

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS**  
**Curso de Geografia com ênfase em Geoprocessamento**  
**Projeto FIP/PUC Minas: 2552-S1**

O uso de Métodos Quantitativos na Geografia

**Paulo Fernando Braga Carvalho (Professor Responsável)**  
**Jonas Antonio Vieira Junior (Bolsista)**

**CONTAGEM**  
**2010**

**O uso de Métodos Quantitativos na Geografia  
Projeto FIP/PUC Minas: 2552-S1**

**Paulo Fernando Braga Carvalho (Professor Responsável)**

Curso de Geografia com Ênfase em Geoprocessamento

**Jonas Antonio Veira Junior (Bolsista)**

Curso de Geografia com Ênfase em Geoprocessamento

Órgão Financiador: Fundo de Incentivo a Pesquisa – FIP PUC Minas

Vigência: Fevereiro a dezembro de 2008

**Período de realização do projeto: Fevereiro/2008 a Agosto/2010**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Fundo de Incentivo à Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, por financiar a pesquisa e permitir a utilização da infra-estrutura da Universidade para a elaboração dessa pesquisa.

## RESUMO

A aplicação dos Métodos Quantitativos na Geografia, assim como em outras áreas do conhecimento, é uma realidade. O que se propõe neste trabalho é a quantificação, classificação e análise crítica das contribuições de tais métodos aos trabalhos acadêmicos de cunho geográfico ou de Análise Espacial, presentes nos principais meios de divulgação científica, nacionais e alguns internacionais, conforme classificação do Qualis-CAPES.

**Palavras-chave:** Nova Geografia, Quantificação em Geografia, Análise Espacial.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Evolução de Departamentos de Geografia das universidades americanas com Ph.D.....	21
<b>Figura 2:</b> Evolução no emprego de estatística inferencial e probabilidades.....	22
<b>Figura 3:</b> Número de artigos avaliados por fonte.....	24
<b>Figura 4:</b> Proporção de artigos com uso da quantificação .....	25
<b>Figura 5:</b> Proporção de textos com uso da técnica de correlação.....	27
<b>Figura 6:</b> Proporção de artigos com uso da quantificação, por período .....	28

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>6</b>
1.1	Considerações iniciais .....	6
1.2	Estrutura do trabalho.....	8
<b>2</b>	<b>A importância e a evolução dos métodos quantitativos para os estudos geográficos</b> .....	<b>9</b>
2.1	Introdução .....	9
2.2	Dado Espacial .....	11
2.3	Análise Espacial e Interação Espacial .....	13
2.4	O SIG favorecendo ou forçando a necessidade de tais métodos .....	17
<b>3</b>	<b>O uso de métodos quantitativos na Geografia</b> .....	<b>19</b>
3.1	Introdução .....	19
3.2	Metodologia.....	22
3.3	Análise dos resultados .....	24
<b>4</b>	<b>O uso da quantificação na análise fluxos migratórios</b> .....	<b>29</b>
4.1	Estatística Multivariada .....	29
4.2	Estudos de fluxos a partir do Método Intramax .....	30
<b>5</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>32</b>
	<b>Referências</b> .....	<b>34</b>

## **1 Introdução**

### **1.1 Considerações iniciais**

O uso de métodos quantitativos como ferramenta auxiliar pode ser observado nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Em certos momentos, essa opção metodológica proporciona o enriquecimento teórico-conceitual da pesquisa científica, pois favorece a determinação e formalização de princípios gerais sobre o comportamento do fenômeno em estudo.

O uso da quantificação na Geografia assumiu maior importância a partir de meados da década de 1950, com a denominada Revolução Teorético-quantitativa (GIRARDI, 2008), quando nascia no meio geográfico a preocupação de racionalizar os fatos e buscar teorias. À medida que cresce a preocupação na explicação diminui o fator descritivo do fato o que provoca mudanças no paradigma geográfico.

Os geógrafos que vêm utilizando métodos quantitativos de análise aceitam os fenômenos geográficos como gerais, modificados por condições particulares, é verdade, mas regidos por princípios gerais. (GALVÃO e FAISSOL, 1970)

Antes da incorporação da quantificação, a Geografia apresentava um caráter mais descritivo, empírico e idiográfico. Depois, os problemas tiveram sua delimitação tratada de outra forma, sendo concretizados com o auxílio da quantificação, apoiada por suas formulações e modelagens. Essa mudança trouxe contribuições às análises exploratórias ou confirmatórias e às explicações dos fenômenos da Geografia. A aplicação da quantificação em Geografia assume a posição de uma questão científica, pois a coloca no contexto das outras ciências.

Mas, deve-se deixar claro que a quantificação aparece sempre como um meio para entender e explicar os fenômenos de seu interesse e nunca como um fim e, ainda, a revolução quantitativa não significou o abandono de dados qualitativos, mas a incorporação das técnicas oriundas da Matemática, Física e Estatística.

Segundo Galvão e Faissol (1970), a revolução propriamente dita foi na colocação da Geografia no conjunto das outras ciências e na concepção do objetivo e da natureza da Geografia.

A compreensão da distribuição espacial de fenômenos dispersos no espaço tem se tornado relevante em diversas áreas do conhecimento seja em saúde,

ambiente, geologia, agronomia, entre tantas outras e o que se observa é que, ao lidar com a Análise Espacial, o conhecimento geográfico pode ser um diferencial. Ou seja, a Geografia se apresenta como o elo do trabalho interdisciplinar, provocado pela Análise Espacial e a quantificação pode ser a linguagem que propicia esta ligação.

Na Análise Espacial são observados métodos que lidam com modelos que são adaptações de formulações matemáticas antes encontradas apenas na economia, física, estatística, etc. que recebem a incorporação da questão da localização do fenômeno em estudo.

O interesse em analisar o uso de métodos quantitativos na Geografia surge como consequência do tema da tese de doutorado<sup>1</sup> do autor deste trabalho onde são apresentadas duas propostas metodológicas objetivas para identificação do padrão de comportamento do migrante residente no Brasil.

Na etapa de pesquisa e formação do embasamento teórico foi observada grande dificuldade para encontrar referencial consistente, em português, aplicado à problemas típicos da área de estudo da Geografia, envolvendo técnicas da quantificação. Quase todo o material utilizado encontrava-se em língua estrangeira. Havia a necessidade de identificar como problemas semelhantes aos abordados na tese são abordados pelos geógrafos brasileiros.

O presente trabalho tem por objetivo analisar a aplicação dos métodos quantitativos na Geografia, observável em periódicos de publicação nacional e internacional, dissertações de mestrado e teses de doutorado, dando especial atenção aos recursos aplicáveis na Análise Espacial e no estudo de fluxo migratório, servindo de suporte à tese de doutorado defendida pelo autor deste trabalho.

Para tanto, torna-se relevante discussões complementares sobre dado espacial, análise espacial e interação espacial, que fazem com que o uso da quantificação fique diferenciado no trabalho geográfico quando comparado com outras áreas do conhecimento humano, tendo em vista a necessidade de incorporação da localização do fenômeno em estudo.

Também deve ser discutida a intensificação no uso dos métodos quantitativos provocada pela incorporação dos Sistemas de Informação Geográfica-SIG como

---

<sup>1</sup> Tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial da PUC Minas em agosto de 2009, intitulada "Subsistemas e tipologias da migração populacional no Brasil a partir de dados censitários: uma proposta metodológica".



ferramenta complementar no estudo de fenômenos geográficos. Tais sistemas viabilizam certas abordagens metodológicas, típicas da Análise Espacial, que tornam-se, cada vez mais, frequentes e surgem outras novas. Mas, pela própria facilidade de uso desta tecnologia, tendo em vista que tais sistemas automatizam a aplicação dos métodos incorporados, observa-se certo descuido com o rigor, como será visto adiante.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

Com o propósito de discutir o uso da quantificação na Geografia dando destaque para a Estatística Multivariada e para o método Intramax no estudo de fluxos migratórios, este trabalho foi estruturado em cinco unidades. A primeira unidade trata da introdução ao tema da quantificação na Geografia, dos objetivos e justificativa do trabalho.

A unidade dois trata da importância e da evolução dos métodos quantitativos para os estudos geográficos, dando destaque para os conceitos de dado espacial, Análise Espacial e Interação Espacial. Também é discutida a influência dos Sistemas de Informação Geográfica como motivadores para que o geógrafo busque dominar os elementos envolvidos na quantificação, tendo em vista a quantidade de recursos implementados, que automatizam as tarefas mais laboriosas, mas que precisam ser compreendidas.

Na unidade seguinte, a terceira, faz-se apresentação do trabalho desenvolvido por Slocum sobre o uso da quantificação em periódicos americanos que subsidiou a metodologia de avaliação dos textos selecionados para este trabalho e apresentação dos resultados.

