational Health*. A cor laranja, às áreas de *Ergonomics* e *Public, Environmental & Occupational Health*, com muitos artigos publicados na revista *Accident Analysis And Prevention*. A cor cinza à *Biology* e *Neurosciences*, verde à *Ecology* e, o amarelo, à *Biodiversity Conservation*. Ligados à área *Geography*, percebe-se a presença de Anselin, L. e Fotheringham, A.S. (autor do paradoxo), com publicações muito citadas na revista *Geographical Analysis*.

A Figura 24 mostra a cocitação de autores com mais de 100 citações. Os destaques são Anselin, L. e Legendre, P. e respectivos vizinhos, citados simultaneamente pelos mesmos artigos. Na cor verde, Kulldorff, M., Getis, A. e Moran, P. estão relacionados à estatística e, na cor azul, Borcard, D., Diniz, J. e Sokal, R. associados à ecologia e estatística.

Figura 24: Cocitação de autores (> 100 citações)

A Figura 25 mostra o acoplamento bibliográfico dos autores com mais de 500 citações. O destaque é para a disposição dos grupos de autores (cores) que foram citados simultaneamente e as respectivas ligações internas entre os grupos.

Figura 25: Acoplamento bibliográfico de autores (> 500 citações)

Os resultados sobre os autores foram considerados positivos para o objetivo da pesquisa. Os mais produtivos mostraram uma diversidade de áreas de pesquisa. No entanto, os autores mais citados, as citações por ano e o acoplamento bibliográfico endossaram a importância das *Environmental Sciences* e *Ecology*. A cocitação de autores ressaltou a magnitude da estatística no contexto da AE.

É possível considerar que esse caráter metodológico da AE tenha ampliado muito o espectro de abrangência da amostra. Esta pode ser uma das razões para que a concentração mencionada pela Lei de Lotka tenha ficado aquém da observada. O número de autores que participou de um único artigo (33.077) foi muito elevado (amostra de 39.817 autores). Como ilustra a Tabela 14, os valores observados foram distintos dos postulados por Lotka. Se aplicarmos sua fórmula (Equação 1), o número de autores que publicariam dois artigos seria de 8.269, três artigos 3.675 e quatro artigos, 2.067. Nesse contexto, os dados observados na amostra apontaram uma produtividade mais concentrada do que a prevista por Lotka.

Essa diferença de concentração, não representou um aspecto negativo. De acordo com Nicholls (1988), a desigualdade na produtividade dos autores é um fenômeno fundamental, mas não é estático. A sua natureza varia conforme sua população, pois a produtividade dos autores pode variar significativamente entre as áreas de pesquisa.

Amostra		Lei de Lotka	Lei de Price
Artigos	Autores		
32	1	32	
30	1	37	
29	1	39	
27	2	45	
26	1	49	
25	1	53	
23	1	63	
22	2	68	
21	3	75	
20	2	83	
18	4	102	
17	4	114	
16	4	129	
15	7	147	
14	4	169	
13	10	196	
12	16	230	
11	19	273	
10	24	331	
9	22	408	
8	59	517	188
7	89	675	277
6	113	919	
5	256	1.323	
4	491	2.067	
3	1.203	3.675	
2	4.400	8.269	
1	33.077	33.077	
Total	39.817	-	200

Tabela 14: Produtividade geral dos autores

A Lei geral de Price foi sucintamente avaliada na amostra. De acordo com o destaque da Tabela 14, a raiz quadrada do total de autores indicou que a referida elite acadêmica possuiria cerca de 200 autores, os mais produtivos, com pouco mais de sete artigos publicados cada. Diferente dos percentuais de 75% mencionado por Price, e de 60% de Lotka, a amostra indicou que 83% dos autores publicaram uma única vez sobre AE.

5.5 Artigos

Os artigos foram representados pelo número de citações, cocitação e acoplamento bibliográfico. A Tabela 15 e a Figura 26 representam os mais citados da amostra (campo Z9).

Diferem da Figura 23, pois mostram todas as citações dos artigos, de dentro e de fora da amostra, até a data de obtenção dos dados na WoS (21/06/2018). Percebe-se que os dois primeiros, da área *Ecology*, possuem quase o dobro de citações do terceiro colocado. O predomínio das áreas de pesquisa foi de *Ecology* (5 ocorrências). *Environmental Sciences*, a área mais produtiva, está ausente da tabela. Também é possível ver que há artigos comuns entre a Tabela 13 e Tabela 15 (LEGENDRE, P., BORCARD, D. e ANSELIN, L.) e que estão presentes na Figura 22, Figura 23 e Figura 26.

Artigos mais citados	Área	Citações
BORCARD, D; LEGENDRE, P; DRAPEAU, P (1992)	<i>Ecology</i>	2.587
LEGENDRE, P (1993)	<i>Ecology</i>	2.182
DUPANLOUP, I; SCHNEIDER, S; EXCOFFIER, L (2002)	<i>Biochemistry & Molecular Biology</i>	1.187
SEAMAN, DE; POWELL, RA (1996)	<i>Ecology</i>	994
DE GROOT, RS; ALKEMADE, R; BRAAT, L; HEIN, L; WILLEMEN, L (2010)	<i>Ecology</i>	968
BORCARD, D; LEGENDRE, P (2002)	<i>Ecology</i>	877
ANSELIN, L; SYABRI, I; KHO, Y (2006)	<i>Geography</i>	784
RANGEL, TF; DINIZ, JAF; BINI, LM (2010)	<i>Biodiversity Conservation</i>	696
FISCHER, LR; CULVER, DG; TENNANT, P; DAVIS, AA; WANG, MS; CASTELLANO-SANCHEZ, A; KHAN, J; POLAK, MA; GLASS, JD (2004)	<i>Neurosciences</i>	686
HOLMAN, CDJ; BASS, AJ; ROUSE, IL; HOBBS, MST (1999)	<i>Public Environmental & Occupational Health</i>	664
SHRESTHA, S; KAZAMA, F (2007)	<i>Computer Science Interdisciplinary Applications</i>	661
SINGH, KP; MALIK, A; MOHAN, D; SINHA, S (2005)	<i>Engineering Environmental</i>	647

Tabela 15: Artigos mais citados

A Figura 26 representa proporcionalmente os autores dos artigos mais citados. As cores representam os anos de publicação (ver legenda na figura). Os símbolos maiores mostram os dois artigos mais citados, que são do início da década de 1990 (azul). Também se destacam os artigos de De Groot. R.S. e Rangel, T.F. que são muito citados, mas foram publicados há muito menos tempo (2010).

Figura 26: Rede de artigos mais citados (autor e ano)

A Figura 27 mostra a cocitação de artigos com mais de 50 citações. Percebe-se a evidência de Anselin, L. e sua proximidade com os autores relacionados à análise estatística (Bailey, T. Kulldorff, M., Moran, P. e Getis, A.).

Figura 27: Cocitação de artigos (> 50 citações)

A Figura 28 evidencia o acoplamento bibliográfico dos artigos com mais de 200 citações. Nota-se que os principais artigos (representados pelos autores e ano) se conectam por que possuem bibliografias citadas simultaneamente por dois ou mais artigos. Isso ratifica as citações comuns da área *Ecology*, cujos periódicos possuem maiores números de citações.

Figura 28: Acoplamento bibliográfico de artigos com mais de 200 citações

Em relação à tese, os resultados das métricas sobre os artigos também foram pertinentes. O número de citações e o acoplamento bibliográfico realçaram a área *Ecology* e, da mesma forma que nos autores, a cocitação evidenciou a importância da estatística.

5.6 Universidades

As universidades também foram representadas pelo número de artigos e de citações. A Tabela 16 e a Figura 29 mostram as mais produtivas dentre as 9.122 da amostra. A China ocupa o primeiro lugar, com mais artigos e citações. No entanto, essa academia de ciências agrupa 104 institutos de pesquisa e 5 universidades. Também se destaca a presença da universidade canadense em segundo lugar e a australiana, em terceiro. Dentre as quinze mais produtivas, dez são norte-americanas (Universidade da Califórnia subdividida). Também é notável a posição da USP, em 12º lugar e, em 15º lugar a instituição francesa de pesquisa (INRA).

