

Integração entre dados sensoriais ambientais e sociodemográficos: uma contribuição do geoprocessamento e estatística para a análise ambiental e planejamento metropolitano

Sensory data integration between environmental and socio-demographic: a contribution of SIG and statistics for environmental analysis and metropolitan planning

Paulo Eduardo Alves Borges da Silva

Professor do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG.

Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais/UFMG.

Doutorando em Análise Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Geografia.

Correo electrónico: pauloeduardoborges@gmail.com

Ricardo Alexandrino Garcia

Professor Departamento Geografia – Instituto de Geociências/UFMG.

Doutor em Demografia pelo CEDEPLAR /UFMG.

Correo electrónico: alexandrinogarcia@gmail.com

Resumo: O desafio decorrente da urbanização consiste na harmonização dos objetivos do incremento do bem estar do homem e do ambiente, assim como os da equidade social para os que necessitam da formulação de políticas efetivas de desenvolvimento urbano. Em pauta, portanto, o tema qualidade e a conjugação de aspectos socioambientais em áreas metropolizadas. Para tanto, além da reflexão conceitual sobre o tema, é relevante a possibilidade metodológica de se construir uma classificação para diferentes unidades espaciais do território. Este artigo pretende apresentar qual a relevância teórica da cartografia e modelagem de sistemas, apoiada por análise multivariada e como foi possível estabelecer uma espacialização dos resultados obtidos a partir da combinação entre dados sensoriais ambientais e quantitativos sociais. Percebe-se que os avanços da combinação de diferentes técnicas podem contribuir como ferramenta de diagnóstico e estruturação de planejamento.

Palavras Chave: *integração de dados, socioambiental, qualidade, planejamento, metropolitana.*

Recibido: noviembre 2015

Abstract: The challenge arising from urbanization is harmonizing the objectives of improving the welfare of people and the environment, and social equity for those who need the formulation of effective political for urban development. As a central theme in this work: the quality and the combination of social and environmental aspects in metropolized areas.

It is a corresponding methodological possibility of building a classification for different spatial units of the territory. This article aims to present what the theoretical relevance of mapping and modeling statistical systems and present as possible establish a spatial distribution of the results of the combination of environmental and social quantitative sensory data. It can be observed that advances the combination of different techniques and thus contribute as a diagnostic and planning tool.

Keywords: *data integration; environmental; the quality; planning; metropolitan.*

Accepted: junio 2016

1. Introdução

A ampliação descoordenada dos limites territoriais das grandes cidades, distante a um plano que reestruture estes espaços, pode desencadear um descrédito na qualidade socioambiental nos centros urbanos ou em suas áreas periféricas, ocupadas por parcelas da população marcadas pela desigualdade. São recorrentes os desastres ambientais e o incremento da demanda de serviços. Dessa maneira, destacam-se questões que apontem para um “desenvolvimento sustentável”. A relação homem ambiente é fruto de diversos estudos, fomenta embates políticos e tomada de decisões. Destarte, a temática da qualidade socioambiental denota uma associação entre a existência de componentes da paisagem que remontem a um cenário saudável, a disponibilidade de infraestrutura, seus impactos correlacionados ao meio ambiente e quem o habita.

A partir de uma proposta de caracterização da condição socioambiental em região metropolitana e, partindo da tese que haja possibilidade multidisciplinar, a junção de fatores de distinta ordem pode propiciar uma análise abrangente. Para isso esteve em pauta a discussão de conceitos chave e o uso avançado de geotecnologias e métodos quantitativos. Nesta pesquisa, técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e estatística se apresentaram adequadas: na ótica social, dados domiciliares geocodificados puderam explicitar a distribuição dos serviços de infraestrutura, consumo e desenvolvimento; a partir das imagens de satélite e procedimentos de classificação, pode-se mensurar a distribuição dos componentes da paisagem (ambientais); uma análise estatística multivariada permitiu a junção e elaboração de patamares equilibrados para as variáveis obtidas; e por fim, surge o mapeamento de classificação em microunidades do território e a discussão acerca dessa experiência.

O objetivo deste trabalho é, portanto, apresentar breve motivação teórica de sua execução e enfatizar uma sequência metodológica utilizada até o resultado final. Como exemplo locacional foi escolhida a Região Metropolitana de Belo Horizonte, uma conurbação composta por 34 municípios, formada a partir da segunda metade do século XX, no sudeste brasileiro, que é caracterizada por desarranjos ocupacionais em seus municípios, mas também apresenta medidas recentes de planejamento que buscam mantê-la reconhecida pelo seu bem estar social e ambiental.

2. Regiões metropolitanas, questões sociais e ambientais

Regiões metropolitanas estão inseridas na dinâmica socioeconômica dos grandes aglomerados, no entorno das principais referências políticas e produtivas em diferentes unidades da federação. Algumas capitais, inclusive, foram fundadas e projetadas para manter regulada a distribuição espacial e social da população (BRITO E SOUZA, 2005). Entretanto, o que se observou ao fim da segunda metade do último século foi a extrapolação dos limites unificados, em termos de expansão urbana, invadindo municípios vizinhos e reproduzindo também neste processo de metropolização a segregação social dos mais pobres.

Nas regiões metropolitanas as desigualdades peculiares da sociedade brasileira reproduzem se também no âmbito da oferta de serviços. A urbanização desordenada, conjunta à desigualdade da distribuição de renda e à especulação imobiliária ocasiona uma ocupação ilegal por parte da população – excluída do processo de distribuição da riqueza – nas encostas, fundos de vale e margem dos mananciais, ou seja, áreas desprovidas de infraestrutura (GOMES, 2009).

Compreender estas e outras abordagens faz com que as percepções a respeito do meio ambiente urbano incluam uma visão geral da relação natureza – homem – controle. A sociedade utiliza a natureza como recurso, apropriando-se e transformando o espaço, ao mesmo tempo em que é preciso criar condições de manutenção do meio (gestão) para que essa ocupação ou uso possa ser menos impactante possível.

Há a necessidade de abordagens baseadas na integração de aspectos técnicos com o processo de formulação e implementação de políticas públicas, integração esta que incorpora importante potencial para o aprimoramento da qualidade da organização e provisão dos serviços e, em consequência, para a maximização de seus benefícios. Indagações para essa temática surgem para elaborar a proposta de trabalho: Quais fatores sobre o homem e a natureza podem ser associados na lógica do desenvolvimento da sociedade? Como aspectos quantitativos contribuem para um melhor entendimento? A partir de dados numéricos é possível analisar a situação atual e produzir cenários dentro de uma perspectiva socioambiental?

3. Modelos e geotecnologias na avaliação de aspectos

A complexidade de elaboração de sistemas que abarcam a sociedade e sua dinâmica econômico demográfica conjunta ao lócus que habita e transforma lança desafios para a modelagem uma vez que a incorporação da dimensão humana gera conflitos passíveis de discussão no que diz respeito às expressividades matemáticas. As críticas estão relacionadas quando as relações sociais apresentam padrões heterogêneos de distribuição e em distintas escalas, seja nas atividades produtivas ou aspectos populacionais, o que poderia trazer respostas inadequadas da realidade.

Entretanto, a reprodução de simulações e/ou representatividade de aspectos da sociedade em sistemas se dá em função de padrões. Um dado comportamento deve ser analisado em detalhes, considerando os fatores tempo e escala, com suporte estatístico, para se estabelecer protótipos e, posteriormente, replicar os resultados em conformidade aos moldes previamente adquiridos.

Outro ponto de vista favorável à aplicação de “modelos sociais” é a visão de que estes são estruturas simplificadas da realidade, que supostamente apresentam, de maneira generalizada, características ou relações importantes (HAGGETT e CHORLEY, 1975). São aproximações subjetivas, pois não incluem todas as observações ou medidas associadas. Porém, revelam detalhes acidentais e permitem elucidar quais aspectos são fundamentais (CHRISTOFOLETTI, 1999) naquela relação descrita e qual o comportamento dos mesmos em um dado espaço de tempo. Para os frequentes objetos de estudo no âmbito demográfico, esta identificação torna se de grande valia.

Contudo, mesmo que se tenha debatido e enfatizado a acuidade das dimensões humanas e sua incorporação em modelos – através de uma representação quantitativa

– é um assunto ainda a ser mais bem trabalhado. À priori, tal fato se deve à ausência de análise numérica apurada nas observações de vários cientistas sociais (o que seria fundamental para a construção de modelos computacionais) e também pela complexidade dos sistemas socioeconômicos, “ainda além da nossa fronteira de equacionamento matemático” (BARROW, 1998).