A quarta unidade traz um breve relato sobre a Estatística Multivariada e o Método Intramax, elementos fundamentais na tese de doutorado elaborada pelo autor deste trabalho e, finalmente, na unidade cinco são feitas considerações finais sobre o tema abordado e sobre os resultados obtidos.

## 2 A importância e a evolução dos métodos quantitativos para os estudos geográficos

### 2.1 Introdução

As primeiras aplicações da quantificação, em Geografia, podem ser encontradas em trabalhos dos séculos passados, porém, sua utilização assumiu maior importância e foi intensificada a partir da década de 1950, com a denominada *Revolução Teorético-quantitativa* (GERARDI, 2008), quando os mapas passam a apresentar, também, uma função analítica. Com a rápida evolução dos recursos tecnológicos a Análise Espacial recebeu e vem recebendo novo impulso, o que tem implicado na necessidade de maiores conhecimentos de métodos quantitativos.

Em 1970, Cole já afirmava que a *Revolução Teorético-quantitativa* na Geografia havia passado e a aplicação dos recursos de quantificação já era uma realidade tanto na Geografia como em todas as áreas de conhecimento.

Desde a Segunda Guerra Mundial, quase todos os países do mundo passaram por uma explosão de informação. A introdução de computadores, equipamentos microeletrônicos, e serviços de telecomunicação abriram o caminho para uma avalanche de informações, não apenas para a pesquisa científica, mas também para uso de um público mais amplo e por aqueles que definem planos e políticas. (ABREU, 1995)

Citado por Burton (1977), Hearshorne diz que

Para elevar... o pensamento ao nível do conhecimento científico é necessário estabelecer conceitos gerais que possam ser aplicados com o máximo grau de objetividade e exatidão e determinar correlações de fenômenos com o grau máximo de certeza. Ambos os objetivos podem ser melhor alcançados se os fenômenos puderem ser descritos completa e corretamente por medições quantitativas e estas puderem ser submetidas a comparações estatísticas através da lógica matemática. (HARTSHORNE, 1959,p.161).

Várias ciências lançam mão dos instrumentos quantitativos, porém, a Geografia pede uma atenção diferenciada, pois lida, também, com a variável espacial, o que leva a um tratamento particular dos dados na busca da relação entre os fenômenos estudados e sua distribuição no espaço.

Nas ciências que se ressentem da falta de um campo experimental, há inúmeros modelos que pretendem interpretar a realidade. Em muitos casos a associação das técnicas estatísticas com as informações disponíveis não é suficiente para se decidir em favor de uma tese ou de sua competidora. A probidade científica exige, no caso, que se diga que não há informações capazes de rejeitar qualquer das teses. O avanço extra científico consiste em exibir estatísticas como base de comprovação desta ou daquela hipótese.(SIMONSEN, 1983)

Para Gerardi e Silva (1981), a necessidade do emprego de técnicas quantitativas na Geografia é também reforçada pelo caráter de linguagem científica, interdisciplinar e universal que os mesmos apresentam. Complementando, Batella e Diniz (2006), destacam que procedimentos matemático-estatísticos empregados no tratamento de dados georreferenciados são parte integrante dos currículos de geografia de várias universidades. Esses procedimentos são de grande valia à análise geográfica.

O grande volume de dados trabalhado pelo geógrafo precisa ser organizado e apresentado de uma maneira sintética, fácil de ser manipulada e compreendida. Logo, o uso da quantificação em Geografia é muito influenciado pela aplicação de técnicas estatísticas.

Essa quantificação se apresenta como um meio auxiliar para que a pesquisa geográfica esteja baseada em formulações seguras do problema concreto que pretende estudar, tendo fundamentação teórica consistente e compreensível, como um instrumento promotor da interdisciplinaridade e promovendo o enriquecimento teórico-conceitual com suas formulações.

Para O'Brien (1992), a preocupação com a quantificação é relevante para o geógrafo, porque a Geografia é uma disciplina altamente dependente de dados. Uma grande parte da pesquisa geográfica está baseada na coleta, análise e interpretação de dados.

A abordagem quantitativa, como técnica complementar na explicação e descrição de diversos fenômenos de caráter geográfico, tem sido bastante aceita e freqüente. Isso pode ser visto com facilidade nas dissertações e teses aprovadas no Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial da PUC MG, e em diversas outras referências bibliográficas, como as citadas ao final deste trabalho.

Para Christofolletti (1985), ao se analisar a literatura relacionada com as novas tendências geográficas, percebe-se que diversos adjetivos foram sendo propostos para qualificá-la. Entre eles, dois ganharam maior realce: geografia quantitativa e geografia teórica.

Ainda, de acordo com Christofolletti (1985), a primeira expressa a aplicação intensiva das técnicas estatísticas e matemáticas nas análises geográficas e o procedimento quantitativo pode ser considerado entre as características básicas da Nova Geografia. A segunda salienta o aspecto teórico e metodológico, subentendendo como imprescindível toda a análise quantitativa e englobando os processos de abstração necessários às etapas da metodologia científica e da explicação.

Para Christofolletti (1985), no Brasil, os primeiros sinais da quantificação, ligados à, aqui, denominada Nova Geografia, começaram a aparecer em 1970 através de dois comentários bibliográficos elaborados por Christofolletti publicados no Jornal de São Paulo e Pedro Pinchas Geiger, publicado na Revista Brasileira de Geografia, destacando-se as técnicas quantitativas nas análises espaciais das diversas regiões brasileiras e nos tópicos da geografia humana.

Conforme Rogerson (2008), a análise estatística não consiste em apenas jogar números em uma fórmula e relatar um resultado. Uma observação importante, pois, pode-se identificar em vários trabalhos, acadêmicos ou mesmo profissionais, o uso da quantificação sem o rigor necessário, gerando informações aparentemente coerentes que, com a aplicação de técnicas inadequadas e sem uma leitura crítica dos resultados, têm sido aceitas e apresentadas, provocando interpretações equivocadas sobre o comportamento do fenômeno de interesse.

## **2.2 Dado Espacial**

As particularidades dos dados espaciais pedem o desenvolvimento ou adaptação de um conjunto de técnicas voltadas para as necessidades específicas da Análise Espacial, que, de acordo com Camargo (1998), é o estudo quantitativo de fenômenos que são localizados no espaço. Utiliza-se a expressão análise de dados espaciais em oposição à análise de dados em geral, quando as técnicas utilizadas consideram explicitamente a localização espacial.

Compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento ... (CÂMARA et al, 2004).

Uma definição básica de dado espacial é aquela em que os seus elementos ficam definidos pela localização espacial, fornecida pelas componentes x e y, relacionadas a algum sistema de coordenadas, e pela componente z, denominada atributo, que pode representar, número de habitantes, temperatura, altitude, Produto Interno Bruto, saldo migratório, número de imigrantes ou emigrantes, etc.

Felgueiras (1999) incorpora a questão temporal em outra definição de dado espacial:

Um dado espacial é caracterizado por sua localização espaço-temporal, (x, y, z, t), e por atributos, geralmente não espaciais. Os atributos ambientais podem ser de natureza categórica, referenciados, neste texto, como *atributos temáticos*, ou de natureza contínua, aqui referenciados como *atributos numéricos*. Elevação, temperatura e teor de argila no solo são exemplos de propriedades numéricas. Classes de textura do solo, tipos de rocha e classes de vegetação são exemplos de atributos categóricos (Felgueiras, 1999)

Fotheringham e Rogerson (1993), citados por Rogerson (2006), categorizam e discutem um número de questões gerais e características associadas com problemas em Análise Espacial. De acordo com os autores citados, é fundamental que aqueles que trabalham com dado espacial tenham conhecimentos das seguintes questões:

- O problema da variação da unidade de área, pois os resultados da análise estatística são sensíveis à escala adotada para agregação dos dados;
- Os problemas com os limites espaciais (ou fronteiras), tendo em vista que eventos fora da área de estudo podem influenciar os internos;
- Os procedimentos de amostragem espacial, que são diversos e devem ser escolhidos de acordo com a proposta da pesquisa e com a realidade observada;
- Autocorrelação espacial ou dependência espacial que se relaciona com o fato de o valor de uma variável em um ponto no espaço pode estar relacionado com o valor dessa mesma variável em um local próximo.

Complementando, segundo Anselin (1989), os dados espaciais trazem consigo a peculiaridade da dependência espacial que representa a tendência de a vizinhança influenciar uma determinada localização e possuir atributos semelhantes.

Um exemplo de análise de dados espaciais é o estudo da migração populacional. Nesse caso, cada migrante está ligado a pelo menos um ponto de origem e a um ponto de destino que podem ser determinados em um sistema de coordenadas, por exemplo, de longitudes e latitudes. Também é possível avaliar a migração em termos da distância coberta pelo migrante.

