

O PROBLEMA DA UNIDADE DE ÁREA MODIFICÁVEL NA ANÁLISE DAS MIGRAÇÕES INTERNAS BRASILEIRAS

Rodrigo Coelho de Carvalho

Carlos Lobo

Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

Por constituir uma fonte de vieses e erros potenciais, o Problema da Unidade de Área Modificável (MAUP) é um grande desafio para todos aqueles que trabalham com dados espaciais em geral e, mais especificamente, para estudiosos da migração. O objetivo desse artigo é discutir e mensurar os efeitos de escala e zoneamento na análise de indicadores de migração, considerando as dimensões intensidade, impacto, conectividade e distância em diferentes escalas e recortes espaciais. Além dos efeitos relativos ao uso de indicadores em diferentes níveis de agregação espacial (limites político-administrativos oficiais), foram utilizadas funções de agregação e modelagem espacial do software IMAGE Studio. Os resultados revelaram fortes efeitos de escala e zoneamento, incluindo variações significativas em indicadores relativos a níveis de agregação correspondentes.

Palavras-chave: MAUP; IMAGE Studio; efeito de escala; efeito de zoneamento; indicadores de migração.

ABSTRACT

As a source of potential biases and errors, the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) poses a major challenge for all those working with spatial data in general, and more specifically, for migration scholars. The purpose of this article is to discuss and measure the scale and zonation effects in the analysis of migration indicators, considering the dimensions of intensity, impact, connectivity and distance at different scales and spatial configurations. In addition to the effects related to the use of indicators at different levels of spatial aggregation (official political-administrative boundaries), aggregation and spatial modeling functions of the IMAGE Studio software were used. The results revealed strong scale and zonation effects, including significant variations in indicators regarding corresponding aggregation levels.

Key words: MAUP; IMAGE Studio; scale effect; zoning effect; migration indicators.

INTRODUÇÃO

O Problema da Unidade Areal Modificável (*Modifiable Areal Unit Problem*) ou simplesmente MAUP (OPENSHAW, 1984) consiste em um dos maiores desafios para pesquisadores que trabalham com dados espaciais, pois constitui uma fonte de erros potenciais. Isso se deve ao viés estatístico produzido pela forma como as áreas de estudo são delimitadas e pelo modo como os dados espaciais são agregados. Embora seja um problema amplamente conhecido, a discussão de suas implicações nos estudos migratórios é praticamente inexistente no Brasil. Considerando a nova divisão territorial brasileira proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2017 (IBGE, 2017) e a expectativa de divulgação dos dados do Censo Demográfico de

2022, uma análise dos efeitos do MAUP e das implicações da escolha da unidade espacial se faz necessária. Pesquisas sobre migração são realizadas em diferentes níveis de agregação espacial e as tendências observadas em um nível não necessariamente são observadas em outros, o que compromete a comparabilidade. O presente artigo visa contribuir nesse sentido.

O MAUP evidencia as incertezas e limitações inerentes à escolha da escala espacial de análise. Surge sempre que limites artificiais são impostos e utilizados para descrever fenômenos geográficos contínuos (como a distribuição e movimentação da população no espaço), gerando padrões espaciais artificiais que podem levantar dúvidas sobre a validade e a confiabilidade da análise (Heywood, 1998). Os efeitos do MAUP podem impactar a forma como se entende determinado problema, com profundas implicações em estudos acadêmicos e processos de tomadas de decisão no setor público e privado, pois indicadores sociais agregados em áreas são amplamente utilizados para fins de planejamento e gestão.

Dada a falta de soluções práticas para lidar com os efeitos aleatórios do MAUP, uma estratégia é realizar análises em múltiplas zonas ou escalas (Oliver, 2001). Assim, o objetivo desse artigo é descrever e avaliar indicadores-chave das migrações internas brasileiras, considerando diferentes dimensões (Bell *et al.*, 2002), escalas e recortes espaciais para discutir os efeitos de escala e zoneamento do MAUP. Além da análise de indicadores em diferentes níveis de agregação espacial (limites político-administrativos oficiais), foram exploradas variações nos valores relativos a agregações espaciais aleatórias de microrregiões, construídas a partir das funções de agregação e modelagem espacial do *software* IMAGE Studio. Especial ênfase será dada nos efeitos relativos ao uso das divisões regionais propostas pelo IBGE em 1990¹ e 2017, ou seja, ao uso de microrregiões geográficas e regiões geográficas imediatas e de mesorregiões geográficas e regiões geográficas intermediárias. Embora os níveis de agregação espacial dessas diferentes regionalizações sejam correspondentes, por possuírem limites distintos, os valores dos indicadores relativos a cada uma estão sujeitos aos efeitos do MAUP.

Esse artigo está dividido em quatro seções, além dessa introdução. Na seção seguinte, são discutidos alguns trabalhos que abordam explicitamente os efeitos do MAUP em análises espaciais, sobretudo em análises migratórias. Na seção “Materiais e Métodos” são apresentadas as fontes de dados, as unidades espaciais de análise consideradas e os indicadores usados para representar diferentes dimensões da migração em múltiplas escalas e recortes geográficos. A seção “Resultados e Discussão” consiste em uma análise multiescalar e multidimensional de métricas relativas às migrações internas no Brasil e uma discussão da magnitude dos efeitos de escala e zoneamento do MAUP nesses indicadores. Por fim, nas considerações finais, são discutidas as limitações deste estudo e possibilidades futuras de pesquisas.

REVISÃO DA LITERATURA

O MAUP consiste em uma fonte de vieses estatísticos inerente à análise de dados espaciais agregados em zonas geográficas. Análises quantitativas da migração necessariamente implicam o

¹ A Resolução PR n. 51, de 31 de julho de 1989, da Presidência do IBGE, institucionalizou a divisão regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas e definiu sua adoção a partir de 1º de janeiro de 1990 pelo Sistema Estatístico Nacional.

uso de estatísticas espaciais, que são condicionadas pelo *número de unidades* e pela *forma* que um determinado espaço é dividido - respectivamente, os efeitos de escala e zoneamento do MAUP (Openshaw, 1984). O primeiro refere-se à variação nos resultados obtida quando os dados para um conjunto de unidades espaciais são progressivamente agregados ou desagregados em zonas de diferentes tamanhos. O segundo refere-se à variação nos resultados obtida a partir das diferentes formas de se subdividir o mesmo espaço. Isso significa que a forma como os dados são agregados espacialmente pode levar a resultados muito diferentes ou mesmo inconsistentes.

Existe uma vasta literatura concernente ao MAUP e seus efeitos. O clássico livro “Como mentir com mapas”, de Mark Monmonier (1996), por exemplo, aponta alguns cuidados fundamentais na elaboração e interpretação de mapas e em análises espaciais. Um dos exemplos fornecidos pelo autor mostra como diferentes agregações de cidades em condados nos Estados Unidos são capazes de gerar padrões espaciais muito distintos relacionados a variáveis como o número de televisões, domicílios e televisões por domicílios. Em outro exemplo, o autor demonstra como uma simples agregação pode produzir a mesma configuração espacial no nível dos condados a partir de padrões muito diferentes das mesmas variáveis no nível de cidades, indicando o risco de considerarmos as unidades espaciais como superfícies homogêneas, mesmo no nível intraurbano (Monmonier, p.140-142, 1996).

Os alertas feitos por Monmonier são importantes, pois os efeitos do MAUP podem ocorrer por acaso ou intencionalmente. Um dos exemplos mais lembrados e estudados de manipulação do efeito de zoneamento do MAUP é o “*gerrymandering*” (Johnston, 2002), termo referente à manipulação do desenho de distritos eleitorais com o intuito de obter vantagens políticas. Países como Estados Unidos e Reino Unido são susceptíveis a esse tipo de manipulação, pois neles os votos são agregados em distritos eleitorais. Essa estratégia pode ser operacionalizada por meio da “diluição” do poder de voto do partido adversário em vários distritos (“*cracking*”) ou pela concentração desse poder de voto em um distrito, para reduzi-lo em outros (“*packing*”).

Briant *et al.* (2010) fornecem diferentes exemplos dos efeitos do MAUP no campo da geografia econômica, mostrando a magnitude das distorções induzidas pela escolha de diferentes divisões territoriais na França, no que diz respeito à forma e tamanho das unidades espaciais. Entre outros exemplos, os autores mostram como a desigualdade no território francês, avaliada através do Índice de Gini, parece se diluir proporcionalmente à medida que se aumenta do tamanho das unidades espaciais, pois a variabilidade dos dados aumenta de acordo com o nível de desagregação espacial – um claro efeito de escala do MAUP.