A combinação entre a atribuição de pesos aos indicadores sociais e ambientais possibilitaria uma melhor análise dos dados e a posterior espacialização e modelagem dos resultados encontrados. Por isso é essencial que a estatística auxilie nas análises. Algum conhecimento de estatística facilita a compreensão de análises combinatórias de aspectos diferenciados por haver comprovação no campo matemático e, de modo geral, se constituir como um valioso instrumento para a tomada de decisões (STEVENSON, 1981).

Os responsáveis pelo gerenciamento de recursos naturais da terra e pelo desenvolvimento de planejamento futuro reconhecem a importância da informação espacial e precisa residente num sistema de informações geográficas. Muitos dos importantes planos de informação biofísicos, de uso ou cobertura da terra e socioeconômicos são derivados a partir de uma análise de dados obtidos a partir das geotecnologias. Consequentemente, presencia-se um aumento significativo na demanda por dados de sensoriamento remoto e operações espaciais advindas do geoprocessamento (JENSEN, 2009). Atualmente, com o desenvolvimento das geotecnologias, existe uma série de recursos que auxiliam sobremaneira a investigação de variáveis ambientais, sendo aplicáveis ao planejamento geográfico e à obtenção de dados voltados ao ordenamento territorial, tanto em níveis regionais quanto municipais (CATELANI, 2003).

Nesse sentido, Ross (1994) acrescenta que as avaliações ambientais, apoiadas em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, são excelentes suportes técnico científicos para a elaboração de sistemas e mapeamentos que vão dar suporte às políticas de planejamento estratégico em qualquer nível de gerenciamento ou governo e em qualquer território político administrativo: nação, estado, município, fazendas, núcleos de colonização, bacias hidrográficas, áreas metropolitanas, polos industriais, dentre outros.

De tal modo, elucidar os principais conceitos destas ciências e técnicas seriam imprescindíveis, a fim de conectar os métodos utilizados com as definições que a literatura traz, visto que há a proposta de uma pesquisa com caráter interdisciplinar, por conseguinte, com a união de distintos procedimentos.

4. Proposta de caracterização unificada

A questão da avaliação da qualidade socioambiental das cidades recai na questão da definição de indicadores ambientais. Para Morett (2002, p.17) tais indicadores “*dizem respeito à disponibilidade de recursos naturais, à forma de uso dos mesmos e aos resíduos gerados no seu consumo*”. Um dos problemas fundamentais para a determinação da qualidade ambiental é a definição de indicadores confiáveis referidos aos diferentes aspectos a serem considerados, que desse modo incidem “*três grandes aspectos de caráter geral que atuam como referência para a avaliação da qualidade ambiental: físico-naturais, urbano-arquitetônicos e socioculturais*” (LUENGO, 1998, p.29).

Destarte, os indicadores de qualidade ambiental urbana devem avaliar a capacidade - que envolve disponibilidade e acesso - da estrutura, da infraestrutura, dos equipamentos e serviços urbanos de uma determinada localidade, na satisfação das necessidades da população e no aumento de seu bem-estar.

Neste sentido, dados demográficos disponíveis em nível de setores censitários contribuem significativamente para uma análise robusta em relação ao todo (município ou região conurbada). No caso brasileiro, o censo demográfico coleta informações que estão relacionadas à condição de infraestrutura e relacionadas ao uso e destino de recursos naturais. No entanto, outras variáveis que conduziram a uma análise ambiental-urbana conjunta levando em conta fatores como a distribuição da vegetação, de disponibilidade de recursos hídricos não são registradas. Assim, cria-se a necessidade de associação de metodologias diferenciadas e interdisciplinares.

Classificar e/ou criar tipologias dos setores censitários urbanos conforme sua qualidade socioambiental incluiria a reunião de múltiplas variáveis distribuídas por estas unidades e a aplicação de métodos estatísticos que verificassem tanto o poder explicativo das mesmas, quanto o desenvolvimento de um modelo de classificação múltiplo para as áreas de interesse.

5. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento do trabalho, a metodologia apoia-se na obtenção das informações sobre aspectos sociais e ambientais conjuntos para a região de interesse, aliados a uma revisão bibliográfica que facilite a compreensão desta busca conceitual. Há um esforço em utilizar e combinar diferentes ferramentas geotecnológicas existentes, com vistas a trabalhar os dados espacialmente e com o intuito de garantir resultados dentro ou além das expectativas. Definida a área de estudo – Região Metropolitana de Belo Horizonte – agregar informações de cunho histórico, conceitual e o arcabouço de dados a serem trabalhados, propiciou um melhor conhecimento teórico, contribuindo também para a execução técnica, a qual lançou mão de amplo conhecimento e manuseio de dados matriciais e sistema de informações geográficas.

5.1 Variáveis selecionadas do Censo Demográfico de 2010

Os censos demográficos do Brasil se consolidaram, ao longo da história, como uma ferramenta importante às ciências humanas, desde que utilizado com critérios e padrões, oferecendo importantes indicadores sociais, o que permite aos pesquisadores o uso de uma rica fonte de dados. Neste trabalho, foram selecionadas variáveis que demonstram características positivas de análise, de modo que haja uma correlação qualitativa para a informação pretendida.

Para se alcançar o produto final – a categorização de microunidades – os valores precisaram ser discretizados, pois, grande parte dos disponibilizados pelo IBGE são absolutos na dimensão de setores censitários. Decidiu-se trabalhar, portanto, com o conceito de Razão por Domicílios. A variável *Alfabetização* – que remete à ideia de bom nível educacional – foi selecionada, de modo a potencializar o indicador, revelando a aproximação desse com a *socioeconomia*, assim como a *Renda*, representando o contexto do consumo básico.

As variáveis de entorno, que são inovadoras no censo 2010, potencializaram a metodologia para o viés da qualidade, uma vez que fazem referência à infraestrutura das áreas próximas aos domicílios do setor. Observações como iluminação pública, pavimentação, arborização, presença de calçada e rampa para cadeirantes são algumas das observações registradas. A tabela 1 demonstra o resumo de todas as variáveis selecionadas.

Tabela 1: Variáveis selecionadas do Censo Demográfico 2010 – IBGE

Variável		Descrição	Valor/ Atribuição
V01	Código Setor	Código do Setor Censitário	Absoluto
V02	Nome Município	Nome do Município que contém o setor	
V03	Nome Distrito	Nome do Distrito em que o setor se localiza	
V04	Situação	Caracterização se área urbanizada ou rural	
V05	Área km ²	Área total do setor em km ²	
V06	População	População Absoluta do setor censitário	
V07	DomPart Permanentes	Domicílios particulares permanentes totais do setor	
V08	Renda	Rendimento Nominal mensal por pessoa responsável	Razão pelo número de domicílios totais do setor
V09	PopAlfabetizada	Diferença entre residentes escolarizados e analfabetos	
V10	AguaRedeGeral	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água	
V11	AguaCanaliza Comodo	Domicílios particulares com abastecimento de água mínimo	
V12	AguaOutraForma	Domicílios particulares com outra forma de abastecimento	
V13	ComWC	Domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário	
V14	ComWCEsg RedeGeral	Domicílios particulares permanentes com WC via rede geral	
V15	ComColetaLixo	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado	
V16	IluminacaoPub	Domicílios particulares permanentes próximo iluminação pública	
V17	EntornoPavimenta	Domicílios particulares permanentes existe pavimentação	
V18	EntornoCalcada	Domicílios particulares permanentes aonde existe calçada	
V19	EntornoBueiro	Domicílios particulares permanentes aonde existe bueiro	
V20	EntornoArboriza	Domicílios particulares permanentes com arborização no entorno	
V21	EntornoRampa	Domicílios particulares permanentes existe rampa para cadeirante	
V22	EntornoMora Adequada	Domicílios particulares permanentes com moradia adequada	

Fonte: Censo Demográfico 2010. IBGE. Organizado pelos autores.

A escolha das variáveis que representam as dimensões exclusivas da qualidade socioambiental foi baseada numa análise crítica do conjunto de dados disponível em nível domiciliar e a partir da leitura e conhecimento de índices criados, como o Índice de Infraestrutura aplicado ao Vetor Norte de Belo Horizonte (COSTA *et al*, 2008).