Quando observamos, de acordo com dados do IBGE, que a Microrregião de Belo Horizonte recebeu 184.818 migrantes das outras microrregiões de Minas Gerais entre 1995 e 2000, deve-se considerar que cada migrante traz consigo a componente espacial. Vários migrantes apresentam origens iguais ou de microrregiões contíguas; outros se assemelham por saírem de microrregiões próximas a Belo Horizonte. Assim, ao pensar em termos de unidades espaciais, pode-se identificar microrregiões que se comportam de modo semelhante por apresentarem destinos comuns para seus emigrantes ou por receberem migrantes das mesmas microrregiões.

Partindo do princípio de que existe, por parte do pesquisador, o interesse em analisar e sintetizar as diferenças e similaridades entre unidades espaciais, neste caso microrregiões, e interpretar a organização espacial quanto ao fluxo migratório, deve-se levar em consideração que se trabalhará com dados espaciais.

Outro exemplo de dados espacial pode ser observado nos estudos relacionados à saúde, em particular, à epidemiologia. Para determinar as ações profiláticas ou corretivas que o gestor da saúde deve promover, a identificação dos locais de registros da doença em estudo, ou da presença do vetor causador, pode ser fundamental. Em uma situação hipotética, um quarteirão será identificado por sua localização, seus limites, seu centro médio, etc. e o número de casos registrados, ou seja, o atributo.

### **2.3 Análise Espacial e Interação Espacial**

Ao estudar determinado fenômeno geográfico, podemos verificar algum padrão espacial e, neste momento, será muito útil analisá-lo objetivamente: o padrão de

distribuição deste fenômeno é aleatório ou apresenta uma agregação definida? Esta distribuição possui causas conhecidas? Pode-se mensurar a distribuição deste fenômeno?

Na tentativa de responder a questões como estas, faz-se necessária a utilização da Análise Espacial e teorias geográficas associadas a este tipo de análise. A teoria, entre outras coisas, é um produto inevitável do desejo de sistematizar o conhecimento geográfico existente e usar essa base sistematizada para explorar novas áreas do conhecimento.

Segundo Abreu (2000), a Análise Espacial apresenta algumas questões básicas que devem ser discutidas:

- O que é: Determinação do problema. Explicitar, também, os objetivos.
- O onde: A localização é fundamental para a Análise Espacial pois esta pergunta traz a questão do espaço. O espaço só interessa se tem localização, o saber onde as coisas estão. Sem a localização chegamos a um estudo que outros profissionais devem fazer.
- O quando? Faz aparecer a componente temporal do dado.
- O que mudou? Faz aparecer o aspecto histórico. Pode-se analisar a estrutura de uma região ou o processo de crescimento desta região. O processo inclui a questão do tempo, a tendência.
- Qual o padrão? Como ocorre? No trabalho geográfico, informações que não são mostradas claramente em uma tabela ficam melhor apresentadas em um mapa. As “manchas” apresentadas em um mapa podem apresentar a possibilidade de um padrão.
- O que mudou? Pode-se analisar a estrutura de uma região ou o processo de crescimento desta região. O processo inclui a questão do tempo, a tendência.
- O que acontece se? As condições que podemos supor para um problema. Esta é uma pergunta muito ligada ao social e ao histórico.
- Por onde ir? A metodologia adotada nesta busca.
- O que acontece se? As condições que podemos supor para um problema. Esta é uma pergunta muito ligada ao social e ao histórico.

- Porque ocorre? Talvez a pergunta mais científica das citadas anteriormente. A busca da explicação.<sup>2</sup>

A estrutura do espaço e os movimentos no espaço são muito importantes para o entendimento da organização espacial estática ou dinâmica. Fenômenos como fluxos migratórios, fluxos econômicos, difusão de informação, enfim, qualquer movimento que possa ser quantificado pode levar-nos a análises bem mais precisas no campo da organização espacial.(ABREU, 1984)

Vale destacar que o pesquisador não deve se preocupar apenas com a existência de um padrão espacial no comportamento de uma variável. Isso é importante, mas, o estudo de dados discrepantes deve ser observado, pois pode revelar importantes características da distribuição espacial do fenômeno. Identificar em que medida esse dado é diferente dos demais e suas conseqüências para o conjunto pode ser revelador. Por exemplo, ao estudar um indicador de qualidade de vida municipal, podemos observar um determinado município com alto nível de qualidade de vida cercado por outros com baixo nível. O que leva este município a apresentar resultado diferenciado? Qual a importância desse município para aqueles que estão próximos? Etc.

Estudos que buscam a compreensão da distribuição espacial dos fenômenos veem se tornando cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de baixo custo e com interfaces amigáveis. Estes sistemas permitem a visualização espacial de variáveis como população de indivíduos, índices de qualidade de vida ou vendas de empresa numa região através de mapas.(CÂMARA et al., 2002)

A Análise Espacial nos permite ir além dos mapas, e estabelecer uma quantificação explícita da variabilidade espacial dos fenômenos em estudo. É preciso modelar a distribuição do relacionamento entre os dados, por meio de técnicas de Estatística Espacial. Com isto, pode-se ter maior grau de confiabilidade nas investigações e no entendimento dos problemas de gestão dos recursos naturais e sócio-econômicos.

---

<sup>2</sup> Adaptado de Notas de aula: Disciplina Métodos de Análise Espacial (Professor João Francisco de Abreu , fev. 2000)



Estatística espacial é um ramo da estatística que estuda métodos científicos para a coleta, descrição, visualização e análise de dados que possuem coordenadas geográficas. Sua marca distintiva é o uso explícito ou implícito destas coordenadas geográficas na modelagem. O enorme desenvolvimento computacional recente é o responsável direto pelo florescimento da área espacial em Estatística. (ASSUNÇÃO, 2002)

Para Fotheringham e O'Kelly (1989) a Interação Espacial pode ser amplamente definida como movimento ou comunicação sobre o espaço que resulta de um processo de decisão. Ainda de acordo com esses autores, o termo, assim definido, abrange diversos tipos de comportamento como migração, compras, viagens para o trabalho, lazer, movimento de mercadorias, chamadas telefônicas, escolha de uma universidade por estudantes, tráfego aéreo, etc.

O conceito de interação espacial é central para qualquer um envolvido com Geografia teórica e ciência regional... Sob o guarda-chuva da interação espacial e o decaimento da distância, é possível acomodar a maioria dos modelos de trabalho em transportes, migração, trocas e difusões, bem como importantes aspectos da teoria da localização. (Fotheringham & O'Kelly, 1989, p. 1).

Segundo Fotheringham e Haynes (1982,p.5), o termo Interação Espacial é bastante amplo, e pode ser considerado como qualquer movimento no espaço provocado por relações humanas. Isto significa dizer que relações como migração, movimentos de ida ao trabalho ou a um hospital, transmissão de dados ou conhecimentos, acesso a serviços públicos ou privados, e vários outros, podem ser tratados por modelos de Interação Espacial.

Os modelos matemáticos de interação espacial buscam explicar e/ou apontar perspectivas (predizer). Pode-se encontrar na bibliografia diversos estudos que ajudam a compreender como funciona a Interação Espacial dentro de uma região ou entre diversas regiões, como índices de autocorrelação espacial, teorias da localização, estatística espacial, dentre outros, além das técnicas de análise multivariada aplicadas neste estudo. Exemplos podem ser vistos em Fotheringham e Haynes (1982), Fotheringham e O'Keily (1988), Clark(1973), Druck e outros (2004), etc.

Na geografia, o estudo da Interação Espacial é de grande importância. A distância entre centros, por exemplo, consumidores e produtores, receptores ou expulsões de população, nem sempre pode ser medida apenas metricamente, pois a interação entre os centros dependerá, além de outros fatores, da forma como esta pode ocorrer. Por exemplo, no caso da existência de dois centros, A e B, e de outro centro, C, equidistante dos dois primeiros, as facilidades de acesso podem fazer com que o emigrante de C opte por aquele com melhores condições de acessibilidade. O potencial de atração de cada centro, de acordo com os serviços oferecidos, será determinante na escolha do emigrante em C. Em certos casos, mesmo tendo que enfrentar maiores distâncias, o migrante pode optar por um centro que ofereça melhores condições ou oportunidades.

#### **2.4 O SIG favorecendo ou forçando a necessidade de tais métodos**

Nesta seção, discute-se o impacto que a evolução dos SIG – Sistemas de Informação Geográfica (GIS-Geographic Information System) veem provocando no uso do dado espacial e, conseqüentemente, sobre a aplicação da quantificação.

Para Teixeira e Christofolletti (1997) SIG é Sistema baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georreferenciados. Um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica.

