

Indicadores de salubridade urbana e rural da bacia do Rio Doce

Prof. Dr. Ricardo Alexandrino Garcia
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Msc. Paulo Eduardo Alves Borges da Silva
Instituto Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Carlos Lobo
Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo

O bem estar social é um tema amplamente discutido diante das incontáveis perspectivas de aplicação de dados, tratamento estatístico, produção de índices e possibilidades de representação espacial dos fenômenos. Dessa maneira, o acesso aos serviços de saneamento e suas implicações no ambiente; os atendimentos médicos e as ocorrências epidemiológicas amplamente observadas/registradas pela saúde pública, além das possibilidades de inserção dos indivíduos nos sistemas de amparo e necessidades básicas individuais ou coletivas de uma população, abrangem as principais perspectivas de se caracterizar a qualidade de vida humana. Surge nesse contexto a construção do conceito de salubridade, que incorpora estas dimensões e possibilita uma análise conjugada. Ao passo que na contemporaneidade é explícito a apropriação dos elementos naturais enquanto recursos torna-se procedente a discussão sobre a condição atual de higidez em uma bacia hidrográfica federal recentemente devastada que será, de agora em diante, palco de um debate perene diante de um desastre socioambiental sem precedentes: a devastação do Rio Doce, seus afluentes e sua gente. Este artigo apresenta uma metodologia que sintetiza a salubridade a partir de técnicas de análise multivariada e conjugação de diferentes indicadores. O mapeamento que apresenta a espacialização do índice gerado é compatível com as observações in loco, comprovando, portanto, a aplicabilidade dos métodos propostos.

Palavras-chave: salubridade; saneamento; saúde; inserção social; Rio Doce.

Abstract:

The social welfare is a widely discussed topic. Access to sanitation services and its implications on the environment; the medical and epidemiological occurrences widely observed / registered for public health; and the possibilities of integration in the social protection systems; cover the main perspectives of characterizing the quality of human life. Thus is created the concept of salubrity or wholesomeness incorporating these dimensions and allows the combined analysis. The current situation allows the discussion of the current state of healthiness in a federal watershed that was recently devastated: the pollution of the Rio Doce, its tributaries and its people. This article presents a methodology for synthesizing the wholesomeness from multivariate analysis techniques and combination of different indicators. The spatial distribution of the results shows fidelity to the observations on site and there is reasonable prospect of the proposed methods.

Key- Words: *salubrity; sanitation, healthy, social inclusion; Rio Doce.*

alexandrinogarcia@gmail.com
pauloeduardoborges@gmail.com
carlosfllobo@gmail.com

1 Apoio teórico e motivador para o tema deste trabalho é a discussão apresentada para o conceito de Salubridade difundido pela OMS como um controle de todos os fatores do meio físico das espécies, em especial da humana, que exercem ou podem exercer prejuízo ao seu bem-estar físico, mental ou social (UNU, 2015). Essa inclinação é inerente das ciências da saúde e vai ao encontro das tradições intelectuais teórico-quantitativas, criando possibilidades de se explicitar e monitorar elementos ou fatores distintos.

2 Ação que leva pessoas, famílias e grupos em situação de exclusão ou pobreza a iniciar processos que lhes permitam o acesso aos direitos de cidadania e de participação social e, por outro lado, movimenta as instituições a oferecerem reais oportunidades a estes atores (CIES/CESO, 1998).

Introdução e Apoio Teórico

Quantificar o acesso da população de um território aos serviços de saneamento básico e atendimento à saúde geram grandes dificuldades em virtude da natureza multidimensional deste viés social. Ainda que existam dados disponíveis em escalas geográficas micro ou com maior amplitude, manter esses assuntos conectados e desenvolver uma metodologia que os conjugue torna-se desafiador do ponto de vista estatístico e cartográfico.

No que se refere ao planejamento territorial há uma demanda acentuada pelo uso dos serviços que incrementam a qualidade de vida, seja por razões de ordem econômica ou pelas mudanças ambientais recentes nocivas à sobrevivência humana, o que acarreta uma pressão dos diferentes segmentos sociais.

No processo de habitação os diferentes indivíduos buscam se inserir em um ambiente que atenda aos padrões particulares conforme: suas necessidades básicas, a formação cultural e a condição econômica. No meio ambiente urbano essas questões envolvem os serviços e a infraestrutura, ou seja, as atividades que atendem às necessidades coletivas: abastecimento de água, coleta dos esgotos e de resíduos sólidos, redes de drenagem, distribuição de energia elétrica, áreas de lazer, dentre outros. Itens que abrangem, portanto, o bem estar e a saúde (ABIKO, 1995).

Como possibilidade da união desses assuntos surge o conceito de Salubridade: o estado de higidez em que vive a população urbana ou rural, tanto na sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias e epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como também no seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições favoráveis à boa qualidade de vida (FUNASA, 2006). Trata-se de uma visão holística, participativa e racional, diretamente relacionada aos recursos e atendimento público¹.

A expansão de cidades sem nenhum tipo de planejamento estruturador e condições inadequadas de moradia em áreas rurais pode resultar em situações de baixa qualidade de vida da população. De outra parte, são recorrentes os desastres ambientais e o incremento da demanda por serviços de saúde e saneamento básico: desde o atendimento médico adequado até a infraestrutura de distribuição de água, tratamento de esgoto ou coleta de lixo.

Destarte, o tema salubridade denota uma aproximação entre a disponibilidade de infraestrutura de saúde, saneamento e impactos geofísicos correlacionados. Por outro lado, a inserção social² é outro fator relevante na análise da qualidade de vida, uma vez que o sujeito inserido socialmente possui menor vulnerabilidade às mazelas da vida moderna.

Diante disso, este trabalho buscou caracterizar a salubridade urbana e rural da população residente na Bacia do Rio Doce com base na condição da distribuição espacial do saneamento ambiental, da inserção social individual e de um índice geral de saúde, utilizando dados em nível de setores censitários. Para tal, aspectos domiciliares geocodificados permitem a exploração de informações sobre os serviços, a estimativa de vulnerabilidade social e as referências de saúde, o que possibilitou analisar a distribuição desses indicadores. Por fim, análises estatísticas multivariadas permitiram uma junção dos temas e a elaboração de um indicador sintético do grau de salubridade.

A informação amparada por dados válidos e confiáveis é condição *sine qua non* para a análise prática da situação sanitária, assim como para a tomada de decisões baseadas em evidências e para a programação de ações de saúde. A procura de medidas do estado de bem estar da população é um dos principais eixos da saúde pública, pautada no registro sistemático de dados de sobrevivência. Com os avanços no controle das doenças infecciosas e a ampliação do debate acerca do conceito de saúde e seus determinantes sociais, passou-se a analisar outras dimensões do estado de saúde, como: o acesso a serviços, a qualidade da atenção, os dados de incapacidade e, principalmente, as condições de vida e fatores ambientais. Os indicadores de saúde foram desenvolvidos para facilitar a quantificação e a avaliação das informações produzidas.

Em linhas gerais, os índices são associações matemáticas concebidas a partir de conceitos que resumem e contem relevância sobre determinados atributos e dimensões do estado de saúde, bem como do desempenho do sistema e das bases de atendimento ao saneamento. Vistos em conjunto, devem refletir a situação salubre (ou não) de uma população e contribuir para o monitoramento das condições de vida. A construção de um indicador é um processo cuja complexidade pode variar desde a simples contagem direta de casos de enfermidades, da presença de estruturas sanitárias os domicílios, até o cálculo de taxas ou razões mais elaboradas, como por exemplo, a esperança de vida (REDE, 2008).

Caso sejam produzidos de forma regular e manejados em um sistema permanente, os indicadores são instrumentos de grande valia para a gestão e avaliação da situação de saúde, saneamento e bem estar em todos os níveis. Um conjunto de índices se destina a gerar evidências sobre a situação sanitária e suas tendências, como base empírica para identificar grupos humanos com maiores carências de saúde, supor o risco de epidemias e identificar áreas críticas. Dessa maneira, constitui embasamento para o estabelecimento de prioridades ajustadas às necessidades da população. Além de prover matéria prima para a análise, a disponibilidade de um conjunto de dados pode facilitar o monitoramento de objetivos em saúde, estimular o fortalecimento da capacidade de crítica das equipes e promover o desenvolvimento de sistemas conjuntos (OPAS, 2001).

