

METODOLOGIA PARA ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DE DOMICÍLIOS PRESENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

D. C. CUNHA E SILVA¹, J. L. ALBUQUERQUE FILHO², R. A. OLIVEIRA³ e R. W. LOURENÇO⁴
Universidade Estadual Paulista^{1,4}, Instituto de Pesquisas Tecnológicas², Universidade de Sorocaba³
darllanamb@yahoo.com.br¹

Artigo submetido em 19/01/2017 e aceito em 24/06/2019

DOI: 10.15628/holos.2019.5566

RESUMO

Indicadores socioambientais são importantes mecanismos para a comunicação de informações resumidas ou para a provisão de bases sólidas sobre a qualidade de vida dos seres humanos. Portanto, nesse estudo construiu-se um Indicador de Qualidade dos Domicílios (IQD) que integrou informações socioambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Una, utilizando, em seu cálculo, dados do censo demográfico e técnicas de geoprocessamento. Esse indicador varia de 0 a 1, sendo que 0 representa a condição mais indesejável enquanto que 1 representa a condição desejável. Todos os setores censitários presentes na área rural da área de estudo apresentaram valores de

IQD inferiores a 0,5 e foram classificados como inadequados, enquanto que, quase todos os setores censitários presentes na área urbana apresentaram valores superiores a 0,5 e, portanto, foram classificados como adequados a excelentes. As áreas classificadas como inadequadas representam 76,4% da área de estudo. Estes valores abaixo do esperado são justificados pelas péssimas condições de saneamento básico presentes na área de estudo. A área urbana em comparação a área rural apresentou os melhores valores de IQD, justificável pelo acesso da população às melhores condições de saneamento básico.

PALAVRAS-CHAVE: Censo demográfico, Geoprocessamento, Indicador, Saneamento básico.

METHODOLOGY FOR SOCIO-ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF DOMICILES PRESENTS IN WATERSHEDS

ABSTRACT

Socio-environmental indicators are important mechanisms for the communication of summary information or for the provision of solid bases on the quality of life of human beings. Therefore, in this study was elaborated a Household Quality Indicator (HQI), that integrated socio-environmental information from the Una River Watershed, using in your calculation demographic census data and geoprocessing techniques. This indicator ranges from 0 to 1, where 0 represents the most undesirable condition while 1 represents the desirable condition. All the census tracts

present in the rural area in the study area had HQI values lower than 0.5 and were classified as inadequate, while almost all the census tracts present in the urban area presented values higher than 0.5 and, therefore, were classified as excellent. The areas classified as inadequate represent 76,4% of the study area. These lower than expected values are justified by the poor sanitation conditions present in the study area. The urban area compared to the rural area showed the best HQI values, justified by the population access to the best conditions of basic sanitation.

KEYWORDS: Demographic census, Geoprocessing, Indicator, Basic sanitation.

1 INTRODUÇÃO

Índice e indicador são, na maioria das vezes, interpretados como sinônimos, porém apresentam conceituações distintas. Indicador, para Van Bellen (2006) e Siche et al. (2007), é um instrumento que possibilita obter informações quantificadas sobre o estado de um fenômeno observado. Enquanto, Khanna (2000), Diamantopoulos et al. (2001) e Shields et al. (2002) argumentam que um índice é a junção de informações diversificadas que revelam o estado de um fenômeno observado, ou seja, índices correspondem a um nível superior de agregação de indicadores ou simplesmente um indicador de alta categoria.

Independente da definição conceitual, índices ou indicadores sinalizam a situação de um fenômeno, pois são valores estáticos que possibilitam dimensionar o momento atual de um fenômeno, entretanto, o meio ambiente é um sistema dinâmico, assim os indicadores têm uma potencialidade de previsão para um curto período de tempo para esses sistemas, especialmente os indicadores socioambientais que auxiliam na avaliação momentânea de um sistema e são uma alternativa na construção de cenários futuros para a sustentabilidade econômica e social de uma determinada sociedade (Siche et al., 2007).