Por fim, a relação entre variáveis também pode ser diferente para zonas de tamanhos diversos, mesmo tratando-se da mesma área geográfica. Não obstante, resultados de correlações e regressões também variam em função de diferentes formas de agregação, utilizando os mesmos dados na mesma escala (Green e Flowerdew, 1996). Por exemplo, uma relação entre duas variáveis X e Y pode ser verificada em determinadas áreas que, quando agregadas, passam a não mostrar mais essa relação².

No que diz respeito especificamente às migrações, surgiram diversos estudos nas últimas décadas abordando de forma explícita os efeitos do MAUP em diferentes países e regiões, como,

² Para mais exemplos dos efeitos de escala e zoneamento do MAUP, ver a segunda parte do livro de Tate e Nicholas (2001).

por exemplo, Kam-Young (2011), Wilk (2015) e Maclaurin (2015). Entre os estudos existentes, vale destacar os esforços dos pesquisadores do IMAGE Project (“*Internal Migration Around the Globe*”)³. Esse projeto envolveu pesquisadores de diferentes instituições e foi criado para comparar e investigar a variação da migração interna entre países, resultando em diversas publicações em periódicos renomados (Bell *et al.* 2020; Charles-Edwards *et al.*, 2019; Rees *et al.*, 2017; Bernard *et al.*, 2017; Bell *et al.* 2015 entre outras). No âmbito desse projeto, foi desenvolvido o software IMAGE Studio, projetado para calcular indicadores globais e locais e abordar os efeitos do MAUP em análises espaciais concernentes às migrações (mais informações na seção “Materiais e Métodos”). Embora diversas publicações de diferentes campos de estudo abordem explicitamente a questão do MAUP, não foram encontrados trabalhos relacionados às migrações brasileiras sob esse prisma. Considerando que seus efeitos têm implicações diretas em análises migratórias, estudos relativos a esse tópico podem contribuir para a comparabilidade entre resultados de pesquisas realizadas em diferentes escalas e uma interpretação correta da dinâmica migratória no país.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados

Estudos quantitativos da migração são fortemente dependentes de dados censitários. Enquanto nascimentos e óbitos são rotineiramente registrados pelo registro civil, a maioria dos países não possui registros contínuos (registros de população ou outros registros administrativos) que permitam mensurar migrações. Além disso, dificilmente pesquisas amostrais, como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD Contínua, mesmo que de larga escala, apresentam uma representação geográfica adequada para estimar com precisão volumes migratórios, abrangendo várias áreas dentro da mesma região, devido à tendência de *clusterização* dos fluxos em alguns locais no destino. Todavia, vale ressaltar que, como os quesitos de migração interna constam apenas no questionário da amostra dos censos, isso requer cautela em algumas análises.

Os censos demográficos brasileiros possuem diferentes quesitos sobre migração, que foram alterados nas sucessivas edições. Neste trabalho, foi utilizado o quesito de “data fixa”, incorporado desde 1991, permitindo identificar o município e Unidade da Federação (UF) de residência em uma data fixa exatamente cinco anos anterior à data de referência de cada censo, possibilitando a reconstituição da população no meio do período intercensitário e a elaboração de estimativas de saldos migratórios. Segundo esse quesito, migrante é todo indivíduo que residia em localidade diferente daquela em que foi recenseado cinco anos antes da data de referência do censo, contabilizando-se apenas os sobreviventes e os que não reemigraram. Por conter, sozinho, uma dimensão temporal e uma espacial e devido à sua simplicidade e especificidade, o quesito de data fixa muitas vezes é considerado o mais útil. Como até a presente data os dados referentes aos quesitos de migração do Censo Demográfico de 2022 ainda não foram divulgados no site do IBGE, as análises

³ Projeto financiado pelo Conselho Australiano de Pesquisa e coordenado pelo Queensland Centre for Population Research (QCPR) da Universidade de Queensland (Austrália).

foram baseadas nos resultados do Censo Demográfico de 2010, mas, para fins comparativos, algumas análises também utilizaram dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000.

Unidades espaciais de análise

Em 2010, o território brasileiro era dividido em 5.565 municípios, 558 microrregiões, 137 mesorregiões, 27 Unidades da Federação – UF (vinte e seis estados e o Distrito Federal) e cinco macrorregiões (IBGE, 2010a). Embora os municípios sejam o limite político-administrativo mais desagregado dos dados censitários de migração, existem razões empíricas e teóricas para a utilização de outras unidades espaciais de análise. A crescente interdependência entre municípios, refletida na criação de diversas regiões metropolitanas e na expansão e conurbação de zonas urbanas nas últimas décadas, frequentemente torna os limites municipais praticamente sem sentido além da esfera político-administrativa.

Além disso, como os quesitos de migração constam apenas no questionário amostral, a captação dos emigrantes de municípios de pequeno porte populacional requer especial cuidado na análise, sobretudo quando desagregações são necessárias, pois esses emigrantes deverão ser captados em todo o território nacional. Por outro lado, os limites das microrregiões geográficas foram baseados em propriedades funcionais dos espaços, concebidos de forma a assegurar algum grau de coerência interna em termos socioeconômicos e geohistóricos, possuindo dimensões mais apropriadas para o estudo das migrações em escala nacional. Na hierarquia de divisões territoriais definida pelo IBGE em 1990, as microrregiões localizam-se logo acima dos municípios e logo abaixo das mesorregiões, sendo estas definidas como

(...) conjuntos de municípios contíguos, pertencentes à mesma Unidade da Federação, que apresentam uma identidade regional originada a partir de formas de organização do espaço geográfico definidas pelas dimensões socioeconômica, natural e histórica, assim como pela rede de comunicação e de lugares que configuram uma articulação espacial" (IBGE, p. 298, 2013).

A delimitação das microrregiões, além de levar em conta as dimensões consideradas para a criação das mesorregiões, considera "(...) as relações em nível local, por meio da possibilidade de atendimento das demandas de suas populações pelos setores sociais básicos e pelos mercados atacadista e varejista" (IBGE, p. 299, 2013).

Após quase trinta anos de vigência, em 2017 o IBGE apresentou a publicação "Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017" (IBGE, 2017), na qual apresentou a definição de um novo quadro regional, incorporando as mudanças econômicas, demográficas, políticas e ambientais ocorridas no território brasileiro ocorridas desde a última versão (IBGE, 1990). Assim, as mesorregiões (138 unidades) foram substituídas pelas regiões geográficas intermediárias (133) e as microrregiões (558), por sua vez, foram substituídas pelas regiões geográficas imediatas – RGI (510). É importante ressaltar que não se trata meramente de uma mudança de nomenclatura, mas de uma nova regionalização, como mostra a Figura 1 (A e B). Em termos teórico-metodológicos, o elemento central da proposta foi a rede urbana brasileira e a infraestrutura que interliga essa rede, a base para a construção de um modelo de divisão regional no qual as unidades espaciais tivessem coerência interna, algum grau de