Universidades	Artigos	%	Citações
CHINESE ACAD SCI	384	2,95	5.154
UNIV TORONTO	125	0,96	4.217
UNIV QUEENSLAND	115	0,88	2.657
UNIV WISCONSIN	106	0,81	2.580
UNIV CALIF DAVIS	105	0,81	3.019
UNIV CALIF BERKELEY	102	0,78	4.126
ARIZONA STATE UNIV	99	0,76	2.978
UNIV ILLINOIS	97	0,75	4.160
UNIV N CAROLINA	96	0,74	1.639
HARVARD UNIV	93	0,71	2.974
UNIV MICHIGAN	92	0,71	2.653
UNIV SAO PAULO	92	0,71	997
OHIO STATE UNIV	91	0,70	2.313
UNIV FLORIDA	90	0,69	1.364
INRA	81	0,62	2.057

Tabela 16: Lista de universidades que produziram mais artigos

Figura 29: Representação das universidades mais produtivas

A Tabela 17 e a Figura 30 mostram as universidades com maior número de citações. É possível perceber que: a Universidade de Montreal é a mais citada, mas não aparece na tabela das mais produtivas, que os Estados Unidos possuem onze universidades nessa lista, que a USP e o INRA perderam lugar para as estaduais norte-americanas.

Universidades	Países	Artigos	Citações
UNIV MONTREAL	Canadá	65	6.186
CHINESE ACAD SCI	China	384	5.154
UNIV TORONTO	Canadá	125	4.217
UNIV ILLINOIS	EUA	97	4.160
UNIV CALIF BERKELEY	EUA	102	4.126
UNIV CALIF DAVIS	EUA	105	3.019
ARIZONA STATE UNIV	EUA	99	2.978
HARVARD UNIV	EUA	93	2.974
UNIV QUEENSLAND	Austrália	115	2.657
UNIV MICHIGAN	EUA	92	2.653
UNIV WISCONSIN	EUA	106	2.580
US FOREST SERV	EUA	67	2.580
COLORADO STATE UNIV	EUA	77	2.415
N CAROLINA STATE UNIV	EUA	67	2.397
OHIO STATE UNIV	EUA	91	2.313

Tabela 17: Lista de universidades com artigos mais citados

5.7 Palavras

A lista (Tabela 18) e as representações (Figura 31 e Figura 32) ilustram a frequência e a coocorrência das palavras da amostra. Dentre as 47.205 palavras, extraídas dos títulos, resumos e palavras chave, foram selecionadas as cinquenta mais recorrentes. A coocorrência é a frequência na qual os termos acontecem simultaneamente e, a relevância é uma pontuação de importância, calculada pelo programa *VOS Viewer* (VAN ECK et al., 2010).

Id	Palavras	Frequência	Relevância	Id	Palavras	Frequência	Relevância
1	<i>spatial analysis</i>	3.996	5.565	26	<i>biodiversity</i>	241	600
2	<i>gis</i>	1.749	2.855	27	<i>diversity</i>	235	472
3	<i>model</i>	957	1.590	28	<i>climate</i>	228	501
4	<i>patterns</i>	659	1.429	29	<i>transmission</i>	228	530
5	<i>united states</i>	533	1.067	30	<i>scale</i>	224	515
6	<i>climate change</i>	462	918	31	<i>geostatistics</i>	223	327
7	<i>system</i>	454	734	32	<i>risk factors</i>	222	500
8	<i>management</i>	434	921	33	<i>landscape</i>	221	493
9	<i>dynamics</i>	424	821	34	<i>vegetation</i>	216	485
10	<i>epidemiology</i>	413	980	35	<i>spatial distribution</i>	206	313
11	<i>china</i>	412	840	36	<i>association</i>	203	456
12	<i>risk</i>	404	894	37	<i>prevalence</i>	193	403
13	<i>population</i>	403	836	38	<i>temperature</i>	193	474
14	<i>area</i>	398	879	39	<i>classification</i>	189	375
15	<i>land use</i>	392	855	40	<i>evolution</i>	184	202
16	<i>conservation</i>	333	699	41	<i>region</i>	181	411
17	<i>spatiotemporal analysis</i>	326	363	42	<i>spatial autocorrelation</i>	177	325
18	<i>remote sensing</i>	303	676	43	<i>trends</i>	175	375
19	<i>variability</i>	296	581	44	<i>environment</i>	173	380
20	<i>mortality</i>	292	659	45	<i>space</i>	170	245
21	<i>health</i>	291	613	46	<i>city</i>	169	337
22	<i>disease</i>	284	630	47	<i>forest</i>	164	394
23	<i>impact</i>	271	568	48	<i>europe</i>	158	305
24	<i>ecology</i>	254	580	49	<i>precipitation</i>	158	321
25	<i>growth</i>	242	411	50	<i>statistics</i>	158	353

Tabela 18: Frequência e relevância de palavras

A análise das palavras da Tabela 18 permitiu observar os seguintes agrupamentos: metodologia e procedimentos, recortes espaciais, ações e medidas, áreas de pesquisa.

Sobre as metodologias e procedimentos, observou-se a ocorrência de: *spatial analysis* (1), *gis* (2), *model* (3), *patterns* (4), *system* (7), *spatiotemporal analysis* (17), *remote sensing* (18), *geostatistics* (31), *spatial distribution* (35), *spatial autocorrelation* (42), *statistics* (50).

Outro grupo caracteriza os recortes espaciais. Os termos são: *area* (14), *scale* (30), *landscape* (33), *region* (41), *space* (45), *city* (46). São recorrentemente utilizados pela área *Geography*, mas também por outras áreas de pesquisa.

No grupo ações e medidas, destacaram-se: *management* (8), *dynamics* (9), *conservation* (16), *impact* (23), *growth* (25), *association* (36), *classification* (39), *evolution* (40), *trends* (43).

Algumas áreas de pesquisa ficaram caracterizadas pelas palavras: *mortality* (20), *health* (21), *disease* (22), *ecology* (24), *biodiversity* (26), *transmission* (29), *prevalence* (37), *environment* (44).

A Figura 31 permite visualizar graficamente a frequência e a relevância das palavras. Era de se esperar que *spatial analysis* estivesse em primeiro lugar, pois foi o critério para seleção da amostra. Destaca-se, entretanto, a frequência dos termos correlatos à quantificação: *gis*, *model* e *patterns*.

Figura 31: Frequência de palavras

A Figura 32 exibe a rede de coocorrência de palavras. É interessante observar as relações entre os símbolos de cores verde, vermelha, azul e amarela. *Spatial analysis*, é representado pelo maior e mais centralizado símbolo, de cor verde. Na mesma cor, muitas palavras relacionadas à área de pesquisa *Public Environmental & Occupational Health*. O maior símbolo da cor vermelha corresponde à palavra *patterns*, que está próxima aos termos correlatos às áreas de *Environmental Sciences* e *Ecology*. Na cor azul, destacam-se os termos *gis* e *model*, que também ocorrem nas proximidades dos que são comuns à área *Geography*. A cor amarela mostra as palavras associadas às mudanças climáticas, que ocorre em sexto lugar no ranking (*climate change*).

Figura 32: Coocorrência de palavras (> 165 ocorrências)

A frequência de palavras destacou os termos relacionados à metodologia e procedimentos da AE. Uma interpretação do mapa bibliométrico permite supor que esse caráter metodológico possui uma expressão central, no qual orbitam termos relacionados à *Public Environmental & Occupational Health* (cor verde); *Geography* (azul), com as palavras *gis*, *model*, *space*,

region, área, city (recortes espaciais); às *Environmental Sciences* e *Ecology* (vermelho), com termos *patterns, dynamics, management, vegetation, forest* e *conservation*.

A coocorrência de palavras também foi inconclusiva para a hipótese. Há termos relacionados às áreas de pesquisa mais relevantes, mas predominaram os relacionados à metodologia e procedimentos da AE.

6 Discussão

Conforme mencionado anteriormente, esta pesquisa foi motivada pela indagação de Fotheringham; Brunsdon; Charlton (2000, p. xi):

“Um dos mais intrigantes paradoxos que enfrentarão os que vierem analisar o desenvolvimento da geografia será o motivo pelo qual, no final do século XX, grande parte da geografia se voltou contra a análise quantitativa de dados espaciais, assim como muitas outras disciplinas passaram a reconhecer sua importância. Em uma época em que a geografia deveria atender à demanda crescente de analistas de dados espaciais, a maioria de seus formandos era, na melhor das hipóteses, não quantitativa e, em alguns casos, era ativamente antiquantitativa”.

Seu objetivo foi representar e analisar a produção de artigos científicos que utilizam a análise espacial (AE) obtidos na Coleção Principal da *Web of Science*. Uma análise bibliométrica dessa produção, desde o período denominado como revolução quantitativa da geografia até o atual (1950-2017) foi realizada.