Portanto, os indicadores e índices sociais devem ser simples de usar e fáceis de serem entendidos, além de apresentarem custo e coleta de dados viáveis, para que assim, possam ser úteis como ferramentas de gestão. A utilização desses índices para fundamentar as tomadas de decisão tem se mostrado muito útil, pois direciona de forma eficiente as ações dos gestores em direção à sustentabilidade (Guimarães & Magrini, 2008; Lourenço *et al.*, 2014).

Nesse sentido, a Environmental European Agency (EEA) definiu os índices e indicadores como um valor derivado de um ou mais parâmetros que descrevem o estado do ambiente e seus impactos nos seres humanos, ecossistemas e materiais. Em função disso, o uso de índices e indicadores na gestão permite traduzir o comportamento de sistemas complexos em informações acessíveis que podem facilitar a tomada de decisão pelo gestor (Gabrielsen & Bosch, 2003).

Os indicadores são ferramentas muito úteis em processos de gestão, portanto a geração de um sistema de indicadores e índices para Bacias Hidrográficas é um importante avanço na gestão dessa unidade de planejamento determinada pela Lei 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, podendo possuir escalas inferiores ou superiores à dos municípios (Silva et al., 2017).

Vários estudos utilizaram índices e indicadores ambientais, sociais e econômicos para avaliarem a sustentabilidade e o estado de compartimentos ambientais, como Chaves & Alipaz (2007) que geraram um índice de sustentabilidade para bacias hidrográficas em função do modelo pressão, estado e resposta, integrando questões hidrológicas, ambientais, sociais e políticas ao índice proposto, Guimarães & Magrini (2008) que formularam um sistema de indicadores sustentáveis apoiado em metodologias consagradas internacionalmente para servir de instrumento para gestão de bacias hidrográficas ou Bragatto et al. (2012) que avaliou a sustentabilidade ambiental de uma microbacia por meio de indicadores de sustentabilidade atrelados ao modelo pressão, estado e resposta (PER).

Já Carvalho *et al.* (2011) buscou a sistematização de indicadores socioeconômicos e de gestão ambiental referentes aos municípios que compõem a área da Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (RN). Esses indicadores possibilitaram um acompanhamento integrado da situação referente a pressão socioeconômica e do incremento da gestão ambiental municipal através do uso dos mapas temáticos, e também possibilita uma visualização espacial da situação geral dos municípios, porém não se considerou a dimensão territorial utilizada pela natureza para o tratamento dos fenômenos naturais como é o caso das bacias hidrográficas.

Portanto, o presente estudo teve por objetivo elaborar um Indicador de Qualidade dos Domicílios (IQD) representado por um valor numérico que possibilite reconhecer as desigualdades sociais e ambientais dos domicílios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una a partir de informações socioambientais, utilizando para seu cálculo, dados do censo demográfico e técnicas de geoprocessamento.

2 METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no interior do Estado de São Paulo no Município de Ibiúna e é denominada de Bacia Hidrográfica do Rio Una (Figura 1).