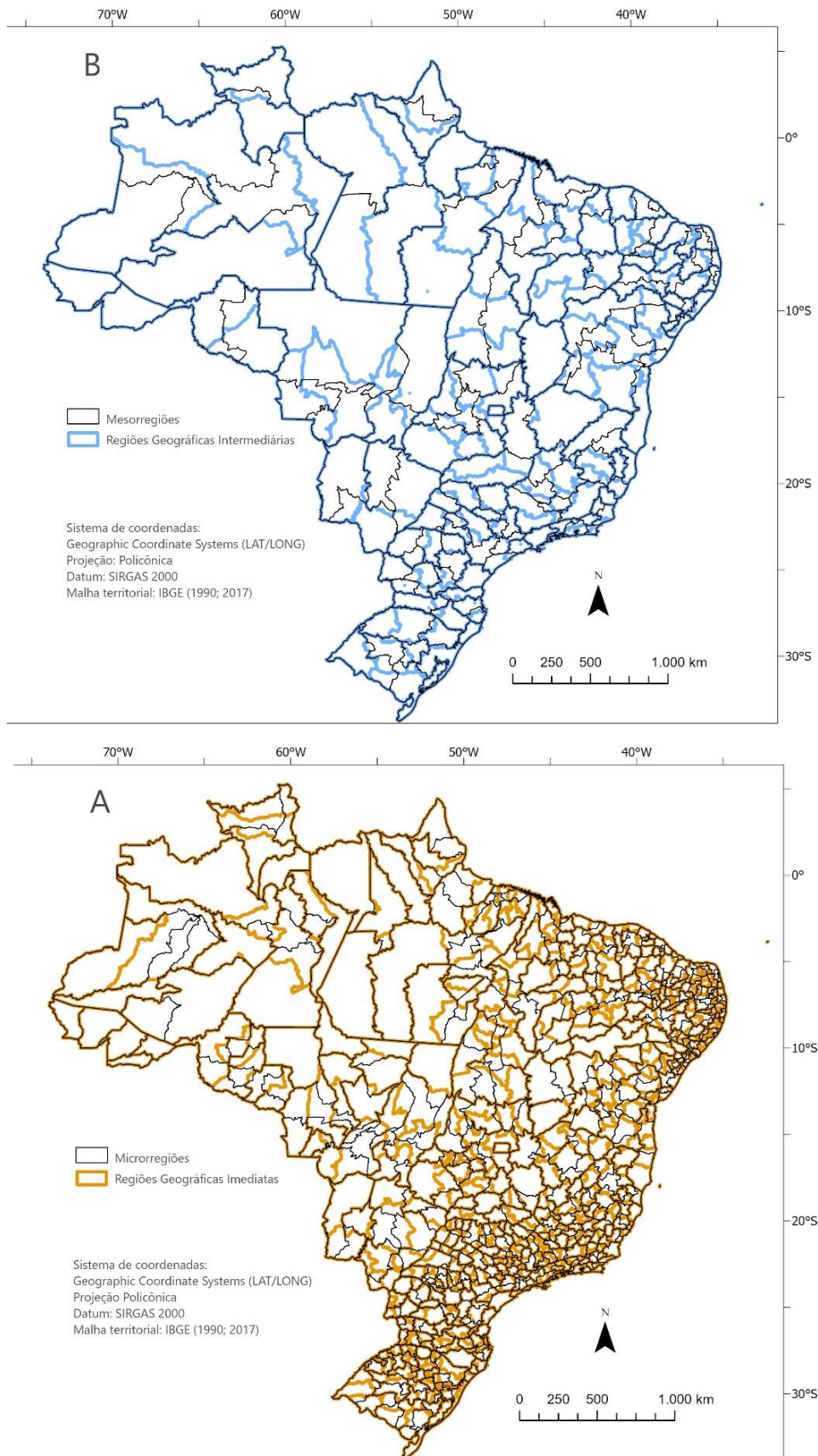


Figura 1 – Sobreposição dos limites das microrregiões geográficas e regiões geográficas imediatas e das mesorregiões geográficas e regiões geográficas intermediárias. Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (1990, 2017).

permanência de seus atributos constitutivos e que ao mesmo tempo refletissem suas relações externas “em direção a um mundo que se articula e se transforma por meios de diversas redes” (IBGE, p. 10, 2017). Assim, as regiões geográficas imediatas foram estruturadas a partir de centros urbanos próximos voltados para a satisfação de necessidades imediatas das populações e as regiões geográficas intermediárias foram estruturadas, preferencialmente, com a inclusão de metrópoles ou capitais regionais, servindo como uma escala intermediária entre as Unidades da Federação e as regiões geográficas imediatas.

Embora necessária, essa atualização dos recortes regionais para fins de divulgação de informações geográficas e estatísticas pelo IBGE implica na “quebra” da consistência da divisão regional do Brasil desde 1990. Idealmente, pesquisas contemporâneas que utilizam dados espaciais deveriam incorporar essa nova divisão regional. Todavia, no caso de análises temporais, a comparação direta de dados referentes às duas regionalizações não é recomendável devido ao efeito de zoneamento do MAUP, mesmo considerando a correspondência dos níveis de agregação. Além disso, como o número de unidades espaciais não é exatamente o mesmo, essas análises também ficam sujeitas, em maior ou menor medida, ao efeito de escala. Para realizar comparações ao longo do tempo, é necessário agregar devidamente os municípios para construir unidades espaciais correspondentes a uma única divisão regional, o que tem implicações nos resultados. Na próxima seção, a magnitude das diferenças entre as duas divisões regionais será explorada, considerando diferentes dimensões da migração.

Além dos limites político-administrativos e divisões regionais oficiais do IBGE, também serão exploradas métricas relativas a agregações aleatórias de microrregiões geradas pelo *software* IMAGE Studio (Daras, 2014), a fim de discutir como os efeitos de zoneamento e escala podem afetar as análises das migrações no Brasil. As funções de agregação e modelagem do IMAGE Studio foram desenvolvidas com o intuito deliberado de enfrentar o desafio do MAUP nas análises migratórias (Stillwell *et al.*, 2014). Mais especificamente, essa ferramenta foi concebida originalmente para abordar questões metodológicas importantes relacionadas a comparações internacionais de migrações internas (Stillwell *et al.*, 2014; Daras, 2014). Contudo, também pode ser utilizada para fazer análises migratórias em nível subnacional, por exemplo, para comparar padrões entre regiões ou séries temporais considerando o mesmo país. O *software* possibilita a exploração de limites espaciais flexíveis e aborda os efeitos de zoneamento e escala do MAUP em medidas de migração, o que pode ser útil para entender o grau de condicionamento das análises em função das unidades espaciais escolhidas⁴.

Os algoritmos de agregação do IMAGE Studio permitem o agrupamento de Unidades Espaciais Básicas (BSU) de forma gradual, criando séries de configurações espaciais aleatórias chamadas Regiões Espaciais Agregadas (ASR). Por meio de um processo iterativo, ASR de tamanhos e formas variadas são criadas e, para cada uma, um conjunto de métricas é computado para explorar como os indicadores de migração mudam de acordo com a escala e a maneira como o espaço é dividido. Um valor médio desses indicadores é calculado para cada nível, sendo que as diferenças mostram o efeito de escala do MAUP, enquanto a variação em torno da média em cada escala revela o efeito de zoneamento (Rees *et al.*, 2016). No caso deste estudo, microrregiões foram

⁴ A mesma estratégia foi adotada em Stillwell *et al.* (2016) e Rees (2016).

escolhidas como BSUs por serem o recorte mais desagregado entre os considerados neste estudo⁵. Um total de 15 escalas foram geradas usando o algoritmo IRA-Wave, começando com 20 BSUs e terminando com 552, em passos incrementais de 38 BSUs (scale step). Em cada escala, foram feitas 100 iterações, totalizando 1500 iterações.

Indicadores

Para quantificar os efeitos de escala e zoneamento decorrentes da escolha de divisões regionais distintas, serão utilizadas diferentes métricas de migração. Além da mera quantificação do volume de migrantes ou intensidade das migrações, também serão abordadas outras dimensões passíveis de mensuração. Com o intuito de sistematizar os vários indicadores existentes, Bell *et al.* (2002) definiram quatro dimensões básicas da migração: *intensidade* (relativa ao nível geral ou incidência de migrações, incluindo desagregações por sexo, idade e outros atributos), *impacto* (em termos da “eficácia” das migrações do ponto de vista da mudança quantitativa na redistribuição populacional), *distância* (referente às distâncias percorridas pelos migrantes) e *conectividade* (referente ao grau de interação ou ligação entre espaços em função dos fluxos migratórios). Embora o uso de diferentes métricas referentes às mesmas dimensões seja justificável, pelo fato de indicadores servirem a diferentes propósitos e possuírem vantagens e limitações distintas, para limitar o escopo deste trabalho, será utilizado apenas um indicador representativo de cada dimensão.

Um dos indicadores frequentemente utilizado para análise da dimensão “intensidade” é o saldo migratório (“migração líquida”), ou seja, a diferença entre o volume de imigrantes e emigrantes em uma unidade espacial em um período determinado. O saldo migratório reflete a contribuição das migrações ao estoque populacional do final do período, descontados os efeitos da mortalidade e reemigração. Todavia, considerando o Brasil como um todo, assume-se que a soma dos saldos migratórios é equivalente ao saldo migratório internacional. Em outras palavras: caso se tratasse de um sistema fechado, a soma das entradas e saídas de todas as regiões seria igual a zero ou equivalente ao nível pressuposto/assumido das migrações internacionais (esse é o fundamento da estimativa indireta, “por resíduo”, das migrações internacionais). Por esse motivo, a dimensão “intensidade” foi representada pela Intensidade Bruta da Migração (IBM), que expressa o número total de migrantes internos (M) em um determinado período como uma porcentagem da população em risco (P), de modo que $IBM = 100M/P$ (Bell e Muhidin, 2009).