Segundo Rocha (2000), é um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, processamento, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

Abreu (2005) define SIG como um sistema destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente, desde a sua aquisição até a geração de saídas na forma de mapas, relatórios, arquivos em meio magnético, etc., devendo prover recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise.

Ainda nos dias atuais, o conceito de SIG tem se mostrado controverso, mas, pode-se identificar alguns elementos recorrentes. De fato, essas e outras definições

de SIG trazem consigo a capacidade de o sistema lidar e/ou analisar dados espaciais (georreferenciados).

Para Rocha (2000), os diferentes sistemas de informação geográfica existentes apresentam alguns módulos em comum, dentre eles, observa-se a presença de um Sistema de Análises Estatísticas, voltado para a análise estatística do dado espacial, considerado importante, pois, com ele, pode-se aplicar técnicas eficazes para caracterizar camadas individuais da informação, além de técnicas multivariadas.

Os Sistemas de Informação Geográfica lidam com vários tipos de dados e são observadas aplicações nas mais diversas áreas de estudo. Sem muito esforço, algumas são identificadas: cartografia, planejamento urbano, gestão ambiental, gestão cadastral, saúde pública, fluxos de várias naturezas como de pessoas, de mercadorias, logística de transporte e de comunicação, demografia, etc.

Assim, constata-se que usuários dos mais diversos perfis fazem uso desses sistemas, como pesquisadores do meio acadêmico, técnicos, responsáveis pela gestão pública ou privada e, até mesmo, a população em geral tem se beneficiado, tendo em vista a abundante disponibilização do dado espacial na internet, para uso em celulares ou em seus computadores pessoais.

De acordo com Silva (1999), ao lidar com dados espaciais perguntas podem surgir: como deve ser estimada a representação precisa da variação geográfica para fazer parte de um banco de dados? Como deve ser representada a incerteza ou imprecisão presente na representação digital? Como pode a incerteza ser propagada, no banco de dados, nos produtos derivados da utilização dos SIGs?

Estas perguntas devem, certamente, fazer parte de um menu de investigações sistemáticas. Uma proposta que se coloca como capaz de subsidiar as respostas às questões acima formuladas é incorporação das técnicas da geoestatística nos SIGs. (SILVA, 1999, p.33)

Com a rápida e eficiente evolução tecnológica dos equipamentos computacionais e dos softwares necessários para o uso dos Sistemas de Informação Geográfica, observada nos dias atuais, a popularização do uso de tais sistemas também pode ser notada. Mas, infelizmente, seu uso nem sempre é feito de modo consciente e consistente.

Com freqüência, não se observa a preocupação com a preparação do usuário. Alguns são excelentes manipuladores dos softwares, produzindo relatórios e mapas impactantes, mas sem critérios claros e coerentes. Com isso, por vezes, informação incompleta, ou mesmo errada, tem sido produzida e divulgada, pela facilidade com que são gerados relatórios, mapas e medidas estatísticas, adotando as configurações padrão dos softwares.

Em contra-partida, o estudioso que se preocupa com o entendimento dos conceitos matemático-estatísticos envolvidos na manipulação dos dados disponíveis (espaciais ou não), consegue gerar resultados mais claros, úteis e confiáveis.

O geógrafo que se dispõe a estudar com um pouco mais de profundidade os conceitos matemáticos envolvidos nas ferramentas disponíveis nos SIG e relacioná-los com as teorias, modelos e métodos próprios da Geografia e da Cartografia, leva uma grande vantagem em relação aos demais usuários, sendo capaz de explorar, por sua própria formação, a interdisciplinaridade que tais sistemas propiciam. Será eficiente ao identificar a divisão de classes mais adequada ao contexto dos dados, gerando mapas capazes de transmitir com mais clareza o comportamento espacial do fenômeno, poderá selecionar as medidas estatísticas que melhor representam o conjunto de dados além das técnicas univariadas ou multivariadas realmente úteis ao seu trabalho.

### 3 O uso de métodos quantitativos na Geografia

#### 3.1 Introdução

Em 1990, Slocum apresenta no periódico *The Professional Geographer*, um artigo intitulado *The use of quantitative methods in major geographical journals, 1956-1986*. Para produção desse texto, o autor selecionou quatorze importantes jornais/periódicos geográficos americanos e analisou os artigos referentes a 4 anos: 1956, 1966, 1976 e 1986.

Slocum aponta o período de 1955 a 1975 como o de uma revolução quantitativa na Geografia, quando essa passa de uma visão idiográfica para uma visão mais científica. Daí a escolha do período de análise, 1956-1986, abrangendo o início da revolução quantitativa até o período da elaboração do artigo, ou seja, 1990.

Com a opção de coletar os dados a intervalos de 10 anos, foi possível detectar as tendências gerais na área de interesse e limitar a quantidade de dados coletados.

Com o interesse de avaliar o uso típico da quantificação na Geografia, o autor não considera itens explicitamente designados como textos técnicos ou curtos porque, na sua visão, eles tendem a enfatizar mais as inovações que o uso típico, que representa seu principal interesse.

Uma significativa constatação foi a de que, enquanto, em 1956, apenas 3% dos artigos apresentavam algum tipo de método quantitativo, dos mais fundamentais aos de maior complexidade, em 1986, este indicador já ultrapassava os 50%. Além disso, observa-se, também, a evolução e o desenvolvimento de novos métodos aplicados à Análise Espacial, deixando acreditar que, a partir do momento que os geógrafos vão se preparando para a quantificação seu uso vai crescendo. Segundo, Slocum (1990), os diferentes tipos de métodos quantitativos observados aumentaram drasticamente, de seis métodos observados em 1956 para 63 em 1986.

Dentre os métodos mais comuns observam-se correlação bivariada e regressão, regressão múltipla, métodos de análise de fatores e qui-quadrado.

Da leitura desse trabalho nasceu o interesse pela realização de um estudo que viesse a contribuir para a percepção de como a quantificação em geografia se encontra atualmente, incluindo importantes meios de divulgação científica brasileiros na análise.

Outro trabalho, de Lavalle e Outros (1967), também mostra a expansão da metodologia quantitativa na Geografia Americana. A Figura 1 mostra a evolução de Departamentos de Geografia das universidades americanas com Ph.D. que ofereciam cursos de métodos quantitativos em 1961 e 1965. Observa-se, o crescimento de ofertas, principalmente na região Centro-Oeste.

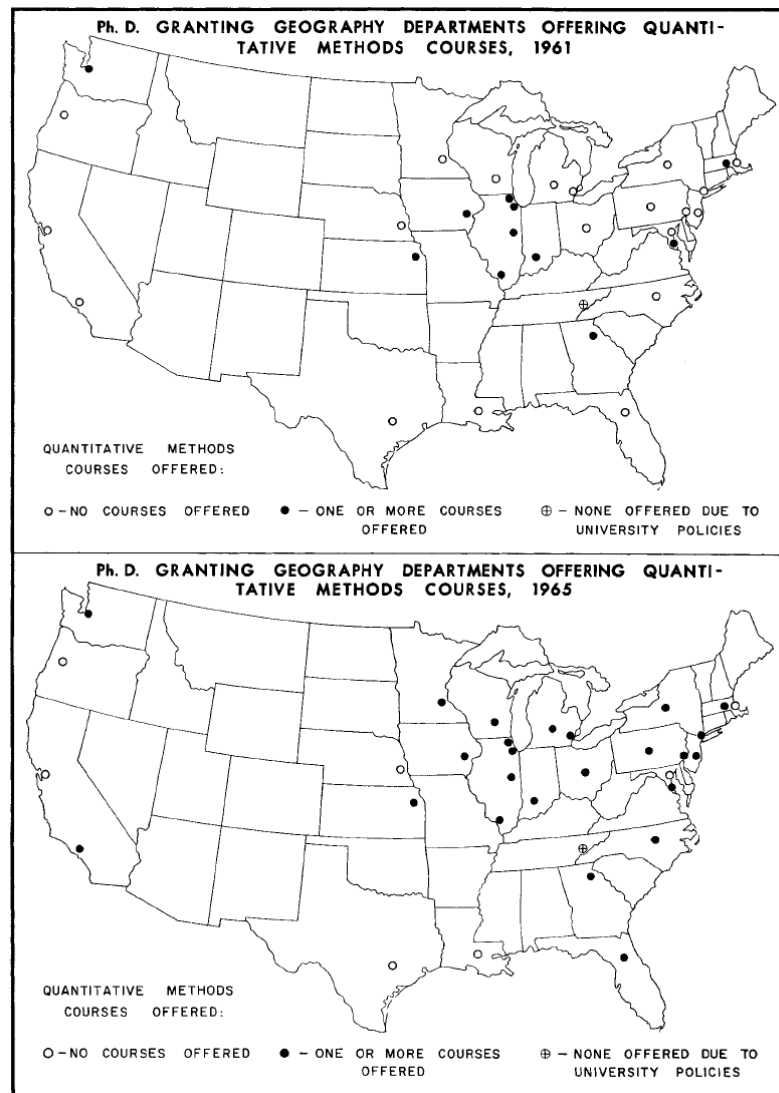


FIGURE 2

### Figura 1: Evolução de Departamentos de Geografia das universidades americanas com Ph.D

A Figura 2 apresenta um gráfico com a evolução no emprego de estatística inferencial e probabilidades em artigos de três jornais (Geographical Review, Economic Geography e Annals of the Association of American Geographers) no período de 1954 a 1965. Mais uma vez, fica claro o aumento na frequência de emprego das ferramentas da quantificação.

