

## **Análise espacial da evolução da urbanização em Belo Horizonte (1918-2010) e suas relações com os indicadores de renda e estrutura etária nos Censos de 2000 e 2010**

**Diego Rodrigues Macedo** ♦

**Glauco Umbelino** ♣

**Palavras-chave:** expansão urbana, dependência espacial, indicadores socioeconômicos, regressão múltipla particionada, SIG.

### **Resumo**

O artigo descreve os resultados da análise da evolução da mancha urbana de Belo Horizonte/MG associada com as características dos domicílios em 2000 e 2010. O objetivo é identificar se a fase histórica de ocupação dos domicílios (1918-1935-1950-1977-1995-2000-2010) está relacionada com os indicadores de estrutura etária e renda. Desta maneira, pretende-se identificar para os dados do Censo 2010 se as áreas mais antigas e mais consolidadas do município possuem a população mais relacionada com a idade dos ocupantes ou com indicadores socioeconômicos, conforme observado para os dados do Censo 2000 e se existe alguma modificação neste padrão. O estudo também aborda qual a importância da estrutura espacial nestes indicadores. Os resultados mostraram que em 2010 há manutenção do padrão observado em 2000, onde a estrutura etária é mais relacionada à evolução da mancha urbana de Belo Horizonte, em comparação com as condições de renda. Por sua vez, a renda é mais relacionada com a estrutura espacial, ou seja, é uma variável cuja a dependência espacial é um fator importante. Contudo, observou-se que o poder de explicação destes índices caiu em 2010, indicando que outras características não exploradas podem estar relacionadas à evolução da ocupação urbana em Belo Horizonte.

---

♦ Professor adjunto e pesquisador do Departamento de Geografia, Instituto de Geociências/UFMG.

♣ Professor adjunto e pesquisador da Faculdade Interdisciplinar em Humanidades/UFVJM.

## **Introdução**

As transformações das grandes cidades brasileiras têm demandado crescentes esforços de planejamento e monitoramento por parte dos gestores urbanos (UNFPA, 2007). Nessas grandes aglomerações urbanas, o planejamento da ocupação humana é um instrumento essencial para avaliar e orientar transformações ao longo do tempo, demandando conhecimentos sobre formas diferenciadas de organização, produção e gestão (Buarque, 2003; PDDI, 2011).

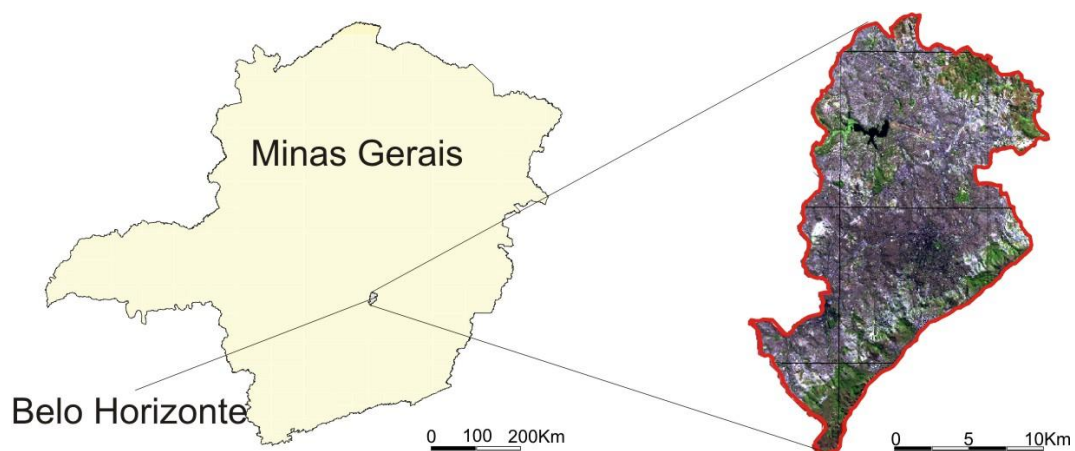
O planejamento nas regiões metropolitanas tem se beneficiado de abordagens interdisciplinares, capazes de estabelecer soluções mais condizentes com a natureza dos problemas urbanos. De acordo com Lima e Mendonça (2001, p. 135), os problemas urbanos “demandam a busca de soluções que ultrapassam o campo restrito de disciplinas isoladas, levando o urbanismo a atingir o patamar de campo básico da interdisciplinaridade”.

Avanços metodológicos significativos na avaliação interdisciplinar de questões demográficas associadas com as iniciativas de planejamento territorial foram impulsionados pelo surgimento de novas tecnologias, sobretudo nas duas últimas décadas, aplicadas inclusive à análise das relações entre população e espaço (Umbelino e Davis, 2015). Assim, teorias e conceitos desenvolvidos em uma perspectiva interdisciplinar encontram sustentação no uso de novas técnicas e ferramentas inteligentes voltadas para a manipulação e integração de bancos de dados e informações de diversas naturezas (Batty, 2005). Nesse aspecto, as novas possibilidades de utilização de geotecnologias associadas a bancos de dados convencionais merecem destaque, sobretudo a partir de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) que procuram simular o espaço geográfico através do armazenamento, manipulação e análise de dados geográficos em um ambiente computacional (De By et al, 2001; Longley et al, 2005). Mais além, dentro das múltiplas abordagens possibilitadas pelos SIGs, destaca-se análises estatísticas relacionadas à padrões de eventos espaciais (Bailey e Gatrell, 1995; Câmara et al., 2004).

