

CARACTERIZAÇÃO E ÍNDICE DA QUALIDADE DO SANEAMENTO AMBIENTAL A PARTIR DE MODELOS GEOTECNOLÓGICOS E ANÁLISE MULTIVARIADA

Paulo Eduardo Alves Borges da Silva ♦

Resumo

O fenômeno da expansão das cidades inerte a um planejamento reestruturador pode representar uma ameaça à qualidade de vida nos centros urbanos, principalmente nas áreas periféricas, ocupadas majoritariamente por parcelas da população socioeconomicamente menos favorecidas. São recorrentes os desastres ambientais e o incremento da demanda de serviços. Nesse ínterim, destaque para a provisão do saneamento básico: desde a existência de sanitários nos domicílios até a instalação da distribuição de água, tratamento de esgoto, bem como a coleta de lixo. Destarte, a temática da qualidade do saneamento ambiental denota uma associação entre a disponibilidade de infraestrutura e seus impactos correlacionados ao meio ambiente e quem o habita. Este trabalho buscou caracterizar a condição da distribuição espacial da qualidade do saneamento ambiental em uma grande metrópole brasileira - Belo Horizonte - utilizando dados em nível de setores censitários por razão de domicílios, possibilitando uma análise multiescalar. Para tal, técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento mostraram-se adequadas: aspectos domiciliares geocodificados explicitaram a espacialização dos serviços e infraestrutura e, a partir das imagens de satélite e procedimentos de classificação, pôde-se mensurar a distribuição das áreas verdes e vazios urbanos, presença de corpos hídricos e zonas potenciais de alagamento. Por fim, uma análise estatística multivariada (discriminante) permitiu a elaboração de um indicador sintético do grau de saneamento ambiental por setores censitários. Acredita-se que os resultados deste trabalho possam contribuir para a difusão dessas técnicas e a elaboração de políticas públicas sustentáveis capazes de avaliar e prever as condições da população residente urbana, no que diz respeito ao saneamento ambiental.

Palavras chave: Saneamento; Qualidade; Índice; Modelos; Análise Multivariada.

♦Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências.(Geógrafo. Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais).pauloeduardoborges@gmail.com

Abstract

The expansion of cities without a restructuring plan represents a threat to quality of life in urban centers, principally in the peripheral areas. These places are mainly occupied by groups of people socioeconomically disadvantaged and where there are frequent environmental disasters and increasing demand for services. Emphasis on the provision of basic sanitation: the existence of toilets in private homes, installation of water distribution, sewage treatment and garbage collection. The issue of environmental sanitation quality is an association between the availability of infrastructure, impacts related to the environment and who inhabits the space. This study aimed to characterize the condition of the spatial distribution of environmental sanitation in a large Brazilian city - Belo Horizonte – using data at the level of census sectors by reason of households, enabling a multiscale analysis. For this, remote sensing and GIS techniques are presented adequate: geocoded household aspects explained the spatial distribution of services and infrastructure. From the satellite images and classification procedures, was estimated the distribution of green areas and urban voids, the presence of water bodies and areas of potential flooding. Finally, a multivariate statistical analysis (discriminant) allowed the preparation of a synthetic indicator: the degree of environmental sanitation quality by census sectors at different probabilistic levels. It is believed that the results of this article can contribute to the development of sustainable public policies capable of assessing and predicting the conditions of the urban resident population, with regard to environmental sanitation.

Keywords: Sanitation, Quality, Index, Models; Multivariate Analysis.

1 – INTRODUÇÃO

Ao mesmo tempo em que se trata de uma ação de saúde pública e proteção ambiental, o Saneamento traz consigo uma multiplicidade de funções, pois, é um bem de consumo coletivo, um serviço fundamental ao homem e, conseqüentemente, um direito do cidadão e dever do Estado. Portanto, sua atuação se enquadra nas políticas públicas e sociais e a promoção deve ser fruto de ações conjuntas.

O desafio decorrente da urbanização consiste na harmonização dos objetivos de desenvolvimento da saúde e do ambiente, assim como os da equidade social para os que necessitam da formulação de políticas efetivas de desenvolvimento urbano. A repercussão na saúde devido às conseqüências do crescimento urbano desordenado, especificamente em relação à falta de saneamento básico, ainda pode ser identificada através dos índices de

mortalidade por doenças infecto-contagiosas, principalmente nas menores faixas etárias (OKANO et al, 2009).