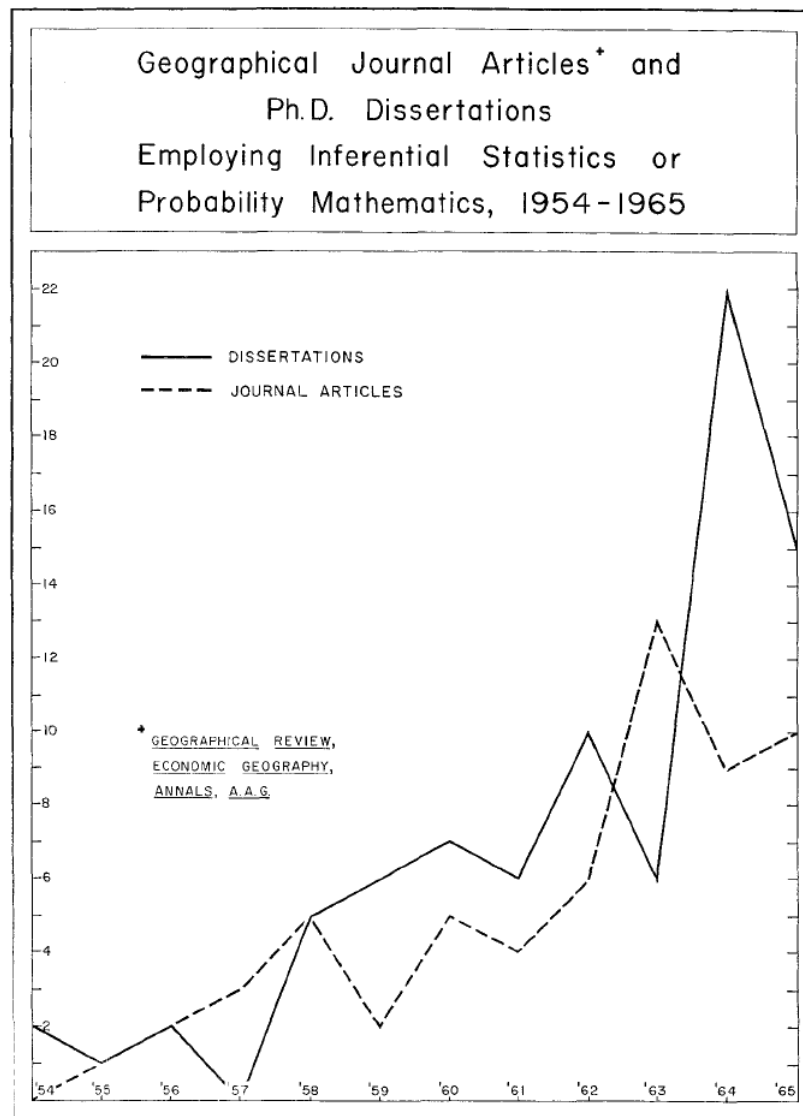


FIGURE 3

**Figura 2: Evolução no emprego de estatística inferencial e probabilidades**

### 3.2 Metodologia

Com o intuito de avaliar o uso da quantificação em geografia, comparando o momento atual com períodos anteriores, faz-se este estudo, em alguns pontos, similar ao desenvolvido por Slocum, trazendo a realidade brasileira para o universo de amostras.

Muitas dificuldades relacionadas ao acesso ao material de pesquisa necessário, de acordo com a proposta inicial deste estudo, são observadas, fato que limitou o espectro de pesquisa em periódicos internacionais a *The Professional Geographer: the journal of the Association of American Geographers* (Qualis B-

Internacional) e *Annals of the Association of American Geographers* (Qualis A-Internacional), acessíveis, apenas em parte, pelo portal CAPES no período de coleta de dados. Para acesso à publicação completa desses dois periódicos, fez-se a associação do autor deste trabalho à *Association of American Geographers*, com o apoio da PUC Minas. Assim, desses periódicos internacionais, avalia-se todos os artigos publicados nos anos 1977, 1987, 1997 e 2007, excluídos aqueles não técnicos como editoriais e resenhas de livros, totalizando 230 textos.

Quanto às referências nacionais, três fatores determinaram a seleção: qualidade, acessibilidade e incorporação dos meios de publicação da PUC Minas. Assim, avaliam-se artigos da *Revista Brasileira de Geografia* (disponível no site do IBGE), *Boletim de Geografia Teórica e Geografia* (de Rio Claro-SP), *Caderno de Geografia* (PUC Minas) além das dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da PUC Minas. Outros materiais de relevância nacional foram procurados, mas optou-se por sua não utilização ou pela falta de estabilidade na publicação ou pela indisponibilidade dos volumes nas bibliotecas acessadas. No total, foram avaliados 207 textos nacionais, excluídos editoriais e resenhas de livros.

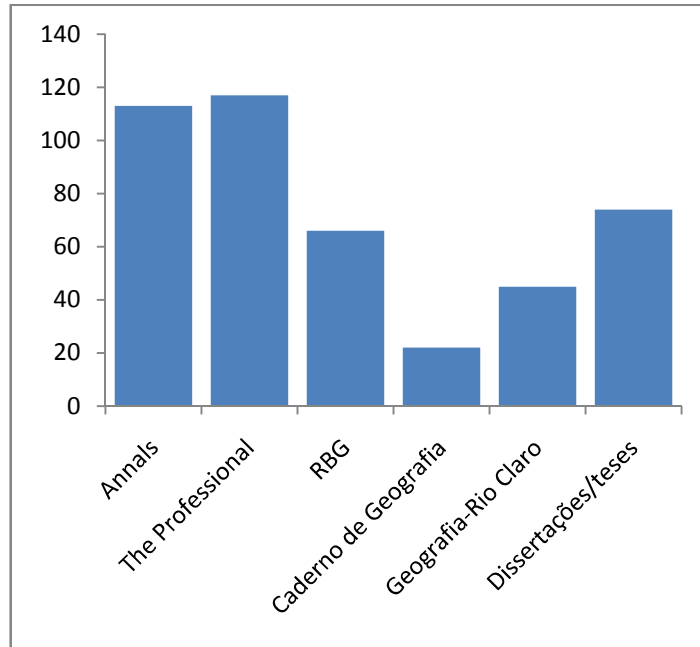
De Rio Claro, estado de São Paulo, ligados à Associação de Geografia Teórica, avaliam-se textos do *Boletim de Geografia Teórica*, publicado de agosto de 1971 até dezembro de 1995 e da revista *Geografia*, com publicação iniciada em 1976 e que continua sendo editada. Neste trabalho, optou-se por agrupar os dados relativos a essas duas publicações sob o rótulo de *Geografia-Rio Claro*, para todos os textos dos anos de 1977, 1987, 1997 e 2007, num total de 45 textos.

A *Revista Brasileira de Geografia* tem seus exemplares digitalizados de 1939 a 2005 e estão disponíveis no site do IBGE. Foram avaliados 66 textos, referentes aos anos de 1977, 1987, 1996 e 2005. Optou-se por selecionar os textos publicados no anos de 1996 e 2005, por não haver registrado exemplares para o ano de 1997 e 2007, respectivamente.

De produção interna da PUC Minas, avalia-se exemplares do *Caderno de Geografia*, com publicação iniciada em 1990, tendo sido avaliados 22 textos e 74 dissertações e teses. O interesse em avaliar a aplicação de métodos quantitativos nas dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Puc Minas surge pelo fato de o autor deste trabalho ter cursado o mestrado e estar em fase de elaboração de tese de doutorado neste Programa e



perceber que a área de Análise Espacial pede o uso de tais métodos com maior frequência.