O uso de SIGs é particularmente útil como ferramenta para o planejamento na escala metropolitana, ao possibilitar a integração de uma diversidade de informações em plataformas automatizadas que ofereçam os recursos necessários para a análise espacial. Assim, as projeções demográficas e simulações espaciais devem levar em consideração um conjunto de aspectos sobre as diversidades demográficas, econômicas, políticas,

sociais e ambientais da região em análise. Atualmente, é possível espacializar diversas informações e testar estatisticamente as relações entre as variáveis espaciais, desde que exista um identificador único (como municípios, setores censitários, endereços, etc.). No Brasil, a menor unidade de análise de dados sócio-demográficos que possuam abrangência nacional, confiabilidade e periodicidade são os setores censitários do IBGE. Desta maneira, a integração destas informações pode elucidar o comportamento espacial de variáveis demográficas nas metrópoles brasileiras (Buarque, 2003; Jannuzzi, 2007), como em Belo Horizonte (Figura 1), que é o foco deste estudo.

**Figura 1 – Localização do município de Belo Horizonte**



Sobre o município analisado, vale ressaltar que Belo Horizonte foi a primeira capital planejada do país. Esta foi construída para desvincular a ideia da capital de Minas Gerais de uma cidade imperial (Ouro Preto). Desde o projeto inicial, visava-se atrair para dentro dos limites da área urbana funcionários públicos e membros da elite. Os lotes não eram acessíveis para as famílias de baixa renda, formadas por operários e pelos antigos habitantes do Arraial de Belo Horizonte (Curral Del Rey). Desta maneira, o mercado controlou a expansão urbana da capital, fazendo com que esta fosse realizada da periferia em direção ao centro (Costa, 1994; Monte-Mór, 1994).

Dentro do complexo processo de evolução urbana de Belo Horizonte, pode-se citar alguns momentos históricos cuja conjuntura moldou seu tecido urbano. Até a década de 1920, a ocupação era restrita a algumas áreas na região central. O alto preço dos lotes impedia a população de baixa renda de ocupar a zona urbana, e estas ocupavam as áreas periféricas ao norte. Na década de 1930 ocorre a criação do polo industrial mineiro, a Cidade Industrial, determinando um eixo de expansão urbana no sentido oeste em relação ao centro de Belo Horizonte. Desde modo ocorre um crescimento urbano

intenso até a década de 1950, principalmente além dos limites da Avenida do Contorno. Logo a cidade se expande em direção a dois eixos preferenciais: o eixo oeste, industrial, e o eixo norte de habitações de alta categoria (Pampulha) (Monte-Mór, 1994).

A partir da década de 1970, Belo Horizonte e os municípios do entorno apresentaram uma intensificação do dinamismo demográfico em função dos movimentos migratórios impulsionados pela busca de emprego e melhoria nas condições de vida, além da fragilidade econômica e da baixa capacidade dos polos regionais do interior do Estado em estancar os fluxos de pessoas (Costa et al, 2006; Caldas et al, 2008).

A expansão urbana desses locais atravessou um novo momento após a virada do milênio: os fluxos migratórios e o crescimento vegetativo já não causam os mesmos impactos nas taxas de crescimento demográfico da capital. Do ponto de vista do planejamento urbano, a rápida expansão domiciliar de Belo Horizonte (especialmente nas décadas de 1970 e 1980) criou desafios de difícil superação, uma vez que expansão urbana do tipo centro-periferia desafiou os gestores municipais, além de sua capacidade de prover as amenidades urbanas básicas (PDDI, 2011).

O município de Belo Horizonte tem experimentado diminuição no ritmo de crescimento populacional nas décadas recentes, particularmente em função da perda de população via migração e de na Taxa de Fecundidade Total (TFT). Tais mudanças associam-se a novos fenômenos que tem gerado grandes impactos no espaço metropolitano, com destaque para o envelhecimento da estrutura etária da população, mudanças na configuração domiciliar (constituída por domicílios cada vez menores e com menor densidade populacional), aumento da capacidade de consumo da população (expressos no rápido aumento do número de apartamentos e automóveis), entre outros (Silva, 2008; PDDI, 2011).

Nesse contexto, algumas questões se colocam como desafios para o planejamento urbano, como o crescimento domiciliar e populacional mais intenso em determinados vetores, a explosão recente do mercado imobiliário, a supervalorização econômica de regiões antes deprimidas, a instalação de domicílios em locais em desconformidade com a legislação, dentre outras. Estas transformações, embora presentes em todo o espaço municipal, ocorrem com maior intensidade em alguns vetores de expansão, seja pela predominância de incentivos públicos, seja pelo direcionamento dos agentes especulativos do mercado imobiliário (Costa, 1994; PDDI, 2011). Dois vetores de expansão da capital têm se destacado no planejamento urbano da capital na última

década: o Vetor Sul e o Vetor Norte. Atualmente, existem poucas áreas para expansão urbana na capital mineira, sendo a maior área de vacância a região denominada “Granja Werneck”, localizada na região Nordeste. Existem também grandes áreas ainda não urbanizadas na forma de parques e áreas de proteção, impróprias para a edificação, de acordo com a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 2010; PDDI, 2011).

O crescente nível de insegurança e violência, associado ao dinamismo do mercado imobiliário da RMBH, é um fator explicativo do surgimento de condomínios fechados em um ritmo acelerado no Vetor Sul. O uso e ocupação do solo na região têm ocorrido através de inúmeras sobreposições espaciais, dado que os condomínios fechados disputam espaço com pequenos núcleos urbanos tradicionais, locais de adensamento não controlado, cavas de mineração e, nos últimos anos, empreendimentos mistos de residências, comércio e serviços, intercalados com áreas naturais protegidas legalmente (Costa et al, 2006).