Segundo OPAS (2007), saneamento básico é o conjunto de ações que se executam no âmbito do ecossistema humano para o melhoramento dos serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto, o manejo dos resíduos sólidos, a higiene domiciliar e o uso industrial da água, em um contexto político, legal e institucional no qual participam diversos atores do âmbito nacional, regional e local. Vale ressaltar que este conjunto de ações mantém uma inter-relação permanente entre a gestão do saneamento básico e a saúde pública.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo principal avaliar a situação do saneamento num contexto abrangente, onde variáveis ambientais e econômica são agrupadas aos fatores já conhecidos de infraestrutura de saneamento básico: água, esgoto e lixo. Assim, a proposta é caracterizar a qualidade do saneamento ambiental, através da criação de um índice sintético, obtido por meio de técnicas de análise estatística multivariada. A obtenção dos resultados das variáveis ambientais físicas – áreas verdes, corpos hídricos, áreas potenciais de alagamento e vazios urbanos – se dá através de procedimentos de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento e a combinação final das variáveis tem como fator preponderante a Renda, condição relativa de indicador de boa infraestrutura.

Além disso, o esforço realizado nesta pesquisa busca ceder informações para um debate não só acadêmico, como também no eixo da gestão participativa; selecionar variáveis que correlacionem à infraestrutura urbana e meio ambiente disponibilizadas pelo Censo e verificar o poder de explicação das mesmas num modelo integrado; obter, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e recorte espacial, dados que agreguem valor e complementem a análise do saneamento; elaborar um banco de dados geocodificado das variáveis; difundir a metodologia; gerar um indicador de tipologia para Belo Horizonte e confeccionar um mapa síntese das unidades em questão. Os procedimentos adotados compreendem etapas onde as atividades de leitura e a montagem / manuseio de dados foram imprescindíveis.

2 - MEIO AMBIENTE URBANO E SANEAMENTO

Boa parte da sociedade refere-se ao meio ambiente trazendo a efígie de áreas naturais não-antropizadas, por vezes associadas a uma paisagem rural, ou um local onde há a existência de ampla cobertura vegetal e riqueza hidrológica. Porém, a área urbanizada de um município, ou seja, o palco de significativas alterações humanas no que um dia já foi território passível exclusivamente das dinâmicas da Natureza, pode ser denominado como um meio ambiente

urbano. Nele devem ser encontradas todas as preocupações ambientais acrescidas do fator humano e sua ocupação: habitação, arruamentos, meios de transporte, obras, dentre outros. Entre estas transformações, incluem-se também os meios produtivos, que vão desde a formação educacional até as empresas e indústrias.

Diante das necessidades humanas ao longo de toda a história, muitos problemas surgiram relacionados ao ambiente com um todo. Desperta na sociedade inquietações vinculadas à sua conservação e qualidade, o que trouxe uma importância ainda maior aos estudos neste âmbito, para que se alcance uma melhor qualidade de vida nas aglomerações.

Hoje, as cidades podem ser consideradas como ecossistemas, abertos e de grandes proporções, capazes de atingir longas distâncias. Além dessa questão de influência multiescalar, pode-se dizer que os estudos referentes ao meio ambiente urbano tornam-se complexos na medida em que devem ser considerados não só toda uma gama de recursos naturais utilizados, como também as decorrências (positivas ou não) advindas das transformações de um meio que um dia já foi “intacto”. Na ocorrência deste estudo, voltam-se as atenções para as condições ambientais no meio urbano e suas implicações para a população, no cerne do saneamento básico e seus aspectos ambientais relacionados, os quais afetarão na qualidade de vida.

Segundo a Lei federal nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007¹, o saneamento básico pode ser entendido como o “conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais.” Mas seja qual for a definição utilizada, é adequado dizer que o saneamento básico está intimamente relacionado às condições de saúde da população e mais do que simplesmente garantir acesso aos serviços, instalações ou estruturas que citam a lei, envolve, também, medidas de educação da população em geral e busca de uma conservação dos recursos ambientais.

Para conseguir agregar condições vitais adequadas à população, é preciso atualmente direcionar a análise urbanística para propostas de ocupação nos municípios, de modo que se explorem os potenciais locais, corrijam erros organizativos e eliminem pontos críticos de riscos - relacionado à moradia - e de insalubridade (BONDUKI, 2003). Em nosso país, garantir um ambiente saudável e que preserve os patrimônios naturais é uma tarefa com custos

¹BRASIL, Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

altíssimos, fato que dificulta ainda mais a manutenção das condições salutaras às instalações da população. Segundo o Ministério das Cidades², “(...) são necessários investimentos de cerca de R\$ 20 bilhões anuais nas próximas duas décadas para garantir moradia digna e saneamento básico para atender as famílias com renda de zero a cinco salários mínimos.”