O saldo migratório é um resultado líquido, englobando os efeitos da imigração (positivos) e da emigração (negativos), ou seja, um saldo nulo ou pequeno não significa ausência ou pequena intensidade dos fluxos migratórios, pois os números de emigrantes e imigrantes podem ser volumosos, porém semelhantes. Por esse motivo, trata-se de uma medida limitada, uma vez que um saldo migratório nulo ou quase nulo pode indicar tanto um isolamento relativo, com poucas entradas e saídas de migrantes, quanto uma situação de alta rotatividade, onde constantemente entram novos migrantes, enquanto os mais antigos saem (ROGERS, 1990). Nesse sentido, o Índice de Eficácia Migratória (IEM) pode servir como uma medida de desambiguação.

⁵ O uso de microrregiões como BSU para as Regiões Espaciais Agregadas (ASR) no IMAGE Studio também se justifica por razões operacionais. Por se tratar de um processo iterativo, o uso de 5.565 municípios demandaria um grau de processamento computacional proibitivo.

O IEM é o principal indicador da dimensão “impacto”, tendo o saldo migratório em seu numerador e, no denominador, a soma dos imigrantes e emigrantes. Assim, o IEM mede a relação entre a migração líquida e a migração bruta, fornecendo uma indicação da importância da migração líquida na redistribuição da população, mostrando o quanto as migrações internas são “efetivas” do ponto de vista da mudança quantitativa (Stillwell *et al.*, 2014). Os valores do IEM variam de -1 a 1: quanto mais próximo de 1, maior é a capacidade de retenção migratória e quanto mais próximo de -1, maior é o potencial de evasão de migrantes. Quando os valores são próximos a zero, isso é indicativo de rotatividade, ou seja, que as migrações não estão sendo eficazes do ponto de vista da redistribuição populacional. Esse pode ser o caso mesmo quando há muita migração, pois, um volume muito grande e similar de imigrantes e emigrantes vai levar a um baixo saldo migratório e, conseqüentemente, a um baixo IEM. Em outras palavras, valores próximos a zero indicam que os fluxos e contrafluxos são mais equilibrados e valores distantes de zero sugerem que a migração é um mecanismo eficiente de redistribuição populacional (Bell *et al.*, 2002). Posto que neste trabalho são consideradas as migrações internas do Brasil como um todo, o IEM calculado representa a soma dos valores absolutos da migração líquida em todas as unidades espaciais dividida pelo dobro do total de migrantes, pois tratando-se de um “sistema fechado”, os migrantes são contados duas vezes, ou seja, os migrantes que entram em um local são migrantes que saem de outro (Stillwell *et al.*, 2014).

Embora a dimensão “distância” seja de fácil compreensão, há uma grande dificuldade de mensuração, devido à possibilidade de utilização de diferentes trajetos, meios de transporte e tempos de deslocamento. A carência de informações com um nível de detalhamento adequado obriga pesquisadores a usar proxies das distâncias migradas. Uma abordagem comum é a medição das distâncias euclidianas entre os centroides geográficos dos locais de origem e destino, abordagem utilizada neste trabalho. Contudo, há uma grande variabilidade nas formas e tamanhos das áreas, mesmo quando se considera o mesmo nível de análise, o que cria um forte viés nas distâncias migradas registradas. No caso do Brasil, unidades espaciais nas regiões Norte e Centro-Oeste, as menos populosas e menos povoadas do país, tendem a possuir áreas muito superiores comparativamente às demais regiões, com implicações diretas na análise dessa dimensão. O município de Altamira - PA, por exemplo, tem uma área superior a dez estados brasileiros, além do Distrito Federal. Feitas essas ressalvas, serão utilizadas as distâncias euclidianas média e mediana entre os centroides dos locais de origem e destino para representar essa dimensão.

A dimensão “conectividade”, possivelmente a mais negligenciada (Bell *et al.*, 2002), pode ser mensurada de diferentes formas⁶. Uma das medidas mais comuns é o índice de conectividade⁷, que consiste na proporção de ligações entre pares de unidades espaciais formados por fluxos migratórios em relação ao número total de ligações em potencial. Assim, é calculado pela divisão do número de fluxos existentes pela dimensão geral da matriz de origem e destino (Bell *et al.*, 2002). Embora útil, o índice de conectividade também pode ser uma medida problemática, pois ignora a magnitude dos fluxos entre unidades espaciais.

⁶ Métodos e métricas de Análise de Redes Sociais podem indicar a força dos vínculos entre espaços, padrões de conexões e o papel das unidades espaciais dentro do sistema migratório.

⁷ Conhecido simplesmente como “densidade” na Análise de Redes Sociais tradicional. É importante ressaltar que outras métricas e técnicas utilizadas em Análise de Redes podem ser utilizadas para analisar a conectividade migratória, indicando, por exemplo, a força dos vínculos entre unidades espaciais e padrões de conexões (Carvalho, 2017; Braga, 2011; Braga e Fazito, 2010; Soares, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 permite observar um conjunto de indicadores multidimensionais relativos às migrações internas no Brasil em múltiplas escalas e divisões regionais. Devido às limitações referentes aos dados municipais mencionadas na seção anterior e às significativas mudanças nos limites dos municípios (número e forma) nos últimos trinta anos em função de emancipações⁸, apenas algumas medidas básicas de intensidade e impacto foram computadas nesse nível, o mais desagregado para dados censitários sobre migrações internas. A seguir, cada dimensão será analisada separadamente.

No que diz respeito à estimação da *intensidade*, um *efeito de escala* se evidencia em todas as análises migratórias multiescalares: quanto maior o número de unidades espaciais, maior é a intensidade aparente da migração (Rees *et al.*, 2016). Dessa forma, sempre haverá mais migrantes intermunicipais do que migrantes interestaduais (por exemplo), afinal, todos os migrantes interestaduais também são intermunicipais, sendo que o contrário não é verdadeiro. Esse efeito é facilmente visível no total de migrantes e na intensidade bruta da migração, já que o número de migrantes captados aumenta de acordo com o nível de desagregação espacial, como mostram os dados da Tabela 1. Por exemplo, enquanto o número de migrantes interestaduais no período 2005-2010 não chega a seis milhões (5.752.566), o número de migrantes intermunicipais ultrapassa 14 milhões (14.420.587). Mesmo em níveis de agregação similares, como no caso das mesorregiões e regiões geográficas intermediárias, nota-se um efeito de escala: embora o recorte mesorregional tenha apenas quatro unidades a mais, um volume 3,6% maior de migrantes foi captado.

De forma mais ampla, como nenhuma das divisões regionais apresentadas possui *exatamente* o mesmo número de unidades espaciais, as diferenças observadas entre os indicadores sempre estarão sujeitas, em alguma medida, ao efeito de escala. Esse é o caso das medidas de tendência central (fluxos migratórios médios e medianos), que indicam que o volume de pessoas trocadas entre microrregiões e entre regiões geográficas imediatas tende a ser pequeno, apesar da grande variabilidade dos dados, com fluxos que vão de zero até dezenas de milhares de migrantes (Tabela 1). Além disso, as consideráveis diferenças entre os fluxos migratórios médios e medianos também indicam uma distribuição altamente desigual. Em relação à proporção de migrantes dentro da mesma unidade espacial⁹, nota-se uma porcentagem maior nas unidades correspondentes à divisão regional de 2017, o que sugere um maior grau de coerência interna na regionalização atualizada do IBGE (Tabela 1). Todavia, essa diferença, também pode ser decorrente de um efeito residual de escala.

⁸ Limites municipais também podem ser alterados por litígios ou fusões. No primeiro caso, não há como estimar o impacto dessas mudanças devido à carência de dados de migração no nível intramunicipal, mas considerou-se que é negligenciável, dado que essas alterações tendem a ser sutis em termos da área total dos municípios. No segundo caso, não ocorreram fusões de municípios no Brasil nos últimos trinta anos.

⁹ Migrantes intermunicipais representados pela diagonal da matriz de origem e destino.