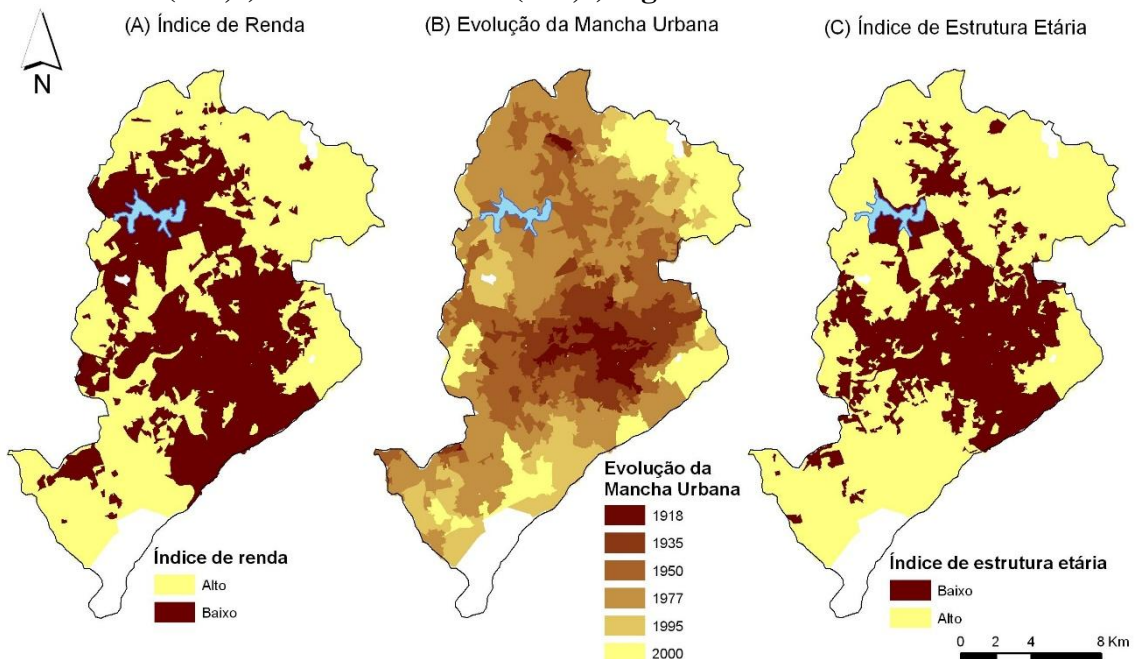
No caso do Vetor Norte, a implementação de grandes projetos, como a Linha Verde, o Aeroporto Industrial de Confins, a cidade Administrativa do Governo do Estado e o Anel Viário de Contorno Norte (Rodoanel), tem favorecido a instalação de novos empreendimentos comerciais e industriais, além de um aumento na demanda domiciliar nas intermediações dessa região, que abriga alguns dos municípios metropolitanos mais carentes de infraestrutura. Os novos empreendimentos públicos e privados no Vetor Norte e a reestruturação das principais vias de conexão metropolitana que apontam para essa direção criam um forte dinamismo na ocupação territorial na porção setentrional de Belo Horizonte. Por exemplo, nas regiões de influência direta e indireta da Cidade Administrativa, as intervenções públicas e privadas tendem a ditar novos padrões de ocupação territorial, com a criação de novas funções, de adensamento populacional e da gentrificação de espaços deprimidos (PDDI, 2011; Sathler, 2012).

Nesse cenário de grandes transformações do espaço da capital, é necessária a geração de informações e instrumentos que, ao representar espacialmente a ocupação do solo intraurbano, ajudem a delinear as políticas públicas mais adequadas à realidade futura nas áreas de habitação, saúde, segurança, transporte, meio ambiente, educação entre outros.

O objetivo deste artigo é identificar o perfil da estrutura etária e renda dos moradores de Belo Horizonte e associar estes às fases de ocupação da cidade (1918-2010) ou à

estrutura espacial. O estudo prévio de Macedo e Umbelino (2009) identificou que a estrutura etária dos moradores está mais correlacionada com as fases de evolução da mancha urbana em relação à renda em 2000 (Figura 2). Neste sentido este estudo propõe: (1) espacializar os padrões da estrutura etária e no perfil da renda no município e localizar onde ocorreram mudanças; (2) analisar se existe alteração no padrão das relações entre a mancha urbana e os fatores socioeconômicos em 2010; (3) se existe dependência espacial nestas relações. Duas hipóteses norteiam este estudo: (1) devido ao envelhecimento da população brasileira, sobretudo nas áreas urbanas, o padrão observado em 2000, nos quais os moradores envelhecem com os seus domicílios se mantem em 2010; (2) as transformações e valorização na estrutura urbana são impulsionados por múltiplos fatores, incluindo a própria escolha do morador, e não apenas pela idade das áreas urbanas e, neste sentido, a estrutura espacial possui maior relação no perfil de renda dos moradores em relação à evolução da mancha.

**Figura 2 - Correlação da evolução da mancha urbana de Belo Horizonte com a renda ( $r=0,3$ ) e estrutura etária ( $r=0,7$ ) segundo os dados do Censo 2000**



Fonte: Macedo e Umbelino, 2009.