Carências graves são também observadas na área de drenagem urbana, submetendo diversos municípios a periódicas enchentes e inundações, além de problemas de saúde pública resultantes do escoamento deficiente das águas de chuva (BARROS, 1995). O escoamento pluvial se dá através da instalação de bueiros e bocas-de-lobo que funcionam com um input das águas e direcionam o fluxo coletado, na maioria das vezes, para os cursos d'água através de canalizações. Uma preocupação em nosso país e que é digna de nota, são os acúmulos de resíduos nas vias, o que provocaria uma poluição indireta nos rios. Em função disso, já existem amplos estudos e propostas de melhor tratamento e destinação dessas águas. A falta de planejamento e estrutura nesse sistema pode acarretar inúmeras dificuldades nas aglomerações urbanas, fato frequentemente observado em muitas localidades brasileiras.

O saneamento nas cidades não interfere apenas na vida e atividades de seus habitantes, pois sua capacidade de provisão e impactos podem alterar e influenciar o ambiente em escala local e global. Ou seja, já que as cidades estão inseridas em um maior contexto, pode-se dizer que problemas desse meio resultam da soma de vários impactos em diferentes segmentos (LIMA & AMORIM, 2002), seja o seu abastecimento, infraestrutura ou suporte.

Considera-se que o ambiente é formado pelo sistema natural - meio físico e biológico - e pelo sistema antrópico - constituído pelo homem e suas atividades. Ao ocupá-lo e utilizá-lo para a construção das cidades e/ou expansão, a sociedade altera o meio natural muitas vezes sem planejar os espaços que estão sendo alterados (LIMA, 2007). Isso pode refletir na própria capacidade e nível de sobrevivência da população, que, além de desfrutar dos elementos naturais do espaço, deve ter meios que contribuam para a sua conservação, buscando aproximar-se daquilo que chamamos de sustentabilidade.

O saneamento ambiental urbano pode ser considerado como um aspecto importante de equilíbrio entre a ocupação das cidades 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 um planejamento.

² BRASIL, Ministério das Cidades. Cadernos Ministério das Cidades Saneamento ambiental. Volume 5: Saneamento ambiental. Governo Federal, 2005, pág. 49.

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. Ao tratar das perspectivas de análise da questão ambiental no locus urbano, chama-se a atenção para o fato de que “(...) se o apoio teórico sobre a relação sociedade-natureza em sua forma atual ainda está por se consolidar, o assunto torna-se ainda mais raro quando se trata da combinação cidade-ambiente” (CIDADE, 1996).

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.

3 - ÍNDICE DA QUALIDADE DO SANEAMENTO AMBIENTAL – IDQS

Outra questão fundamental na avaliação de parâmetros que privilegiem a qualidade do saneamento ambiental é a construção de índices confiáveis que possam representar, de forma sintética, um conjunto de indicadores diversificados e orientar, de forma objetiva, as políticas públicas. No que diz respeito a estes indicadores, grande esforço vem sendo feito – desde o início da década de 60 e destacadamente na década de 70 – para a incorporação da variável ambiental no movimento dos indicadores sociais. A primeira tentativa de estabelecimento de indicadores ambientais urbanos se deu na década de 70 através da OCDE – Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, não obtendo, contudo, muitos resultados (BORJA, 2003).

Os esforços atuais têm se concentrado na avaliação da qualidade de vida em sua dimensão social e ambiental. No que se refere aos objetivos de um sistema de indicadores, Will e Brigg (1995) acreditam que sejam um meio de prover as políticas com informações, de demonstrar seu desempenho ao longo do tempo e de realizar previsões, podendo ser utilizados para a promoção de políticas específicas e monitoração de variações espaciais e temporais.

A questão da avaliação do saneamento básico das cidades recai na questão da definição de indicadores ambientais. Para Januzzi apud Morett (2002) tais indicadores “dizem respeito à disponibilidade de recursos naturais, à forma de uso dos mesmos e aos resíduos gerados no seu consumo”. Para Luengo (1998), 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: físicos, naturais, urbano-arquitetônicos e sócio-culturais” (LUENGO, 1998).

Destarte, os indicadores de qualidade ambiental urbana devem avaliar a capacidade - que envolve disponibilidade e acesso - da estrutura, da infra-estrutura, 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). No caso brasileiro, o censo demográfico coleta informações que estão relacionadas à condição de infraestrutura e relacionadas ao uso e destino de recursos naturais: distribuição de água, coleta de lixo, esgoto, dentre outros (IBGE, 2000). 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 de saneamento 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.

Um problema comum em muitas ocorrências de análise de dados é quando há dois ou mais grupos de objetos formando amostras de duas ou mais populações, para as quais um número de características é medido e deseja-se classificar objetos similares desconhecidos, baseando-se no mesmo conjunto de atribuições. Uma técnica estatística a qual tem sido aplicada largamente para esse propósito é a análise de discriminante (FERGUSON, 1994).