A hipótese da pesquisa é de que o número de artigos científicos que utilizam AE é maior em outras áreas de pesquisa e do que na geografia. Além de verificar se essa afirmação permanece verdadeira, quase duas décadas após sua menção, a proposta foi refletir sobre os respectivos dados e circunstâncias.

A discussão foi dividida em dois itens: comprovação, que sistematiza os resultados e mostra os elementos que corroboram a hipótese; e contrapontos, que indicam as reflexões sobre a proporcionalidade e sobreposição das áreas de pesquisa, expressividade bibliométrica da revisão bibliográfica, limites da quantificação, retrospectiva sucinta sobre as áreas de pesquisa e as tendências.

6.1 Comprovação

O resultado geral indica a confirmação da hipótese da pesquisa: as áreas de *Environmental Sciences*, *Ecology* e *Public Environmental Occupational Health* publicaram mais artigos do que os da área de *Geography*. Os resultados específicos estão agrupados no Quadro 3 e mostram as unidades de análise e métricas da pesquisa.

Unidades de análise	Métricas da pesquisa				
	Total e %	Citações	Cocitação	Acoplamento	Coocorrência
Áreas de pesquisa					
Revistas					
Autores					
Artigos					
Universidades					
Palavras					

conclusivo	Inconclusivo	não se aplica

Quadro 3: Sistematização dos resultados por unidades de análise e métricas da pesquisa

No Quadro 3 é possível perceber 7 métricas conclusivas (verde) e 8 inconclusivas (amarelo). Destaca-se que todas as cocitações foram inconclusivas e todos os acoplamentos bibliográficos foram conclusivos. E, que não houve qualquer métrica contrária à hipótese.

O crescimento médio anual dos artigos relacionados à AE foi de 11,74%. Essa taxa é muito superior à média atual, de 3,5% ao ano. A maior inflexão da curva ascendente ocorreu a partir de 1990, com características exponenciais.

De certa forma, essa expansão ratifica a observação de Stoddart (1967), de que os artigos científicos estavam se tornando mais importantes do que os livros no contexto acadêmico. Além disso, atesta a expansão do uso da análise espacial por inúmeras áreas de pesquisa. Esse crescimento é semelhante ao obtido por Tian; Wen; Hong (2008), após analisar os artigos publicados sobre SIG, de 1997 a 2006. Segundo as previsões dos autores, o número de artigos sobre SIG de 2012 seria o dobro do publicado no ano de 2006.

Os primeiros colocados do *ranking* do total de artigos por área de pesquisa foram: *Environmental Sciences* (1.190 ou 9,14%); *Public Environmental & Occupational Health* (783 ou 6,02%), *Ecology* (776 ou 5,96%) e *Geography* (695 ou 5,34%). Os testes estatísticos, por área e grandes áreas, não mostraram diferenças significativas em relação a esses dados. Ambos foram conclusivos e corroboraram a hipótese: a geografia publica menos artigos relacionados à AE do que outras áreas de pesquisa.

Essa ordem também reafirma uma suposição inicial da tese, a de que os artigos científicos de outras áreas suplantaram os da geografia. Na verdade, a produção de artigos da geografia foi discreta, mas superior somente até a década de 1980. A partir da década de 1990, o número de publicações de *Ecology* e *Environmental Sciences* superou o da *Geography*.

Esse resultado reforça a constatação de Getis (2008), de que a revolução quantitativa da geografia não havia desaparecido, ao contrário, se intensificara, e que suas sementes expandiram sua utilização para áreas como ecologia, epidemiologia, sociologia, planejamento urbano, geologia e estudos ambientais. Além disso, esse aumento exponencial a partir da década de 1990 parece estar em conformidade com o contexto descrito no paradoxo de Fotheringham; Brunsdon; Charlton (2000), de demanda crescente pela análise de dados espaciais.

O número de artigos publicado por revista foi inconclusivo. A quantidade de revistas é elevada (3.401), o percentual de artigos por revista é baixo (<2%) e a de maior destaque foi uma revista multidisciplinar, a *Plos One*. A revista mais citada foi a *Ecology*, com 33 artigos, 8.460 citações e fator de impacto de 4,617. Aplicada relação da Lei de Bradford (relação 1:3:9) na amostra, foi possível avaliar a concentração dos periódicos. Observou-se que a zona 1 (principal ou mais relevante), seria formada por 247 revistas, com mais de 10 artigos publicados. A zona 2, intermediária, teria 809 revistas, de 3 a 9 artigos. A zona 3 seria constituída por 2.345 revistas, com 1 e 2 artigos.

O número de citações e o acoplamento das revistas foram métricas com resultados conclusivos, pois reforçaram a hierarquia de publicações observada entre as áreas de pesquisa. A cocitação de revistas mostrou a importância dos periódicos relacionados às *Environmental Sciences* e *Ecology*, mas não foi conclusiva (destaque para *Science* e *Nature*).

Os autores mais citados e o seu acoplamento bibliográfico endossaram a importância da *Environmental Sciences* e *Ecology*. O mais citado foi LEGENDRE, P., com 11 artigos e 7.485 citações (*Ecology*). Os autores mais produtivos foram inconclusivos, pois publicaram em inúmeras áreas de pesquisa. A cocitação de autores também foi inconclusiva, pois ressaltou maior importância dos autores ligados à estatística.

A ideia de concentração da produtividade científica de Lotka foi observada nos dados da amostra, mas não a sua proporção. Os dados apontaram uma produtividade ainda mais concentrada do que a prevista pelo autor. Não representou um aspecto negativo, pois a produtividade dos autores pode variar significativamente entre as áreas de pesquisa. De

acordo com a Lei de Price, a elite acadêmica da amostra possuiria cerca de 200 autores, com pouco mais de sete artigos publicados cada.

O número de citações e o acoplamento bibliográfico dos artigos corroboraram a hipótese. A área *Ecology* foi a mais citada e *Environmental Sciences* a mais produtiva. A cocitação dos artigos não foi conclusiva, pois também evidenciou a importância dos artigos relacionados à estatística.

A análise das universidades não foi conclusiva. Destacou a Academia de Ciências Chinesa, que possui o maior número de artigos e é a segunda mais citada, ainda que sua língua oficial (mandarim) seja distinta das publicações analisadas (inglês). A Universidade de São Paulo apareceu bem posicionada (12º) entre as mais produtivas, mas não entre as mais citadas.

A frequência de palavras destacou os termos relacionados à metodologia e aos procedimentos da AE. Embora a análise espacial tenha mostrado graficamente mais próxima da área de *Public Environmental & Occupational Health* o resultado não foi conclusivo. Mesmo que tenha sido interessante, é importante considerar suas limitações, pois as palavras podem aparecer de diferentes formas e ter diferentes significados (ZUPIC; ČATER, 2015).

Sobre as métricas de análise, observou-se que as cocitações de autores e de artigos não foram conclusivas para pesquisa. Contudo, destacaram aspectos quantitativos e estatísticos, que são atributos da AE. Desse ponto de vista, mostraram coerência com suas bases teóricas, pois a cocitação tende a mostrar as frentes de pesquisa. Como mencionado anteriormente, mostram representações visuais do comportamento de escolas de pensamento, paradigmas disciplinares e dos *invisible colleges* (PASADEOS; PHELPS; KIM, 1998). Como a AE pode ser aplicada em inúmeros fenômenos e tipos de pesquisa, sua característica metodológica parece ter preponderado sobre os temas/assuntos em praticamente todas as áreas de pesquisa.

A coocorrência de palavras, assim como a cocitação, também mostrou termos ligados à quantificação (*gis, model, patterns*). A elevada frequência deste tipo de palavra pode ser relacionada à lei de Zipf, pois uma das suas decorrências é de que os termos mais utilizados expressam com mais propriedade assunto do corpus textual.

O acoplamento bibliográfico foi conclusivo em revistas, autores e artigos. Destacou as áreas de pesquisa, conforme sua produtividade, nessas três unidades de análise. Também mostrou coerência teórica, pois tende a mostrar a respectiva base do conhecimento. O acoplamento estabeleceu uma ligação indireta entre as unidades de análise que compartilham uma ou mais

referências comuns e mostrou semelhanças entre as revistas, autores e artigos acoplados (BELLIS, 2009).

O conjunto de métricas analisado se mostrou pertinente. Tende a confirmar: a relevância da representação espacial do conhecimento, mencionada por Bradford (1948); que a bibliometria pode ilustrar a topografia da ciência em vários níveis de agregação e escala (SMALL; GARFIELD, 1985) e as diferentes escalas das comunicações científicas, nas quais a citação poderia ser considerada uma unidade molecular do pensamento, o artigo representaria a micro e, o livro, a macro unidade do pensamento (GARFIELD, 1955).