A expansão da produção e do acesso aos dados não se faz acompanhada do desenvolvimento qualitativo dos sistemas de informação, enquanto faltam análises orientadas para subsidiar decisões políticas. Há indiscutível necessidade de melhorar a articulação das instituições atuantes na área de informações e de utilizar, de forma mais efetiva, a considerável massa crítica nacional de profissionais capacitados.

A importância de índices que aprofundem as discussões sobre o acesso aos serviços de saúde e bem estar deve estar baseada em critérios de relevância para a compreensão da situação atual, suas causas e consequências, sua validade para orientar decisões de política e apoio do controle social, a identidade com processos de gestão e disponibilidade de fontes regulares.

A Salubridade tem raízes na saúde social, a saúde pública, a medicina voltada aos anseios e demandas da população e pode ser compreendida em etapas distintas nas eras Moderna e Contemporânea:

i) Desenvolvida na Alemanha no começo do século XVIII, observando-se a organização de um saber médico vindo das unidades governamentais, a necessidade da normalização da profissão e a integração de vários médicos em uma organização;

ii) A medicina das cidades, representada pela França no século XIX, caracterizada pela urbanização decorrente de razões econômicas, na medida em que a cidade se torna um importante lugar de mercado e, por razões políticas, com o surgimento do proletariado;

3 A comunidade científica internacional vem alertando para a perda da diversidade biológica em todo o mundo, particularmente nas regiões tropicais. A degradação biótica que afeta o planeta encontra raízes na condição humana contemporânea, agravada pelo crescimento explosivo da população e a distribuição desigual da riqueza. "A perda da diversidade biológica envolve aspectos sociais, econômicos, culturais e científicos" (MMA, 2016).

iii) A divisão do espaço urbano em nichos de desigualdades econômicas na Inglaterra, quando a medicina avança no viés social. A inserção e continuidade da Lei dos Pobres ao longo dos séculos XIX e XX proporcionou uma assistência médica aos menos favorecidos, não só ajudando-os a satisfazer suas necessidades de saúde, como também e principalmente dando proteção às classes ricas para não serem vítimas de fenômenos epidêmicos.

Nessa revisão proposta por Foucault (1992), nota-se que o conceito de salubridade foi construído por demandas políticas e históricas, sendo visto para além das características físicas e materiais comumente utilizadas, enaltecendo o seu caráter sociodemográfico. Logo, a salubridade torna-se também um produto das condições materiais e sociais que podem interferir na saúde da população e caracterizam o meio no qual as pessoas vivem.

No Projeto de Lei de nº 5.296/2005 que institui as Diretrizes para os Serviços Públicos de Saneamento e a Política Nacional de Saneamento Básico, a salubridade tem um conceito amplo que alcança, inclusive, as perspectivas sobre meio ambiente. É considerada como o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, em relação à sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias e epidemias veiculada pelo ambiente, como também o seu potencial de favorecer ao pleno gozo da saúde e bem-estar (BRASIL, 2005).

Padhy et al (2001) ao discutir sobre saúde pública, sugerem o termo salubridade com o intuito de estabelecer uma relação deste conceito com elementos sociais distintos, criando uma indissociação com o meio ambiente e as possibilidades que os indivíduos tem para acessar os serviços básicos, principalmente aqueles com condições sociais menos favorecidas. A salubridade seria, portanto, uma necessidade socioambiental. Além disso, as questões que envolvem higiene devem ser consideradas aliadas aos aspectos mentais, fisiológicos e financeiros de um grupo social. Essa inclinação teórica foi fundamental também para agregar a conservação da biodiversidade ao ponto de vista social e ecológico³.

Von Schirnding et al (2002) reforçam que enumerar quais componentes estruturam a salubridade é uma ação fundamental para a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público, ajudando a simplificar um arranjo complexo sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, sintetizando condições e tendências existentes. Esta atividade, portanto, é o cerne deste trabalho, que propõe a conexão dos temas saúde, saneamento e inserção dos indivíduos na sociedade como base fundamental para compreender a salubridade, havendo maneira resumida de caracteriza-la sob o produto de um indicador sintético.

A Bacia do Rio Doce possui uma extensão total aproximada de 850 km e uma área de drenagem com cerca de 80 mil km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante (14%) ao Estado do Espírito Santo sendo, portanto, uma bacia de domínio federal. Com base nos últimos dois censos demográficos do IBGE - 2000 e 2010 - conta com 226 municípios, sendo 197 localizados em Minas Gerais e 29 no Espírito Santo, possuindo uma população total superior a 3 milhões de habitantes, que teve ao longo de seu histórico de ocupação uma distribuição demográfica equilibrada (COSTA, 2000).

A análise conjunta das transformações da paisagem aponta que a Bacia Hidrográfica do Rio Doce sofreu profundas modificações e teve o seu maior impacto junto ao canal principal e adjacências, impulsionado pela construção da Ferrovia Vitória-Minas, criando condições para o surgimento e expansão de municípios em Minas Gerais como Ipatinga, Coronel Fabriciano, Governador Valadares, Conselheiro Pena, Aimorés e Colatina, no Espírito Santo.

Coelho (2009) também apontava que em razão de práticas ocupacionais e uso desregrado do recurso manancial de água doce ao longo das últimas décadas o Rio Doce já apresentava reduzida vazão e níveis elevados de assoreamento, efeitos que podem acarretar uma situação ainda mais crítica. Soma-se a isso o fato de novembro de 2015, quando ocorreu o rompimento de um dos diques da barragem de rejeitos da mineração de Fundão, localizada em Mariana, Minas Gerais. A barragem é de responsabilidade da mineradora Samarco, controlada pela Vale e pela companhia anglo australiana BHP Billiton, que atuam desde a década de 70 na extração e beneficiamento de minério de ferro para a produção de aço. O rompimento da barragem pode ser considerado o maior desastre socioambiental do Brasil.

Uma série de danos ambientais de alta amplitude e prejuízos inumeráveis para o meio físico, biótico e socioeconômico vêm sendo mostrado por jornais, institutos de pesquisa, universidades, órgãos públicos e organizações independentes. As informações divulgadas pela mídia dizem que a lama é composta de água, areia, ferro, resíduos de alumínio, manganês, cromo além das suspeitas de presença de mercúrio. Essas substâncias causam danos à saúde humana, pioram a qualidade da água dos mananciais atingidos; destroem matas ciliares e pesqueiros essenciais à pesca artesanal; asfixiam espécies aquáticas e eliminam microorganismos do fundo do rio; comprometem faixas de terras nas margens (soterradas por material inerte).

A recuperação da biodiversidade pode levar décadas, o assoreamento pode ser irreversível em muitos trechos do leito do Doce, assim como a extinção de espécies típicas do rio pode ser irreversível (FELIPPE et al, 2016).

O acesso à água potável e ao saneamento de águas residuais são reconhecidos internacionalmente como princípios básicos de saúde pública e necessários para sustentar a vida humana em boas condições. Logo, a situação dos elementos naturais hidrológicos tratados enquanto recurso está diretamente relacionada à qualidade do serviço, trazendo benefícios ou prejuízos aos usuários (DALEY et al, 2015).