A combinação destes objetos gera um resultado probabilístico de pertencimento (probabilities of membership) de cada variável ao número de classes previamente estabelecidas. A elaboração de um índice a partir destes resultados advém da análise combinatória destes grupos diante de um único fator de todo o grupo, ou seja, uma variável dependente. O resultado é um referencial numérico - tipologia - levando em consideração todos os dados do bloco, obtendo-se, portanto o indicador (FERREIRA, 2007). Neste trabalho, a proposta leva em consideração não só as reflexões que remontam à composição deste grupo de variáveis, mas também a capacidade do resultado de categorização alcançada pelo Índice.

4 - METODOLOGIA E RESULTADOS

Para o desenvolvimento do trabalho, a metodologia apoia-se nos pressupostos de obtenção das informações sobre saneamento ambiental urbano para a área em interesse, aliados a uma revisão bibliográfica que facilite a compreensão da configuração urbanoambientallocal. Além disso, há um esforço em utilizar as amplas ferramentas geotecnológicas existentes, com vistas a trabalhar os dados espacialmente. As etapas podem ser descritas da seguinte maneira e estão intrínsecas aos objetivos específicos.

4.1 Fundamentação Teórica

Discussão sobre o conceito de saneamento, sua relação com o meio ambiente urbano e dimensão da qualidade ambiental; descrição da escolha do método estatístico a ser utilizado na geração do índice.

4.2 Definição das variáveis do Censo 2000

Foram selecionadas variáveis de infraestrutura que demonstram características positivas³ de análise, de modo que haja uma correlação qualitativa entre a informação pretendida. Para se chegar ao produto final – Índice – os valores precisaram ser discretizados, pois, os disponibilizados pelo IBGE são absolutos por setores censitários. Decidiu-se trabalhar, portanto, com o conceito de Razão por Domicílios. E como já mencionado, a variável Renda – que remete à ideia de boa infraestrutura – também foi selecionada, de modo a potencializar o indicador, revelando a aproximação desse com a socioeconomia.

4.3 Definição das variáveis adquiridas com técnicas de Sensoriamento Remoto

Os fatores ambientais físicos incorporados no modelo foram extraídos de análise de processamento digital de imagens CBERS, datadas de 06 de Setembro de 2008⁴ (Figura 1) e Classificação no software ENVI 4.5. A câmera de alta resolução (CCD), tem 5 bandas e

³ Exemplo: domicílios particulares permanentes COM coleta de lixo.

⁴ Ainda que as variáveis agregadas do Censo sejam do ano de 2000, a escolha de cenas de satélite recentes (2008) deve-se ao fato da disponibilidade de material de qualidade, com satisfatória correção radiométrica, além da busca por uma caracterização dos aspectos do meio físico atualizada.

fornece imagens de uma faixa de 113 Km de largura. Sua resolução temporal é de 26 dias e, por apresentar boa resolução espacial – 20 metros – em quatro bandas espectrais, mais uma pancromática, tem uso variado, principalmente naqueles de observação de ocorrências ou cujo nível de detalhe seja indispensável. Como destaque e de relevância para este trabalho, uma das principais aplicações potenciais da câmera CCD para estudos municipais é a identificação de áreas verdes e distinção de alvos urbanos (INPE, 2007).



Figura 1: Parâmetros da Imagem selecionada. Fonte: INPE, catálogo CBERS.

Foram escolhidas as bandas 2, 3 e 4, agrupadas numa composição colorida (R3G4B2) e geração de imagem sintética. Trata-se de uma composição de bandas que realça o uso do solo e, neste caso temos uma composição infravermelho falsa-cor - banda 4 - onde a vegetação aparece em verde, o solo exposto em tons mais claros, mancha urbana em tons avermelhados, água e áreas úmidas em tons azuis (Figura 2).

Primeiramente foi feita a correção geométrica da mesma, utilizando a malha de setores censitários urbanos de Belo Horizonte⁵. Em seguida, operações triviais de alteração no contraste (ajuste) foram utilizadas sistematicamente e de forma padrão: distribuição linear do histograma em 2% em todas as etapas que envolveram a participação de um intérprete. Esse realce 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.

⁵ O georreferenciamento da imagem sintética por meio das feições obteve bons valores 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.