## Materiais e Métodos

A primeira etapa de trabalho foi identificar as variáveis explanatórias deste estudo: a evolução da mancha urbana de Belo Horizonte em momentos históricos e uma variável que reflita a estrutura espacial nos dados analisados. As manchas de ocupação urbana foram mapeadas pela Secretaria de Planejamento Urbano de Belo Horizonte a partir de

fotografias aéreas provenientes de levantamentos realizados nos anos de 1918, 1935, 1950, 1977 e 1995 (PBH, 2000). As manchas urbanas para 2000 e 2010 foram extraídas de PDDI (2011). Estes dados foram integrados a malha de setores censitários, ou seja, cada setor teve adicionado ao seu banco de dados o ano no qual sua ocupação foi observada pela primeira vez. Os setores que não possuíam domicílios foram eliminados da análise. Para incorporar o termo espacial a este trabalho, criou-se uma superfície de tendência através da expansão polinomial (2ª ordem) dos valores de X (longitude) e Y (latitude). As 5 variáveis resultantes (X, Y, X\*X, Y\*Y e X\*Y) foram analisadas como uma única variável explanatória (Rangel et al., 2010), representando a estrutura espacial.

A segunda etapa foi extrair dos dados censitários um índice que representasse a estrutura etária dos domicílios e outro que melhor refletisse as condições de renda para 2000 e 2010. Utilizou-se a técnica de análise estatística de componentes principais (ACP) para se extrair estes índices, apresentadas por Macedo e Umbelino (2009). O objetivo da ACP é a obtenção de um pequeno número de combinações lineares (componentes principais) de um conjunto de variáveis, que retenham o máximo possível da informação contida nas variáveis originais. Os componentes são extraídos na ordem do mais explicativo para o menos explicativo, utilizando a matriz de correlação entre as variáveis. Desta maneira, obtêm-se índices que retratam a variabilidade dos dados dentro do conjunto total (Mingoti, 2005).

Para o índice de estrutura etária, foram utilizadas as variáveis extraídas do resultado do universo dos Censos Demográficos (2000 e 2010) conforme Macedo e Umbelino (2009) (Tabela 1).

**Tabela 1 – Indicadores do índice de estrutura etária para 2000 e 2010**

Indicador	Variável	
	Numerador	Denominador
Razão de jovens	Número de moradores com idade entre 0-19 anos	Total de moradores
Razão de idosos	Número de moradores com idade acima de 60 anos	Total de moradores
Razão de chefe de domicílio adulto	Número de chefes de domicílios com idade entre 15-60 anos	Total de domicílios
Razão de dependencia em relação ao chefe de domicílio idoso	Número de chefes de domicílios com idade acima de 60 anos	Total de moradores
Razão de filhos	Número de filhos residentes	Total de moradores

Fonte: IBGE, 2002; 2011.

Para o índice de condição de renda, as variáveis selecionadas foram diferentes entre 2000 e 2010, devido a mudança na divulgação dos dados correlatos por parte do IBGE (Tabelas 2 e 3). O objetivo em se utilizar a ACP neste trabalho é minimizar os problemas em se utilizar variáveis distintas entre os censos demográficos, pois o interesse é na variabilidade dos índices dentro da área de estudo, e não obter um valor teórico. Neste sentido a ACP é uma metodologia convenientemente útil para análise intertemporal de dados (Raziei et al., 2009).

**Tabela 2 – Indicadores do índice de renda para 2000**

Indicador	Variável	
	Numerador	Denominador
Média do anos de estudo do chefe do domicílio	Total de anos estudados pelos chefes de domicílios	Total de domicílios
Rendimento médio do chefe do domicílio	Renda total dos chefes de domicílios	Total de domicílios
Rendimento do chefe do domicílio <i>per capita</i>	Renda total dos chefes de domicílios	Total de moradores

Fonte: IBGE, 2002.

**Tabela 3 - Indicadores do índice de renda para 2010**

Indicador	Variável	
	Numerador	Denominador
Rendimento total <i>per capita</i> por domicílios	Renda total dos moradores dos domicílios	Total de moradores
Rendimento médio do chefe do domicílio	Renda total dos chefes de domicílios	Total de domicílios
Rendimento do chefe do domicílio <i>per capita</i>	Renda total dos chefes de domicílios	Total de moradores

Fonte: IBGE, 2011.

Os índices calculados foram padronizados entre 0 e 1 ( $x - \text{valor mínimo} / \text{amplitude}$ ) e integrados à malha de setores censitários para proceder às análises estatísticas. Desta maneira, foi possível associar cada setor censitário de 2000 e 2010 aos índices propostos ao momento da ocupação no sítio urbano e à estrutura espacial.

Mesmo considerando que seja possível compatibilizar as informações censitárias entre 2000 e 2010 (Umbelino e Barbieri, 2008; IBGE, 2011), o formato vetorial dos dados é inconveniente para se analisar as diferenças entre camadas geoespaciais (objetivo 1), sendo o padrão matricial o mais indicado (Câmara e Monteiro, 2004). Considerando que os setores censitários em Belo Horizonte constituem uma malha relativamente regular e pouco espaçada, a abordagem utilizada foi a extração dos centroides dos setores censitários e a interpolação dos valores dos índices de estrutura etária e renda. Utilizou-se interpolação determinística através do método inverso ponderado da distância (IDW)



conforme sugerido por Sohn et al (2010). Em seguida, foi utilizada a operação matricial entre camadas, subtraindo dos valores dos índices observados em 2010 os valores de 2000, criando uma nova camada, na qual é possível identificar os locais nos quais houve modificações nos índices estudados.

Para alcançar os objetivos (2) e (3) utilizou-se regressões lineares múltiplas através da *expansão da mancha urbana* e da *estrutura espacial* como variáveis independentes e dos índices de *estrutura etária* e *renda* como dependentes para os anos de 2000 e 2010. Também foi incorporada a análise de partição da explicação, para verificar o grau de importância de cada variável independente em cada modelo (Legendre e Legendre, 1998). Neste sentido, as regressões lineares múltiplas foram utilizadas como modelos explanatórios ao invés de preditivos (MacNally, 2000).