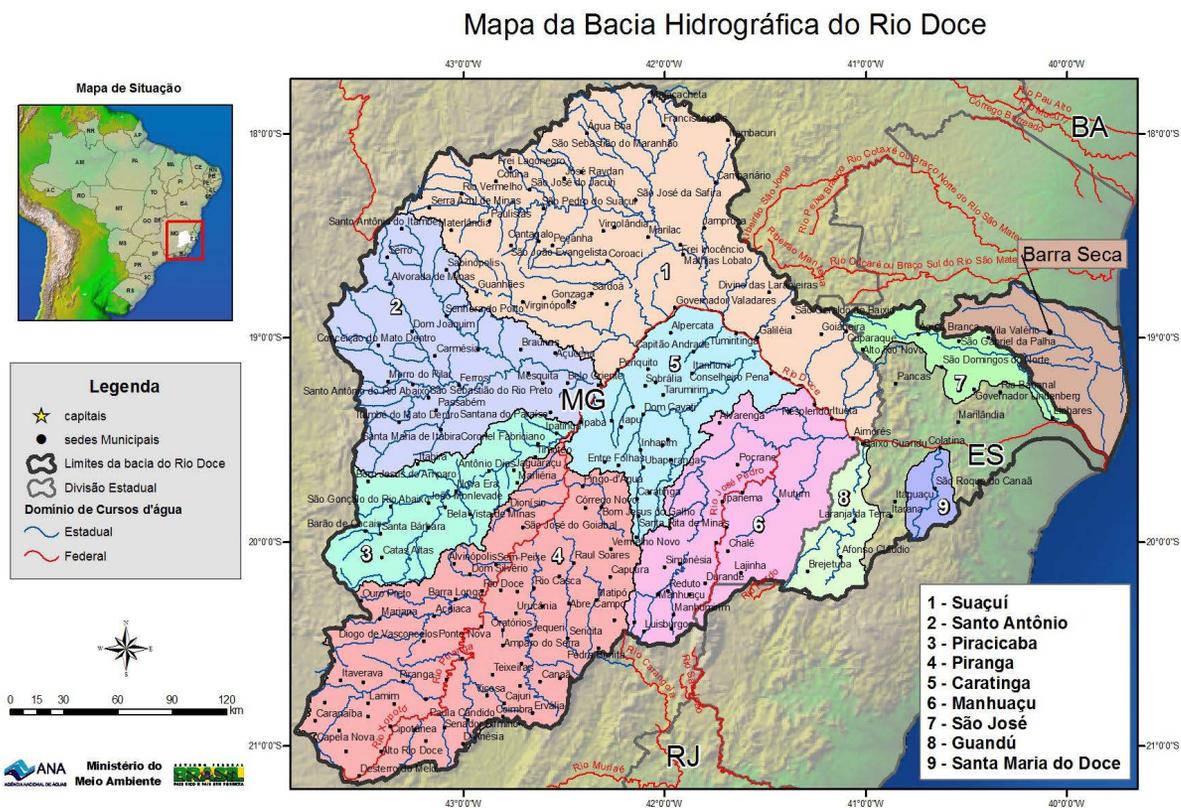
Portanto, acredita-se que a degradação recente das águas do Rio Doce podem ser relacionadas, em curto prazo, à precariedade ou piora dos sistemas de saúde e acesso a serviços sanitários, colocando em xeque a salubridade da região. Isso aumenta a relevância da metodologia aqui proposta e sua aplicação na bacia.

As nascentes do rio Doce estão em Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, sendo que suas águas percorrem 853 km até atingir o oceano Atlântico no povoado de Regência, no Espírito Santo. Os principais afluentes do rio Doce são os rios do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Pequeno, Suaçuí Grande, São José e Pancas (margem esquerda); rio Casca, Matipó, Caratinga/Cuieté, Manhauçu, Guandu, Santa Joana e Santa Maria do Rio Doce - margem direita (Figuras 1 e 2). Neste artigo será considerada apenas a porção mineira da bacia⁴.

4 Este trabalho é uma proposta metodológica de conjugação de indicadores que apresentaram consistência e publicação a partir do tratamento de dados apenas para o estado de Minas Gerais. Soma-se a isso a importância da geohistória mineira de ocupação longo da bacia, a expressividade demográfica com municípios mais populosos em relação aos capixabas e a amplitude imediata dos impactos negativos diretos decorrentes do recente desastre ambiental.

Figura 1

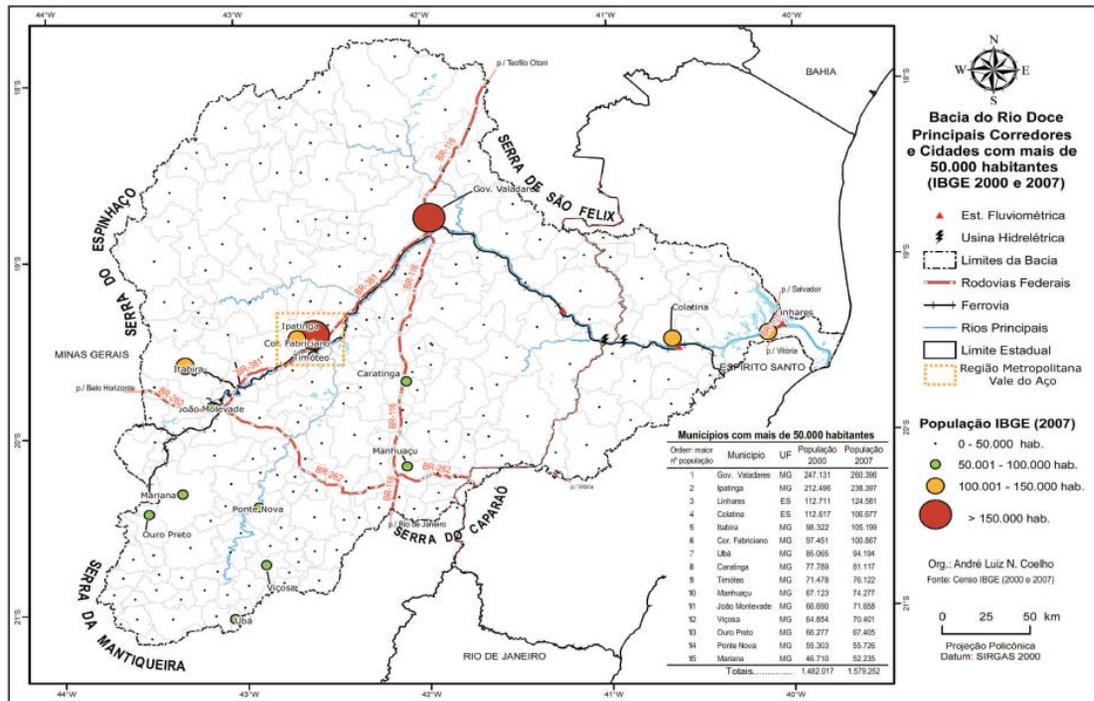
Bacia do Rio Doce: Espacialização dos limites estaduais, sedes municipais e domínios dos principais cursos d'água em MG e ES.



Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas, 2016.

Figura 2

Bacia do Rio Doce: Principais corredores e municípios com mais de 50 mil habitantes. IBGE 2007.



Fonte: COELHO, 2009.

Indagações para a temática central surgem na construção do conceito: o que define a salubridade de uma porção do território? Qual a relação entre saneamento, saúde e bem estar social? A relevância dos aspectos quantitativos: o processamento de dados permite sintetizar a situação atual e criar condições de monitoramento das informações? Todos os questionamentos motivam a discussão deste paper e, hipoteticamente, puderam ser respondidos com a contribuição metodológica aqui apresentada.

Como desmembramentos desse artigo presume-se produzir informações para um debate além do âmbito acadêmico, na gestão participativa: obter, a partir de técnicas de geoprocessamento e análise multivariada, dados que complementem a análise; elaborar um banco de dados geocodificado; contribuir para a difusão da metodologia de conjugação de critérios.

Mais especificamente, pretende-se: propor um indicador que avalie a salubridade ambiental (IS) da Bacia do Rio Doce e mapeie sua distribuição espacial em níveis municipal e intramunicipal; avaliar, elaborar e selecionar subindicadores para a construção do IS; utilizar como unidade de análise social a família e como unidade geográfica, o setor censitário conforme recenseada pelos levantamentos do IBGE; produzir, sem perda de consistência, estimativas até a área mínima de análise geográfica, o que permitirá proceder as investigações de boa qualidade ao nível do intraurbano.