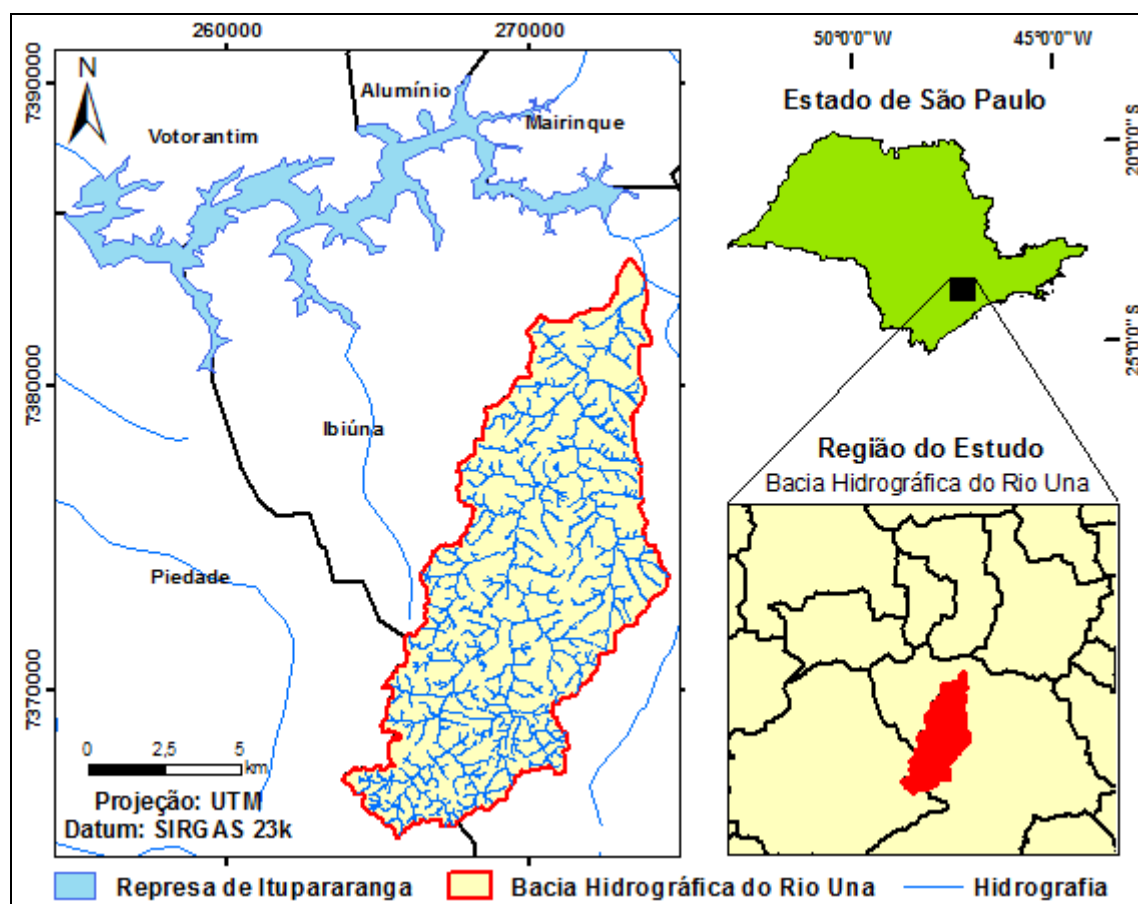


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Una
Fonte: Silva et al. (2016)

A escolha dessa área para o estudo deve-se ao Rio Una que juntamente com os Rios Sorocabuçu e o Sorocamirim desembocam no reservatório de Itupararanga, o qual possui grande importância regional, sendo o principal manancial de captação de água para região de Sorocaba (Silva et al., 2016).

Para a elaboração do IQD, foram selecionadas diferentes variáveis que refletissem a qualidade das moradias. As variáveis do IQD foram extraídas do banco de dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2012) em escala municipal por setores censitários. Os setores censitários que extrapolassem o limite da Bacia Hidrográfica do Rio Una foram recortados acompanhando os limites da área de estudo e seus dados ponderados por uma razão entre a área do setor censitário recortado e inserido na Bacia Hidrográfica pela área total desse setor censitário sem recortes.

Os pesos de cada uma das variáveis que compõem IQD foram obtidos pelo particionamento do intervalo de 0 a 1 em 3 valores compreendendo todo esse intervalo e espaçados igualmente entre si.