## Resultados e Discussão

Os resultados da ACP para o índice etário indicam que a componente C1 explica cerca de 80% da variância dos dados para 2000 e 67% para 2010 (Tabela 4). Devido aos autovalores dos demais eixos terem ficado abaixo de 1 nas duas datas, a redução das variáveis para apenas um índice em cada censo foi satisfatória (Mingoti, 2005).

**Tabela 4 – Coeficientes para a C1 do índice de estrutura etária**

Indicador	Coeficiente	
	2000	2010
Razão de jovens	0.896918	0.761110
Razão de idosos	-0.948213	-0.907315
Razão de chefe de domicílio adulto	0.897820	0.915419
Razão de dependência em relação ao chefe de domicílio idoso	-0.963597	-0.947462
Razão de filhos	0.774549	0.484654
% de explicação	80%	67%

Os valores negativos para os indicadores razão de idosos e razão de dependência em relação ao chefe de domicílio idoso, apontam que os setores que possuem o índice etário negativo apresentam maior proporção de idosos em sua estrutura, além de possuir muitos moradores dependentes destes idosos. Os valores positivos indicam a maior presença de jovens, filhos e adultos chefiando os domicílios. Neste caso, valores mais baixos indicam setores nos quais predominam uma estrutura etária mais envelhecida em relação ao padrão verificado em Belo Horizonte. Também é possível observar entre 2000 e 2010 a diminuição dos coeficientes da razão de jovens e razão de filhos, o que certamente está ligado ao envelhecimento da população (Closs e Schawanke, 2012).

Em relação ao índice de renda, o valor da variância explicada pela C1 foi de 93% para 2000 e 98% para 2010 (Tabela 5). Este é um resultado esperado, pois os indicadores utilizados são em número reduzido e aferem o rendimento nominal dos domicílios. Os valores negativos dos coeficientes da C1 indicam que os setores com moradores que possuem as melhores condições de renda apresentam os valores mais baixos para este índice.

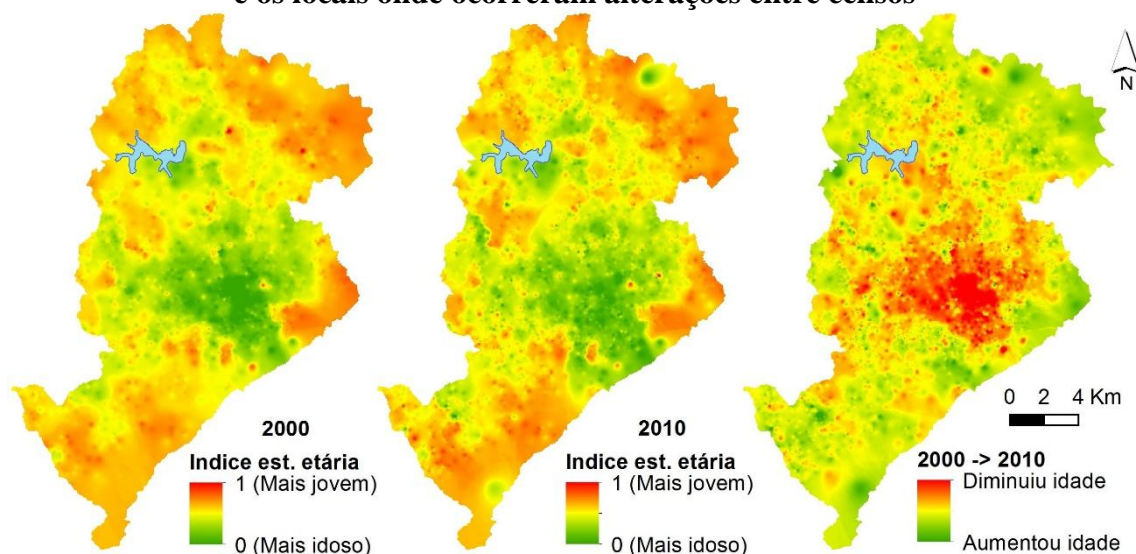
**Tabela 5 - Coeficientes para a C1 do Índice de renda**

Indicador	Coeficiente	
	2000	2010
Média do anos de estudo do chefe do domicílio	-0.939314	
Rendimento total <i>per capita</i> por domicílios		-0.994642
Rendimento médio do chefe do domicílio	-0.977343	-0.991664
Rendimento do chefe do domicílio <i>per capita</i>	-0.984658	-0.996175
% de explicação	93%	99%