5 O IIS faz referência teórica e metodológica aos indivíduos margeados da infraestrutura mínima e participação social no que tange à escolaridade, economia e habitação, trazendo a linha de raciocínio socioeconômica com que pode ser tratado a salubridade e o bem estar da população. O produto final facilita sua utilização enquanto sub-índice para a proposta deste artigo.

6 O índice da Qualidade do Saneamento Ambiental proposto por Borges da Silva (2012) reúne dados sociodemográficos acrescidos de questões ambientais territoriais obtidas por sensoriamento remoto e geoprocessamento. Sua adaptação, o ISA, abarca as inovadoras variáveis de entorno fornecidas no Censo 2010 e classifica os setores censitários de maneira simplificada do ponto de vista estatístico.

Outras pesquisas com maior profundidade devem buscar avaliar a perspectiva do bem estar social ou ensaios para mensurar a qualidade de vida, viés também relacionado ao tema quando indicadores sociais são agrupados num modelo estatístico espacialmente explícito.

Material e Métodos

A metodologia empregada para identificar a salubridade ambiental dos municípios da porção mineira da Bacia do Rio Doce procurou construir a partir dos microdados da Amostra do Censo Demográfico de 2010 (IBGE), dos dados do Universo do Censo Demográfico de 2010 (IBGE) e dos microdados de Internações Hospitalares entre 2008 e 2013 (DATASUS), sub-índices capazes de operacionalizar o conceito em questão em seus múltiplos aspectos. O que se apresentará a seguir é o conjunto destes sub-índices e a estrutura do modelo multivariado de Análise de Componentes Principais e Análise Discriminante.

Três foram os sub-índices utilizados na composição do Índice de Salubridade: o Índice de Inserção Social (GARCIA, NUNES & OLIVEIRA, 2012)⁵, a adaptação do Índice da Qualidade do Saneamento Ambiental proposto por Borges da Silva (2012)⁶ - ISA e o Índice Geral de Saúde (IGS).

Na construção índice de inserção social (IIS), cuja unidade básica é a família, o ponto de partida foi a definição de três dimensões básicas: educação, renda e habitação. Essas dimensões foram selecionadas tendo-se em vista a possibilidade de construção de um modelo determinístico, facilmente aplicável às informações dos Censos Demográficos brasileiros, segundo o esquema abaixo:

Procedimentos, critérios e variáveis utilizadas na construção do Índice Inserção Social

Indicadores	Variável Chave	Critério	Variável Intermediária	Procedimento
Inserção Educacional	anos de estudo	anos de estudo de referência específico por idade: 1→8; 2→9; 10→17; 11→18	Razões de escolaridade (RE): razão entre o valor de referência específico e o valor observado para cada membro da família maior de 7 anos de idade; para toda RE > 1, RE = 1.	Média aritmética simples das razões de escolaridade de cada membro da família com idade superior a 7 anos.
Inserção econômica local	renda familiar per capita	renda local de referência: linha de pobreza corrigida pelo diferencial econômico local (k); os limites inferior e superior foram definidos, respectivamente em 13% e 300% do salário mínimo.	Referencial econômico local (k): razão entre a média dos rendimentos auferidos pelos trabalhadores domésticos locais e a média dos rendimentos da totalidade desses trabalhadores.	Razão de Renda (RR): razão entre o valor da renda local de referência e o valor da renda familiar per capita. Para toda RR > 1, RR = 1.
Inserção Habitacional	densidade de moradores por dormitório	valor de referência: até 2 moradores por dormitório	Razão de dormitório (RD): razão entre o valor de referência e o valor observado no domicílio de residência da família; para toda RD > 1, RD = 1	Média aritmética simples das razões de dormitório, banheiros e televisores do domicílio de residência da família.
	densidade de moradores por banheiros	valor de referência: até 5 moradores por dormitório	Razão de banheiros (RB): razão entre o valor de referência e o valor observado no domicílio de residência da família; para toda RB > 1, RB = 1	
	densidade de moradores por televisores	valor de referência: até 5 moradores por dormitório	Razão de televisores (RT): razão entre o valor de referência e o valor observado no domicílio de residência da família; para toda RT > 1, RT = 1	
Índice de Vulnerabilidade Social Familiar				1 menos a média aritmética simples dos Índices de Inserção educacional, econômico local e de habitação.

Fonte: GARCIA, NUNES E OLIVEIRA, 2012, p. 71.

Foram utilizados, para a construção do Índice de Saneamento Ambiental (ISA), os microdados do universo do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes às seguintes variáveis: domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral; domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial; domicílios particulares permanentes com lixo coletado; domicílios particulares permanentes - não existe lixo acumulado nos logradouros; domicílios particulares permanentes - não existe esgoto a céu aberto; domicílios particulares permanentes - existe arborização; domicílios particulares permanentes - existe bueiro/boca-de-lobo; domicílios particulares permanentes - existe calçada, todas por setor censitário. A partir dessas variáveis, foi realizada uma análise que possibilitou classificar cada unidade de setor censitário em classes hierárquicas quanto à adequação ao saneamento ambiental.

Para tal análise, consideramos as variáveis “domicílios particulares permanentes - Não existe lixo acumulado nos logradouros” e “domicílios particulares permanentes - Não existe esgoto a céu aberto” como situações definidoras. Logo, nos setores censitários onde tais critérios não foram observados, a nota classificatória foi rebaixada para o valor mínimo, estando, por consequência disso, o determinado setor enquadrado na classificação “estado crítico”. Dessa maneira, as classes hierárquicas foram definidas com base na porcentagem de domicílios que se adequam a cada variável, de forma que:

- De 0% a 20% de adequação – Estado crítico
- De 21% a 40% de adequação – Estado insatisfatório
- De 41% a 60% de adequação – Estado inadequado
- De 61% a 80% de adequação – Estado satisfatório
- 81% ou mais de adequação – Estado adequado

Complementando a análise, foi executada uma média simples visando uma classificação de mesmo peso referente às demais variáveis (não críticas), conforme pôde ser observado na equação. Os setores censitários que não apresentaram lixo acumulado nos logradouros ou esgoto a céu aberto foram classificados conforme a porcentagem de domicílios presentes que se adéquam às demais variáveis, conforme a seguinte equação:

$$\text{ISA} = \Sigma \text{ADOM}$$

6

em que o ISA é igual ao Índice de Saneamento Ambiental; ΣADOM é a soma do percentual da adequação dos domicílios de cada variável por setor censitário. Por fim, os índices municipais de saneamento ambiental foram obtidos pela média, ponderada pela população residente, dos índices dos respectivos setores censitários dos municípios da Bacia do Rio Doce.

O Índice Geral de Saúde (IGS) foi obtido primeiramente pelo cálculo da taxa anual de internação da população em idade ativa (PIA). Para tanto foram utilizados os dados de internações hospitalares, por local de residência dos internados, proveniente do Datasus, entre os anos de 2008 e 2013. Essas taxas foram padronizadas em uma escala de zero a cem, em função da abrangência percentual e padronização matemática por escala. A opção de se utilizar a taxa de internação hospitalar da PIA se deveu à necessidade de se construir um sub-indicador simples e robusto, no que tange aos efeitos de composição etária⁷, mas que também seja passível de ser obtido através de dados intramunicipais.

Para a fusão desses três sub-indicadores no Índice de Salubridade, em nível municipal, foi empregada uma Análise de Componentes Principais (ACP). A ACP é matematicamente definida como uma transformação linear ortogonal que transforma os dados para um novo sistema de coordenadas de forma que a maior variância por qualquer projeção dos dados fica ao longo da primeira coordenada (o chamado primeiro componente e definido com base em seu autovalor e seu respectivo autovetor), a segunda maior variância fica ao longo da segunda coordenada, e assim por diante:

$$Y = W'X$$

7 Os dados referentes às taxas de internações da População em Idade Ativa se apresentam como amostra significativa das condições gerais de saúde e denotam um caráter de aproximação socioeconômica com as demais variáveis utilizadas nos outros modelos e a proposta de caráter socioambiental.

em que o Y corresponde a matriz ortogonal resultante, o X é a matriz de dados com média empírica nula e o W, a matriz comum de autovetores de X.