	UF	Mesorregiões	R. G. Intermediárias	Microrregiões	R. G. Imediatas	Municípios
Número de unidades espaciais	27	137	133	558	510	5.565
Intensidade						
Total de Migrantes	5.752.566	7.932.281	7.648.197	9.925.123	9.315.678	14.420.587
Fluxo Migratório Médio	6.615	426	436	32	36 -	
Fluxo Migratório Mediano	1.327	33	36	0	0 -	
Fluxo Migratório Máximo	215.005	70.673	108.107	64.133	62.687 -	
Intensidade Bruta de Migração (%)	2,43	4,16	4,01	5,20	4,88	15,73
Migrantes dentro da unidade espacial	8.675.011	9.347.934	9.632.054	7.355.086	7.964.576 -	
Migrantes dentro da unidade espacial (%)	65,13	54,10	55,74	42,56	46,09 -	
Impacto						
Índice de Eficácia Migratória (Escala de 0 a 100)	18,81	18,75	18,43	20,83	19,08	22,87
Distância						
Distância Migratória Média (km)	892,42	577,40	704,60	468,66	584,33 -	
Distância Migratória Mediana (km)	762,12	330,74	385,72	217,92	278,00 -	
Conectividade						
Índice de Conectividade (%)	1,00	0,73	0,75	0,22	0,24 -	

Tabela 1 – Indicadores de migração interna no Brasil (data-fixa) em múltiplas escalas e divisões regionais, 2005-2010. Fonte: Elaboração própria a partir do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010b).

O efeito de zoneamento nos indicadores de intensidade se reflete nas diferenças entre as divisões regionais brasileiras de 1990 (micros e mesorregiões) e 2017 (regiões geográficas imediatas e intermediárias). Embora sejam correspondentes em termos do nível de agregação, a forma como os municípios foram agrupados difere nessas regionalizações e, portanto, as estatísticas espaciais referentes a essas unidades não são diretamente comparáveis.

A Figura 2, construída a partir de agregações espaciais aleatórias de microrregiões (ASR), mostra de forma ainda mais clara os efeitos de escala e zoneamento do MAUP no indicador “intensidade bruta da migração”. O gráfico apresenta uma tendência logarítmica de crescimento no volume relativo de migrantes de acordo com o número de unidades espaciais. A diferença é particularmente acentuada nas áreas mais agregadas, de onde a curva se desenvolve em direção a um padrão de crescimento menos abrupto. Enquanto a forma da linha representa o efeito de escala do MAUP, sua espessura representa o efeito de zoneamento.

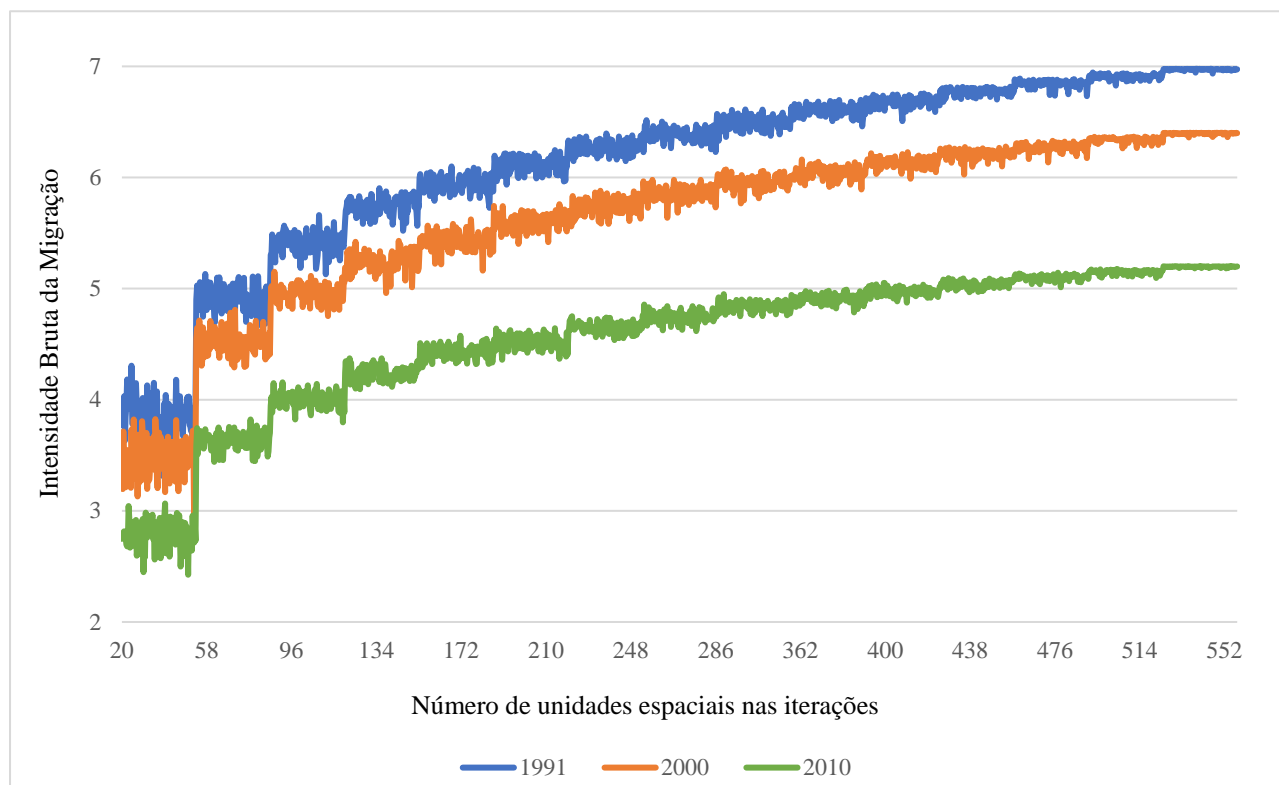


Figura 2 – Intensidade bruta da migração em função do número de unidades espaciais. Fonte: Elaboração própria a partir dos Censo Demográficos de 1991, 2000 e 2010 (IBGE, 1991; 2000; 2010b).

Nota-se que, quanto menor for o número de ASR, maior será a variância, devido ao maior número de possibilidades de agregações de BSU (todas as 1.500 iterações, 100 para cada escala, estão representadas no gráfico, sendo a variância indicada pela espessura das curvas). O deslocamento descendente da curva da intensidade bruta da migração nos censos de 1991, 2000 e 2010 indica uma diminuição relativa no volume de migrações em todas as escalas desde a década de 1980. Essa diminuição relativa, combinada com a diminuição absoluta geral do número de

migrantes, representa uma importante inflexão das tendências históricas e está relacionada a uma conjunção de fatores sociais, econômicos e, sobretudo, demográficos.

O formato da curva tem respaldo na proposta de Courgeau (1973), que derivou matematicamente que, dadas certas condições de homogeneidade, considerando a mesma população, do mesmo país, o número de migrantes entre N unidades espaciais deveria ser proporcional a $\ln(N)$ (Grupo de Foz, 2021). O fator de proporcionalidade entre o número de migrantes entre as N unidades espaciais é chamado “índice k de Courgeau” e pode ser uma alternativa simplificada à estimação da intensidade migratória em diferentes escalas, já que o índice independe da divisão territorial do país (Bell e Muhidin, 2009). Foi originalmente proposto como um meio de comparar a migração entre países com diferentes divisões territoriais, tal que $IBM = k \log n^2$, onde n representa o número de regiões no sistema zonal e k , a inclinação de uma linha de regressão para vários n e IBM , que reflete a intensidade geral da migração em várias escalas espaciais (Bell e Muhidin, 2009). A título de ilustração, o número de migrantes de data-fixa entre os 5.565 municípios existentes no país em 2010 comparados com os migrantes entre as 27 UF deveria ter uma proporcionalidade de $\ln(5565) / \ln(27) = 2,62$. O Censo de 2010 contou 14.420.587 migrantes intermunicipais e 5.752.566 interestaduais, uma proporção de 2,51:1, próxima à estimativa pelo método proposto por Courgeau¹⁰.