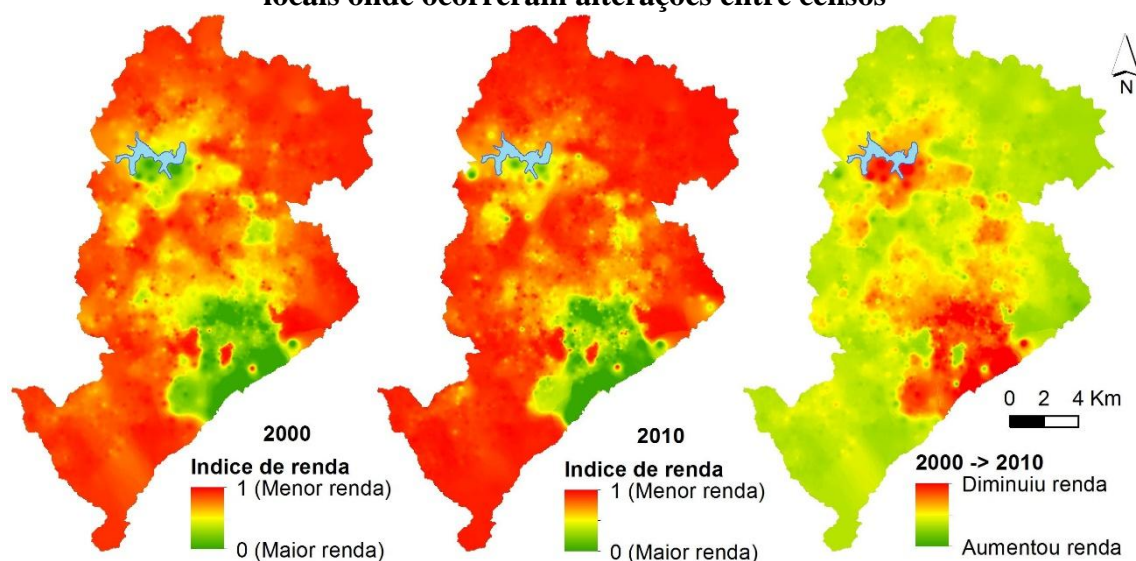
Ao se utilizar as ACP para comparações temporais, eliminou-se instabilidades na elaboração dos indicadores, pois o foco passou a ser a variabilidade da informação dentro da população, e não uma taxa nominal específica. Esta pode ser uma boa alternativa ao se analisar as informações intraurbanas entre censos, pois algumas variáveis divulgadas para o questionário do universo são retiradas ou acrescentadas a cada divulgação decenal pelo IBGE.

A espacialização dos índices e a mudança espacial para os anos de 2000 e 2010 podem ser observadas nas Figura 3 e 4.

**Figura 3 - Resultados da espacialização do índice de estrutura etária em 2000, 2010 e os locais onde ocorreram alterações entre censos**



**Figura 4 - Resultados da espacialização do índice de renda em 2000, 2010 e os locais onde ocorreram alterações entre censos**



Os índices de estrutura etária e de renda mantiveram o mesmo padrão entre 2000 e 2010. Nota-se que a estrutura etária teve uma diferença mais heterogênea em todo o município, mas com o destaque para as áreas mais antigas de Belo Horizonte (Figura 2-B). No entanto, foram as áreas mais novas que observaram o aumento relativo na renda dentro no município (Figura 4).

Em relação aos resultados gerais das regressões lineares múltiplas, nota-se que ambos os modelos para 2010 tem um menor poder de explicação em relação a 2000 (total  $R^2 = 0,522$  vs  $0,395$  para estrutura etária;  $0,303$  vs  $0,223$  para renda; Tabelas 6 e 7 respectivamente).

**Tabela 6 – Modelos de regressão múltiplo para o índice de estrutura etária como variável dependente**

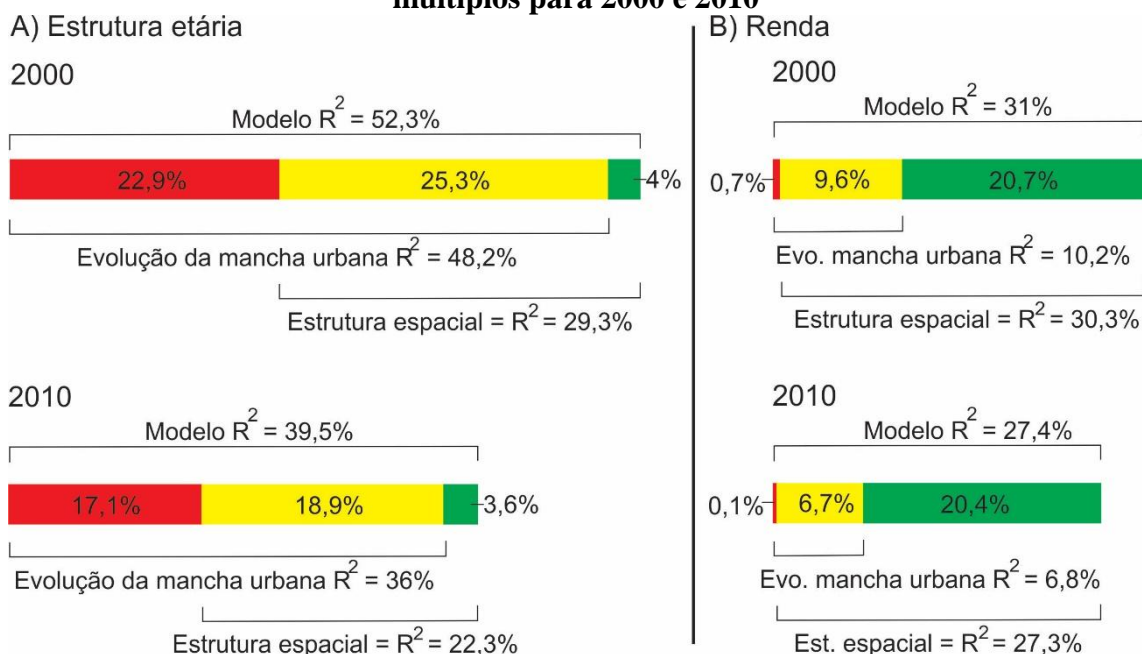
	<i>Indep. R<sup>2</sup></i>	<i>Parcial R<sup>2</sup></i>	<i>Total R<sup>2</sup></i>	<i>F</i>	<i>p</i>
2000			0,522	463,42	< 0,001
Mancha urbana	0,482	0,482			
Estrutura Espacial	0,293	0,04			
2010			0,395	415,86	< 0,001
Mancha urbana	0,360	0,360			
Estrutura Espacial	0,223	0,036			