6.2 Contrapontos

Este item contém reflexões que surgiram durante a elaboração da pesquisa. Foram agrupadas em: proporcionalidade, interdisciplinaridade, expressividade, limites, retrospectiva e tendências.

6.2.1 Proporcionalidade

Não foi possível avaliar a proporcionalidade numérica entre as áreas de pesquisa no interior da amostra. No entanto, é admissível supor que *Geography* poderia ser menos produtiva por ser menos numerosa do que *Environmental Sciences*, *Public Environmental & Occupational Health* e *Ecology*.

Mas, se considerarmos que o número de autores e de revistas das áreas de pesquisa mantém alguma proporcionalidade, essa conjectura não se sustentaria. Como ilustram os dados da Tabela 19, a relação entre a quantidade de revistas e de artigos das áreas não seria suficiente para justificar a conjectura de que *Geography* publica menos, pois é menos numerosa.

Área de pesquisa (WC)	Artigos	Revistas	Razão
<i>Environmental Sciences</i>	1.190	123	9,67
<i>Public Environmental & Occupational Health</i>	783	125	6,26
<i>Ecology</i>	776	96	8,08
<i>Geography</i>	695	86	8,08

Tabela 19: Número de revistas por área de pesquisa da amostra

Environmental Sciences possui 43% mais revistas do que *Geography*, mas publicou 73% de artigos a mais (razão mais elevada = mais artigos por revista). A relação entre o número de revistas de *Geography* e *Ecology* foi idêntica e indicou que o aumento do número de revistas era proporcional ao de artigos. A área *Public Environmental & Occupational Health* mostrou maior número de revistas e, proporcionalmente, menor número de artigos por revista (razão 6,26).

6.2.2 Interdisciplinaridade

Tampouco foi possível dimensionar o efeito da interdisciplinaridade entre autores, artigos e revistas. Mas, não seria plausível desprezar as interfaces entre as áreas de pesquisa.

Os autores, por exemplo, possuem inúmeros artigos em diversas áreas de pesquisa. Essa diversificação ficou clara na Tabela 12. Exemplos: GRUBESIC, T.H. foi autor/coautor de 32 artigos, publicados em 13 áreas de pesquisa distintas, com maior frequência em *Economics* (8); LIU, Y. participou de 30 artigos, publicou em 16 áreas, com mais frequência nas *Environmental Sciences* (5) e ZHANG, Y., com 29 artigos, 18 áreas, predominância nas *Environmental Sciences* (6).

Nas revistas, o fato também se repetiu, pois há inúmeras revistas interdisciplinares. Na amostra, as mais representativas foram: *Plos One*, *International Journal of Health Geographics*, *Social Science & Medicine*, *Journal of Biogeography*, *Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America*, *Science* e *Nature*.

Nas áreas de pesquisa, não só a interdisciplinaridade, mas a especialização dos campos também ficou evidente. Exemplos: *Environmental Sciences*, *Environmental Studies*; *Health Care Sciences & Services*, *Health Policy & Services*, *Infectious Diseases*, *Public Environmental & Occupational Health*; *Geography*, *Geography Physical*; *Geology*, *Geosciences Multidisciplinary*.

Ainda que não seja possível mensurar, considerou-se que a interdisciplinaridade influenciou os resultados da amostra. Contudo, não foi tratada como uma restrição à pesquisa, pois essa característica afetaria todas as áreas de pesquisa, revistas e autores. Além de ser comum às unidades de análise, não houve indícios sua ação teria sido assimétrica, se manifestando em uma área mais do que outra. Pode, eventualmente, ter contribuído para que algumas unidades de análise e métricas fossem consideradas inconclusivas, como o número de artigos por revista e o total de artigos dos autores, por área de pesquisa.

Um elemento simbólico das interfaces foi o artigo mais antigo da amostra. Publicado em 1950, o único da década, incluiu a expressão análise espacial no seu título, mas seu autor era antropólogo, a revista tratava de *Biologia Quantitativa*, e o tema era o conceito genético de raça.

Uma retrospectiva histórica também foi relevante para abordar a interdisciplinaridade. Embora a amostra da pesquisa contenha artigos a partir de 1950, não se deve desconsiderar o

passado comum entre a Geografia e as Ciências Ambientais, a formação naturalista de Humboldt e a influência do determinismo ambiental nos discípulos de Ratzel.

Dadas suas particularidades, é natural supor o progressivo distanciamento entre essas áreas do conhecimento ao longo de séculos. Mas, as questões sobre os limites das áreas de pesquisa, muito antigas e recorrentes, podem ser consideradas atuais. Ackerman (1963), por exemplo, avaliou que a geografia estava mais próxima, entre 1910 e 1920, à história e a geologia, em um período que havia o predomínio da geografia física e regional, de caráter mais descritivo.

De acordo com Adams (2001), o determinismo ambiental na geografia perdeu credibilidade entre 1910 e 1940. Nesse período, o autor ressalta a ascensão dos aspectos culturais, de Carl Sauer (*Morphology of landscape*) e, posteriormente, a influência de Hartshorne (*Nature of Geography*). A física e a matemática, na década de 1950, podem ser consideradas como os ombros dos gigantes para a geografia (ACKERMAN, 1963). Após o artigo de Schaefer, em 1953, houve uma significativa inflexão das pesquisas na direção da quantificação (ADAMS, 2001). A incorporação da matemática pela geografia, na década de 1950, representou uma radical transformação do seu propósito (BURTON, 1963).

Os artigos da amostra apontaram pequena relevância da AE na década de 1960, com quantidades pouco expressivas nas de 1970 e 1980. Se considerarmos que o crescimento exponencial aconteceu somente a partir da década de 1990, em inúmeras áreas de pesquisa, as influências não ficaram visivelmente particularizadas. No entanto, observou-se que a contribuição do passado comum entre as áreas de pesquisa se manifestou com alguma clareza, pois as quatro áreas de pesquisa mais produtivas foram *Environmental Sciences*, *Public Environmental & Occupational Health*, *Ecology* e *Geography*.

6.2.3 Expressividade

A ideia foi avaliar a significância bibliométrica dos autores citados no capítulo 2 Análise Espacial (AE). Os autores da revisão bibliográfica da pesquisa foram ordenados de acordo com suas citações na amostra (campo CR). A Tabela 20 mostra os mais representativos.

Os mais citados foram Fotheringham, A.; Getis, A.; Goodchild, M.; Openshaw, S. e Tobler, W.. Todos participaram muito pouco como autores/coautores de artigos da amostra, mas

foram as referências mais citadas pelos artigos. Com exceção de Tobler, todos publicaram considerável número de livros.

Id	Autores	Citações	Id	Autores	Citações
1	Fotheringham, A.	491	18	Sack, R.	24
2	Getis, A.	387	19	Chorley, R.	23
3	Goodchild, M.	364	20	Curry, L.	22
4	Openshaw, S.	307	21	Rhind, D.	19
5	Tobler, W.	233	22	Bunge, W.	16
6	Harvey, D.	96	23	Burton, I.	16
7	Berry, B.	85	24	Hartshorne, R.	15
8	Hägerstrand, T.	69	25	Marble, D.	13
9	Haggett, P.	64	26	Garrison, W.	12
10	Strahler, A.	54	27	Nystuen, J.	9
11	Maguire, D.	46	28	Ackerman, E.	8
12	Golledge, R.	43	29	Warntz, W.	6
13	Peuquet, D.	39	30	Bertalanffy, L.	4
14	Morrill, R.	36	31	Lukermann, F.	4
15	Christaller, W.	32	32	Ullman, E.	3
16	Barnes, T.	31	33	Schaefer, F.	2
17	Dacey, M.	26	34	Hudson, D.	2

Tabela 20: Citações dos autores da revisão bibliográfica na amostra

Os menos citados dessa lista foram alguns dos pesquisadores mais influentes nos primórdios da AE. Schaefer, por exemplo, foi citado apenas 2 vezes na amostra. Embora possa parecer um caso atípico de contribuição fundamental para a mudança de paradigma, mas não para sua continuidade, é pertinente mencionar que o autor faleceu após a submissão e não chegou a ver seu artigo ser publicado.

No geral, os pesquisadores dos principais centros de difusão da revolução quantitativa (Washington e Lund) foram pouco citados (Figura 2). Dentre as universidades e pesquisadores ilustrados pela Figura 3, nota-se um relativo equilíbrio entre as citações das áreas de geografia humana e física. Destacam-se as citações para os autores originários da Universidade de Washington, Tobler, W., Berry, B. e Morrill, R.; e as dos procedentes e influenciados pela Universidade de Columbia, Strahler, A., Haggett, P. e Chorley, R.