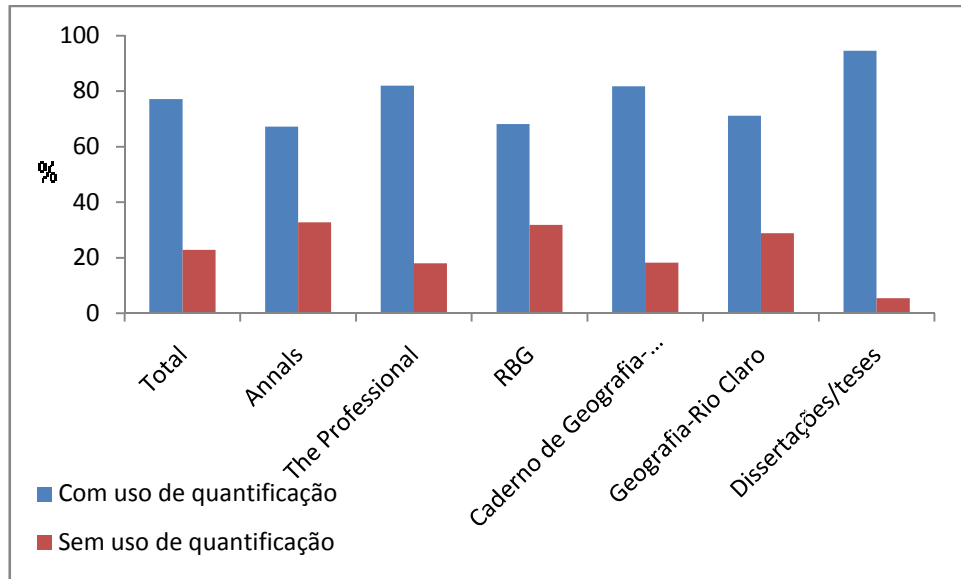


**Figura 3: Número de artigos avaliados por fonte**

A diversidade de técnicas observadas nos textos avaliados é enorme, registrando-se o uso de medidas básicas da estatística descritiva, gráficos para representação e análise de dados, estatística multivariada, modelos de interação espacial, estatística espacial, indicadores, correlação e regressão linear, autocorrelação espacial, etc.

### **3.3 Análise dos resultados**

Ao todo foram avaliados 437 textos com o registro de uso de alguma técnica da quantificação em 77,1% desses. Como esperado, nas dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da PUC Minas observa-se maior frequência, chegando a 91,9% dos trabalhos, como pode ser visto na Figura 3. Considera-se que o texto usa quantificação quando é observada qualquer técnica estatística ou matemática, tomando como nível mais elementar a estatística descritiva básica.



**Figura 4: Proporção de artigos com uso da quantificação**

De acordo com os dados apresentados por Slocum (1990), enquanto em 1956 3% dos artigos da área geográfica apresentavam o uso da quantificação, em 1986 este número já ultrapassava os 50%. Neste trabalho, que faz levantamento de textos geográficos de 1977 a 2007, observa-se que seu uso já está consolidado e tem assumido complexidade cada vez maior com o uso das técnicas tradicionais da estatística e da matemática, mas também adaptando técnicas e metodologias de outras áreas do conhecimento científico ao contexto geográfico.

Alguns modelos de interação espacial são adaptações de outros modelos observados na Física como o Modelo Gravitacional de Newton, o Modelo Potencial da elétrica, medidas de especialização e Curva de Lorenz da Economia, etc. A própria Estatística Espacial tem muitos elementos que são adaptações da estatística aqui denominada “tradicional” para um contexto que incorpora a localização do fenômeno em estudo. Por exemplo, o centro médio (um dos pontos de tendência central, em geral, denominados centróides) e a distância padrão que estão diretamente relacionados às médias aritméticas simples e ponderada e com o desvio padrão.

Pode-se observar, nos periódicos internacionais estudados, maior variedade de recursos da quantificação do que nos nacionais, assim como o uso de técnicas mais complexas. Apesar de não ser comum encontrar recursos de cálculo diferencial e integral nos textos geográficos, também não pode ser dito que é uma raridade.

As dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas, além de apresentar alta porcentagem de textos com uso da quantificação, também apresentam grande diversidade de técnicas. Observa-se o uso de Geometria Analítica, Estatística Multivariada, Estatística Espacial, Correlação e Regressão Linear, Autocorrelação Espacial, Funções de várias variáveis, indicadores importados e adaptados da Economia, Modelos de interação espacial, Grafos, etc.

Ao avaliar textos do Caderno de Geografia da PUC Minas, observa-se que nos anos recentes o uso da quantificação tem sido mais presente, provavelmente, pela proximidade com o Programa de Pós-Graduação em Geografia, que tem como área de concentração a Análise Espacial, apesar de ocorrer, quando comparado com as outras publicações, com menor incidência e apresentar menor complexidade.

Sobre as técnicas identificadas nos textos avaliados, destaca-se o uso de coeficientes de correlação, tendo o coeficiente de correlação linear de Pearson como o mais comum. Daqueles com alguma aplicação da quantificação, 16,4% adotam o uso de tais coeficientes (ver Figura 5), sendo que nos textos internacionais avaliados, observa-se maior frequência: 23,7% nos textos dos *Annals of the Association of American Geographers* e 22,9% na *The Professional Geographer*.

As técnicas multivariadas, como Análise das Componentes Principais e Análise Fatorial, Análise de Cluster, etc, surgem em segundo lugar com 9,5% dos textos com alguma aplicação da quantificação, sendo que este número chega a 14,3% nas dissertações e teses avaliadas e 11,8% dos artigos dos *Annals of the Association of American Geographers*. Isto se justifica tendo em vista o grande número de variáveis com que o geógrafo é levado a lidar em suas análises, principalmente, quando lida com fenômenos socioeconômicos, demográficos, climatológicos ou ambientais.

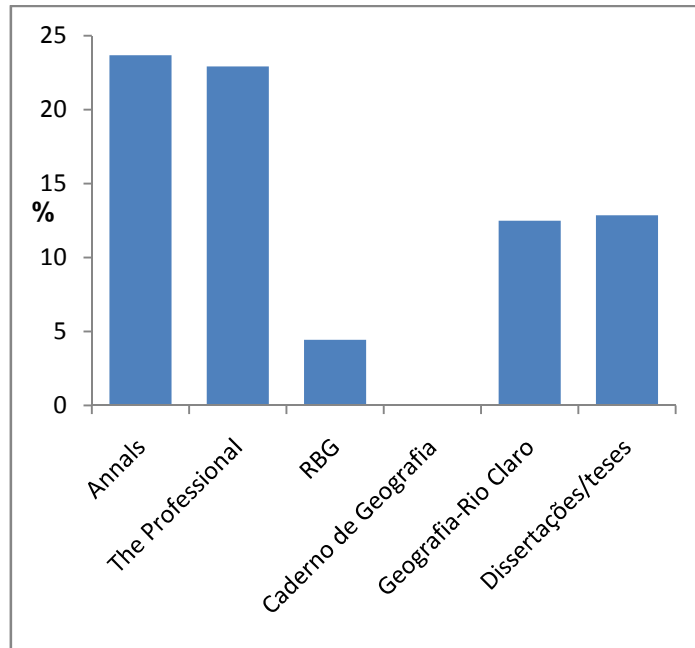


Figura 5: Proporção de textos com uso da técnica de correlação

O uso ou desenvolvimento de indicadores também se destaca, principalmente em textos ligados à Geografia Regional, que busca identificar hierarquias, semelhanças e/ou diferenças entre as unidades espaciais estudadas. Em particular, a Revista Brasileira de Geografia registra o uso de tais indicadores em 18,2% de seus textos, algo natural, tendo em vista sua proximidade com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

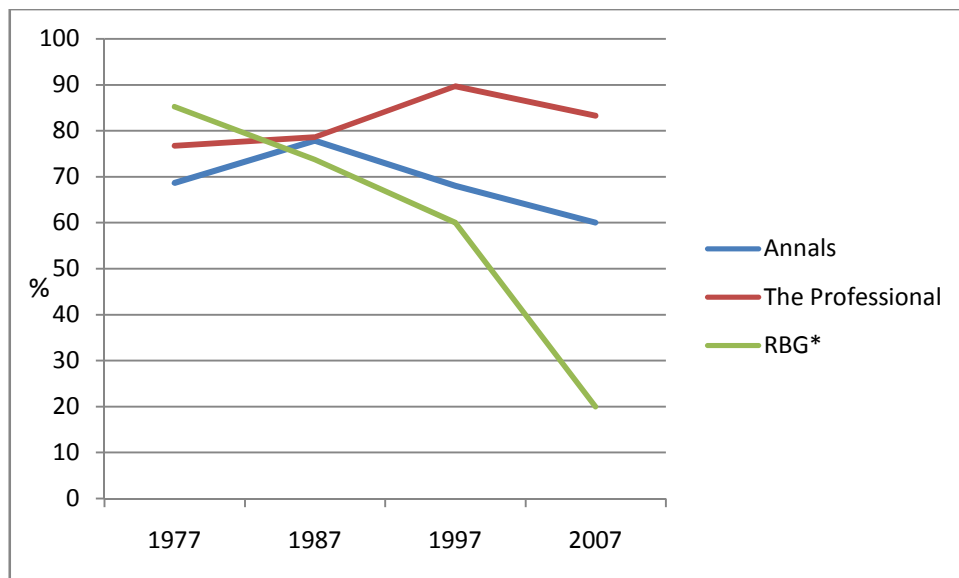
O uso de recursos do Cálculo Diferencial e Integral, com destaque para as equações diferenciais, é observado em 9,2% dos textos com quantificação da The Professional Geographer, 3,1% dos Annals of the Association of American Geographers e 2,9% das dissertações e teses avaliadas. Esse dado reforça, como complemento de outras análises, que o uso de técnicas matemáticas mais complexas ainda é restrito nos trabalhos nacionais.