A inclusão da renda média justifica se pela associação geral de boa infraestrutura de cada setor e ativos financeiros domiciliares com potencial de consumo. Já a relação expressa pelo número de alfabetizados está associada não só à condição social dos habitantes, mas também pelos reflexos de um nível cultural nas relações do homem com o ambiente (JACOBI, 2003). Já as variáveis de entorno selecionadas são produtos inovadores do último recenseamento e cooperam para a análise territorial de fatores que extravasam as características básicas das dimensões demográficas.

Agregadas e organizadas em uma planilha à parte, a próxima etapa foi a obtenção e processamento de dados espaciais. Quanto aos arquivos digitais dos setores censitários codificados, para as bases urbanas e rurais na escala 1:10.000 todos os 34 municípios já apresentavam os polígonos. Uma vez somados os setores rurais e urbanos foi composta a base cartográfica de setores totais e, a ela, foram associadas as tabelas de caracterização geral do IBGE, que permitem fazer consultas temáticas.

5.2 Variáveis adquiridas com técnicas de Sensoriamento Remoto

Qualquer estudo que abranja o uso de imagens de satélite deve levar em conta se as características do sensor selecionado atendem aos objetivos propostos. Neste trabalho optou-se por utilizar imagens do satélite Landsat. Além das características do sensor, sua escolha é recomendável uma vez que a disponibilidade destas permitem trabalhar com dados na data de referência das outras variáveis – ano de 2010 – em um nível de detalhamento suficiente para as dimensões da área de estudo: tanto no sentido regional, que é o caso da Região Metropolitana, quanto para as extrações a serem realizadas em nível de setores censitários. Assim, foram selecionadas junto ao sítio da *United States Geological Survey* (USGS) imagens do satélite Landsat 7, cenas das órbitas-ponto 218/073 e 218/074, dos meses de agosto e setembro, com menor incidência de nuvens.

Das sete bandas que compõem uma cena do sensor Landsat TM, optou-se por usar as bandas do vermelho (3), infravermelho-próximo (4) e infravermelho médio (5) para geração de uma imagem sintética. A composição da imagem multiespectral através das bandas 5, 4 e 3 nos canais RGB se deve às características de um resultado que facilita a identificação de alvos numa região considerada como heterogênea.

Para obter uma padronização do sistema de coordenadas e *datum* adotados, todas as imagens coletadas, bem como a base cartográfica de setores censitários foram reprojatados previamente para a Projeção Universal Transversa de Mercator, no Datum Sulamericano de 1969 – South American Datum (SAD69) – Fuso 23 Sul e na sequência para o SIRGAS 2000. Este procedimento foi realizado no *software* ArcGIS 10.

Nesse ponto, as cenas das bandas 3, 4 e 5 de cada órbita-ponto estavam prontas para serem mosaicadas. Isso devido ao fato da abrangência da região demandar 2 cenas diferentes. Em seguida, operações triviais de alteração no contraste das bandas foram utilizadas: distribuição linear do histograma em 2% com saturação nas pontas em todas as etapas que envolveram a participação de um intérprete. O realce linear

aumenta o contraste de uma imagem, expandindo o intervalo original de níveis de cinza da imagem original. Esse realce, executado no software SPRING, proporcionou uma melhor identificação dos objetos, apesar de que foram observados alguns ruídos nas bordas dos alvos. Dessa maneira, a *filtragem Gaussiana* pôde solucionar parte dessas impurezas de detalhe (GONZALEZ e WOODS, 1992).

Realizado o emprego destas técnicas igualmente para todas as bandas, salienta-se o fato de manter os contrastes e filtro aplicados, antes do próximo passo: a mosaicagem e subsequente procedimento de composição das bandas. Prosseguindo os métodos no *software* ArcGiS 10, a próxima etapa consistiu em corrigir geometricamente a imagem sintética obtida. Este georreferenciamento utilizou a malha de setores censitários totais – polígonos – da Região Metropolitana de Belo Horizonte¹ e alguns pontos de controle. O método de reamostragem utilizado foi o de “vizinho mais próximo” (*Nearest Neighbor*). Este método de reamostragem é recomendado em casos onde futuramente serão realizadas análises espectrais dos dados após a transformação. Os métodos de reamostragem influenciam significativamente nos *pixels* de imagens de média resolução, logo, nas formas dos alvos da imagem.

O RMS “*Root Mean Square Error*” ou Erro Médio Quadrático é uma medida de anomalia dos valores calculados em relação aos valores originais (tabela 2). Imagens com resolução igual a 30 metros, o RMS aceitável, é de 10 metros, conforme prevê a CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia – e o padrão de exatidão cartográfica (PEC). Em áreas urbanas, por exemplo, pode ser considerado um erro de 0,5 pixels para uma resolução de 30 metros, ou seja, erro de 15 metros.

Tabela 2: Amostra da distribuição de valores RMS em pixels para a correção geométrica da imagem mosaicada

Pontos de Controle	Erro X	Erro Y	RMS
01	0,1449	0,0197	0,1463
02	0,0462	0,0061	0,0466
03	0,2133	0,0301	0,2154
04	0,5535	0,1607	0,5763
05	0,8967	0,0475	0,8980
06	1,0458	0,1522	1,0568
07	0,0490	0,0954	0,1072
08	0,0054	0,0474	0,0477
09	0,1179	0,0192	0,1194
10	0,0363	0,0064	0,0369

Fonte: Elaborado pelos autores.

¹ O georreferenciamento da imagem sintética por meio das feições obteve valores razoáveis a baixos de erro RMS, pois, alguns setores censitários expressam a delimitação exata de parques ou grandes equipamentos urbanos, o que facilita a visualização e demarcação. Neste procedimento foram determinados 30 pontos de controle.

Como medida para um melhor processamento da imagem o passo seguinte foi o recorte da imagem sintética. Neste momento alguns procedimentos de geoprocessamento merecem ser destacados cronologicamente: a união de todas as feições relativas aos setores censitários totais em um único polígono; a transformação deste como o limite referência da RMBH e a máscara de corte da imagem. A partir daí cria-se uma unidade de trabalho em formato *raster*, devidamente tratada e recortada, conforme a representação na figura 1.