As principais referências da quantificação da Universidade de Washington, na década de 1950, também foram muito pouco citadas: Garrison, W. (12), Ullman, E. (3) e Hudson, D. (2).

Parte dos seus alunos de pós-graduação, os *space cadets*, como Bunge, W. (16), Marble, D. (13) e Nystuen, J.(9) também foi comparativamente pouco citada.

Outro aspecto relevante é observar que os dois organizadores do livro que cristalizou a expressão AE (*Spatial Analysis: a reader in statistical geography*) tampouco foram muito citados. Brian Berry recebeu 85 citações e, Duane Marble, apenas 13 citações.

Quando se considera a afirmação de Baker; Boots (2005), de que a revolução quantitativa da geografia assimilou as ideias relacionadas à Teoria Geral dos Sistemas, de Bertalanffy, L., também chama à atenção o fato desse autor ter sido citado apenas 4 vezes na amostra, duas na área de física e duas na de matemática.

É também curioso observar que Harvey, D. recebeu 96 citações, mas nenhuma citação para sua obra quantitativa, *Explanation in Geography*, de 1969. Esse aspecto reforça as limitações de avaliar somente um único indicador (HIRSCH, 2005), pois suas obras posteriores foram em direções diametralmente opostas à quantificação. De acordo com Barnes (2011), Harvey mudou de opinião e representou a reação da geografia humana contra a análise espacial, refutando a utilidade das teorias, modelos e técnicas estatísticas.

6.2.4 Limites

A quantificação na geografia e a análise bibliométrica receberam inúmeras críticas. Portanto, uma pesquisa que elabora uma análise quantitativa da quantificação da geografia seria passível de críticas das duas frentes. Entretanto, considera-se que a consciência das suas limitações tenderia a reduzir os equívocos e as generalizações espúrias.

De acordo com Burton (1963), as principais críticas à quantificação na geografia destacaram sua seletividade, pois nem tudo poderia ser mensurado, e seu uso inapropriado. Para Fotheringham; Brunson; Charlton (2000), as origens das avaliações desfavoráveis são a desilusão com os fundamentos do positivismo, a ascensão dos paradigmas marxistas, pós-modernistas, estruturalistas e humanistas, e o nível de dificuldade que a geografia quantitativa representa aos pesquisadores/estudantes que não possuem formação matemática consistente. Morrill (2008), complementa as críticas mencionando os inúmeros pecados de comissão e de omissão. Para Spate (1960), a tendência a confundir os fins e os meios deveria ser evitada.

Para Andres (2009), as restrições mais comuns sobre a bibliometria são o uso dos dados da WoS e a contagem das citações. Conforme Bellis (2009), os repositórios de dados bibliométricos seriam considerados incompletos. Segundo Moed (2002), as principais críticas ao fator de impacto são as distintas coberturas dos periódicos, as variações de nomes de autores, departamentos ou universidades (homônimos, abreviações, etc.) e as diferenças nas características de citação e publicação entre os campos científicos. Como os indicadores dependem do contexto, podem ser úteis em uma circunstância e ser inapropriados em outra. Hirsch (2005), autor do índice *h*, mencionou que a avaliação do pesquisador não deveria ser baseada em um único indicador. E, de acordo com Price (1965), a citação de um artigo não implica necessariamente que ele tenha sido lido, e que nem todos os artigos lidos foram citados.

A abrangência escalar da expressão análise espacial também deve ser considerada. Foi aplicada majoritariamente em questões relacionadas à localização espacial sobre a superfície terrestre, mas também foi utilizada em outros contextos e dimensões, como os das *Neurosciences* e *Molecular Biology*.

Há também restrições ao *status* e à nomenclatura das leis bibliométricas de Lotka, Bradford, Zipf e Price. De acordo com Bellis (2009), seria impróprio utilizar o termo lei, caso haja a pretensão de mostrar a validade universal e se equiparar ao poder explicativo das leis naturais das ciências físicas. Seria considerado aceitável, se circunscrito aos padrões observáveis, reproduzíveis e quantificáveis das referências bibliométricas.

6.2.5 Paradoxo?

É também possível questionar se a afirmação de Fotheringham; Brunsdon; Charlton (2000) poderia ser rigorosamente caracterizada como um paradoxo. Seria a análise espacial uma abordagem geográfica por excelência? Se a matemática é uma linguagem socialmente construída para descrever e conceituar o mundo (SHEPPARD, 2001), por que pertenceria à geografia, ecologia, biologia ou geociências? E, se o caráter metodológico da AE ficou comprovado, faria sentido analisar separadamente as áreas de pesquisa?

Não restam dúvidas de que a AE foi decorrência do contexto da revolução quantitativa da geografia, que visava superar as geografias descritivas e regionais de meados do século XX

(BAKER, 2008). Para Barnes (2011), a análise espacial esteve intrinsecamente ligada à geografia quantitativa, e não teria morrido quando reencarnou no novo corpo do SIG.

Para Schaefer (1953), a geografia deveria destacar mais o arranjo espacial dos processos de uma área e menos os próprios fenômenos, pois as relações espaciais seriam atributos fundamentais da geografia. E que parte da defasagem metodológica da geografia da época possivelmente se deveu às ambições irrealistas de conceber a geografia como ciência única e integradora, com uma metodologia própria.

Por outro lado, a relação entre geografia e matemática não poderia ser considerada recente. Lukermann (1961), considerou que a *Geographia* de Ptolomeu e a *Geographia Generalis* de Varenius recomendavam a matematização do espaço, a descoberta de elementos espaciais universais e o reconhecimento de princípios gerais de ordenamento espacial. Da mesma forma, para Barnes; Abrahamsson (2017), a análise espacial emergiu da revolução quantitativa da geografia, que recuperou tradições anteriores do *geos*, de Ptolomeu e da *Geographia Generalis*, de Varenius. Essas considerações ratificariam as afirmações de Billinge; Gregory; Martin (1983), de que a história da geografia seria frequentemente abordada como um arco intelectual, do passado ao presente, que funde relações históricas e lógicas.

Além disso, acredita-se que o paradoxo teria forte expressão simbólica. Valorizou o caráter interdisciplinar da AE, pois mencionou sua incorporação por outras disciplinas e, simultaneamente, constatou a ampliação do antagonismo interno da geografia, em um contexto de profusão das tecnologias da informação.

Esse antagonismo não pode ser considerado recente. Para Spate (1960), a autoidentificação, polarizada entre geógrafo humanista ou quantificador, se tornara um processo inerente à profissão. Esse autor considerou, há mais de cinquenta anos, um grande equívoco depreciar qualquer contexto metodológico da geografia, pois seria improdutivo e anacrônico.

De certo modo, o paradoxo reflete o contexto histórico recente do desenvolvimento da geografia quantitativa, de superação do idiográfico e a busca do nomotético (SCHAEFER, 1953; BUNGE, 1979). Como mencionado anteriormente, sedutoras dicotomias comporiam o cerne da discussão metodológica. As dualidades qualitativo/quantitativo, físico/humano, teórico/aplicado, ilustrariam a autofagia interna da geografia (SPATE, 1960).

Por outro lado, esse antagonismo justificaria a própria ocorrência do paradoxo. Não foi possível medir, mas é plausível supor que a geografia utilizaria menos AE do que as outras

áreas de pesquisa em decorrência da sua polarização. Como a geografia foi considerada o berço da AE, que seria uma das causas da sua histórica cisão metodológica, seu desempenho na publicação de artigos poderia ser afetado. Assim, a divisão interna da geografia ajudaria a responder, e ao mesmo tempo ratificar, o seu quarto lugar no *ranking* de publicações. É possível alegar que as áreas mais produtivas (*Environmental Sciences*, *Public Environmental & Occupational Health* e *Ecology*) não possuiriam contradições da mesma magnitude e nem objetos de estudo tão diversificados.

6.2.6 Tendências

Acredita-se que uma das suas expectativas positivas do paradoxo é sua própria superação. Na geografia, uma das desejáveis tendências seria: $< \text{antagonismo} \cong > \text{publicação}$.