A Tabela 1 apresenta a atribuição dos pesos de cada um dos componentes do IQD, os quais foram classificados, ainda, segundo a condição do domicílio, em boa, regular e ruim. Enquanto que, para o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) foi adotado como referência os parâmetros determinados pela Organização das Nações Unidas (ONU) que sugere um índice acima de 30% de cobertura vegetal em áreas urbanas como de alta qualidade ambiental e, caso seja inferior a 5%, como de baixa qualidade ambiental e semelhante a regiões desérticas (Araújo et al., 2012; Duarte et al., 2017).

Ressalta-se que, não se diferenciou as áreas urbanas e rurais da Bacia Hidrográfica para a adoção dos parâmetros propostos pela ONU por se tratar de uma necessidade mínima de contato do ser humano com áreas verdes, tanto para a área rural, quanto para a urbana.

Tabela 1: Atribuição de pesos para cada uma das variáveis do IQD

VARIÁVEIS	CONDIÇÕES	PESOS
Abastecimento de água*	Condição boa: domicílios particulares permanentes abastecidos pela rede geral (pública).	1
	Condição regular: domicílios particulares permanentes abastecidos por poço ou nascente canalizados, ou ainda por água de chuva armazenada em cisterna, caixa de cimento etc.	0,5
	Condição ruim: domicílios particulares permanentes abastecidos por poço ou nascente não canalizados ou com outras formas de abastecimento.	0
Condição sanitária*	Condição boa: domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário ligados à rede geral de esgoto ou pluvial, mesmo que o sistema não disponha de estação de tratamento esgoto.	1
	Condição regular: domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário ligados à fossa séptica.	0,5
	Condição ruim: domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário ligados a outros escoadouros (fossa rudimentar, vala, rio, lago, mar entre outros) ou sem banheiro ou sanitário.	0

VARIÁVEIS	CONDIÇÕES	PESOS
Destino do lixo*	Condição boa: domicílios particulares permanentes com coleta direta de lixo por serviço de limpeza.	1
	Condição regular: domicílios particulares permanentes com coleta indireta de lixo (coletado em caçambas de serviço de limpeza).	0,5
	Condição ruim: domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo (lixo queimado ou enterrado na propriedade, jogado em terreno baldio, logradouro, rio, lago, mar ou outro destino).	0
Energia elétrica*	Condição boa: domicílios particulares permanentes com presença de energia elétrica proveniente de companhia distribuidora ou de outra fonte (eólica, solar, gerador, etc.), de uso exclusivo do domicílio.	1
	Condição regular: domicílios particulares permanentes com presença de energia elétrica proveniente de companhia distribuidora ou de outra fonte, comum a mais de um domicílio e em casos sem medidor.	0,5
	Condição ruim: domicílios particulares permanentes com ausência de energia elétrica.	0
Índice de cobertura vegetal (ICV)	Condição boa: Residentes em áreas com cobertura vegetal suficiente para garantir uma qualidade de vida alta (ICV>30%).	1
	Condição regular: Residentes em áreas com cobertura vegetal suficiente para garantir uma qualidade de vida razoável (5%<ICV<30%).	0,5
	Condição ruim: Residentes em áreas com cobertura vegetal insuficiente para garantir uma qualidade de vida razoável (ICV<5%).	0

* Dados disponibilizados pelo IBGE apenas para domicílios particulares permanentes, excluindo-se a condição dos domicílios improvisados e coletivos.

As variáveis do IQD estudadas (Tabela 1) foram extraídas do banco de dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2012) para os 42 setores censitários presentes na Bacia hidrográfica do Rio Una, enquanto que, as informações necessárias para o cálculo do ICV foram extraídas do mapa de uso do solo e cobertura vegetal e do banco de dados do Censo Demográfico de 2010.

O ICV foi inserido no IQD devido a sua importância na proteção da qualidade da água, purificação do ar, equilíbrio do índice de umidade, redução da amplitude térmica, diminuição da poeira em suspensão, redução dos ruídos, interação entre as atividades humanas e o meio ambiente, proteção das nascentes e mananciais, valorização visual e ornamental (Harder et al., 2006; Faryadi & Taheri, 2009; Rosu & Oişte, 2013; Meira et al., 2016).