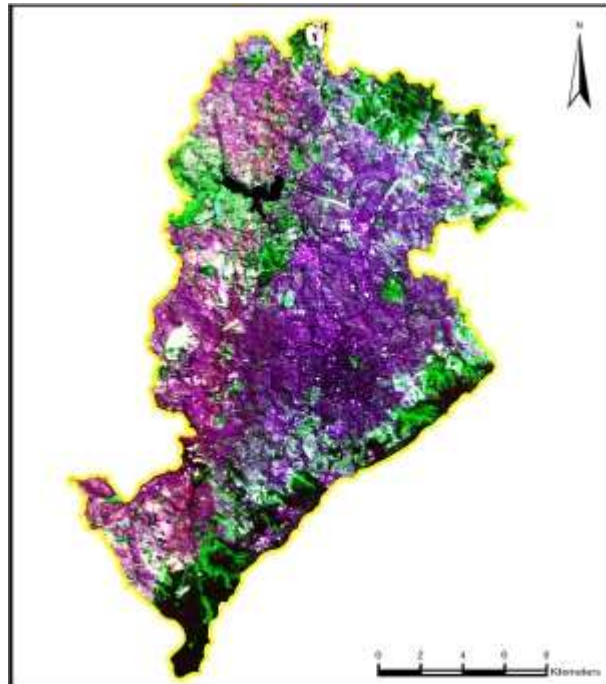


Figura 2: Composição colorida CBERS RGB342 realizada

Com as devidas correções e geração de uma imagem sintética de boa qualidade, os procedimentos de classificação supervisionada foram adotados no software ENVI. Nesta operação o usuário seleciona amostras para cada uma das classes que se deseja identificar na imagem. As classes podem ser descritas por uma função densidade de probabilidade e, portanto, descritas por seus parâmetros estatísticos. Estes parâmetros são estimados através do conjunto de amostras de treinamento, previamente selecionados. A função densidade de probabilidade será, então, usada como um critério de decisão sobre a que classe um pixel pertence. Para a temática deste trabalho, o objetivo era identificar as áreas verdes (todo e

qualquer pixel relacionado às árvores e/ou cobertura vegetal; os vazios urbanos (solo exposto e lotes vagos); corpos hídricos; áreas potenciais de alagamento.

Para as três primeiras classes acima descritas, o método classificador utilizado foi o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER) e foi adotado um universo de 35 amostras para determinação de cada categoria, de forma que alguns resultados cruzados – corpos d'água e áreas verdes – foram filtrados. O produto final obteve bons parâmetros, se comparado tanto com a imagem sintética quanto. Para a elaboração das amostras e conferência, foram utilizadas algumas bases cartográficas municipais: (Áreas Verdes – Fundação de Parques de Belo Horizonte e Espaços

Vazios – Lotes vagos do Cadastro Técnico Municipal / IPTU – Prodabel).

Para as áreas potenciais de alagamento, a metodologia utilizada foi a criação de um mapa de declividade para todo o município, a partir de curvas de nível interpoladas de 5 metros. Em seguida, realizou-se a extração das áreas onde a declividade não ultrapassa 4 graus e há contato ou proximidade de 50 metros (buffer) com cursos d'água e/ou galerias de drenagem urbana. O resultado trouxe manchas isoladas, frequentes em áreas mais aplainadas e, típicas de eventos de

enchentes conhecidos, como a região nordeste da capital.

Finalizado o processo de Classificação de Imagens, foi preciso transformar os dados dos rasters em tabelas numéricas, mantendo a classificação e espacialização adquirida para, posteriormente, trazê-las ao formato vetor (Figura 3). O formato poligonal possibilitaria calcular em metros quadrados cada ocorrência pontual no território. 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 de análise sociodemográfica. Para isso, a ferramenta de interseção e cálculo de geometria do software ArcGIS 9.2 foi fundamental.

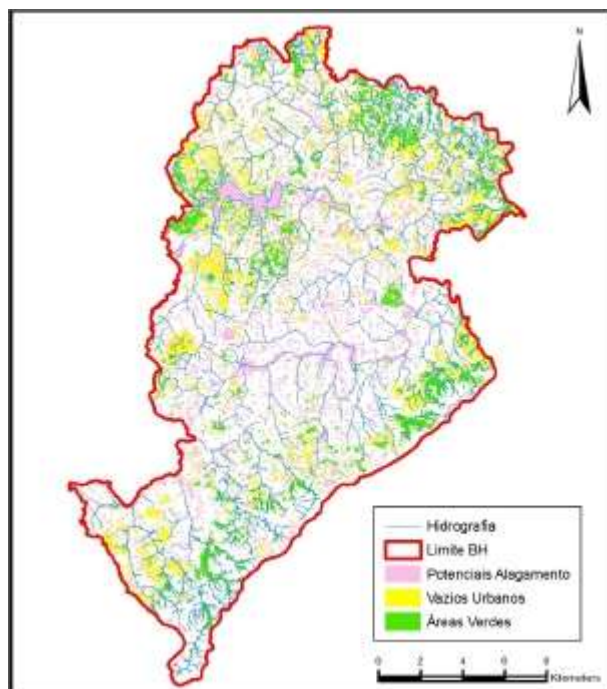


Figura 3: Feições extraídas da classificação MAXVER.