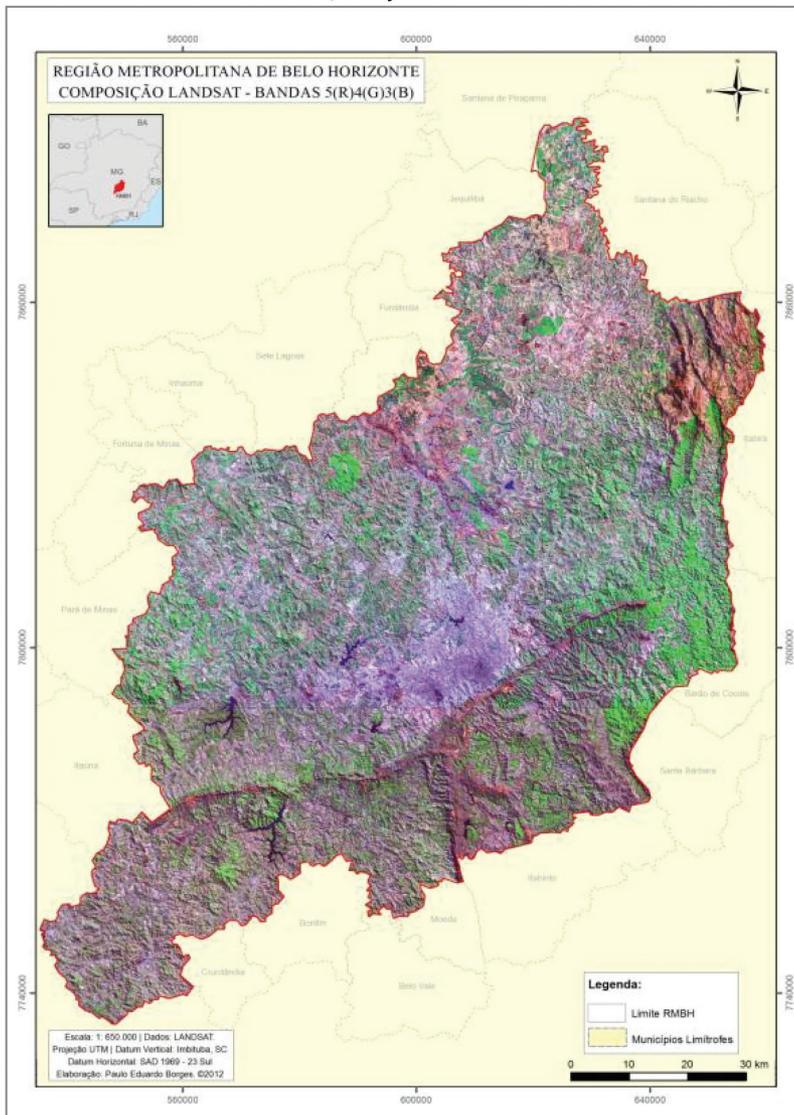


Figura 1: Composição colorida Landsat RGB543. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o tema deste trabalho, o objetivo do uso de sensoriamento remoto era identificar as áreas verdes (todo e qualquer pixel relacionado à cobertura vegetal; os vazios urbanos (solo exposto e lotes vagos); corpos hídricos e áreas potenciais de armazenamento. Mas na premissa de que um contexto ambiental deve ser analisado como um todo, a seleção destas variáveis só poderia ocorrer caso fossem identificadas também a espacialização de outros usos e/ou coberturas do solo na região. Nesse sentido, um mapeamento do recobrimento da área foi proposto, ainda que este não seja um dos objetivos específicos do trabalho.

Finalizadas as devidas correções, a geração de imagem sintética de boa qualidade e o recorte espacial, os procedimentos de classificação supervisionada puderam ser adotados no software SPRING e ArcGiS 10.

As categorias de classificação eleitas baseiam-se no conhecimento do intérprete da área pretendida e em outros trabalhos consolidados onde a questão ambiental esteve atrelada aos grandes centros urbanos. Em âmbito internacional como apontado em Lillesand e Kiefer (2000); nacional como Kouakou e Xavier-da-Silva (2007) ou ainda sobre o mesmo *locus*, conforme propõe Salles (2010). Definidas: Corpos Hídricos; Ocorrência Férrica; 2 classes de Uso Urbano: I e II (com maior adensamento); Solo Exposto; 4 tipos de Áreas Verdes: Campos, Vegetação Densa, Mata e Pastagem. A tabela 3 a seguir, demonstra com propriedade o número de pixels obtidos no conjunto de treinamento:

Tabela 3: Classes de treinamento e pixels coletados

Classe	Cor	Número de Pixels
Água	Azul	15.915
Ocorrência Férrica	Rosa	2.250
Urbano I	Cinza Claro	7.190
Urbano II	Cinza Escuro	5.330
Solo Exposto	Amarelo	4.860
Vegetação – Campos	Verde Lima	7.900
Vegetação – Densa	Verde Escuro	26.280
Vegetação – Mata	Verde Médio	13.575
Vegetação – Pastagem	Verde Claro	7.230

Fonte: Procedimentos coleta no software SPRING. Elaborado pelos autores.

Após a avaliação de um classificador de Distância Euclidiana, optou-se por utilizar o algoritmo de classificação “máxima verossimilhança” - MAXVER. Definiu-se como limite de aceitação de 100%, ou seja, uma imagem classificada sem rejeição onde todos os pixels foram atribuídos a uma categoria. A matriz de classificação abaixo, expressa na tabela 4, apresenta a distribuição de porcentagem de pixels classificados (in)corretamente na imagem.

Tabela 4: Matriz de Classificação – Categorias de análise

Classe	Água	Férrica	Urbano I	Urbano II	Solo	Campos	Densa	Mata	Pastagem
Água	92,57	0,17	1,20	0,33	5,4	0,02	2,70	1,25	0,11
Férrica	0,03	85,70	0,12	0,41	0,01	0,03	0,92	2,40	0,41
Urbano I	0,15	0,09	86,17	0,04	1,27	0,76	0,07	0,09	1,17
Urbano II	2,25	0,27	4,7	90,13	0,07	0,01	2,10	0,08	0,05
Solo	0,97	1,25	1,45	0,07	95,44	0,23	0,14	0,17	0,06
Campos	0,12	0,02	0,15	0,08	2,3	93,25	0,01	0,01	1,20
Densa	0,52	0,57	0,07	1,87	3,1	0,65	94,73	0,21	0,33
Mata	0,21	0,34	2,1	0,03	0,5	1,19	2,14	91,27	0,28
Pastagem	0,13	0,18	0,05	1,37	0	4,15	0,02	1,5	96,58

Fonte: Processamento de dados software SPRING. Elaborado pelos autores.

Na validação do modelo utilizou-se um índice baseado na medida de concordância entre a classificação obtida e a referência adotada para a estimativa da exatidão. O índice *Kappa* possui critérios da análise multivariada discreta e se apresenta como ferramenta de análise das classificações. Nesta trajetória, o índice *Kappa* obtido foi de 0,9167 e o valor de desempenho médio da classificação foi de 92,83%, o que confere uma classificação segura. Esta etapa de melhoramento foi realizada no software ArcGIS 10. Para isso, o formato *raster* extraído do ambiente SPRING foi tematizado e combinado com bases cartográficas oficiais que serviram de apoio como novas amostras de classificação. A partir disso, fez-se a associação de cada feição com sua categoria, operando novamente o algoritmo classificador. A Figura 2, a seguir, demonstra a espacialização da categorização e mapeamento produzido.

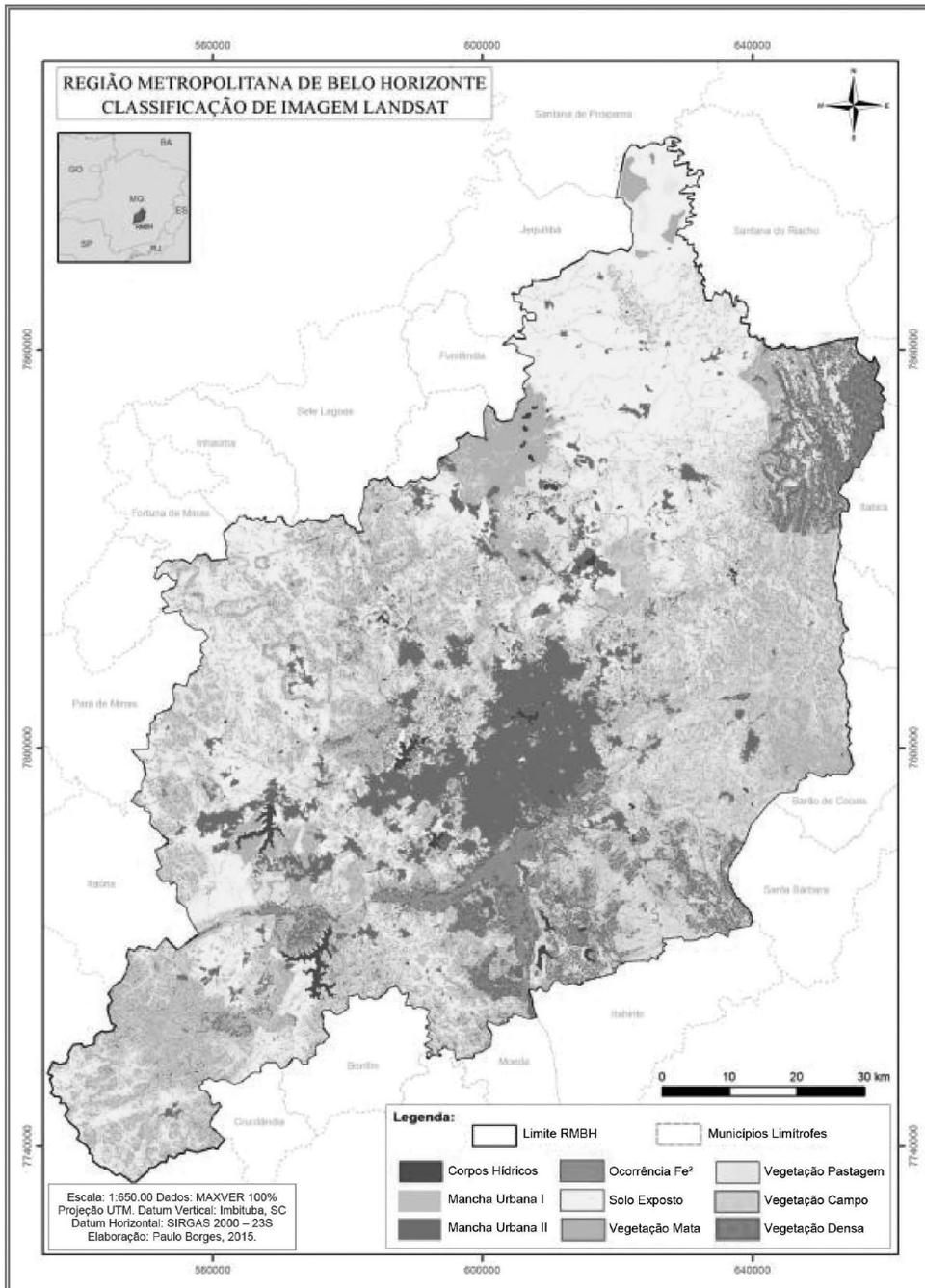


Figura 2: Extração classificação MAXVER. Fonte: classificação Landsat 7 e recom-
binação.