Em síntese, têm-se que para a elaboração do IS foram utilizados, os dados dos escores das componentes extraídas dos três sub-índices: IIS, ISA e IGS, cujos valores foram convertidos para uma escala de zero a cem. O Índice de Salubridade de cada municipalidade foi obtido pela soma dos escores (F_i) convertidos e ponderados pelos seus respectivos autovalores θ_i :

$$IS = \theta_1 F_1 + \theta_2 F_2 + \theta_3 F_3$$

Após o cálculo destes valores, os índices municipais foram classificados em cinco níveis hierárquicos, de acordo com seus quintis: adequado; regular, sofrível, ruim e péssimo.

Uma vez obtidos os Índices de Salubridade municipais, o próximo passo foi estimá-los para os setores censitários que integram a área de estudo. Para tanto, empregou-se o método multivariado conhecido como Análise de Discriminante.

Análise Discriminante é um termo abrangente, que se refere a diversas técnicas estatísticas relacionadas. É uma técnica estatística para diferenciar grupos, utilizando uma derivação de regra para designar de forma ótima um novo objeto às classes existentes. Vale dizer, conhecidas as características de um novo indivíduo, pode-se prever a que grupo pertence sendo a existência de grupos conhecida a priori. No caso em questão, a existência de uma variável canônica por excelência, que pode servir de parâmetro para reclassificações - ou seja, as categorias ordinais do IS - e que permite identificar os indivíduos (municípios e setores censitários) que possuem probabilidade de ser classificados em níveis superiores e inferiores das categorias de IS e é este diagnóstico o qual há interesse aqui.

A função discriminante linear de Fisher é uma combinação linear de características originais a qual se caracteriza por produzir separação máxima entre duas populações. Considerando que μ_1 e μ_2 são parâmetros conhecidos e respectivamente, os vetores de médias e a matriz de covariâncias comum das populações p_1 e p_2 . Utiliza-se a matriz das médias de cada grupo e das somas dos quadrados (intra e inter-grupos) para comparar as diferenças entre eles. A matriz de correlação ou de covariância é utilizada para avaliar o quanto cada variável independente pode discriminar os grupos, devendo-se analisar os coeficientes estandardizados para evitar problemas de unidades diferentes entre as variáveis independentes. Pode-se demonstrar que a função linear do vetor aleatório X que produz a separação máxima entre duas populações é dada por:

$$D(X) = L'X = [\mu_1 - \mu_2]' S^{-1}X$$

Em que: L é o vetor discriminante; X, o vetor aleatório de características das populações; μ = vetor de médias p-variado e S é a matriz comum de covariâncias das populações p_1 e p_2 .

As Funções Canônicas Discriminantes são, portanto, funções lineares que combinam as variáveis discriminantes, sendo uma técnica para redução de dimensionalidade, relacionada à ACP e correlação canônica. Formalmente, podem também ser identificadas segundo a equação:

$$f_{km} = u_0 + u_1 X_{1km} + u_2 X_{2km} + \dots + u_p X_{pkm}$$

na qual: f_{km} é o valor (score) da função discriminante canônica para o caso m no grupo k ; X_{ikm} é o valor da variável discriminante X_i para caso m no grupo k ; u_i são os coeficientes que produzem as características desejadas na função.

A estimativa dos IS dos setores censitários foi calculada pela estimação da função discriminante resultante da classificação prévia em nível municipal e seus respectivos vetores aleatórios de característica formados pelos valores de variáveis comuns às duas unidades geográficas de análise, município e setor censitário, a saber: Índice de qualidade do saneamento ambiental, Média de moradores por domicílio, Média dos rendimentos domiciliares per capita, Desvio padrão dos rendimentos domiciliares per capita.

Resultados e Discussão

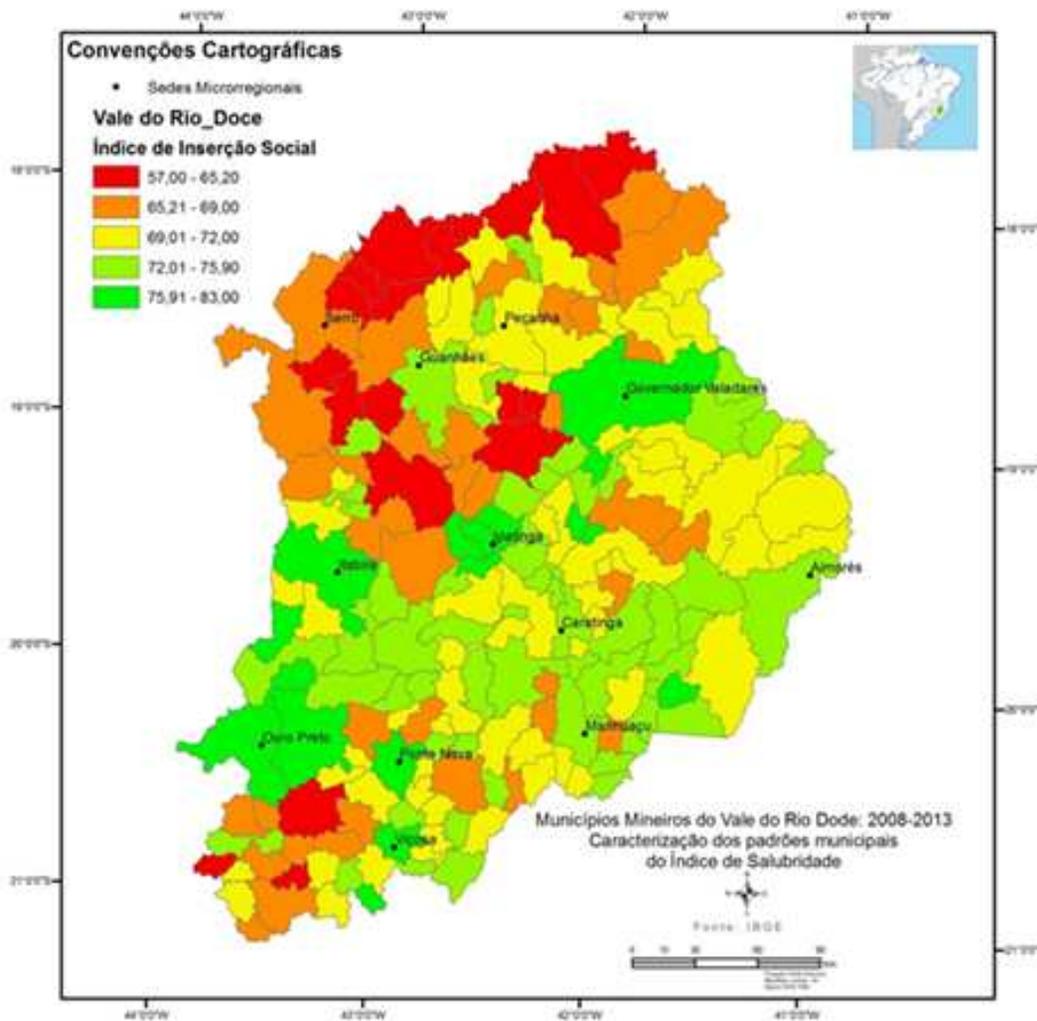
Os mapas, apresentados nas figuras 3 a 5 apresentam respectivamente a distribuição espacial dos índices de inserção social, de saneamento ambiental e o índice geral de saúde para os 197 municípios que integram a Bacia do Rio Doce no estado de Minas Gerais. Na sequência, a figura 6 revela o resultado final desta conjugação, que é a distribuição do Índice de Salubridade por municípios. As observações feitas a partir da interpretação dos produtos finais trazem significância às variáveis utilizadas na elaboração do Índice. Há de se investigar quais hipóteses individuais influenciaram na resposta do indicador e, posteriormente produzir informações da bacia como um todo.