Essa perspectiva decorreu da observação de ações individuais e institucionais. As geografias quantitativa e crítica não seriam necessariamente incompatíveis. Transcender o antagonismo binário crítico-quantitativo seria fundamental para a geografia prosperar (KWAN; SCHWANEN, 2009). Schuurman (2000) ressaltou as atividades oficiais para minimizar o antagonismo na década de 1990. De acordo com o autor, a Iniciativa 19, de 1996, do *National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA), destinada a estudar os efeitos sociais dos SIGs foi o exemplo mais emblemático. A melhor compreensão das repercussões sociais da pesquisa quantitativa teria contribuído para a maior aceitação e legitimidade da tecnologia.

Além disso, conforme Berry; Griffith; Tiefelsdorf (2008), a análise espacial poderia ser considerada como um meio de investigação espacialmente integrado, que transcenderia as ciências naturais e humanas.

Assim, acredita-se que a taxa de crescimento de artigos se manterá elevada, independentemente da área de pesquisa. E, caso o antagonismo da geografia venha a ser minimizado, existe a possibilidade de aumento do número de artigos sobre AE entre os geógrafos, quiçá incrementando a coautoria entre os autores, de distintas áreas de pesquisa, universidades e países.

7 Conclusões

Esta pesquisa representou e avaliou a produção de artigos científicos sobre análise espacial da Coleção Principal da *Web of Science*. O mapeamento bibliométrico dessa amostra foi realizado no período de 1950 a 2017. Sua hipótese é de que o número de artigos científicos que utilizam análise espacial é maior em outras áreas de pesquisa e menor na geografia.

As principais características da amostra analisada são: 13.017 artigos, 10.943 primeiros autores, 39.817 autores, 3.401 revistas, 259.262 citações, 221 áreas de pesquisa, 166 países, 9.122 universidades e 47.205 palavras (exceto artigos, preposições, etc.).

Os resultados indicaram um expressivo crescimento anual da publicação de artigos relacionados à análise espacial (11,74%). A partir de 1990, essa taxa apresentou comportamento exponencial. Além de ser muito superior à taxa geral de crescimento dos artigos, mostra a expansão do uso da análise espacial nas inúmeras áreas de pesquisa.

Os dados confirmaram a hipótese: os profissionais das áreas de *Environmental Sciences*, *Ecology* e *Public Environmental Occupational Health* publicaram mais artigos do que os da *Geography*. Os respectivos percentuais de publicação foram 9,14%, 6,02%, 5,96% e 5,34%. O modelo de regressão de Poisson foi utilizado para as áreas e as grandes áreas de pesquisa e confirmou esse *ranking*.

Constatou-se, na amostra, uma grande relevância dos aspectos metodológicos da análise espacial. A cocitação de autores e de artigos e a coocorrência de palavras destacaram esse papel. O número de citações e o acoplamento bibliográfico das revistas, artigos e autores corroboraram o *ranking* de áreas de pesquisa mais produtivas.

A produtividade observada foi mais concentrada do que a prevista pela Lei de Lotka. A Lei de Price mostrou que, dentre os 10.943 autores, 200 poderiam ser considerados como pertencentes à elite acadêmica, com pouco mais de sete artigos publicados cada um. A concentração dos artigos em poucas revistas também foi observada (Lei de Bradford). Das 3.401 revistas, 247 foram consideradas mais influentes, pois tem mais de 10 artigos publicados. As 809 revistas intermediárias, de 3 a 9 artigos e, as menos influentes (2.345) publicaram de 1 a 2 artigos cada.

O autor mais citado foi LEGENDRE, P., com 11 artigos e 7.485 citações (*Ecology*). A revista mais citada foi a *Ecology*, com 33 artigos, 8.460 citações e fator de impacto de 4,617. A Universidade de Montreal foi a mais citada, com 65 artigos e 6.186 citações.

Dentre os autores citados na revisão bibliográfica da pesquisa, em relação aos citados pela amostra, destacaram-se: Fotheringham, A.; Getis, A.; Goodchild, M.; Openshaw, S. e Tobler, W.. Foram muito citados, mas pouco produtivos na amostra. Alguns dos pesquisadores mais influentes nos primórdios da análise espacial foram pouquíssimo citados na amostra: Bunge, W. (16), Marble, D. (13), Garrison, W. (12), Nystuen, J.(9), Ullman, E. (3), Hudson, D. (2) e Schaefer, F. (2).

Considera-se que o paradoxo de Fotheringham; Brunson; Charlton (2000) ilustra o nível de polarização interna da geografia e ressalta a dualidade metodológica qualitativo/quantitativo. Ao mesmo tempo, mostra a característica interdisciplinar da AE e seu crescente uso por outras áreas de pesquisa. Um dos seus méritos é instigar reflexões, como a que estimulou esta pesquisa. Sua superação é desejável e poderia ser considerado o indício mais positivo de maturidade e equilíbrio acadêmico.

8 Perspectivas

Acredita-se que um interessante desdobramento da atual pesquisa seria avaliar os dados bibliométricos da produção científica em revistas geográficas internacionais. A proposta seria analisar o perfil de publicação dos geógrafos, buscar padrões e tendências da área do conhecimento. Levaria em consideração os incentivos à internacionalização das agências de fomento à pesquisa e pós-graduação e o destaque do artigo científico internacional na vida acadêmica brasileira.

Essa futura pesquisa visaria responder duas principais questões: qual é o perfil atual de publicação do geógrafo? A comunidade geográfica ainda manteria a característica fragmentada observada por Gutiérrez; López-Nieva (2001), nos quais os aspectos corológicos das publicações geográficas ainda preponderam e reforçam os grupos nacionais e linguísticos?

Seu pressuposto, de acordo com levantamentos preliminares, se mostrou consistente. Em relação à história da pós-graduação brasileira, Barreto; Domingues (2012) consideram que seus aspectos mais importantes foram: 1) capacitação dos docentes; 2) avaliação do desempenho e da qualidade; 3) integração da pesquisa desenvolvida na universidade com o setor produtivo; 4) aperfeiçoamento do sistema de avaliação e ênfase na internacionalização; 5) combate às assimetrias regionais.

Os referidos autores avaliam ainda que a melhoria do desempenho da pós-graduação no país foi acompanhada pela produção científica, que teve crescimento superior ao aumento da população. A taxa de artigos publicados em 2.000 era de 6,14 por 100.000 habitantes, enquanto que, em 2.009, chegou a 17,93.

Segundo Hostins (2006), houve mudanças na sistemática de avaliação da pós-graduação a partir de 1996, quando a CAPES introduziu um novo paradigma de referência. Para impulsionar a internacionalização foi necessário induzir os programas à competitividade, à inovação e ao empreendedorismo, com lógica similar ao do setor corporativo empresarial. Em 1998, foi introduzida a nova escala de notas dos programas (de 1 a 7), baseada no princípio de comparabilidade entre as áreas do conhecimento. Ainda de acordo com Hostins (2006), as notas 6 e 7 tendem a ser exclusivas dos programas de pós-graduação que ofereçam doutorado com nível de excelência e desempenho equivalente ao dos mais importantes centros internacionais de ensino e pesquisa. A nota 5 se destinaria aos programas com alto nível de desempenho (maior conceito admitido para programas que ofereçam apenas mestrado).

De acordo com Marrara (2007), a internacionalização não representaria apenas vantagens institucionais ou acadêmicas, mas um quesito fundamental para o programa de pós-graduação ascender na avaliação da Capes e usufruir de recursos financeiros exclusivos, como os do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX). Para o julgamento do programa, ainda segundo o autor, os avaliadores verificam se a IES dispõe de um periódico de padrão internacional e se seus docentes publicaram em periódicos externos com mesmo nível. Também avaliam quantos discentes, docentes e pesquisadores estrangeiros as IES receberam para estágios de pesquisa e a quantidade de alunos estrangeiros que seus docentes orientaram.