• Áreas Potenciais de Alagamento

O ASTER – *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection* – é o componente de sensoriamento remoto térmico equipado no satélite Terra, operado pela fundação estatal do Japão ERSDAC: *Earth Remote Sensing Analysis Center*. Consiste em três subsistemas de sensores: VNIR (*Visible and Near Infrared*), SWIR (*Shortwave Infrared*) e TIR (*Thermal Infrared*). As imagens possuem 14 bandas ou canais espectrais dando cobertura radiométrica desde o espectro visível até o espectro do infravermelho térmico. Para a América do Sul, os dados obtidos são disponibilizados na resolução espacial de 1 arco de segundo, aproximadamente 30 metros no sistema de coordenadas Lat/Long e Datum WGS84.

Uma vez coletados inicialmente, os dados do DEM para a Região Metropolitana de Belo Horizonte deveriam ser transformados em formato ASCII por *softwares* de PDI ou GIS. Utilizando o programa ENVI 4.3, este procedimento possibilitou extrair, para o novo formato digital, o Modelo Numérico de Terreno, *pixel a pixel* da imagem selecionada, criando uma nova coluna com os valores altimétricos. A partir daí optou-se por interpolar curvas de nível equidistantes verticalmente em 10 metros, um modelo que satisfaz a precisão necessária para a obtenção da declividade.

As categorias estabelecidas correspondem àquelas adotadas pela Lei de Parcelamento do Solo Urbano em Belo Horizonte, alterada no ano de 1999, onde são consideradas áreas *Non Aedificandi* superiores a 47% de declividade ou, propícias a inundações.

O próximo passo foi criar uma categoria que serviria como peso de evidência para a caracterização das áreas potenciais de alagamento. Seguindo a metodologia proposta por IPP (2008), mas considerando a denotação positiva no modelo aqui proposto, a variável de interesse será definida pelas declividades iguais ou maiores a 5 pontos percentuais do terreno e que estejam concomitantemente fora do contato com feições hídricas do território, incluindo drenagem preferencial, rios ou corpos d'água. Logo, trata-se de uma seleção de área que não apresentam facilidade de inundação no terreno.

Para isso, a Rede Hidrográfica é resultado da extração da classificação de imagem feita anteriormente (classe corpos hídricos) e das linhas advindas de bases cartográficas digitais oficiais, no caso, obtidas pela Agência Nacional de Águas – ANA e Instituto de Gestão das Águas Mineiras – IGAM. A drenagem preferencial foi obtida a partir de procedimentos de análise espacial que, a partir do MDE ASTER geram acumulação, fluxo e direção de água, conforme a topografia da superfície selecionada. Dando sequência para o cruzamento das informações, ressalta-se que o procedimento pretendido nada mais é que uma operação de consulta ou *Query* do tipo espacial, quando a expressão SQL expressa pode ser dada por:

*Select features Declividade > 5% que não contém
Drenagem OU Rios OU Corpos Hídricos contidos*

Em seguida, esta consulta por relacionamento de feições foi identificada e convertida em base cartográfica, de modo que pudessem ser quantificadas as áreas de duas categorias de interesse de análise no estudo e produzida uma carta onde fossem representadas as áreas ocupadas – mancha urbana – e àquelas passíveis de alagamento, conforme metodologia descrita (figura 3).

Vale destacar aqui que pelos resultados encontrados (tabela 5), mais de 10% da Região Metropolitana está adensada em área urbana e cerca de $\frac{1}{4}$ do território apresenta condições físicas favoráveis ao acúmulo de água em superfície. Nesse sentido, cabe reforçar aqui o conceito utilizado para tais porções, que vai ao encontro da proposta apresentada pelo Glossário de Defesa Civil, quando se refere ao transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas (DEDEC, 1998).

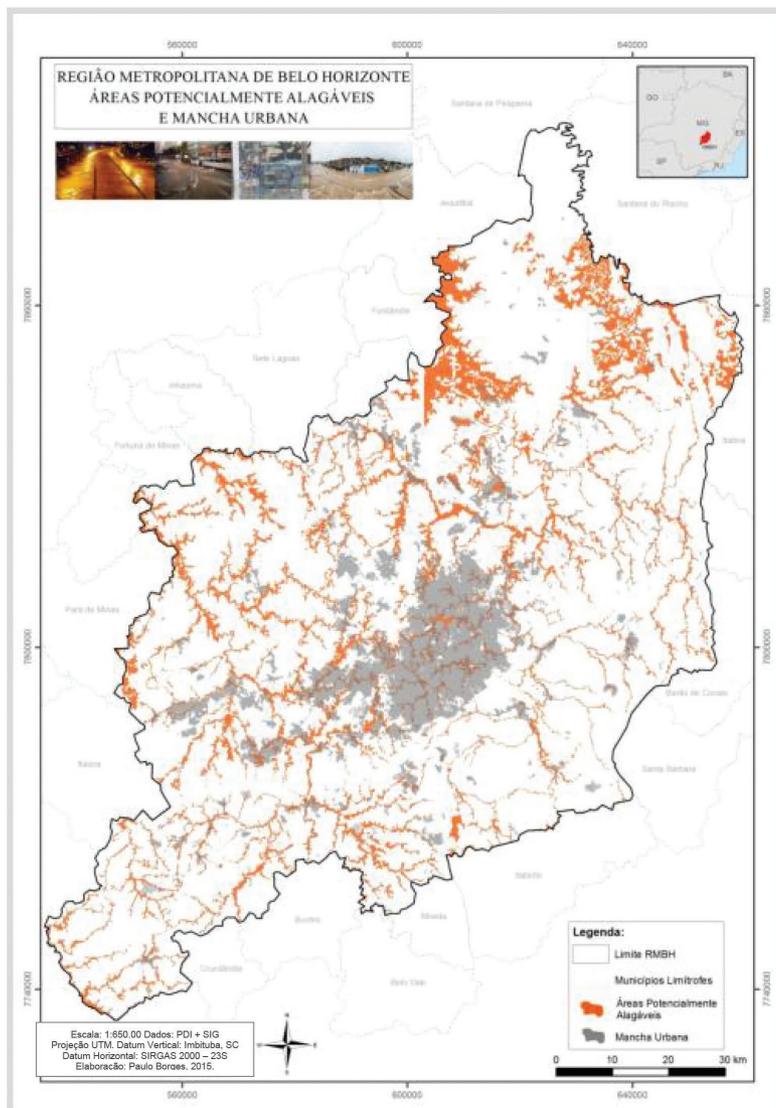


Figura 3: Mapa de Áreas Potenciais de Alagamento versus distribuição Mancha Urbana, 2010. Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 5: Total e Percentual das áreas urbanas e potenciais de alagamento na RMBH.

Classe	Área (km ²)	Percentual (%)
Área Urbana	1.083,1	11,45
Potencial Alagamento	2.446,45	25,86
RMBH	9.461,14	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

• Vetores → Tabela alfanumérica → Interseção

Adquiridas as variáveis ambientais de interesse e tendo posse de todas as feições² em ambiente geotecnológico, reforça-se o esforço em padronizar previamente todo o material de trabalho em projeção métrica, de modo que o cálculo geométrico de área seja facilitado: o formato poligonal possibilita calcular em unidades à escolha do operador, cada ocorrência em superfície. Ainda assim, o procedimento sequente e não trivial foi o cruzamento destas feições com a base de setores censitários, de modo que se obtivesse a área de ocorrência das classes em cada unidade sociodemográfica. Denominada *Clip*, a ferramenta de interseção do software ArcGiS 10 foi fundamental. O resultado é uma base cartográfica coincidente. Vale dizer que nesta operação algébrica, muitos destes polígonos sequer confrontam com os setores censitários, de maneira que alguns campos apresentaram 0 como valor numérico.