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal utilizado no cálculo do ICV foi gerado a partir da imagem do satélite SPOT5 pelo método da classificação supervisionada multivariada de Máxima Verossimilhança do software ArcGIS 10.1, o que possibilitou identificar e segregar os usos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una (Sales et al., 2016). Posteriormente, foram identificadas as áreas com presença de cobertura vegetal e quantificadas por setores censitários para que pudesse encontrar o valor do ICV através da Equação (1):

$$ICV = \frac{CVSC}{ASC} \quad (1)$$

Onde:

ICV é o valor do índice de cobertura vegetal para cada setor censitário;

CVSC é a área, em m², de cobertura vegetal presente em cada setor censitário;

ASC é a área, em m², de cada setor censitário.

O valor final por setor censitário para as variáveis de Abastecimento de água - ABA, Condição sanitária - SAN, Destino do lixo - LIX e Energia elétrica - EEL foi obtido por meio de uma média ponderada em função do número de domicílios em cada condição de acordo com a Equação (2):

$$Var = \frac{Cb \times Nb + Crg \times Nrg + Crm \times Nrm}{Nb + Nrg + Nrm} \quad (2)$$

Onde:

Var é a variável estudada que pode ser a ABA, SAN, LIX ou EEL;

Cb é o peso da condição boa;

Crg é o peso da condição regular;

Crn é o peso da condição ruim;

Nb é o número de domicílios classificados como condição boa;

Nrg é o número de domicílios classificados como condição regular;

Nrm é o número de domicílios classificados como condição ruim.

Para quantificar o peso de cada variável do IQD foi aplicado o método proposto por Saaty (1991) de Análise Hierárquica de Processos (AHP). Esse método permite estabelecer uma estrutura de valores entre as variáveis a partir de sua comparação par a par, pois possibilita dividir o indicador em variáveis de menor importância, enquanto mantém, ao mesmo tempo, a participação dessas variáveis menores na decisão global, auxiliando assim no processo de tomada de decisão (Saaty, 1991).

O emprego deste método nesse estudo deve-se à sua simplicidade, à minimização dos critérios subjetivos para a ponderação entre as variáveis e ao fato de ser consagrado em vários estudos científicos, como os realizados por Moretti et al. (2008) que utilizaram o método AHP para facilitar a decisão das organizações empresariais em adotar ou não a ISO 14000, por Oliveira et al. (2009) que utilizaram o método AHP para ponderação de fatores aplicados na identificação de áreas com vulnerabilidade natural a erosão em bacias hidrográficas, por Paula & Cerri (2012) que verificaram se a utilização do método AHP contribuiu satisfatoriamente na indicação das áreas de riscos geológicos e setores prioritários para implantação de intervenções antrópicas e por Oliveira et al. (2016) que aplicaram o método AHP para quantificar as variáveis de custo para proposição de um corredor ecológico.

As comparações pareadas das variáveis do IQD foram realizadas com base em uma escala de prioridades padrão, própria da Análise Hierárquica de Processos (Tabela 2).

Tabela 2: Escala de comparações da AHP, utilizada no julgamento da importância relativa das variáveis

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Elemento ligeiramente mais importante	O julgamento favorece levemente uma atividade em relação à outra.
5	Elemento medianamente mais importante	O julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Elemento fortemente mais importante	O julgamento favorece muito fortemente uma atividade em relação à outra.
9	Elemento absolutamente mais importante	Maior grau de certeza de favorecimento de uma atividade sobre a outra.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos	Condição intermediária entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991) e Paula & Cerri (2012).