Em relação ao impacto das migrações, a Tabela 1 mostra um efeito de escala no IEM, que tende a aumentar conforme o grau de desagregação espacial. Embora o IEM seja uma medida padronizada e as discrepâncias entre os valores não seja alta, de acordo com esse indicador, quanto mais desagregada a unidade espacial, mais desequilibrados tendem a ser os fluxos de entrada e saída. Por esse motivo, o IEM referente aos municípios (22,87) é superior ao das UF (18,81). A comparação dos valores desse indicador entre as diferentes divisões regionais mostra que o efeito de zoneamento no contexto brasileiro é pequeno: as regiões geográficas intermediárias e imediatas apresentaram valores ligeiramente inferiores comparativamente à suas contrapartes da divisão regional de 1990. Assim, como no caso da medida de porcentagem de migrantes dentro da mesma unidade espacial, essa diferença pode ser decorrente da maior coerência interna na regionalização de 2017 ou um efeito residual de escala, já que o número de unidades espaciais na divisão regional mais recente é um pouco menor que a anterior.

A Figura 3 representa o IEM em função do número de unidades espaciais ao longo do tempo. As mudanças nos valores dessas medidas de acordo com o número de BSU representam o efeito de escala do MAUP, enquanto a variação dentro de cada nível de agregação indica o efeito de zoneamento (como na Figura 2). Observa-se que o impacto das migrações aumenta de acordo com o nível de desagregação espacial porque, à medida que o número de unidades espaciais aumenta, mais movimentos de migração de curtas distâncias são capturados, afetando o IBM. No que diz respeito ao efeito de zoneamento, quanto menor o número de ASR maior a variância, devido ao maior potencial de variabilidade nas agregações de BSU.

A evolução do IEM ao longo das últimas décadas indica que a diminuição dos saldos migratórios em todas as escalas causou uma queda acentuada na “eficácia” da migração como mecanismo de redistribuição populacional, apesar da redução relativa da migração bruta, o denominador da fórmula do IEM. Portanto, essas tendências são indicativas de que o ritmo atual de redistribuição

¹⁰ Exemplo extraído de Grupo de Foz (p. 406, 2020). Esses números se referem a todos os indivíduos com idade igual ou superior a 5 anos que declararam residir em uma unidade espacial distinta da que foram recenseados 5 anos antes da data de referência do Censo Demográfico de 2010.

populacional no Brasil é muito mais lento do que no passado. A Figura 3 também permite identificar que o grau de variação na eficácia migratória entre as escalas parece estar diminuindo ao longo do tempo, com um impacto decrescente das migrações em todas as escalas. De acordo com Rees et al. (2016), isso é esperado, uma vez que os processos de redistribuição populacional tendem a ecoar por todo o espectro geográfico, ou seja, quando há um grau significativo de redistribuição populacional em um nível, há uma tendência de alto grau de redistribuição em outros níveis.

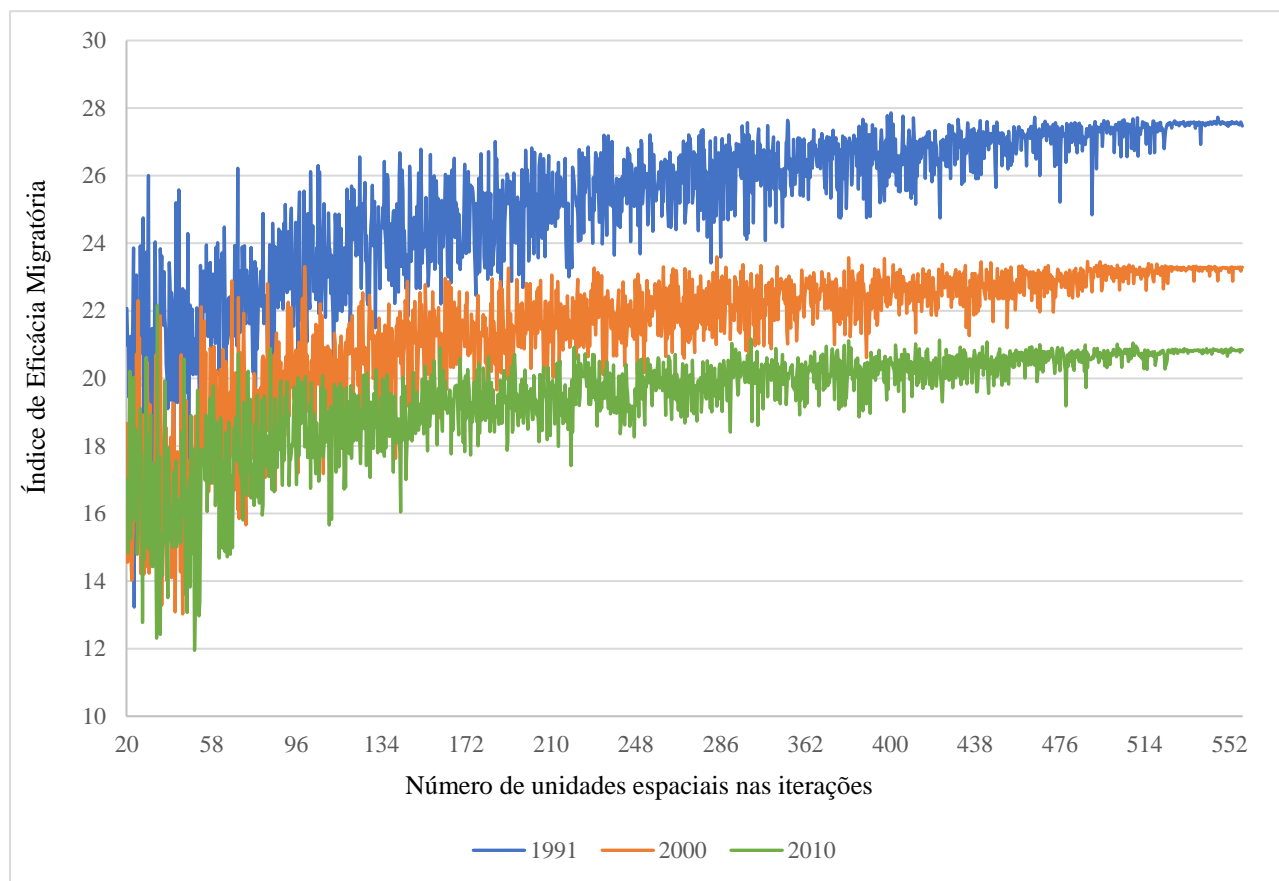


Figura 3 – Índice de eficácia migratória em função do número de unidades espaciais, 1986-1991, 1995-200 e 2000-2010. Fonte: Elaboração própria a partir dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 (IBGE, 1991; 2000; 2010b).

A Tabela 1 também apresentou as distâncias médias e medianas da migração, uma indicação aproximada da distância percorrida pelos migrantes em todo o território nacional, medida em quilômetros. O efeito de escala na análise dessa dimensão é particularmente evidente, já que as distâncias entre os centroides geográficos das unidades de análise aumentam conforme o nível de agregação espacial. Como mencionado anteriormente, essa dimensão é uma das mais desafiantes, dada a grande variabilidade nas formas e tamanhos das áreas, mesmo considerando o mesmo nível de análise, inclusive as significativas diferenças entre as distâncias médias e medianas indicam uma distribuição altamente desigual. Mesmo considerando que medidas de tendência central não fornecem evidências adequadas sobre as distâncias da migração em nível nacional, chama atenção a disparidade dos valores quando comparadas as divisões regionais de 1990 e de 2017, o que indica um forte efeito de zoneamento. Como mostrado nos mapas da Figura 1, a atualização das

divisões regionais intermediárias entre municípios e UF pelo IBGE alterou significativamente os contornos das unidades espaciais, o que se reflete nas diferenças de valores das distâncias médias e medianas da migração.

A Tabela 2, que mostra a intensidade migratória por classes de distância, também indica um efeito de escala. Visto que o número de regiões geográficas imediatas (510) é 8,6% menor que o número de microrregiões (558), as distâncias migradas são maiores nesse nível. A primeira classe de distância, referente às migrações até 100 km de distância, possui quase 3 pontos percentuais a mais de migrantes entre microrregiões em comparação com migrantes entre regiões geográficas imediatas. Todavia, nas classes de maior distância, a diferença é pequena, inferior a 1 ponto percentual.

Distância (km)	Frequência		Percentual (%)	
	Microrregiões	RGI	Microrregiões	RGI
0-100	2.179.190	1.782.476	22,0	19,1
101-200	2.075.241	2.019.585	20,9	21,7
201-300	1.045.898	1.047.856	10,5	11,3
301-400	771.943	801.532	7,8	8,6
401-500	552.779	541.584	5,6	5,8
501-1000	1.273.546	1.159.497	12,8	12,5
1.000+	2.026.345	1.958.432	20,4	21,0
Total	9.924.941	9.310.961	100,0	100,0

Tabela 2 – Intensidades migratórias por classe de distância, microrregiões e regiões geográficas imediatas, 2005-2010. Fonte: Elaboração própria a partir do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010).