4.4 Montagem do Banco de Dados e Análise de Discriminante

Finalizado o tratamento dos dados do Censo e daqueles adquiridos pelos procedimentos de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, foi preciso agrupá-los (Tabela 1) num banco, de forma bem estruturada e correlacionada ao código do setor censitário. Todos os resultados das variáveis⁶ foram ponderados pelo número absoluto de domicílios em cada célula ou setor (Tabela 2).

⁶Exceto a variável *renda*.

Tabela 1: Síntese das Variáveis utilizadas no modelo de análise multivariada

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALORES	
DOM	Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes	ABSOLUTO	
V01	Rendimento nominal mensal por pessoa responsável por domicílio particular permanente		
V02	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral		
V03	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral e canalização em pelo menos um cômodo		
V04	Domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário		
V05	Domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial		
V06	Domicílios particulares permanentes com banheiro		
V07	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado		
V08	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza		
V09	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado em caçamba de serviço de limpeza		
V10	Áreas Verdes por Setor Censitário em metros quadrados		R A Z Ã O
V11	Área de Vazios Urbanos por Setor Censitário em metros quadrados		
V12	Áreas Potenciais de Alagamento por Setor Censitário em metros quadrados		
Variáveis do Censo Demográfico, 2000.			
Variáveis obtidas pelas técnicas Geotecnológicas, 2008.			

Fonte: Censo Demográfico 2000 e definições do autor.

Tabela 2: Amostra do Banco de Dados por Razão de Domicílios nos Setores Censitários

CODSETOR	DOM	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12
310620005620001	174	2868.12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
310620005620002	205	4666.80	0.9854	0.9854	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
310620005620003	212	4707.53	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	38.1439
310620005620004	238	2995.62	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9958	1.0000	1.0000	0.0000	2.0462	0.0000	51.8622
310620005620005	241	3375.94	1.0000	0.9959	1.0000	1.0000	0.9959	1.0000	1.0000	0.0000	4.1303	1.1365	71.1320
310620005620006	281	5234.95	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	25.1762	0.0000	51.5427
310620005620007	317	5707.43	0.9968	0.9968	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	9.5798	0.0000	11.8240
310620005620008	207	3677.97	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	9.6618	0.0000	15.7845
310620005620009	316	5342.94	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9430	0.0570	4.1994	2.4788	61.0848

Fonte: Manipulação de Dados.

Com o Banco de Dados pronto, as técnicas de estatística puderam ser realizadas no software SPSS. Como o objetivo final era a geração de um índice com 5 classes (crítico,baixo, médio-baixo, médio e alto), a Análise de Discriminante com a probabilidade de pertencimento foi trabalhada com a dimensão de 5 unidades (steps), para posteriormente combiná-las à variável Renda e obter uma categorização individual, ou seja, o indicador relativo de cada setor censitário (Tabela 3). Os resultados percentuais do número de setores por cada categoria pode ser observado na Figura 4 a seguir.

Tabela 3: Amostra do Banco de Dados com resultado da Análise de Discriminante

CODSETOR	Renda	Dis1	Dis1_1	Dis2_1	Dis3_1	Dis4_1	Dis5_1
310620005620001	5	4	0,03642	0,20133	0,24574	0,26024	0,25628
310620005620002	5	3	0,07090	0,23567	0,25207	0,22930	0,21206
310620005620003	5	5	0,03320	0,19344	0,24384	0,26418	0,26534
310620005620004	2	4	0,12718	0,19830	0,22508	0,22942	0,22003
310620005620005	5	3	0,04686	0,21343	0,24975	0,24972	0,24024
310620005620006	3	1	0,47866	0,26789	0,13551	0,07100	0,04694
310620005620007	4	5	0,03130	0,18591	0,23786	0,26821	0,27672
310620005620008	3	4	0,03987	0,20509	0,24773	0,25672	0,25058
310620005620009	1	2	0,20854	0,25376	0,24021	0,16288	0,13460

Fonte: Manipulação de Dados e análise multivariada.

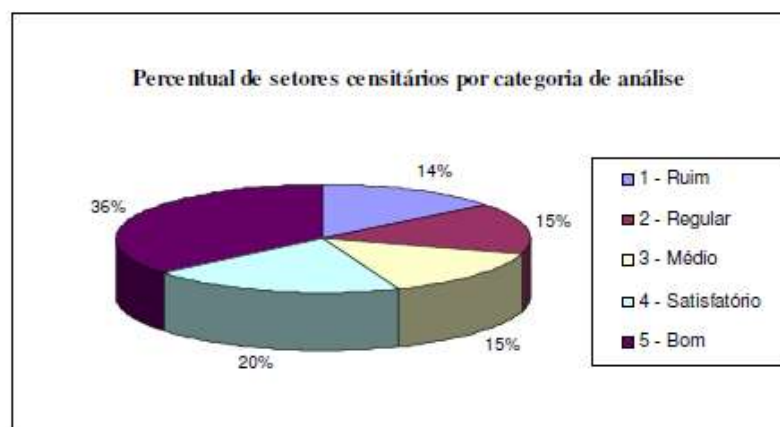


Figura 4: Gráfico da distribuição dos setores censitários por categorias. Fonte: Análise dos dados.