Com relação à questão temporal, a análise se restringiu aos textos da The Professional Geographer, dos Annals of the Association of American Geographers e da Revista Brasileira de Geografia, pois são os únicos periódicos, daqueles avaliados, que apresentam regularidade em sua publicação.

Como dito anteriormente, no trabalho de Slocum (1990), observa-se que, mais de 50% dos textos geográficos estudados, a partir de 1986, apresentavam

algum recurso de quantificação. Um contraste quando comparado com os 3% em 1956.

Neste trabalho, observa-se aplicação sempre superior a 60% nos artigos internacionais, com pico de 89,7% em 1997 para a *The Professional Geographer*, sugerindo a quantificação como um recurso aceito e bem difundido na comunidade geográfica. Na RBG, observa-se um declínio acentuado na proporção de textos com quantificação, que coincide com a redução do número de artigos publicados. Enquanto de 1977 foram avaliados 27 artigos, em 2005 são apenas 10 artigos.



**Figura 6: Proporção de artigos com uso da quantificação, por período**

\* Para a RBG, os anos são 1977, 1987, 1996 e 2005

Dos vinte e dois textos avaliados do Caderno de Geografia, referentes aos anos 1990, 1991, 1997 e 2006, observa-se seis textos com aplicação da quantificação, sendo quatro desses em 2006, ou seja, posteriores à implantação do Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial, em 1996, que tem influenciado, de forma direta ou indireta, os Cursos de Geografia da PUC Minas, tendo em vista que diversos de seus alunos ou já eram professores da instituição ou vieram a incorporar a equipe docente, incorporando, assim, as influências sofridas pelos estudos das metodologias típicas da Análise Espacial.

## **4 O uso da quantificação na análise fluxos migratórios**

O desenvolvimento deste trabalho serviu de apoio para o desenvolvimento da tese de doutorado de seu autor, proporcionando uma contextualização do uso dos métodos quantitativos em estudos de caráter geográfico. A tese tratou da análise de fluxos migratórios entre as 558 microrregiões brasileiras com o uso de duas metodologias baseadas em técnicas quantitativas: uma técnica de análise multivariada denominada Análise Fatorial e outra baseada no algoritmo iterativo Intramax. Assim, pretende-se mostrar a aplicabilidade do uso da quantificação para a Geografia, tomando como exemplos, ainda que de caráter apenas introdutório, as metodologias aplicadas.

### **4.1 Estatística Multivariada**

Fenômenos que sofrem influência, ou que estão relacionados com um grande número de variáveis sempre foram de difícil abordagem pelas dificuldades operacionais inerentes. Estas dificuldades foram sendo superadas, dados os avanços registrados na tecnologia computacional, permitindo que a Estatística incorporasse recursos importantes no tratamento e análise de dados. Uma de suas áreas que mais se beneficiaram é a da Estatística Multivariada. Atualmente, a complexidade operacional não é um empecilho para sua aplicação.

De acordo com Hair e outros (2005a), a Estatística Multivariada pode ser vista como um conjunto de métodos estatísticos aplicáveis em situações cuja análise envolve um grande número de variáveis aleatórias e inter-relacionadas. Em uma rápida consulta às fontes bibliográficas, pode-se observar que as mais diversas áreas do conhecimento humano têm pedido suporte de técnicas que consigam lidar com esse tipo de situações.

A necessidade de trabalho com dados psicológicos e do comportamento, provavelmente, foi o que provocou o desenvolvimento e/ou surgimento das técnicas estatísticas para análise de conjuntos de dados mais amplos e complexos.

Os métodos de análise multivariada predominarão no futuro e resultarão em drásticas mudanças na maneira como profissionais de pesquisa pensam em problemas e planejam sua pesquisa. Esses métodos tornam possível levantar questões específicas e precisam de considerável complexidade em cenários naturais. Isso viabiliza a condução de pesquisas teoricamente importantes e a avaliação dos

efeitos de variações paramétricas que naturalmente ocorrem no contexto em que elas normalmente aparecem. Dessa maneira, as correlações naturais entre as múltiplas influências de comportamento podem ser preservadas e os efeitos separados dessas influências, estudados estatisticamente sem causar um isolamento comum de qualquer indivíduo ou variável.(Hardyck e Petrinovich apud Hair et al.,2005a)

Atualmente, pode-se encontrar referências ao uso da Estatística Multivariada em diversos trabalhos nas áreas de Geografia, Demografia, Ecologia, Economia, Geologia, Educação, Ergonomia, Engenharia, etc.

Uma das grandes vantagens das técnicas multivariadas é sua capacidade de sintetizar as informações disponíveis em um grande número de variáveis em um conjunto menor de variáveis, sem grandes perdas para análises.

A Estatística Multivariada se divide em técnicas exploratórias e técnicas de inferência estatística. Os softwares estatísticos mais importantes apresentam rotinas específicas da Estatística Multivariada, que tornam possível ao pesquisador o trabalho com grandes quantidades de variáveis e enormes bancos de dados.

A técnica de Análise de Componentes Principais está diretamente relacionada à matriz de correlação entre as variáveis e os fatores gerados são linearmente independentes, ou seja, não-correlacionados. Deve-se reforçar ainda que a Análise de Componentes Principais é um caso particular da Análise Fatorial, que, quando aplicada, permite a redução da dimensionalidade apresentada pelo conjunto de variáveis retendo uma variabilidade significativa da informação, eliminando parte da redundância registrada.

Portanto, a Análise Componentes Principais foi aplicada à matriz de fluxos migratórios entre as 558 microrregiões brasileiras, com o intuito de destacar aquelas que apresentavam padrões de comportamento semelhantes na expulsão ou recepção de migrantes, criando agrupamentos denominados tipologias.

#### **4.2 Estudos de fluxos a partir do Método Intramax**

Uma alternativa metodológica para a abordagem do estudo da identificação de padrões em dados de interação espacial é o método Intramax. É possível observar sua aplicação no estudo de áreas de mercado delimitadas por dados de fretes, na identificação de padrões na comunicação via telefone, na delimitação de

regiões funcionais em termos de viagens ao trabalho ou análise da migração populacional, dentre outras.

O dado de interação espacial ou fluxo possui a particularidade de, além de apresentar um atributo ou intensidade de ocorrência do fenômeno, ser formado por mais duas componentes geográficas indicando a origem, onde o fluxo começa, e o destino, onde o fluxo termina. O fluxo ou a interação espacial pode ter como atributo o número de pessoas que migram de um ponto a outro, de ligações telefônicas entre duas localidades, quantidade de dinheiro movimentado entre dois pontos, quantidade de mercadoria transportada de uma localidade a outra, etc.

Em vários casos, pode-se admitir que a interação entre diferentes unidades espaciais pode ser vista como uma medida de distância funcional, ou seja, aquela não propriamente física. Assim, como consequência, interpreta-se que quanto mais fortes forem as interações, menor será a distância entre as unidades espaciais. Agrupar regiões que estão próximas em termos de sua distância funcional leva à criação de regiões funcionais, que se tornam alternativas geográficas para divisões administrativas ou análises mais apropriadas do espaço. Pode-se identificar, por exemplo, se os fluxos mais significativos estão relacionados às curtas distâncias absolutas ou se estas não se apresentam como um fator relevante para a opção do migrante.

O método iterativo Intramax, apresentado originalmente por Masser e Brown, em 1975, é estruturado especificamente para revelar padrões em distâncias funcionais, como as implícitas nos dados geográficos de fluxos. Este método é iterativo e de natureza hierárquica.

Segundo Masser e Scheurwater, apud Feldman et al. (2005), “the objective of Intramax procedure is to maximize the proportion within the group interaction at each stage of the grouping process, while taking account of the variations in the row and the column totals of the matrix”.

A função objetiva do método Intramax leva a agrupamentos de unidades espaciais que apresentam mais interações entre si do que com outras unidades espaciais. Assim, fez-se a divisão do espaço brasileiro em subsistemas de migração.