Na análise da conectividade migratória, o efeito de escala também é claro: considerando o mesmo país ou região, quanto mais agregadas forem as unidades espaciais, maior será o índice de conectividade da rede devido à maior probabilidade de ligações. A título de ilustração, a probabilidade de todas as 27 UF estarem conectadas por fluxos migratórios é muito maior do que a probabilidade de todos os 5.565 municípios brasileiros existentes em 2010 estarem conectados. Isso é demonstrado nos valores do índice de conectividade apresentados na Tabela 1, que mostram que todas as UF brasileiras estão conectadas em alguma medida por fluxos migratórios. O índice cai bruscamente de acordo com o nível de agregação, chegando a 0,22 e 0,24 no caso das microrregiões e regiões geográficas imediatas, respectivamente. Pode-se supor, dado o elevado número de municípios brasileiros, que a conectividade entre eles é extremamente baixa. No caso dessa dimensão, a diferença entre os valores das divisões regionais de 1990 e de 2017 foi quase nula, na casa dos centésimos, ou seja, nesse caso, o efeito de zoneamento não se mostrou relevante.

A diminuição gradual da conectividade de acordo com o nível de desagregação é coerente com o padrão observado nos recortes geográficos oficiais, como pode ser observado na Figura 4. Conforme previsto, o efeito de zoneamento é mais pronunciado nos níveis mais agregados, devido

ao maior número de configurações espaciais possíveis. O gráfico indica um aumento da conectividade migratória ao longo do tempo e, embora o aumento proporcional de conexões possa parecer pequeno, é importante lembrar que o número relativo de migrantes *diminuiu* no período analisado, conforme mostrado nas análises da intensidade migratória. Isso sugere uma fragmentação dos fluxos migratórios no território brasileiro, o que produz uma rede mais coesa em função do maior número de conexões entre unidades espaciais. Essa constatação está de acordo com a literatura, que aponta uma tendência de fragmentação dos fluxos no Brasil a partir da década de 1980 e o surgimento de novos “espaços de migração”, capazes de atrair e prover migrantes (Baeninger, 2011; Braga e Fazito, 2010; Rigotti, 2008).

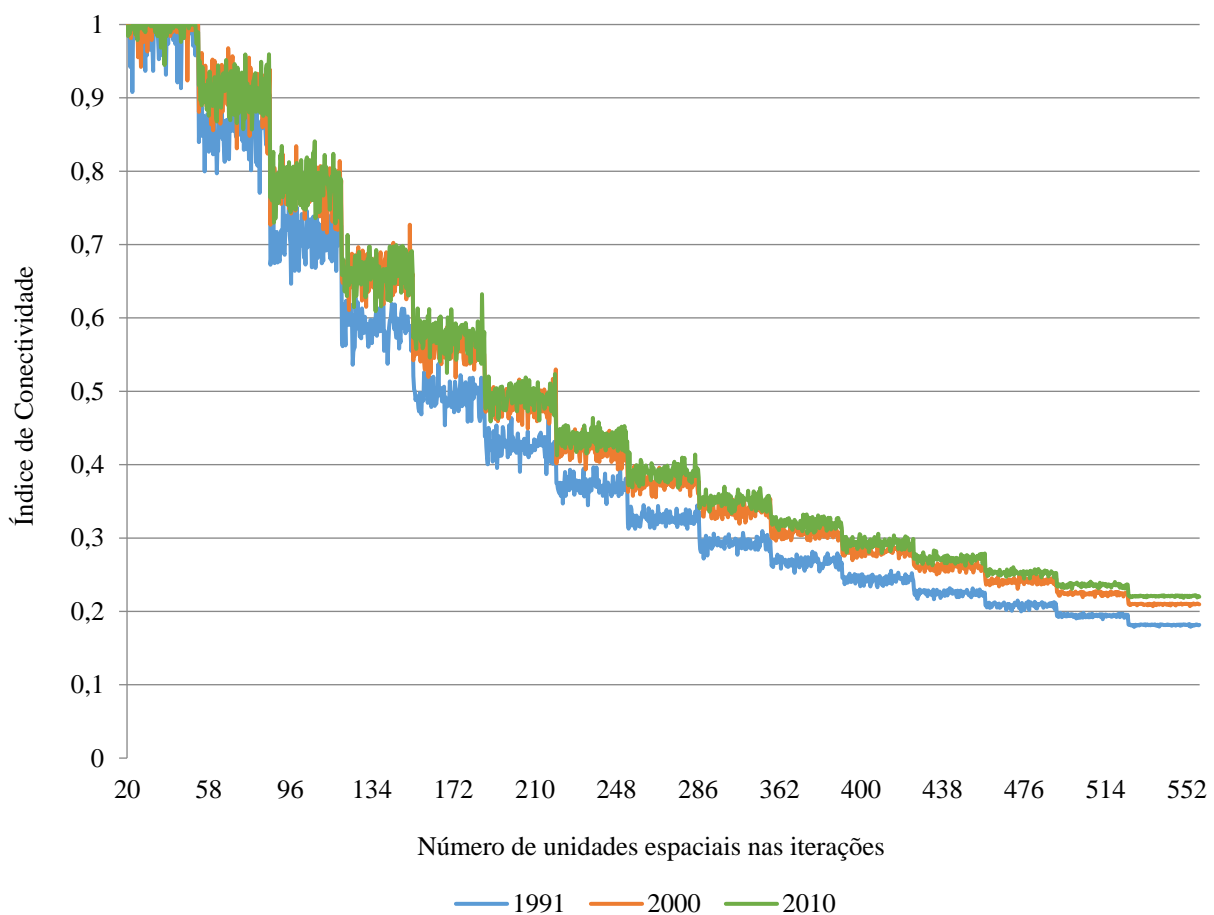


Figura 4 – Índice de conectividade em função do número de unidades espaciais, 1986-1991, 1995-2000 e 2000-2010. Fonte: Elaboração própria a partir dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 (IBGE, 1991; 2000; 2010b)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo dos efeitos do Problema da Unidade de Área Modificável chama a atenção para as incertezas fundamentais intrínsecas a qualquer análise espacial e a importância de escolher uma escala de análise adequada, bem como as limitações dessa escolha. Outro grande desafio da

estatística espacial, em geral, e das análises migratórias, mais especificamente, é a qualidade e a disponibilidade dos dados. Os conjuntos de dados espaciais podem ser incompletos, desatualizados, enviesados ou indisponíveis no nível de desagregação espacial desejado, o que pode levar a conclusões imprecisas. Além disso, a complexidade dos dados espaciais pode dificultar a seleção de modelos apropriados e a interpretação dos resultados.

Dada a falta de soluções práticas para lidar com os efeitos aleatórios do MAUP, uma saída possível é realizar análises em múltiplas zonas ou escalas. Para isso foram utilizados indicadores relativos às quatro dimensões (quantificáveis) das migrações, conforme o arcabouço conceitual proposto por Martin Bell *et al.* (2002). Assim, a análise de métricas de intensidade, impacto, distância e conectividade em diferentes níveis de agregação e em diferentes recortes regionais mostrou a magnitude dos efeitos de escala e zoneamento nas análises das migrações. Foi visto que, mesmo considerando níveis de agregação espacial similares - caso das microrregiões geográficas e regiões geográficas imediatas e das mesorregiões geográficas e regiões geográficas intermediárias - a variação nos valores dos indicadores impedem uma comparação direta entre essas diferentes divisões regionais. Nesse caso, o efeito de zoneamento tende a ser mais pronunciado, mas como o número de unidades espaciais em que o território nacional foi dividido pelo IBGE em 1990 e em 2017 não é exatamente o mesmo, observou-se também um efeito de escala significativo.