Por fim, restou apenas agregar os resultados tabulados às feições espaciais do município de Belo Horizonte e gerar um mapa-síntese por manchas da categorização implementada. Para efeitos de percepção qualitativa, aderiu-se novos termos às classes, respondendo agora por: ruim, regular, médio, satisfatório e bom (Figura 5).

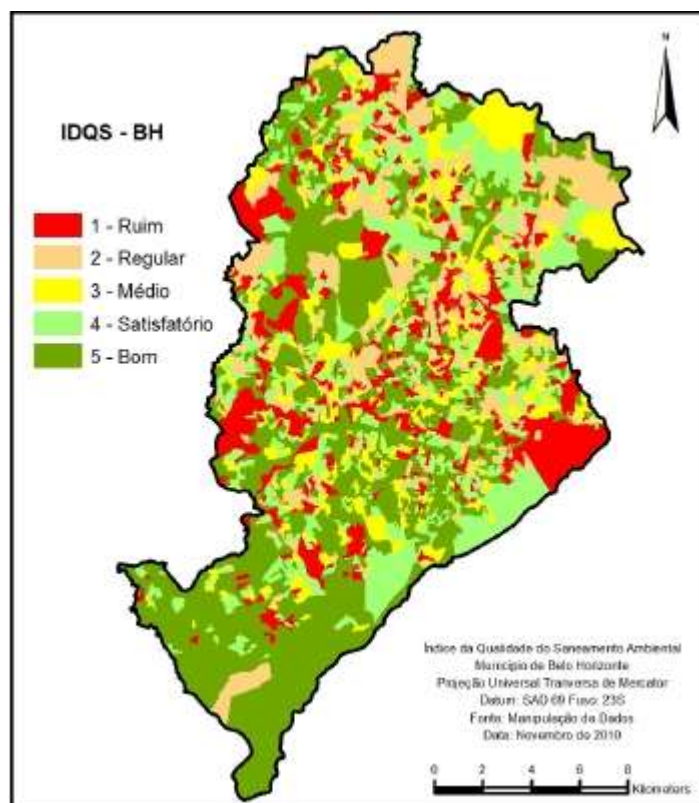


Figura 5: Mapa-Síntese de Distribuição do Índice da Qualidade do Saneamento Ambiental.

5 - Considerações Finais

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

Através da análise do mapa, que demonstra a espacialização do IDQS, pode-se perceber que na porção sul do município de Belo Horizonte predomina uma boa condição. Uma das hipóteses para que isso ocorra é a presença de grandes áreas verdes na região, representada principalmente pelo Parque das Mangabeiras na Serra do Curral. Outra possibilidade seria o fato de que tal área possui indicadores elevados de renda e suposta qualidade de vida adequada. Entretanto, todas essas hipóteses não deixam a região sulina isenta da presença de espaços críticos com IDQS abaixo de regular. Tal fato pode ser explicado pela presença de aglomerados suburbanos – os quais têm infraestrutura irregular desaneamento – e áreas pontuais sujeitas a alagamentos.

Por sua vez, na porção central, índices que vão de ruim a bom podem ser observados. A boa qualidade de alguns espaços pode ser explicada pela presença de áreas verdes centrais (Parque Municipal, por exemplo), assim como pela maior preocupação com uma das áreas mais valorizadas no contexto imobiliário. Já as porções regulares e ruins aparecem devido à falta de conforto, poluição, o excesso de espaços urbanizados, dentre outros motivos.

O norte de Belo Horizonte apresenta áreas com IDQS de satisfatório a bom que pode ser explicado pela presença de áreas verdes como a região da Pampulha, o Parque Ecológico e Fundação Zoo-Botânica. Além disso, a presença de áreas nobres e elevada renda, com predominância de casas, pode indicar uma boa qualidade de vida desses moradores e suporte de saneamento básico considerado bom. No entanto, assim como as demais regiões, ela não está isenta de áreas com Indicador de regular a ruim, fato que pode estar relacionado à presença de populações situadas em locais com saneamento precário e também sujeitas a alagamentos.

A presença de espaços críticos na porção noroeste é considerável, pois existem áreas sujeitas a alagamento e existe boa parcela da população residente com renda média a baixa, ou seja, lócus menos favorecidos. Porém existem também porções com bom IDQS e podem ser justificadas pela influência no modelo adotado das áreas verdes e espaços vazios (que representam uma menor pressão sobre os recursos físicos e estruturais).