9 Referências

- ACKERMAN, E. A. Where is a research frontier? **Annals of the Association of American Geographers**, v. 53, n. 4, 1963.
- ADAMS, J. S. The Quantitative Revolution in Urban Geography. **Urban Geography**, v. 22, n. 6, p. 530–539, 2001.
- ANDRES, A. **Measuring academic research: how to undertake a bibliometric research**. Oxford: Chandos Publishing, 2009.
- ANDREWS, J. What Was a Map? The Lexicographers Reply. **Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, v. 33, n. 4, p. 1–12, 1996.
- BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, R. **Modern information retrieval: the concepts and technology behind search**. 2. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2011.
- BAILEY, T. C. A review of statistical spatial analysis in geographical information systems. In: FOTHERINGHAM, S.; ROGERSON, P. (Eds.). **Spatial Analysis and GIS**. Basingstoke: Taylor & Francis, 1994. p. 13–44.
- BAKER, R. G. V. A “Caesarian,” “Augustan,” or “Justinian” Worldview of Theoretical and Quantitative Geography? **Geographical Analysis**, v. 40, n. 3, p. 213–221, 2008.
- BAKER, R. G. V.; BOOTS, B. The quantitative revolution plus 55 years: Relevant, testable and reproducible modelling? **Journal of Geographical Systems**, v. 7, n. 3–4, p. 269–272, 2005.
- BARNES, T.; ABRAHAMSSON, C. C. The Travels of Spatial Analysis. In: **Mobilities of Knowledge, Knowledge and Space**. [s.l.: s.n.]. v. 10p. 105–121.
- BARNES, T. J. Retheorizing Economic Geography: to the “Cultural Turn. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 91, n. 3, p. 546–565, 2001.
- BARNES, T. J. Placing ideas: Genius loci, heterotopia and geography’s quantitative revolution. **Progress in Human Geography**, v. 28, n. 5, p. 565–595, 2004.
- BARNES, T. J. Geography’s underworld: The military-industrial complex, mathematical modelling and the quantitative revolution. **Geoforum**, v. 39, n. 1, p. 3–16, 2008.
- BARNES, T. J. Taking the pulse of the dead: History and philosophy of geography, 2008–2009. **Progress in Human Geography**, v. 34, n. 5, p. 668–677, 2010.
- BARNES, T. J. Spatial analysis. In: LIVINGSTONE, J. A. & D. N. (Ed.). **The SAGE Handbook of Geographical Knowledge**. [s.l.: s.n.]. v. 28p. 381–402.
- BARRETO, F. C. S.; DOMINGUES, I. O PNPG 2011-2020: os desafios do país e o sistema nacional de pós-graduação. **Educação em Revista**, v. 28, n. 3, p. 17–53, 2012.
- BELLIS, N. DE. **Bibliometrics and citation analysis**. Maryland: Scarecrow Press, 2009.
- BERRY, B. J. L.; GRIFFITH, D. A.; TIEFELSDORF, M. R. From Spatial Analysis to Geospatial Science. **Geographical Analysis**, v. 40, n. 3, p. 229–238, 2008.
- BILLINGE, M.; GREGORY, D.; MARTIN, R. **Recollections of a Revolution: Geography as Spatial Science**. New York: Macmillan Education, 1984.

- BÖRNER, K.; CHEN, C.; BOYACK, K. W. Visualizing knowledge domains. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 179–255, 2003.
- BRADFORD, S. C. **Documentation**. London: Crosby Loskwood & Son, 1948.
- BUNGE, W. Geographic Research. **The Professional Geographer**, v. 13, n. 3, p. 19–23, 1961.
- BUNGE, W. Perspective on Theoretical Geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 69, n. 1, p. 169–174, 1979.
- BURTON, I. The Quantitative Revolution and Theoretical Geography. **The Canadian Geographer**, v. 7, n. 4, p. 151–162, 1963.
- CALLON, M. et al. From translations to problematic networks: an introduction to co-word analysis. **Social Science Information**, v. 22, n. 2, p. 191–235, 1983.
- CHEN, C. **Information visualization: beyond the horizon**. 2nd. ed. Singapore: Springer-Verlag, 2006.
- CHEN, Y. .; LEIMKUEHLER, F. A Relationship Between Lotka ' s Law , Bradford ' s Law , and Zipf ' s Law. **JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR INFORMATION SCIENCE**, v. 37, n. 5, p. 307–314, 1986.
- CLARIVATE ANALYTICS. **Clarivate Analytics**. Disponível em: <<https://clarivate.libguides.com/woscc>>. Acesso em: 13 jun. 2018.
- COHEN, M. R.; DRABKIN, I. E. **A Source Book in Physics**. New York: McGraw-Hill, 1948.
- COILE, R. C. Lotka ' s Frequency Distribution of Scientific Productivity. **Journal of the American Society for Information Science**-, v. 28, n. 6, p. 366–370, 1977.
- COX, K. R. Classics in human geography revisited: Bunge, W. 1962: Theoretical geography. **Progress in Human Geography**, v. 25, n. 1, p. 71–77, 2001.
- CURRY, L. Quantitative Geography, 1967. **The Canadian Geographer/Le Géographe canadien**, v. 11, n. 4, p. 265–279, 1967.
- CURRY, M. R. Toward a geography of a world without maps: Lessons from ptolemy and postal codes. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 95, n. 3, p. 680–691, 2005.
- DIXON, D. P.; JONES III, J. P. My Dinner with Derrida, “or” spatial analysis and poststructuralizm do lunch. **Environment and Planning A**, v. 30, n. 1996, p. 247–260, 1998.
- EGENHOFER, M. J. et al. Contributions of GIScience over the Past Twenty Years. In: ONSRUD, H.; KUHN, W. (Eds.). . **Advancing Geographic Information Science: the past and next twnty years**. [s.l.] GSDI Association Press, 2016. p. 9–34.
- EGGHE, L. Consequences of Lotka's law for the law of Bradford. **Journal of Documentation**, v. 41, n. 3, p. 173–189, 1985.
- FOTHERINGHAM, A. S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Quantitative Geography: perspectives on spatial data analysis**. London: SAGE Publications, 2000.
- FOTHERINGHAM, S.; ROGERSON, P. **Spatial analysis and GIS**. Basingstoke: Taylor & Francis, 1994.
- GARFIELD, E. Citation Indexes for Science: a new dimension in documentation through associationof ideas. **Science**, v. 122, n. 3159, p. 108–111, 1955.

- GARFIELD, E. **From Bibliographic Coupling to Co-Citation Analysis via Algorithmic Historio-Bibliography** A Citationist's Tribute to Belver C. Griffith Philadelphia, 2001.
- GARFIELD, E.; PUDOVKIN, A. I.; ISTOMIN, V. S. **Algorithmic Citation-Linked Historiography - Mapping the Literature of Science**. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology. **Anais...**2002
- GATRELL, A. C.; SMITH, A. Networks of relations among a set of geographical journals. **Professional Geographer**, v. 36, n. 3, p. 300–307, 1984.
- GETIS, A. A history of the concept of spatial autocorrelation: A geographer's perspective. **Geographical Analysis**, v. 40, p. 297–309, 2008.
- GLÄNZEL, W.; THIJS, B. Using “core documents” for detecting and labelling new emerging topics. **Scientometrics**, v. 91, n. 2, p. 399–416, 2012.
- GOLLEDGE, R. G. The nature of geographic knowledge. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 92, n. 1, p. 1–14, 2002.
- GOODCHILD, M. F. William Bunge “Theoretical Geography” (1962). In: PHIL HUBBARD ROB KITCHIN GILL VALENTINE (Ed.). **Key Texts in Human Geography**. [s.l.] SAGE, 2008a. p. 1–16.
- GOODCHILD, M. F. Statistical Perspectives on Geographic Information Science. **Geographical Analysis**, v. 40, p. 310–325, 2008b.
- GOULD, P. Geography 1957-1977: The Augean Period. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 69, n. 1, p. 139–151, 1979.
- GRÁCIO, M. C. C. Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 21, n. 47, p. 82, 2016.
- GUTIÉRREZ, J.; LÓPEZ-NIEVA, P. Are international journals of geography really international? **Progress in Human Geography**, v. 25, n. 1, p. 53–69, 2001.
- HAGGETT, P. The local shape of revolution: Reflections on quantitative geography at Cambridge in the 1950s and 1960s. **Geographical Analysis**, v. 40, n. 3, p. 336–352, 2008.
- HARREMOES, P.; TOPSPE, F. Zipf's law, hyperbolic distributions and entropy loss. **Electronic Notes in Discrete Mathematics**, v. 21, p. 315–318, 2005.
- HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 2005.
- HOOD, W. W.; WILSON, C. S. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. **Scientometrics**, v. 52, n. 2, p. 291–314, 2001.
- HOSTINS, C. R. L. Os Planos Nacionais de Pós-graduação (PNPG) e suas repercussões na Pós-graduação brasileira. **Perspectiva**, v. 24, n. 1, p. 133–160, 2006.
- HUBER, J. C. The underlying process generating Lotka's Law and the statistics of exceedances. **Information Processing and Management**, v. 34, n. 4, p. 471–487, 1998.
- HUGGETT, S. Journal bibliometrics indicators and citation ethics: A discussion of current issues. **Atherosclerosis**, v. 230, n. 2, p. 275–277, 2013.
- KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration? **Research policy**, v. 26, n. 1, p. 1–18, 1997.