**Tabela 7 – Modelos de regressão múltiplo para o índice de renda como variável dependente**

	<i>Indep. R<sup>2</sup></i>	<i>Parcial R<sup>2</sup></i>	<i>Total R<sup>2</sup></i>	<i>F</i>	<i>p</i>
2000			0,310	190,29	< 0,001
Estrutura Espacial	0,303	0,303			
Mancha urbana	0,102	0,007			
2010			0,274	240,17	< 0,001
Estrutura Espacial	0,273	0,273			
Mancha urbana	0,068	0,001			

Em relação aos modelos para a estrutura etária, a evolução da mancha urbana é a variável mais importante (independente  $R^2 = 0,482$  em 2000;  $R^2 = 0,360$  em 2010; Tabela 6), sendo que a estrutura espacial adiciona pouca explicação ao modelo final (parcial  $R^2 = 0,04$  em 2000;  $R^2 = 0,036$  em 2010; Tabela 6). Os modelos múltiplos para renda possuem um comportamento contrário, onde a estrutura espacial é a variável mais importante (independente  $R^2 = 0,303$  em 2000;  $R^2 = 0,273$  em 2010; Tabela 7); e a mancha urbana adicionando um baixo valor de explicação (parcial  $R^2 = 0,007$  em 2000;  $R^2 = 0,001$  em 2010; Tabela 7). A análise gráfica dos modelos de regressão permite uma melhor interpretação dos resultados (Figura 5).

**Figura 5 - Resultados da decomposição da partição dos modelos de regressão múltiplos para 2000 e 2010**



A barra vermelha representa a contribuição exclusiva da evolução da mancha no modelo final, a barra verde a contribuição exclusiva da estrutura espacial, e a barra amarela a explicação partilhada entre ambos. Os modelos estão em escala proporcional.

A análise da Figura 4 confirma que a estrutura etária, mesmo com um menor poder de explicação em relação a 2000, continua mais relacionada com a evolução da mancha urbana em relação a renda, confirmando a hipótese 1. A hipótese 2 também foi confirmada, pois a renda está mais ligada a estrutura espacial (Figura 4-B).

Neste sentido, as conclusões apresentadas por Ferreira (2004) e Macedo e Umbelino (2009), de que as famílias envelhecem em seus domicílios continuam válidas em Belo Horizonte. Desta maneira, como as famílias continuam em seus domicílios até o fim de seu ciclo de vida, não ocorre a substituição nestes domicílios por moradores de maior renda nas áreas mais consolidadas. Contudo, a redução da explicação dos modelos entre 2000 e 2010 sugere que mesmo com o envelhecimento da população observado em 2010 (superior inclusive em relação às expectativas do IBGE antes do Censo 2010; Longo et al., 2012), existe a substituição dos moradores por outros cujas condições se enquadram em outros padrões não explorados neste artigo, como por exemplo, a própria característica de substituição de residências multifamiliares por unifamiliares (Umbelino e Davis, 2015). Em relação à renda, provavelmente fatores ligados a requalificação urbana e valorização econômica de regiões antes deprimidas, explicam a maior correlação com a estrutura espacial. No geral, as características da urbanização é um fenômeno que claramente possui dependência espacial (Basu e Thibodeau, 1998) e certamente o padrão econômico dos moradores também tem esta característica.

### **Considerações Finais**

Este trabalho apresentou ferramentas computacionais que utilizam geotecnologias úteis para o monitoramento e investigação da ocupação urbana, assim como das tendências que levam a estes resultados. Para pesquisas específicas na escala intraurbana, acredita-se que a ACP permitiu decompor a variabilidade dos indicadores dentro da área urbana, o que pode ser útil em análises de transformações multitemporais. Ferramentas estatísticas utilizadas em conjunto com SIGs trazem grandes possibilidades para este tipo de estudo. Dessa forma, demonstrou-se a utilidade dessa proposta metodológica como instrumento de geração de informações passíveis de incorporação em estratégias de planejamento urbano.

A complexidade das transformações urbanas, sobretudo a tendência da substituição de antigas residências unifamiliares por multifamiliares, além de questões ligadas ao zoneamento urbano deve ser melhor investigada em estudos futuros.

Uma limitação do método foi considerar a cidade como um sistema fechado, que não sofre interações como os municípios vizinhos, já que Belo Horizonte é um município metropolitano que polariza as relações com os municípios vizinhos. Neste ponto, existem “cidades dormitório” e condomínios de alto padrão em municípios vizinhos, cuja população interage diariamente com a capital, porém não possui uma série multitemporal da evolução urbana desde a década de 1920, o que inviabiliza esta abordagem em uma escala maior. Municípios que possuem bases da evolução urbana ao longo das décadas podem utilizar esta metodologia para uma melhor compreensão da ocupação do solo, bem como a formulação de políticas públicas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Capes, Fapemig e CNPq.

### **Referências bibliográficas**

BAILEY, T.C.; GATRELL, A.C. Interactive Spatial Data Analysis. Essex: Prentice Hall, 1995, 432p.

BASU, S.; THIBODEAU, T.G. Analysis of spatial autocorrelation in house prices. The Journal of Real Estate Finance and Economics, v.17, n.1, p.61-85, 1998.

BATTY, M. Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals. Cambridge: MIT Press, 2005. 589p.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Lei n. 9.959/10, de 20 de julho de 2010. Altera as leis n. 7.165/96 – que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte – e n. 7.166/96 – que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município, e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2010.

BUARQUE, S. Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais. Brasília: Ipea, 2003 (Texto para discussão, 939).