## 5 Considerações Finais

Apesar da limitação de fontes bibliográficas regulares disponíveis para pesquisa, o trabalho desenvolvido mostrou que a quantificação é uma necessidade e já se tornou uma realidade para a Geografia há algum tempo, assim como já se tornou para outras ciências, apesar de o universo pesquisado ser limitado.

Ainda que os periódicos internacionais pesquisados apresentem maior incidência e complexidade no uso de métodos quantitativos, pode-se constatar que esta é uma realidade que começa a se configurar também nos textos nacionais. Ainda que aflore com mais relevância em “ilhas” específicas como o Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial da PUC Minas, pode-se prever que este é um caminho sem volta.

A evolução dos Sistemas de Informação Geográfica e a simplicidade de uso encoraja (ou pelo menos deveria) o geógrafo que trabalha com a Análise Espacial a se aventurar no estudo dos elementos fundamentais da quantificação para que seu trabalho tenha consistência e não fique baseado em configurações padrão dos softwares envolvidos.

Dada a especificidade de lidar com um grande número de variáveis simultaneamente, observa-se que os tópicos de correlação, que busca avaliar se existe relação entre as variáveis e de regressão, que identifica como esta relação ocorre, são relevantes para o trabalho do geógrafo, assim como a estatística multivariada, com destaque para a Análise Fatorial e Análise das Componentes Principais.

A realização desta pesquisa foi particularmente importante para seu autor e para o bolsista envolvido, pois, proporcionou a descoberta e a leitura de excelentes textos e mostrou que a proposta metodológica apresentada na tese de doutorado não apresentava similaridade em textos nacionais, configurando um tema original, algo importante quando se trata de uma tese. Sem dúvida foi formado um banco de textos que merece ser explorado em trabalhos futuros.

Assim, fica mais uma vez o agradecimento à Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais pelo apoio, mediante o Fundo de Apoio à Pesquisa, que disponibilizou recursos, dentre outros, para acesso a dois importantes periódicos internacionais, inacessíveis pelo Portal de Periódicos-CAPES e deu a oportunidade a um aluno da graduação de vivenciar o universo da pesquisa. Tenho certeza de

que ele aproveitou bastante este momento, principalmente em relação à arte de garimpar informações confiáveis e significativas nas bibliotecas e na internet.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, João Francisco de. **Projeto software básico para análise espacial**. Belo Horizonte: UFMG, 1984. 52p.
- ABREU, J.F. *Notas de aula*. 2005. (Doutorado em Tratamento da Informação Espacial) – PUC Minas, Belo Horizonte.
- ABREU, João Francisco de. **Sistemas de informações Geográficas e manufatura integrada por computador; GIS e CIM uma análise exploratória**. In: TERRA, L.D.B (editor). *Manufatura integrada por computador*. Belo Horizonte: Fundação CEFETMINAS, 1995. 249p.
- ASSUNÇÃO, Renato M. **Estatística espacial aplicada**. Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <<http://www.est.ufmg.br/~assuncao/prima.html>>. Acesso em 20 set. 2002.
- BATELLA, Wagner Barbosa; DINIZ, Alexandre Magno Alves. **O uso de técnicas elementares de estatística espacial no estudo da reestruturação espacial da criminalidade violenta no Estado de Minas Gerais: 1996-2003**. Caderno de Geografia. Vol. 16. N. 26. 1º Sem. 2006.
- BUESCU, Mircea. **Métodos quantitativos em História**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. 127p.
- BURTON, Ian. **A revolução quantitativa e a geografia teórica**. Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, 7 (13): 63-84, 1977.
- CAMARA, Gilberto et al. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos campos, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em 15 jul 2002.
- CARVALHO, Paulo Fernando Braga. **Subsistemas e tipologias da migração populacional no Brasil a partir de dados censitários: uma proposta metodológica**. 2009. 168f. Tese (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CHORLEY, Richard J., HAGGET, Peter. **Modelos integrados em Geografia**. Trad. Arnaldo Viriato de Medeiros. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. 221p.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. As características da Nova Geografia. In. CHRISTOFOLETTI, a. (Org.) **Perspectivas da Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1985, 2 cd. Cap. 5, p. 71
- CLARK, D.; DAVIES, W. K. D.; JOHNSTON, R. J. **The application of factor analysis in Human Geography**. *The Statistician*. v. 23, n. 3/4, p. 259-281, September/December 1974. Disponível em: <[http://www.jstor.org/sici?sici=0039-0526\(197409%2F12\)23%3A3%2F4%3C259%3ATAOFAI%3E2.0.CO%3B2-S](http://www.jstor.org/sici?sici=0039-0526(197409%2F12)23%3A3%2F4%3C259%3ATAOFAI%3E2.0.CO%3B2-S)>. Acesso em: 10 jan. 2008.

COLE, John P. **Geografia Quantitativa**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1972. 120p.

COLE, John P., KING, Cuchlaine A.M. **Quantitative Geography; Techniques and Theories in Geography**. 3.ed. London: John Wiley & Sons, 1970. 692p.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE ENSINO SUPERIOR <[www.capes.gov.br](http://www.capes.gov.br)> Acesso em 27 ago. 2007

DRUCK, S. *et al.* **Análise especial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em: 23 mar 2006.

FABRIKANT, Sara Irina. Visualizing region and scale in information spaces. In: **International Cartographic Conference**, 20, 2001, Beijing, China. Proceedings... Beijing: 6-10 August, 2001, p. 2522-2529. Disponível em: <[http://geog.ucsb.edu/~sara/html/research/pubs/fabrikant\\_ica01.pdf](http://geog.ucsb.edu/~sara/html/research/pubs/fabrikant_ica01.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2008.

FERREIRA, Conceição Coelho, SIMÕES, Natércia Neves. **Tratamento Estatístico e gráfico em Geografia**. Lisboa: Gradiva, 1987. 151p.

FELGUEIRAS, Carlos Alberto. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em Sistemas de Informação Geográfica: O Paradigma Geoestatístico por Indicação**. INPE, 1999. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/teses/carlos/>>. Acesso em Julho/2008.

FOTHERINGHAM, A.S.; O'KELLY, M.E. **Spatial interaction models: formulations and applications**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989.

GALVÃO, Marília Velloso; FAISSOL, Speridião. **A revolução quantitativa na geografia e seus reflexos no Brasil**. Revista Brasileira de Geografia. N.4, p.5-22, 1970.

GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira, SILVA, Bárbara-Christine Nentwig Silva. **Quantificação em Geografia**. São Paulo, Difel, 1981. 161p.

GERARDI, Lúcia Helena de Olivera. Memórias, histórias e interpretações da "revolução" Teorético-quantitativa em rio claro. In: **Colóquio Brasileiro de História do Pensamento Geográfico**, 1, Uberlândia, 2008. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/colouquio/textos/Lucia%20Helena%20de%20Oliveira%20Gerardi.pdf>>. Acesso em 26 jun. 2009.

GRIFFITH, Daniel A., AMRHEIN, Carl G. **Multivariate Statistical Analysis for Geographers**. New Jersey: Prentice Hall. 1997, 345p.

HAYNES, Kingsley E.; FOTHERINGHAM, A. Stewart. **Gravity and spatial interaction models**. Beverly Hills: Sage, 1984. p. 5-13.

MASSER, I.; SCHEURWATER, J. **Functional regionalization of spatial interaction**

**data: an evaluation of some suggested strategies.** Environment and Planning A, v.12, p.1357-382,1980.

NORONHA, Valerian T.; GOODCHILD, Michael F. **Modeling interregional interaction: implications for defining functional regions.** Annals of the Association of American Geographers. v. 82, n. 1, p. 86-102, 1992.

O'BRIEN, Larry. **Introducing Quantitative Geography; Measurement, methods and generalised linear models.** London: Routledge, 1992. 356p.

ROCHA, C. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2000.

ROGERSON, Peter. **Statistical methods for geography.** London: Sage, 2001. 236 p.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.**Campinas: UNICAMP, 1999. 236p.

SIMONSEN, Mário Henrique. Prefácio. In: BUESCU, Mircea. **Métodos quantitativos em História.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. 127p.

SLOCUM, t.. **The use of quantitative methods in major geographical journals, 1956-1986.** *Professional Geographer* 42:84-94. 1990

SLOCUM, Terry A. **Methods and Techniques.** *Professional Geographer*, n.24(1), pp.84-94,1990.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; CRISTOFOLETTI, Antônio. **Sistemas de informação geográfica: (dicionário ilustrado).** São Paulo: Hucitec, 1997. 244p.

**Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro: IBGE.

**The Professional Geographer.** Washington: Association of American Geographers.

**Caderno de Geografia.** Belo Horizonte: PUC Minas.

**Geografia.** Rio Claro: AGETEO.

**Annals of the Association of American Geographers.** Washington: Association of American Geographers.