5.3 Banco de Dados e aplicação da Análise Discriminante

Finalizadas as etapas de organização e tratamento dos dados do Censo e daqueles adquiridos pelos procedimentos de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, foi preciso agrupá-los num banco, de forma bem estruturada e correlacionada ao código do setor censitário. Para isso foram executadas transcrições dos formatos *.dbf* das tabelas de atributos das bases cartográficas para o formato *.xls*, uma vez que essa etapa foi operada em ambiente *Microsoft Excel*. Em seguida, as variáveis das diferentes dimensões (sociais e ambientais) foram agregadas. Todos os resultados das variáveis foram ponderados pelo número absoluto de domicílios em cada célula ou setor e a Tabela 6, a seguir, apresenta a organização geral.

² Classes (categorias) ou variáveis a serem incluídas no modelo que ainda estivessem no formato *raster*, foram transformadas em feições – *raster to polygon* – no ambiente ArcGiS 10, procedimento no qual os pixels são transformados em atributos numéricos distribuídos no formato linhas e colunas.

Tabela 6: Amostra do Banco de Dados geocodificado anterior à aplicação estatística

Codigo_Setor	Nome_Município	Situacao	Area_km ²	Populacao	N_Domicilios	cWC	Area_Verde
3105004050000001	Baldim	AUCD	0,2904	507	132	0,9213	0,0234
3106204050000286	Belo Horizonte	AUCD	0,0479	454	212	0,9537	0,4357
3106304050000001	Belo Vale	ZREAR	2,5354	1406	367	0,6523	0,9325
3105004050000258	Betim	AUCD	0,8762	740	205	0,8931	0,0456
3109004050000077	Brumadinho	AUCD	1,3278	194	54	0,6245	0,9845
3110004050000097	Caeté	AUCD	2,9852	682	161	0,8756	0,1283
3112504050000005	Capim Branco	ZREAR	4,2567	1558	34	0,7782	0,9102
3118604050000374	Contagem	AUCD	0,1735	1511	394	0,9975	0,6345
3124004050000001	Esmeraldas	AUCD	9,3467	345	497	0,9823	0,0378

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise discriminante é, segundo Khattree e Naik (2000), uma técnica da estatística multivariada que estuda a separação de objetos de uma população em classes. A discriminação ou separação é a primeira etapa, sendo a parte exploratória da análise e consiste em se procurar características capazes de serem utilizadas para alocar objetos em diferentes grupos previamente definidos. A classificação ou alocação pode ser definida como um conjunto de regras que serão usadas para alocar novos objetos (JOHNSON e WICHERN, 1999).

A aplicação desta análise multivariada foi realizada no *software* SPSS. O primeiro passo foi exportar o Banco de Dados mencionado anteriormente, configurar os valores e rótulos e pré-determinar o número de faixas as quais a variável discriminante seria decomposta. A dimensão *Alfabetização* serviu como variável categórica e, uma vez tendo como objetivo final para a categorização 5 categorias diferentes, 5 pontos de corte (*cutpoints*) em iguais percentis – 20% – foram determinados.

Posteriormente, a análise discriminante pôde ser executada, tendo como variável de agrupamento a *Alfabetização*, *PopAlfabetizada* categorizada e as demais variáveis de interesse como independentes. Para as estatísticas descritivas foram selecionadas *Média* como referência e *Fisher* como função coeficiente. Para uma posterior análise da distribuição fixou-se a matriz de covariância total.

Como resultado, são geradas outras 6 variáveis, onde uma delas é o resultado *stricto sensu* da discriminante (*Dis_1*) e as outras 5, uma distribuição de probabilidades de cada indivíduo para cada categoria, ou seja, o potencial em percentual de cada setor censitário pertencer à certa categoria que pode ou não lhe ser atribuída (Tabela 7).

Tabela 7: Amostra das variáveis adquiridas com a Análise Discriminante

Alfabetiza_Categ	Dis_1	Dis1_1	Dis2_1	Dis3_1	Dis4_1	Dis5_1
4	1	0,3924	0,3293	0,1856	0,0725	0,0201
3	2	0,2124	0,3407	0,2602	0,1323	0,0543
1	1	0,5039	0,3054	0,1349	0,0445	0,0112
1	2	0,3006	0,3304	0,2129	0,1418	0,0143
5	1	0,8310	0,0954	0,0510	0,0171	0,0054
3	1	0,9899	0,0077	0,0020	0,0004	0,0001

Fonte: Manipulação de dados e análise multivariada.

Para avaliar a classificação realizada a partir da análise discriminante vale observar o comportamento do modelo a partir de uma regressão, onde foram são confrontados a classificação principal – constante – e demais probabilidades (tabela 8). Outra maneira é, por meio da descrição de indivíduos classificados, os setores censitários, elaborar uma matriz de classificação e, como proposta diferenciada, simular o coeficiente *Kappa* com exatidão total, conforme a tabela 9.

Tabela 8: Resultados Regressão linear – Coeficiente Discriminante versus probabilidades

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,958 ^a	,933	,933	,312

Fonte: Manipulação de dados e análise multivariada – software SPSS.

Tabela 9: Matriz de Classificação da Análise Discriminante

Cut Points	Interval	< 1,3450	1,3451 – 1,9840	1,9841 – 3,0105	3,0106 – 5,6000	5,6000 +	Lines	
1	< 1,3450	641	320	80	30	25	1098	
2	1,3451 – 1,9840	244	354	284	166	55	1097	
3	1,9841 – 3,0105	137	181	296	370	110	1098	
4	3,0106 – 5,6000	70	72	140	428	404	1097	
5	5,6000 +	55	52	30	104	872	1097	
Columns		1144	970	830	1090	1453	5487	
Diagonals		2591						
Elements		5487						
<i>Kappa</i> Index		0,58						

Fonte: Manipulação de Dados e análise multivariada. Elaborado pelos autores.

Apesar dos valores atribuídos e do bom arranjo de classificação realizado, aplicar a categorização dada, desconsiderando as probabilidades de pertencimento, seria simplório e, talvez, pouco explorador do ponto de vista estatístico, sendo que as categorias da categorização final podem ser recondicionadas confirmando sua expressividade para determinada faixa. Assim, foram estipuladas duas condições: a probabilidade acumulada das categorias ser *maior* ou *menor* do que a discriminante obtida, adiante demonstrado na tabela 10.

A descrição matemática condicional é dada se o valor discriminante encontrado for igual a 1 – primeira categoria – soma-se seus valores superiores, ou seja, das discriminantes das categorias 2 até 5, assim, sucessivamente, até o limite da categoria 4. Esse raciocínio atribuirá 1 ponto em sua classificação para o valor discriminante, caso tenha uma probabilidade maior de pertencer às classes superiores:

$$SE(C=1;SOMA(E:H);SE(C=2;SOMA(F:H);SE(C=3;SOMA(G:H);SE(C=4;H;0)))$$

A mesma consideração foi dada para os valores menores. Admitindo as respostas encontradas para a primeira causa, a relação matemática pôde ser expressa por:

$$Prob. Acum. Cat < Dis_1 = 1 - (MÁXIMO(D:H)+I)$$

Daí então, o grau de potencialização do Índice é dado pela relação entre a possibilidade de ser expressado por um valor menor ou maior que sua categoria. Caso sua probabilidade for maior que a classe encontrada, soma-se 1 ponto, em caso menor, subtrai-se: $SE(I>0,4;C+1;SE(J>0,4;C-1;C))$.

Tabela 10: Amostra do universo de dados para as estatísticas realizadas

Coluna	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Variável	Alfabetiza _Cat	Dis _1	Dis1 _1	Dis2 _1	Dis3 _1	Dis4 _1	Dis5 _1	Prob. Acum. Cat > Dis_1	Prob. Acum. Cat < Dis_1	CQS Real	□ Delta
V A L O R E S	4	2	0,2001	0,0725	0,3293	0,1856	0,3924	0,6072	0,0000	3	1
	3	3	0,0548	0,1323	0,3407	0,2602	0,2124	0,4454	0,0101	4	1
	1	2	0,0112	0,0445	0,3054	0,1349	0,5089	0,4947	0,0000	3	1
	1	3	0,0148	0,1418	0,3304	0,2129	0,3006	0,3676	0,1666	2	-1
	5	2	0,0054	0,0171	0,0954	0,0510	0,8310	0,1682	0,0000	2	0
	3	1	0,0001	0,0004	0,007	0,0020	0,9899	0,0096	0,0000	1	0
	5	1	0,0006	0,0047	0,0845	0,0201	0,8901	0,1085	0,0000	2	1
	4	1	0,0007	0,0002	0,0089	0,0015	0,9893	0,0091	0,0013	1	0

Fonte: Manipulação de Dados. Elaborado pelos autores.