CALDAS, M. et al. Estudos Urbanos - Belo Horizonte 2008: transformações recentes na estrutura urbana. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2008. 513p.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA G., DAVIS C., MONTEIRO A.M.V. (org). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2004.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; DRUCK, S.; CARVALHO, M.S. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCKS, S.; CARVALHO, M.S.; CAMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. (eds). Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: EMBRAPA: 2004.

- CLOSS, V.E; SCHWANKE, C.H.A. Indicadores demográficos relacionados ao envelhecimento. In: SCHWANKE, C. H. A.; DE CARLI, G. A.; GOMES, I.; LINDÔSO, Z.C.L. (Org.). Atualizações em Geriatria e Gerontologia IV: aspectos demográficos, biospsicossociais e clínicos do envelhecimento. 1ed.Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012, v.1, p.11-32.
- COSTA, H. et al. Novas periferias metropolitanas. A expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades no eixo sul. Belo Horizonte: C/Arte, 2006. 464p.
- COSTA, H.S.M. Habitação e Produção do Espaço em Belo Horizonte. In: MONTE-MÓR, R. (coord.) Belo Horizonte: Espaços e Tempos em Construção. Belo Horizonte: Cedeplar/Pbh, 1994, p.51-77.
- DE BY, R. et. Al. Principles of Geographic Information Systems – An Introductory Textbook. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 2001. 490p.
- FERREIRA, F.P.M. Evolução Urbana e Demográfica do Envelhecimento em Belo Horizonte. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v.4, p.71-82, 2004.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- JANNUZZI, P. Cenários futuros e projeções populacionais para pequenas áreas: método e aplicação para distritos paulistanos 2000-2010. Revista Brasileira de Estudos de População. v.24, n.1, p.109-136. 2007.
- LEGENDRE P; LEGENDRE L. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier BV, 1998.
- LIMA, C., MENDONCA, F. Planejamento urbano-regional e crise ambiental: Região Metropolitana de Curitiba. São Paulo Perspectiva. v.15, n.1, p.135-143. 2001.
- LONGLEY, P. et al (Orgs.) Geographic Information Systems and Science. New York: John Wiley and Sons, 2005. 512p.
- LONGO, L.A.F. et al. Idosos que moram sozinhos em Minas Gerais: independência ou vulnerabilidade? In: Encontro Nacional De Estudos Populacionais, XVIII, Anais... Águas de Lindóia/SP: ABEP, 2012.
- MACEDO, D. R.; UMBELINO, G. Correlação espacial entre a evolução da mancha urbana e indicadores sóciodemográficos em Belo Horizonte. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 739-746.
- MACNALLY R. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: the distinction between–and reconciliation of–“predictive” and “explanatory” models. Biodiversity and Conservation, v.9, p. 655–671, 2000.
- MINGOTI, S. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297 p.
- MONTE-MÓR, R. Belo Horizonte: A Cidade Planejada e a Metrópole em Construção. In: MONTE-MÓR, R. (coord.) Belo Horizonte: Espaços e Tempos em Construção. Belo Horizonte: Cedeplar/Pbh, 1994, p. 11-28.

PBH - Prefeitura de Belo Horizonte Mapa 4.1 – Evolução da Ocupação e da Mancha Urbana 1918/35/50/77/95. Belo Horizonte, 2000. Escala 1:300.000. Disponível em [http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=estatisticas&tax=9091&lang=pt\\_BR&pg=5922&taxp=0&idConteudo=17982&chPlc=17982](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=estatisticas&tax=9091&lang=pt_BR&pg=5922&taxp=0&idConteudo=17982&chPlc=17982). Acesso em: 16 de julho de 2008.

PDDI - Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Relatório final de definição das propostas de políticas setoriais, projetos e Investimentos prioritários. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2011. Disponível em: <[www.rmbh.org.br](http://www.rmbh.org.br)>. Acesso em: 01 jul. 2011.

RANGEL, T.F.L.V.B.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography* v.33, p.46–50, 2010.

RAZIEI; T.; SAGHAFIAN; B.; PAULO; A.A.; PEREIRA; L.S.; BORDI; I. Spatial patterns and temporal variability of drought in western Iran. *Water Resources Management*, v.23, n.3, p.439-455, 2009.

SATHLER, D. A Virada Metropolitana na RMBH: transformações, desafios e oportunidades. *Revista do Observatório do Milênio de Belo Horizonte* , v.3, p.108-131, 2012.

SILVA, H. Aspectos demográficos associados à geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte, 2002. 197f. Dissertação (Mestrado em Demografia) – Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SILVA, H.; AMARAL, P.V.M.; SIMÕES, R.F. Vários Horizontes: Infra-estrutura, Habitação e Regionalização na Capital Mineira. In: *Seminário sobre a Economia Mineira, XIII, 2008, Diamantina. Anais...* Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2008.

SOHN, S-H.; KIM, T-H.; LEE, J-S.; KIM, H-K. Spatial Analysis of Urban Structure Changes in Korean Mega-Cities. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, v.9, n.1, p. 201-206, 2010.

SOUZA, G.; TORRES, H. O estudo da metrópole e o uso de informações georreferenciadas. *São Paulo em Perspectiva*, v.17, n. 3-4, 2003.

UMBELINO, G.; BARBIERI, A.F. Metodologia para a compatibilização de setores censitários e perímetros urbanos entre os censos de 1991, 2000 e 2010. In: *Encontro Nacional De Estudos Populacionais, XVI, 2008, Anais...* Caxambu/MG: ABEP, 2008.

UMBELINO, G.; DAVIS JR, C. Simulação da quantidade máxima de domicílios permitida por quadras em Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v.32, n.3, p.511-535, 2015.