- KWAN, M. P.; SCHWANEN, T. Quantitative Revolution 2: The Critical (Re)Turn. **The Professional Geographer**, v. 61, n. 3, p. 283–291, 2009.
- LARSEN, P. O.; VON INS, M. The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by science citation index. **Scientometrics**, v. 84, n. 3, p. 575–603, 2010.
- LEE, D.; EVANS, A. Geographers' rankings of foreign geography and non-geography journals. **Professional Geographer**, v. 37, n. 4, p. 396–402, 1985.
- LEIMKUHLER, F. F. The Bradford distribution. **Journal of Documentation**, v. 23, n. 3, p. 197–207, 1967.
- LI, L. et al. A bibliometric and visual analysis of global geo-ontology research. **Computers and Geosciences**, v. 99, n. April 2016, p. 1–8, 2017.
- LIU, F. et al. Global research trends of geographical information system from 1961 to 2010: a bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 106, n. 2, p. 751–768, 2016.
- LUKERMANN, F. The concept of location in classical geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 51, n. 2, p. 194–210, 1961.
- MAGUIRE, D. J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRE, D. J.; F. GOODCHILD, F. M.; RHIND, W. D. (Eds.). **Geographical information systems: Principles and applications**. Harlow: Longmans, 1991. v. 1p. 9–20.
- MARCHAND, B. Quantitative Quantitative Geography: Revolution or Counter-Revolution ? **Geoforum**, v. 5, n. 1, p. 15–23, 1974.
- MARRARA, T. Internacionalização da Pós-Graduação: objetivos, formas e avaliação. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 4, n. 8, p. 245–262, 2007.
- MARSHAKOVA, I. Citation networks in information science. **Scientometrics**, v. 3, n. 1, p. 13–25, 1981.
- MARTINELLI, M. **Mapas, gráficos e redes: elabore você mesmo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- MELO, A. V. F.; QUEIROZ, A. P. Mapeamento bibliométrico de artigos sobre Sistemas de Informações Geográficas (2007 – 2016). **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. no prelo, n. 1, p. 1, 2018.
- MERTON, R. K. The Matthew Effect m Science. **Science**, v. 159, n. 3810, p. 56–63, 1968.
- MOED, H. F. The impact-factors debate : the ISI ' s uses and limits. **Science**, v. 415, n. 14, p. 731–732, 2002.
- MORRILL, R. Is geography (still) a science? **Geographical Analysis**, v. 40, n. 3, p. 326–331, 2008.
- MORRIS, S. A.; MARTENS, B. V. D. V. Mapping research specialties. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 213–295, 2009.
- NICHOLLS, P. T. Price's square root law: Empirical validity and relation to Lotka's law. **Information Processing and Management**, v. 24, n. 4, p. 469–477, 1988.
- PAO, M. L. Lotka's law: A testing procedure. **Information Processing and Management**, v. 21, n. 4, p. 305–320, 1985.
- PASADEOS, Y.; PHELPS, J.; KIM, B. H. Disciplinary Impact of Advertising Scholars: Temporal Comparisons of Influential Authors, Works and Research Networks. **Journal of Advertising**, v. 27, n. 4, p. 53–70, 1998.

- PATTISON, W. D. The Four Traditions of Geography.pdf. **Journal of Geography**, v. 63, n. 5, p. 211–216, 1964.
- PINHEIRO, L. V. R. Lei de Bradford: uma reformulação conceitual. **Ciência da Informação**, v. 12, n. 2, p. 59–80, 1983.
- PRICE, D. J. S. **Little science, big science... and beyond**. New York: Columbia University Press, 1963.
- PRICE, D. J. S. Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography. **Technology and Culture**, v. 6, n. 4, p. 553–568, 1965.
- PRITCHARD, A. Documentation notes. **Journal of Documentation**, v. 25, n. 4, p. 348–349, 1969.
- QUEIROZ, A. P. **Pensamento espacial: análise bibliométrica de artigos científicos (1970 – 2017)**. Anais I Encontro Internacional de Cartografia e Pensamento Espacial. **Anais...**São Paulo: 2018
- RAISIG, L. M. Statistical bibliography in the health sciences. **Bulletin of the Medical Library Association**, v. 50, n. 2, p. 450–61, 1962.
- RIP, A.; COURTIAL, J. P. Co-word maps of biotechnology: an example of cognitive scientometrics. **Scientometrics**, v. 6, n. 6, p. 381–400, 1984.
- ROBINSON, W. C.; POSTON, P. E. Literature Use by Geography Scholars. **Behavioral & Social Sciences Librarian**, v. 25, n. 1, p. 13–31, 2006.
- SANDERSON, M.; CROFT, W. B. The History of Information Retrieval Research. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, p. 1444–1451, 2012.
- SCHAEFER, F. K. Exceptionalism in Geography: Methodological Examination. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 43, n. 3, p. 226–249, 1953.
- SCHUURMAN, N. Trouble in the heartland: GIS and its critics in the 1990s. **Progress in Human Geography**, v. 24, n. 4, p. 569–590, 2000.
- SHAPIRO, F. R. Origins of Bibliometrics, Citation Indexing, and Citation Analysis: The Neglected Legal Literature. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 43, n. 5, p. 337–339, 1992.
- SHEPPARD, E. Quantitative geography: Representations, practices, and possibilities. **Environment and Planning D: Society and Space**, v. 19, n. 5, p. 535–554, 2001.
- SLOCUM, T. A. et al. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3rd. ed. Upper Saddle River: [s.n.].
- SMALL, H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 24, n. 4, p. 265–269, 1973.
- SMALL, H. Update on science mapping: creating large document spaces. **Scientometrics**, v. 38, n. 2, p. 275–293, 1997.
- SMALL, H.; GARFIELD, E. The geography of science: Disciplinary and national mappings. **Journal of Information Science**, v. 11, n. 4, p. 147–159, 1985.
- SPATE, O. H. K. Quantity and quality in geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 50, n. 4, p. 377–394, 1960.

- STODDART, D. R. Growth and Structure of Geography. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 41, n. jun, p. 1–19, 1967.
- TIAN, Y.; WEN, C.; HONG, S. Global scientific production on GIS research by bibliometric analysis from 1997 to 2006. **Journal of Informetrics**, v. 2, n. 1, p. 65–74, 2008.
- TUFTE, E. R. **The Visual Display of Quantitative Information**. 2nd. ed. Connecticut: Graphics Press, 2001.
- VAN ECK, N. J. et al. Automatic term identification for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 82, n. 3, p. 581–596, 2010.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. CitNetExplorer: A new software tool for analyzing and visualizing citation networks. **Journal of Informetrics**, v. 8, n. 4, p. 802–823, 2014.
- VAN RAAN, A. F. J. Fatal attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods. **Scientometrics**, v. 62, n. 1, p. 133–143, 2005.
- WARE, C. **Information visualization: perception for design**. 3rd. ed. Waltham: Elsevier Inc., 2013.
- WEI, F.; GRUBESIC, T. H.; BISHOP, B. W. Exploring the GIS Knowledge Domain Using CiteSpace. **Professional Geographer**, v. 67, n. 3, p. 374–384, 2015.
- WEINGART, P. Impact of bibliometrics upon the science system: Inadvertent consequences? **Scientometrics**, v. 62, n. 1, p. 117–131, 2005.
- WHEELER, J. O. Quantitative Analysis and Gis in Urban Geography: Then and Now. **Urban Geography**, v. 18, n. 2, p. 95–99, 1997.
- WHITEHAND, J. W. R. The impact of geographical at the ISI data journals: a look. **Area**, v. 16, n. 2, p. 185–187, 1984.
- WRIGLEY, N.; MATTHEWS, S. Citation classics and citation levels in geography. **Area**, v. 18, n. 3, p. 185–194, 1986.
- WYLLYS, R. E. Empirical and theoretical bases of Zipf's law. **Library Trends**, v. 30, n. 1, p. 53–64, 1981.
- XUEMEI, W. et al. Applications and researches of geographic information system technologies in bibliometrics. **Earth Science Informatics**, v. 7, n. 3, p. 147–152, 2014.
- YAN, E.; DING, Y. Scholarly Network Similarities: How Bibliographic Coupling Networks, Citation Networks, Cocitation Networks, Topical Networks, Coauthorship Networks, and Coword Networks Relate to Each Other. **Journal Of The American Society For Information Science And Technology**, v. 63, n. 7, p. 1313–1326, 2012.
- YEAGER, C. D.; STEIGER, T. Applied geography in a digital age: The case for mixed methods. **Applied Geography**, v. 39, p. 1–4, 2013.
- ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429–472, 2015.