O valor final pretendido tem como parâmetro a probabilidade de 60%, para valores maiores ou menores, consideração que satisfaz, matematicamente – superior à metade – a nova classificação. O valor ajustado da discriminante, ou seja, o novo IQSA para cada indivíduo pode ser expressado por:

$$SE(I>0,4;C+1;SE(J>0,4;C-1;C))$$

A confirmação do ajuste pretendido é dada pela variação – delta – entre a discriminante normalizada e a original, onde existem indivíduos (setores) que mantiveram sua classificação ($\Delta = 0$); outros que elevaram seu *ranking* ($\Delta = 1$) e muitos que tiveram um decréscimo na sua categoria ($\Delta = -1$), devido à regra de probabilidades aplicada.

Esse ajuste opera com propriedade o que propõem Johnson e Wichern (1999), quando se considera as probabilidades de pertencimento para cada categoria – lógica nebulosa – e ainda que a regra de classificação deve considerar as probabilidades *a priori* e os custos de má classificação. Ou ainda se as variâncias das populações são iguais ou não.

6. Resultados e discussão

• Banco de Dados Geocodificado

Por fim, restou apenas agregar as classificações tabuladas às feições espaciais³ dos setores censitários totais dos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte e gerar um mapa síntese por manchas da categorização implementada. O banco de dados geocodificado reúne todas as variáveis trabalhadas no modelo proposto, mas seu arranjo final, incluindo apenas a classificação quanto à qualidade socioambiental pode ser sintetizada conforme a Tabela 11. Para efeitos de percepção qualitativa, aderiram-se termos triviais às classes, respondendo por: *insatisfatória, regular, médio, boa e ótima* (Figuras 4 e 5).

Tabela 11: Amostra do Banco de Dados geocodificado final

Codigo_Setor	Nome_Município	Situacao	Area_km ²	População	CQS
3105004050000001	Baldim	AUCD	0,2904	507	5
3106204050000286	Belo Horizonte	AUCD	0,0479	454	3
3106304050000001	Belo Vale	ZREAR	2,5354	1406	2
3105004050000258	Betim	AUCD	0,8762	740	4
3109004050000077	Brumadinho	AUCD	1,3278	194	1
3110004050000097	Caeté	AUCD	2,9852	682	2
3112504050000005	Capim Branco	ZREAR	4,2567	1558	3
3118604050000374	Contagem	AUCD	0,1735	1511	5
3124004050000001	Esmeraldas	AUCD	9,3467	345	3

Fonte: Manipulação de Dados. Elaborado pelos autores.

³ Nesta etapa, utilizou-se o *software* MapInfo 10.2.

• Análise Estatística da distribuição

A partir da elaboração e análise do gráfico de distribuição percentual da figura 4 a seguir, nota-se que a maior parte dos setores está incluída nas categorias *boa* e *média*. Entretanto, nem um décimo do total com ótima qualidade e mais de $\frac{1}{4}$ nas faixas *regular* e *insatisfatória*.

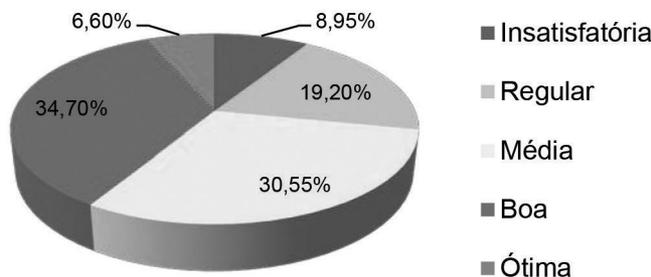


Figura 4: Gráfico da distribuição dos setores censitários por categorias.

Fonte: análise dos dados. Elaboração dos autores.

Todavia, esta realidade é preocupante no que tange as dimensões incluídas no modelo, dado que as variáveis utilizadas envolvem questões de escolaridade, renda e habitabilidade, além da consideração sobre abundância ou não de elementos naturais positivos, ainda que existam críticas construtivas sobre as inserções no modelo elaborado.

• Distribuição Espacial das Categorias

As observações feitas a partir da interpretação do mapa síntese trazem consigo um significado de explicação inerente às variáveis utilizadas na elaboração do indicador. Há de se investigar quais hipóteses individuais influenciaram nas respostas da categorização e, posteriormente, produzir informações das municipalidades como um todo.

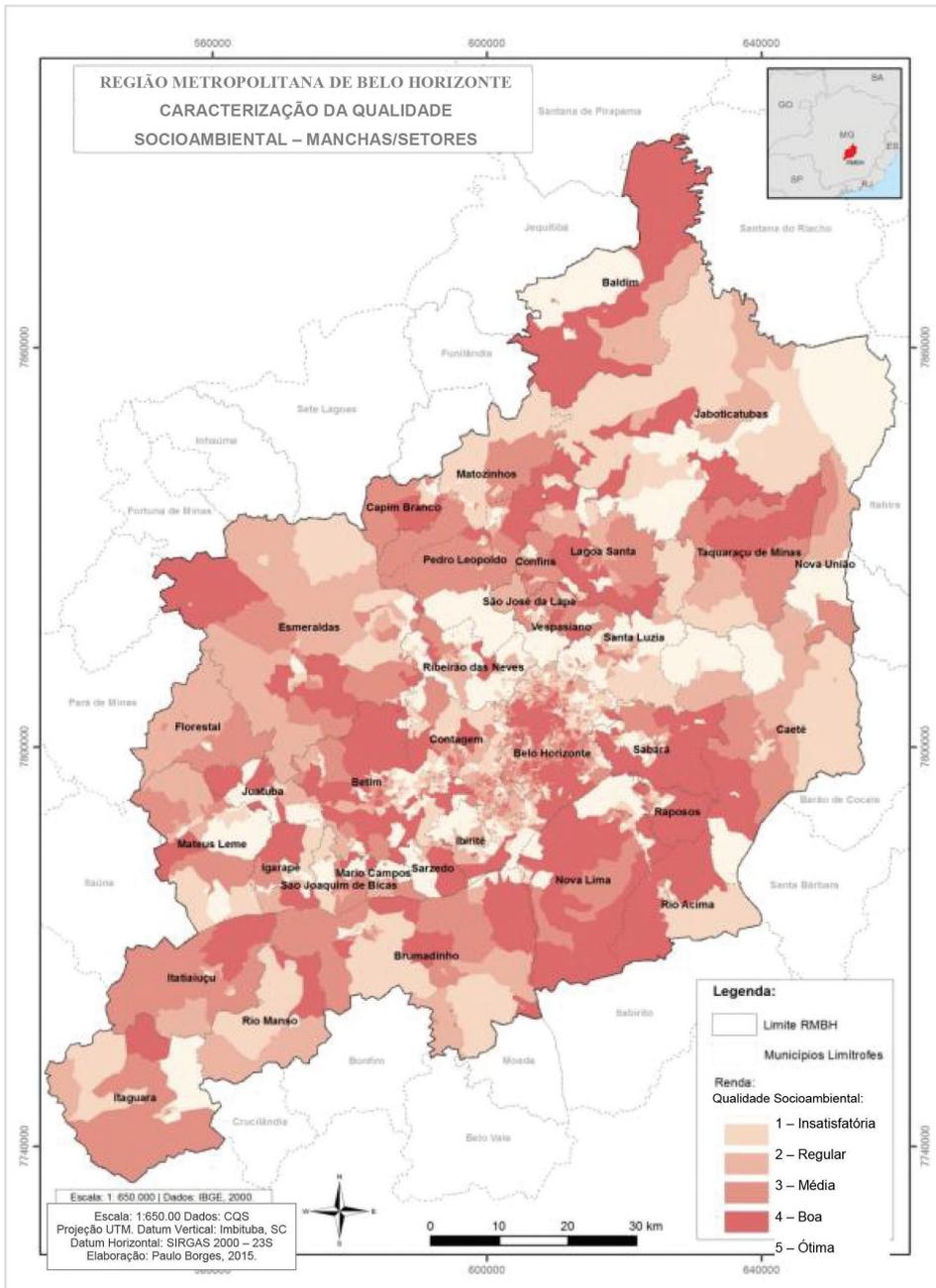


Figura 5: Mapa síntese de distribuição da categorização da qualidade socioambiental.
Fonte: Elaborado pelos autores.