Através da análise do mapa que demonstra a espacialização do IS, pode-se perceber que a maioria dos setores censitários - 67%, aproximadamente - apresenta índice satisfatório (entre 38 e 61 pontos), sendo que estes se distribuem por toda bacia, excetuando a porção extremo norte. Destaca-se que as regiões mais urbanizadas apresentam considerável concentração de municípios neste patamar.

A análise da figura 7 revela um contraste muito maior. A área de estudo é composta por 5.008 setores censitários, sendo 65%, urbanos. Dentre os setores censitários rurais, apenas 65% apresentaram faixas de salubridade classificadas como adequadas, segundo a metodologia proposta, contra 96% dos setores urbanos.

Do ponto de vista do tratamento de dados e da utilização de metodologias distintas, os sub-indicadores e o produto final, que é a caracterização da salubridade, possuem, uma correlação espacial. Isso sustenta a hipótese previamente levantada na qual as variáveis de temas associados à boa (ou não) condição humana tem respostas com um significado interdisciplinar e conjugado. Isso põe à baila novamente o viés social, econômico e demográfico conectado ao caráter ambiental, fazendo interferência nas relações de saúde e confluindo no uso do termo Salubridade, em seu sentido ampliado, que é o do bem estar físico, mental ou social.

Figura 3 Bacia do Rio Doce: 2010. Distribuição espacial do índice de inserção social (ISS) dos municípios que conformam a Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais.



Fonte: IBGE. Atlas Nacional do Brasil, 2010; Censo Demográfico de 2010 - microdados.

Figura 4

Bacia do Rio Doce: 2010. Distribuição espacial do índice de saneamento ambiental (ISA) dos municípios que conformam a Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais.

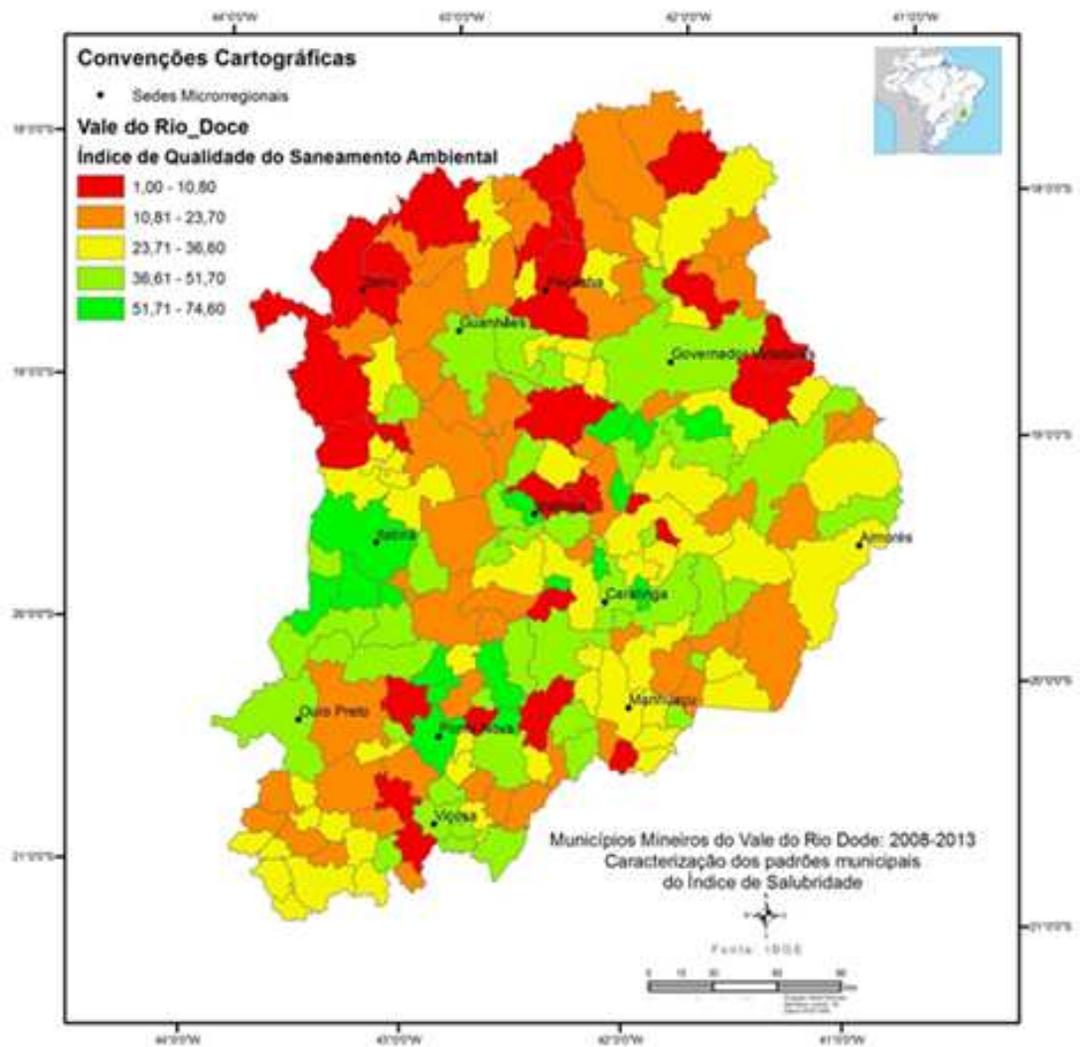
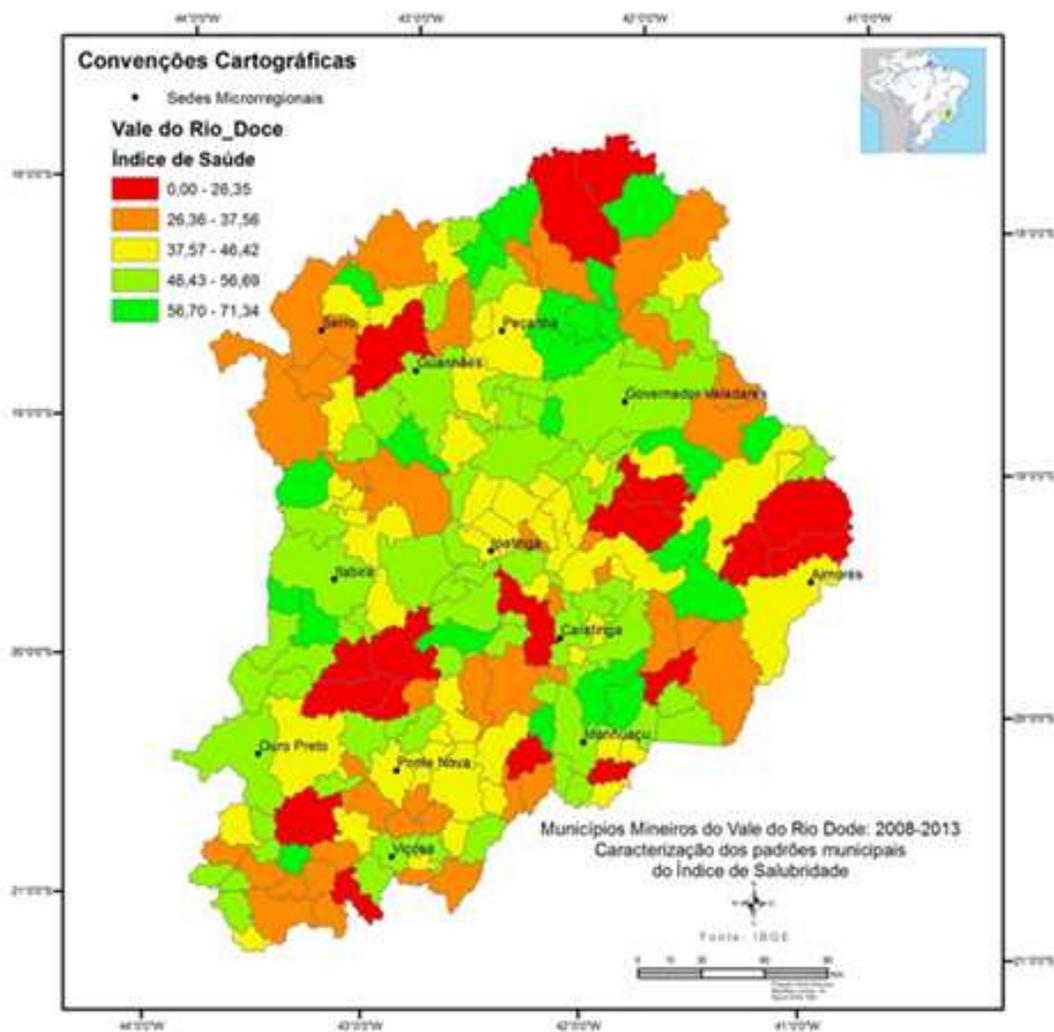
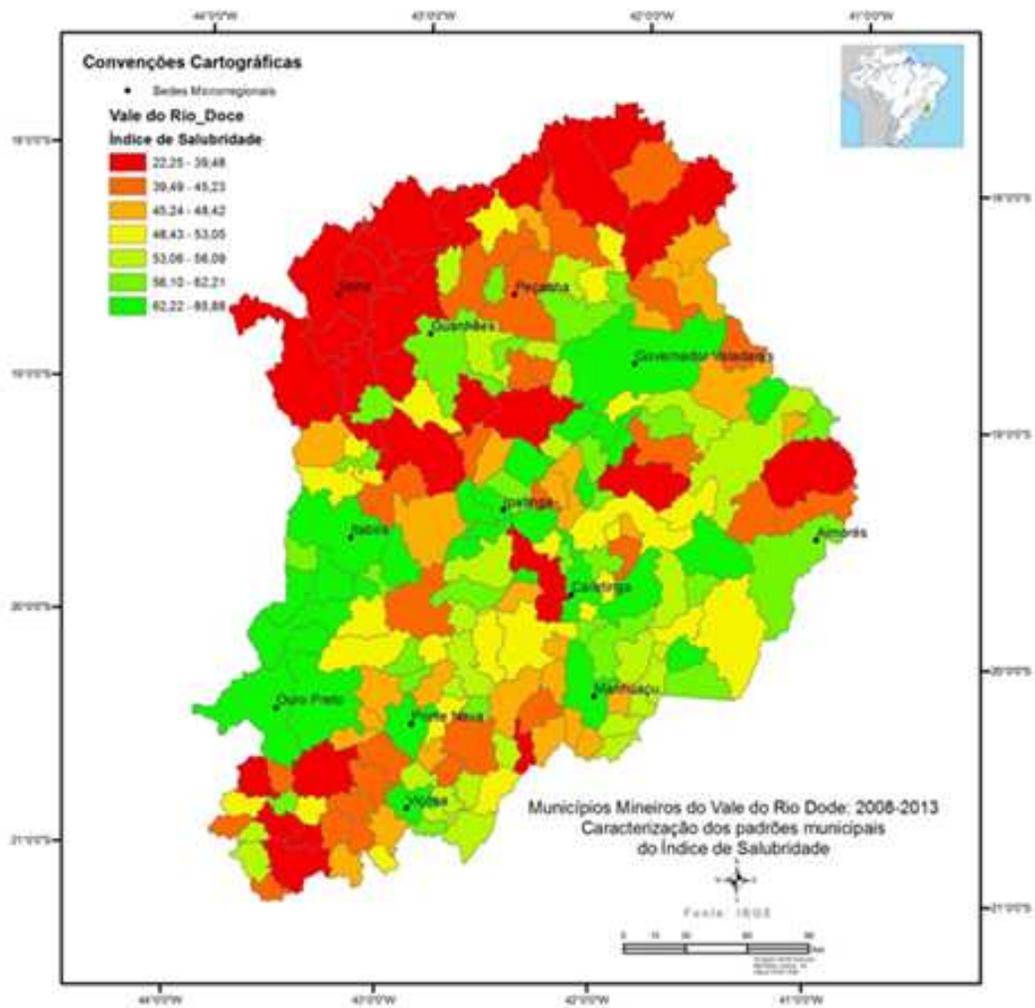