A partir da divulgação dos dados de migração do Censo Demográfico de 2022, as reflexões e apontamentos deste artigo assumirão grande valor prático, devido à substituição da divisão regional proposta pelo IBGE que esteve em vigor desde 1990, amplamente utilizada até o censo de 2010. Idealmente, as microrregiões e mesorregiões geográficas, frequentemente utilizadas como unidades espaciais de análise da migração desde a divulgação dos dados do Censo Demográfico de 1991, devem ser substituídas pelas regiões geográficas imediatas e intermediárias. A nova divisão territorial é mais representativa da configuração territorial e das dinâmicas espaciais contemporâneas, ou seja, correspondem a unidades espaciais funcionais mais condizentes com a realidade atual do país, considerando aspectos socioespaciais, econômicos e políticos. Como visto, mesmo que haja um grau de correspondências entre essas unidades espaciais, as diferenças nos limites inevitavelmente têm impactos nas estatísticas espaciais derivadas.

Um problema particularmente desafiante em análises espaciais é que normalmente são disponibilizados apenas dados espacialmente agregados para assegurar o sigilo das informações, ou seja, a decisão sobre o zoneamento mais apropriado não cabe ao pesquisador. Nesse sentido, as *grades estatísticas* podem vir a ser uma grande contribuição do IBGE. Trata-se de uma forma de disseminação de dados que permite análises detalhadas de divisões territoriais customizadas, pequenas e estáveis ao longo do tempo, o que facilita comparações temporais (IBGE, 2016). A possibilidade de utilizá-las podem ajudar a contornar em parte o MAUP, pois permitem “desenhar” ou “delimitar” as unidades espaciais de acordo com a conveniência e representatividade do fenômeno estudado. Todavia, a utilização de grades não seria uma forma imparcial de divisão do espaço, pois elas também implicam escolhas e, além disso, envolve um maior potencial de manipulação de dados.

Submetido em 23 de maio de 2025

Aceito para publicação em 20 de março de 2026

REFERÊNCIAS

BAENINGER, R. Migrações internas no Brasil século 21: evidências empíricas e desafios conceituais. *In*: CUNHA, J. M. P. (Org.). **Mobilidade espacial da população: desafios teóricos e metodológicos para o seu estudo**. Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/Unicamp, 2011.

BELL, M., BLAKE, M., BOYLE, P., DUKE-WILLIAMS, O., REES, P., STILLWELL, J., HUGO, G. Cross-national comparison of internal migration: issues and measures. **Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society**, 165(3), 435-464. 2002.

BELL, M.; BERNARD, A.; CHARLES-EDWARDS, E.; KE, W. Comparative measures of internal migration. *In*: BELL, M. *et al.* (Ed.). **Internal migration in the countries of Asia**. Cham: Springer, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-44010-7_3>

BELL, M., CHARLES-EDWARDS, E., UEFFING, P., STILLWELL, J., KUPISZEWSKI, M., KUPISZEWSKA, D. Internal migration and development: comparing migration intensities around the world. **Population and Development Review**, v. 41, p. 33-58, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2015.00025.x>>

BELL, M.; MUHIDIN, S. **Cross-national comparison of internal migration**. New York: United Nations Development Programme, 2009. (Human Development Reports Research Paper, 2009/30).

BERNARD, A., ROWE, F., BELL, M., UEFFING, P., CHARLES-EDWARDS, E. Comparing internal migration across the countries of Latin America: a multidimensional approach. **PLoS ONE**, v. 12, n. 3, e0173895, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173895>>

BRAGA, F. G. **Conexões territoriais e redes migratórias: uma análise dos novos padrões da migração interna e internacional no Brasil**. 2011. 129 f. Tese (Doutorado em Demografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Belo Horizonte, 2011.

BRAGA, F. G.; FAZITO, D. Análise de redes sociais e as conexões territoriais da migração no Brasil: padrões estruturais da migração interna entre 1980 e 2000. *In*: **ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS**, 17., 2010, Caxambu. Anais... Caxambu: ABEP, 2010.

BRIANT, A.; COMBES, PIERRE-PHILIPPE; LAFOURCADE, MIREN. Dots to boxes: Do the size and shape of spatial units jeopardize economic geography estimations? **Journal of Urban Economics**, 67, issue 3, p. 287-302, 2010. Disponível em: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ju-econ:v:67:y:2010:i:3:p:287-302>. Acesso em 25/03/2026.

CARVALHO, R. C. **Exploring the changing patterns of population (re)distribution in Brazil: a multiscale and multidimensional approach**. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

CHARLES-EDWARDS, E., BELL, M., BERNARD, A., ZHU, Y. Internal migration in the countries of Asia: levels, ages and spatial impacts. **Asian Population Studies**, v. 15, n. 2, p. 150–171, 2019. DOI : <<https://doi.org/10.1080/17441730.2019.1619256>>

COURGÉAU, D. Migrations et découpage du territoire. **Population**, v. 28, n. 3, p. 511-537, 1973.

DARAS, K. **IMAGE Studio 1.4.2 user manual**, 2014. Disponível em: http://www.qpem.uq.edu.au/docs/qcpr/IMAGE_studio.pdf. Acesso em: 01/03/2016.

GREEN, M.; FLOWERDEW, R. New evidence on the modifiable areal unit problem. In: LONGLEY, P.; BATTY, M. (Ed.). **Spatial analysis: modelling in a GIS environment**. Cambridge: GeoInformation International, 1996. p. 41-54.

GRUPO DE FOZ. **Métodos demográficos: uma visão desde os países de língua portuguesa**, 2021.

HEYWOOD, I. **Introduction to geographical information systems**. New York: Addison Wesley Longman, 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Geografia, 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 25/03/2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 25/03/2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **DTB - Divisão Territorial Brasileira, 2010a**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/23701-divisao-territorial-brasileira.html?=&t=downloads>. Acesso em: 25/03/2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010b**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 25/03/2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Metodologia do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 712 p. (Relatórios metodológicos; v. 41).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Grade estatística**. Coordenação de Projetos Especiais. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82 p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 25/03/2026.

JOHNSTON, R. Manipulating maps and winning elections: measuring the impact of malapportionment and gerrymandering. **Political Geography**, v. 21, p. 1-31, 2002. DOI: <[https://doi.org/10.1016/S0962-6298\(01\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0962-6298(01)00070-1)>

MACLAURIN, G.; LEYK, S.; HUNTER, L. Understanding the combined impacts of aggregation and spatial non-stationarity: The case of migration-environment associations in rural South Africa. **Transactions in GIS**, v. 19, p. 877-895, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1111/tgis.12134>>

MONMONIER, M. **How to lie with maps**. Chicago: University of Chicago Press, 1991.

OLIVER, M. A. Determining the spatial scale of variation in environmental properties using the variogram. In: TATE, N.; ATKINSON, P. M. (Ed.). **Modelling scale in geographical information science**. p. 193-219. 2001.

OPENSHAW, S. **The modifiable areal unit problem**. Norwich: GeoBooks, 1984. (Concepts and Techniques in Modern Geography, 38).

REES, P., BELL, M., KUPISZEWSKI, M., KUPISZEWSKA, D., UEFFING, P., BERNARD, A., STILLWELL, J. The impact of internal migration on population redistribution: an international comparison. **Population, Space and Place**, v. 23, e2036, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1002/psp.2036>>

RIGOTTI, J. I. R. A (re)distribuição espacial da população brasileira e possíveis impactos sobre a metropolização. In: **ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS**, 32., 2008, Caxambu. Anais... Caxambu: ANPOCS, 2008.

ROGERS, A. Requiem for the net migrant. **Geographical Analysis**, v. 22, p. 283–300, 1990. DOI: <<https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1990.tb00212.x>>

SOARES, W. **Da metáfora à substância: redes sociais, redes migratórias e migração nacional e internacional em Valadares e Ipatinga**. 2002. 344 f. Tese (Doutorado em Demografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Belo Horizonte, 2002.

STILLWELL, J., BELL, M., UEFFING, P., DARAS, K., CHARLES-EDWARDS, E., KUPISZEWSKI, M., & KUPISZEWSKA, D. Internal migration around the world: comparing distance travelled and its

frictional effect. **Environment and Planning A**, v. 48, n. 8, p. 1657–1675, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1177/0308518X16643963>>

STILLWELL, J., DARAS, K., BELL, M., LOMAX, N. The IMAGE Studio: a tool for internal migration analysis and modelling. **Applied Spatial Analysis and Policy**, v. 7, p. 5–23, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s12061-014-9104-4>>

TATE, N.; ATKINSON, P. M. (Ed.). **Modelling scale in geographical information science**. 296 p. 2001.

WILK, J. Using symbolic data in gravity model of population migration to reduce modifiable areal unit problem (MAUP). **Statistics in Transition. New Series**, v. 16, n. 2, p. 243-264, 2015.