• **Da espacialização à conexão de dados interdisciplinares**

Em suma, o que se pode concluir da espacialização da caracterização da qualidade socioambiental na região metropolitana de Belo Horizonte é que, excetuando a porção norte, não foram encontrados agrupamentos de setores censitários em larga escala, contíguos por categoria. Isso levanta hipóteses que vão além de uma heterogeneidade entre setores e caracterização geral dos municípios. Uma observação mais detalhada por consulta no SiG elaborado, revela que a categorização proposta também pode detectar especificidades.

Acredita-se que esta característica deve-se ao fato da manipulação de dados em nível de setores censitários, a mínima unidade de análise socioeconômica, além das variáveis de resposta espectral, as quais advêm de uma resolução espacial de 30 metros, ou seja, há uma correspondência entre o tamanho dos dados processados. Nesse ínterim, os procedimentos de correção geométrica e ajustes adotados deram um ganho considerável no manuseio e processamento das imagens, compreendendo as etapas de pré-processamento, realce e classificação.

De maneira oportuna, vale ressaltar a disponibilidade das cenas Landsat 7 numa temporalidade satisfatória para análise, além do baixo percentual de recobrimento por nuvens. Destarte, foram dispensados no tratamento inicial quaisquer tipos de correção de natureza atmosférica. Os posteriores resultados de classificação e procedimentos combinados de geoprocessamento trouxeram respostas aceitáveis e permitiram avaliar positivamente os procedimentos adotados e, com grande relevância, a experimentação interdisciplinar desenvolvida.

• **Avaliação da Categorização**

A Categorização da Qualidade Socioambiental revelou uma aproximação à realidade da RMBH. Isso remonta a ideia de que os métodos propostos podem ter um alcance de resposta justificado e certa capacidade. Outras muitas colocações e discordâncias poderiam ser estabelecidas, de modo que somente o desenvolvimento mais apurado das técnicas aqui definidas e o debate entre sociedade e poder público, levantaria hipóteses de uma real aplicação para julgamento e rotulação da qualidade ambiental.

Em suma, conforme o embasamento teórico-técnico empregado e diante dos resultados obtidos, pode-se considerar que a proposta de utilização é válida, em primeiro momento, como caráter de pesquisa e possibilidades de argumentações e reflexões que o tema traz consigo. Certo que existam outras formas de se avaliar a potencialidade / poder de explicação, esforços concentrados na busca de novos dados e informações devem ser empregados, na tentativa de melhoramento e contraposição às outras experiências.

Há a possibilidade de incrementar a análise com outras variáveis relacionadas ao tema geral, como por exemplo, acesso a transportes, segurança e saúde. Outros trabalhos como o Índice de Qualidade de Vida Urbana - IQVU, proposto em 1996 pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e em pauta de execução metodológica para outros municípios, além de trabalhos científicos internacionais, já obtiveram respostas

satisfatórias nesse quesito. Nesse meio dá-se a importância de adequar e utilizar técnicas variadas e quantitativas como as adotadas neste trabalho.

7. Considerações Finais

A distribuição da infraestrutura relacionada à habitação, garantias de boas condições do entorno das moradias, perfil geral de escolaridade plena entre os residentes, renda média potencial ao consumo e bem estar, bem como a presença dos aspectos naturais da paisagem ao meio devem ser contrários a um modelo “emergencial” de provisão, que é praticado historicamente no país.

Na contemporaneidade, as questões ligadas à qualidade de vida vêm cada vez mais se afirmando como questões regionais que ultrapassam a esfera municipal e da própria região metropolitana. Com o aprofundamento nas questões históricas conclui-se que a demanda – constante – por serviços básicos exige cada vez mais investimentos e custo elevado, e, em contrapartida deve-se impor medidas de proteção das bacias hidrográficas e controle do uso e cobertura do solo o que, muitas vezes, entram em choque com interesses específicos de alguns municípios.

A qualidade vida e ambiental para as cidades pode ser considerada como um aspecto importante de equilíbrio entre a ocupação urbana e os elementos da paisagem não modificada, somado ao acesso às infraestruturas básicas dos equipamentos habitacionais que privilegiem condições salubres e de conforto. Estes serviços devem ser bem delineados e implementados através de planejamento. E, muito embora existam amplas discussões sobre a problemática ambiental nos centros urbanos na atualidade, o embasamento teórico e metodológico ainda está em processo de construção.

Neste sentido, a criação de indicadores diferenciados pode contribuir com as políticas públicas, principalmente nos grandes centros urbanos e regiões “metropolizadas”, onde a velocidade de transformação do espaço, sequente à urbanização, preocupa as autoridades e sociedade. A inserção de tecnologias e métodos avançados pode contribuir tanto para as responsabilidades de gestão do território, quanto para uma melhor instrução e percepção do meio em que se vive. Ressalta-se a importância de admitir modelos – estatísticos e espaciais – e formas de representações como parte integrante de um sistema de difusão de conhecimento e a disponibilidade e o trato de dados que, traduzidos, podem corresponder com fidelidade à realidade, sendo considerado um instrumento confiável.

Referências Bibliográficas

- Brito, F.; Souza, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. São Paulo Perspectiva, vol.19, no.4, p.48-63, 2005.
- Catelani, C. S. et al. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE / Selper, Belo Horizonte, 2003.
- Christofoletti, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. 1ª. Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- Costa, H. S. M.; Matos, R.; Garcia, R.A. Saadi, A.; Estudo sobre impactos oriundos de iniciativas localizadas no eixo norte da RMBH e definição de alternativas de desenvolvimento econômico, urbano e social para o Município de Belo Horizonte. Volume V. Belo Horizonte. Maio de 2008.
- DEDEC. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria especial de políticas regionais Departamento de Defesa Civil). Glossário da Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/programasurbanos/Imprensa/prevencao-de-riscos/>>. Acesso em: 21 de Março de 2015.
- Gomes, U. A. F. Intervenções de saneamento básico em áreas de vilas e favelas: um estudo comparativo de duas experiências na Região Metropolitana de Belo Horizonte Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2009.
- Gonzalez, R.; Woods, R. Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, EUA. p. 191, 1992.
- Haggett, P. & Chorley, R. J. Modelos, paradigmas e a Nova Geografia. In: Modelos físicos e de informação em Geografia. (Chorley, R. J. & Haggett, P., Eds.). Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1-19, 1975.
- Jacobi, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. In: Cadernos de Pesquisa da USP. Número 118. 189-205 pp. Sao Paulo, 2003.
- Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 1949. Tradução de Jose Carlos Neves Epiphanyo et al autorizada da Segunda Edição. Editora Parêntese. São Jose dos Campos – SP. 2009.
- Johnson, R.A. Wichern, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 4 th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 815 p. 1999.
- Khattree, R. Naik, D.N. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software, Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2000. 558 p.
- Kouakou, R.D.; Xavier-Da-Silva, J. Geoprocessamento Aplicado à avaliação de geopotencialidade agroterritorial. In: Xavier-Da-Silva, J. ; Zaidan, R. T. Geoprocessamento e Análise Ambiental : aplicações. 2a. Edição. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2007. 301-352p.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- Luengo, G. Elementos para la definición y evaluación de la calidad ambiental urbana. Una propuesta teórico-metodológica. Anais do IV Seminário

- Latinoamericano de Calidad de Vida Urbana. Tandil (Argentina), 8 a 11 de setembro de 1998.
- Morett, A. J. Um estudo para ajuste na metodologia de gerenciamento de processo inserindo os fatores legal, social e ambiental em sua análise. 2002. 283f. Tese em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- Ross, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia. USP. Número 08, p.63-74. 1994.
- Salles, C. M. A Dinâmica do Espaço Urbano: Análise da evolução da mancha urbana do Vetor Norte da RMBH por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Pós-graduação em Geoprocessamento. Instituto de Geociências. UFMG. Belo Horizonte. 2010.
- Stevenson, Willian J. Estatística aplicada à administração. São Paulo: Harper e Row do Brasil, 1981.