Figura 5 Baía do Rio Doce: 2010. Distribuição espacial do índice de inserção geral de saúde (IGS) dos municípios que conformam a Baía do Rio Doce no Estado de Minas Gerais.



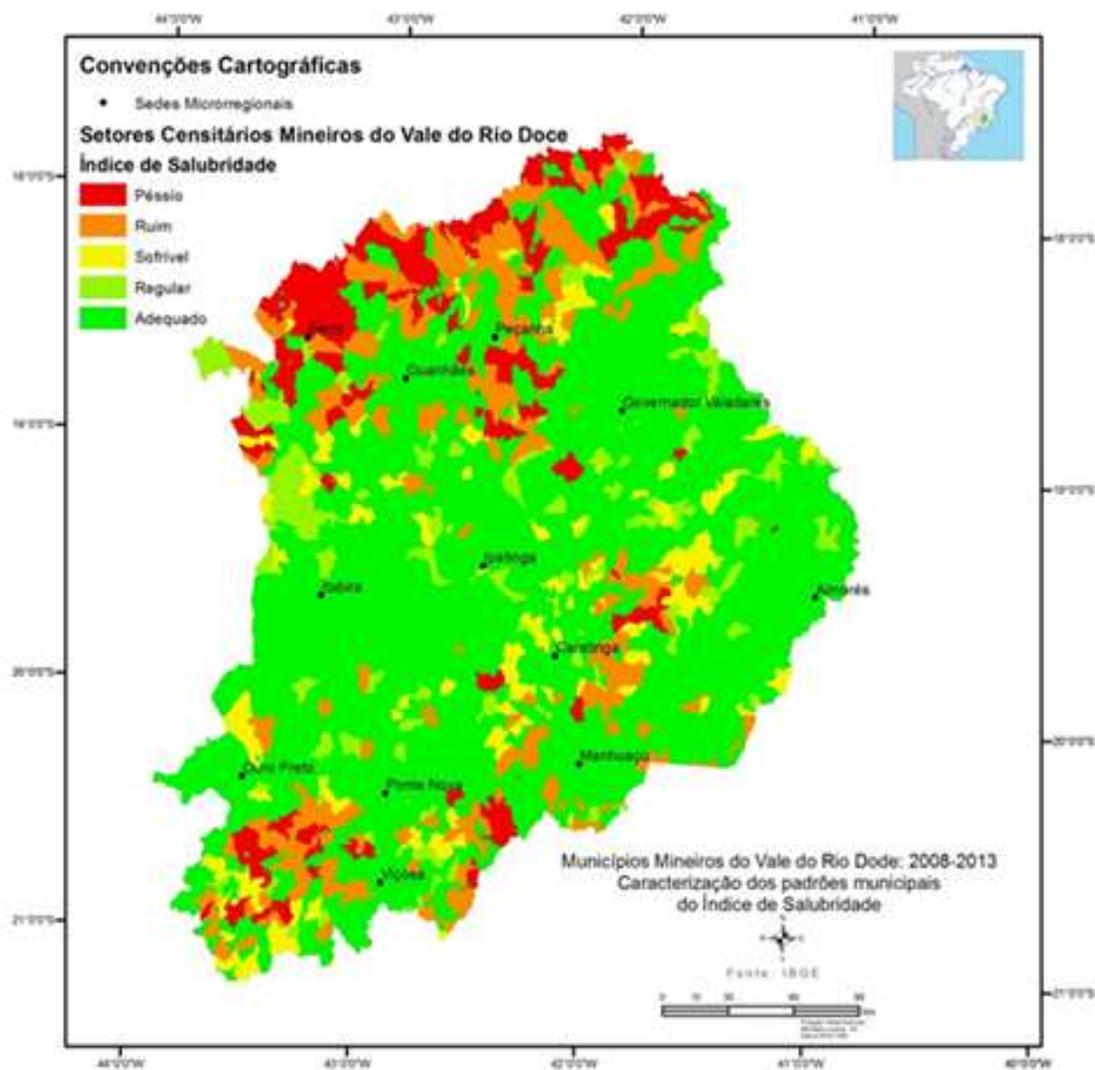
Fonte: IBGE. Atlas Nacional do Brasil, 2010; DATASUS. Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS).