A região oeste tem uma espacialização heterogênea, sendo verificadas manchas das cinco classificações estabelecidas. No entanto, as porções majoritárias são as ruins. Tal acontecimento pode ser explicado pelas grandes áreas sujeitas a alagamento, e também, pela presença de habitações com saneamento básico abaixo do esperado. Já as áreas com IDQS satisfatório e bom correspondem às áreas verdes e domicílios com renda salarial considerável e acesso à condição sanitária de qualidade.

Por fim, a região Leste da capital mineira possui um contraste entre áreas satisfatórias e ruins de tamanho relevante. Acredita-se que as primeiras ocorrem devido à presença de setores censitários com relativa predominância de focos verdes. Contudo, as porções ruins correspondem às áreas com população de baixa renda e saneamento precário.

Em suma, o que se pode concluir da espacialização do IDQS é que não foram encontradas manchas totalmente uniformes em grande escala no município de Belo Horizonte. Isso significa que o Índice proposto também pode detectar especificidades.

Acredita-se que esta característica deve-se ao fato de que os dados foram manipulados 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 20 metros. Nesse ínterim, os procedimentos de correção geométrica e ajustes adotados deram um ganho considerável no manuseio das imagens de satélite, compreendendo as etapas de pré-processamento, realce e classificação. De maneira oportuna, vale ressaltar a disponibilidade das cenas CBERS 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 avançados de geoprocessamento trouxeram respostas satisfatórias e permitiram avaliar positivamente os procedimentos adotados.

Ainda assim, vê-se a possibilidade de incrementar a análise com outras variáveis, abrindo possibilidades de caracterizar não só a condição do saneamento ambiental, como também dar um passo à frente para a avaliação da qualidade ambiental urbana. Outros trabalhos científicos já obtiveram respostas satisfatórias nesse quesito, entretanto, dá-se a importância de adequar e utilizar técnicas variadas e quantitativas como a adotada neste trabalho.

A criação de indicadores pode contribuir com as políticas públicas, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a velocidade de transformação do espaço – sequente urbanização – preocupa as autoridades e sociedade.

A caracterização espacial dos IDQS revelou uma aproximação da realidade da capital mineira. Isso remonta a ideia de que o Índice aqui proposto pode ter um alcance de resposta justificado e de grande capacidade. Outras inúmeras 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 aplicação para uma melhor caracterização do saneamento ambiental em Belo Horizonte. Enfim, acredita-se que os resultados aqui encontrados possam contribuir para a difusão das técnicas e a elaboração de políticas públicas sustentáveis capazes de avaliar e prever as condições da população residente urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R. T. V. et alii. Manual de Saneamento e proteção ambiental para os municípios. Volume 2: Saneamento. Belo Horizonte. Escola de Engenharia da UFMG, 221 p. 1995.
- BONDUKI, N. G. (org.). *Hábitat: as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras*. 2ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 268 p. 2003.
- BORJA, P. C. Metodologia para a avaliação da qualidade ambiental urbana em nível local. 2003.
- BRASIL, Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- BRASIL, Ministério das Cidades. Cadernos Ministério das Cidades Saneamento Ambiental. Volume 5: Saneamento ambiental. Governo Federal, 2005, pág. 49.
- CIDADE, L. C. A questão ambiental urbana: perspectivas de análise. In: Encontro Nacional da ANPUR, Brasília, 1995. Anais ... Brasília: ANPUR, 1996.
- FERREIRA, M. R. P. Análise discriminante clássica e de núcleo: avaliações a algumas contribuições relativas aos métodos boosting e bootstrap. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Exatas. Departamento de Estatística. UFPE. 2007.
- FERGUSON, J. Introduction to linear algebra in geology. Chapman & Hall, London – UK, 1994.
- LIMA, V.; AMORIM, M. C. Metodologia para analisar a Qualidade Ambiental Urbana através de Geoprocessamento. 2002.
- LIMA, V. Análise da qualidade ambiental urbana de Osvaldo Cruz/SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, 2007.
- LUENGO, G. Elementos para la definición y evaluación de localidad 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.
- MORETTI, 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 (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- OKANO, N.H. et al. Saneamento Ambiental. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. CREA-PR. 2009.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde nas Américas: 2007 Washington, D.C.: OPAS,© 2007. 2 v. (OPAS, Publicação Científica e Técnica, n. 622). Disponível em:<http://www.opas.org.br/publicmo.cfm?codigo=97>. Acesso em 15 de Novembro. 2010.

WILL, J. e BRIGGS, D. Developing Indicators for Environment and Health. Word Health Statistics Quarterly. Rapport. Trimentriel de StatistiquesSanitairesMondiales. Genève, v. 48, n° 2, p.155 - 163, 1995.