Figura 6 Baía do Rio Doce: 2010. Distribuição espacial do Índice de Salubridade (IS) dos municípios que conformam a Baía do Rio Doce no Estado de Minas Gerais.



Fonte: IBGE. Atlas Nacional do Brasil, 2010; Censo Demográfico de 2010 - dados agregados por setor censitário e microdados; DATASUS. Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS).

Figura 7 Bacia do Rio Doce: 2010. Classificação por setores censitários para o Índice de Salubridade (IS) na Bacia do Rio Doce no estado de Minas Gerais.



Fonte: IBGE. Atlas Nacional do Brasil, 2010; Censo Demográfico de 2010 - dados agregados por setor censitário e microdados; DATASUS. Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS).

Considerações e perspectivas

A obtenção do índice de salubridade urbana e rural e sua caracterização espacial comparada ao conhecimento in loco dos municípios que compõem a bacia revela uma aproximação à realidade observada. Isso remonta a ideia de que a proposta pode ser fidedigna, ainda que seja uma conjugação de indicadores. Portanto, apesar do caráter representativo inerente aos índices, a experiência foi satisfatória.

Em suma, em conformidade com o embasamento teórico e técnico a ser empregado e diante dos resultados, considera-se que a proposta é válida, em primeiro momento, como caráter de experimentação de pesquisa e possibilidades de argumentações e reflexões que o tema traz. De certo que existam outras formas de se avaliar a potencialidade / poder de explicação do cenário, esforços concentrados na busca de novos dados e informações devem ser empregados, na tentativa de melhoramento e contraposição às outras experiências.

Outras metodologias, como o Índice de Infraestrutura (COSTA et al, 2008) e segregação socioespacial (GARCIA e MIRANDA-RIBEIRO, 2005), principalmente devido ao fato do universo de dados trazido e concepção espacial do tratamento da informação –setores censitários – apresentam se como procedimentos correlacionados. A incorporação de algumas variáveis de saneamento conforme Von Sperling (2010) também poderia complementar esta proposta, ainda que a aquisição de dados para todo o estado demandasse um projeto específico.

Vale ressaltar que na atualidade as questões ligadas aos estudos socioambientais vêm cada vez mais se afirmando como questões regionais que ultrapassam a esfera municipal. Com o aprofundamento nas questões históricas pode-se concluir que a demanda constante por infraestrutura em prol do bem estar exige esforços políticos e medidas de proteção e controle do uso do solo que, muitas vezes, entram em choque com interesses específicos das cidades.

Os problemas citados estão relacionados à qualidade de vida e com caráter interdisciplinar, ou seja, um cunho socioambiental. Neste sentido, a criação de indicadores diferenciados ou pesquisas aprofundadas pode contribuir com as políticas públicas, principalmente nas regiões de maior expressividade urbana, onde a velocidade de transformação do espaço, sequente à urbanização, preocupa as autoridades e os habitantes.

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 vivemos. Ressalta se a importância de admitir modelos – estatísticos e espaciais – e formas de representações como parte integrante de um sistema de difusão de conhecimento, disponibilidade e o trato de dados que, traduzidos, podem corresponder com fidelidade à realidade, sendo considerado um instrumento confiável.

Referências Bibliográficas

- ABIKO, A. K. Introdução à gestão habitacional. São Paulo: EPUSP, 1995. 31p. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.
- BORGES DA SILVA, P.E.A. Índice da Qualidade do Saneamento Ambiental aplicado na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. 2012.
- BRASIL. Projeto de Lei nº. 5.296/2005. Proposição sujeita a apreciação do plenário. Apresentação em 23 mai. 2005. Em arquivamento na Câmara dos Deputados. Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: www.camara.gov.br/sileg/Prop_Detalhe.asp?id=286716 Acesso em: 15/04/2016.
- CIES/CESO I&D. Grupos sociais desfavorecidos face ao emprego: tipologias e quadro básico de medidas recomendáveis. In: Centro de Investigação e Estudos de Sociologia. Instituto Universitário de Lisboa. Instituto do Emprego e Formação Profissional (IEFP). 1998.
- COELHO, A.L.N. bacia hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada. Geografares, nº 7, p. 131-146. Universidade Federal do Espírito Santo. 2009.
- 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.
- COSTA, H. S. M. Indústria, produção do espaço e custos ambientais: reflexões a partir do exemplo do Vale do Aço, Minas Gerais. In: TORRES, H.; COSTA, H. (Orgs.). População e meio ambiente: debates e desafios. São Paulo: Editora Senac, 2000.
- DALEY, K.; CASTLEDEN, H.; JAMIESON, R.; FURGAL, C.; ELL, L. Water systems, sanitation, and public health risks in remote communities: inuit resident perspectives from the Canadian Arctic. In: Social Science & Medicine 135 (2015) 124 e 132.
- FELIPPE, M.; COSTA, A.; FRANCO, R.; MATOS, R. A tragédia do Rio Doce: a Lama, o povo e a água. Relatório de campo e interpretações preliminares sobre as consequências do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão (Samarco/VALE/BHP). Leste/UFGM e Terra/UFJF. Belo Horizonte e Juiz de Fora - MG. 2016.
- Disponível em: http://www.igc.ufmg.br/images/pdf/geografia/leste-laboratorio/UFGM_UFJF_RelatorioExpedicaoRioDoce_v2.pdf Acesso em: 20/05/2016.
- FOUCAULT, M. O nascimento da medicina social. In: _____ Microfísica do poder. Org. e trad. Roberto Machado. 7. ed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1992. cap. V, p.79-98.
- FUNASA. Manual de saneamento. 3ª ed. rev. Fundação Nacional de Saúde, 2006, 408 p. 85-7346-045-8.
- GARCIA, R.A.; MIRANDA-RIBEIRO, A. Segregação socioespacial em Belo Horizonte: uma aplicação de modelos difusos. In: Revista GeografiaS. Jul-Dez, Número 01. Instituto de Geociências. UFGM. 2005.
- GARCIA, R.A.; NUNES, M.A.; OLIVEIRA, F.B. Metodologias para a criação de indicadores socioambientais em unidades de planejamento em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Mucuri – MG. GeografiaS. Instituto de Geociências da UFGM. Belo Horizonte 08(1) 64-83 janeiro-junho de 2012.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Impactos sobre a Biodiversidade. In: Biodiversidade Global. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-global/impactos>. Acesso em: 25 de maio de 2016.
- OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. Indicadores de Saúde: elementos básicos para el análisis de la situación de salud. Boletín Epidemiológico 2001; 22(4): 1-5.
- PADHY, S.N.; S.K. DASH, S.K.; MOHAPATRA, R. Human Environment, as Introspected by the sages and seers in vedicage: a contemplative scientific review from Manusmriti. Human Ecology in the New Millennium. Human Ecology Special Issue Nº 10: 177-200 (2001), Veena Bhasin. Guest Editors.
- REDE Interagencial de Informação para a Saúde. Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações / Rede Interagencial de Informação para a Saúde - Ripsa. – 2. ed. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008. 349 p.: il.

UNU, United Nations
University; Schuster-Wallace
C.J., Qadir M., Adeel Z.,
Renaud F., Dickin S.K. (2015).
Putting Water and Energy at
the Heart of Sustainable
Development. United Nations
University. Available from:
<http://inweh.unu.edu>

VON SCHIRNDING, Y.;
ONZIVU, W. ADEDE, A.O.
International environmental law
and global public health.
Bulletin of the World Health
Organization: the International
Journal of Public Health 2002 ;
80(12): 970-974. Disponível em:
[http://apps.who.int/iris/
handle/10665/71683](http://apps.who.int/iris/handle/10665/71683). Acesso
em: 25/04/2016.

VON SPERLING, T. L.
Estudo da utilização de
indicadores de desempenho
para avaliação da qualidade dos
serviços de esgotamento
sanitário Dissertação de
Mestrado, Universidade Federal
de Minas Gerais, Escola de
Engenharia, 2010.