Foi gerada uma matriz de comparação expressa por meio da relação de importância de uma determinada variável (linha) frente à outra variável (coluna). Caso a variável linha fosse mais importante que a variável coluna na matriz, atribuiu-se um peso com valores acima de 1 até 9 (Tabela 2). Caso contrário, atribui-se um peso com valores abaixo de 1 até 1/9. Após os julgamentos, as variáveis do IQD foram expressas numa matriz quadrada 5 x 5 denominada de matriz de comparação.

Para achar o peso normalizado (p) de cada variável foi necessário calcular antes, a matriz ponderada, que consiste na divisão de cada elemento da coluna pela soma dos valores da própria coluna da matriz de comparação. Os valores obtidos a partir deste procedimento fazem com que a soma de cada coluna da matriz ponderada seja igual a um (1).

Após a elaboração da matriz ponderada obteve-se os pesos normalizados para cada variável do IQD através do cálculo da média dos valores de cada linha da matriz ponderada. Esses pesos normalizados indicam quais variáveis do IQD devem ter maior importância (hierarquia).

Em seguida foi calculado o índice de consistência (IC), a partir do autovalor máximo (λ_{max}) e do número de variáveis analisadas (neste caso n = 5) pela Equação 3.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

De acordo com Saaty (1991), o autovalor máximo (λ_{max}) é calculado pela multiplicação da matriz de comparação (A) pela matriz de pesos normalizados (p), dividindo-se o resultado obtido (Ap), pelo vetor de pesos normalizados (p) como é mostrado na Equação 4.

$$\lambda_{max} = \text{média dos valores da matriz resultante de } \frac{Ap}{p} \quad (4)$$

Se o índice de consistência for menor do que 0,1; então há consistência para prosseguir com os cálculos do AHP, caso contrário, recomenda-se que os julgamentos sejam refeitos até que haja consistência. Saaty (1991) ainda sugere o uso da Razão de Consistência (RC), que é calculada dividindo-se o IC pelo Índice Randômico (IR) tabulado (Tabela 3), o qual varia de acordo com o tamanho n da amostra. Ainda segundo o autor, são considerados consistentes os julgamentos que apresentarem uma RC menor que 10%. Portanto, foi avaliado o IC e o RC dos pesos calculados para avaliar a consistência dos cálculos realizados.

Tabela 3: Índice Randômico, definido em função do número de elementos comparados (n)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IC	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Adaptado de Saaty (1991).

Após os cálculos dos pesos pelo método AHP e dos valores das variáveis integrantes do IQD, foi calculado o valor final do IQD para cada setor censitário através da Equação (5):

$$IQD = \sum_{i=1}^5 Var(i) \times p(i) \quad (5)$$

Onde:

Var(1) é o valor da variável ABA para um determinado setor censitário;

p(1) é o valor do peso normalizado da variável ABA calculado pelo método AHP;

Var(2) é o valor da variável SAN para um determinado setor censitário;

p(2) é o valor do peso normalizado da variável SAN calculado pelo método AHP;

Var(3) é o valor da variável LIX para um determinado setor censitário;

p(3) é o valor do peso normalizado da variável LIX calculado pelo método AHP;

Var(4) é o valor da variável EEL para um determinado setor censitário;

p(4) é o valor do peso normalizado da variável EEL calculado pelo método AHP;

Var(5) é o valor da variável ICV para um determinado setor censitário;

p(5) é o valor do peso normalizado da variável ICV calculado pelo método AHP.

Os valores finais do IQD para cada setor censitário foram geocodificados no ArcGIS 10.1 para alimentar o banco de dados dos setores censitários presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os mapas das variáveis utilizadas na construção do IQD com seus valores finais por setor censitário divididos em quatro partes iguais (0 a 0,25; 0,25 a 0,50; 0,50 a 0,75 e 0,75 a 1) para as variáveis ABA, SAN, LIX e ENE, sendo que para a variável ICV seguiu-se a recomendação da ONU descrita na Tabela 1 (0 a 0,05; 0,05 a 0,30 e maior que 0,30).

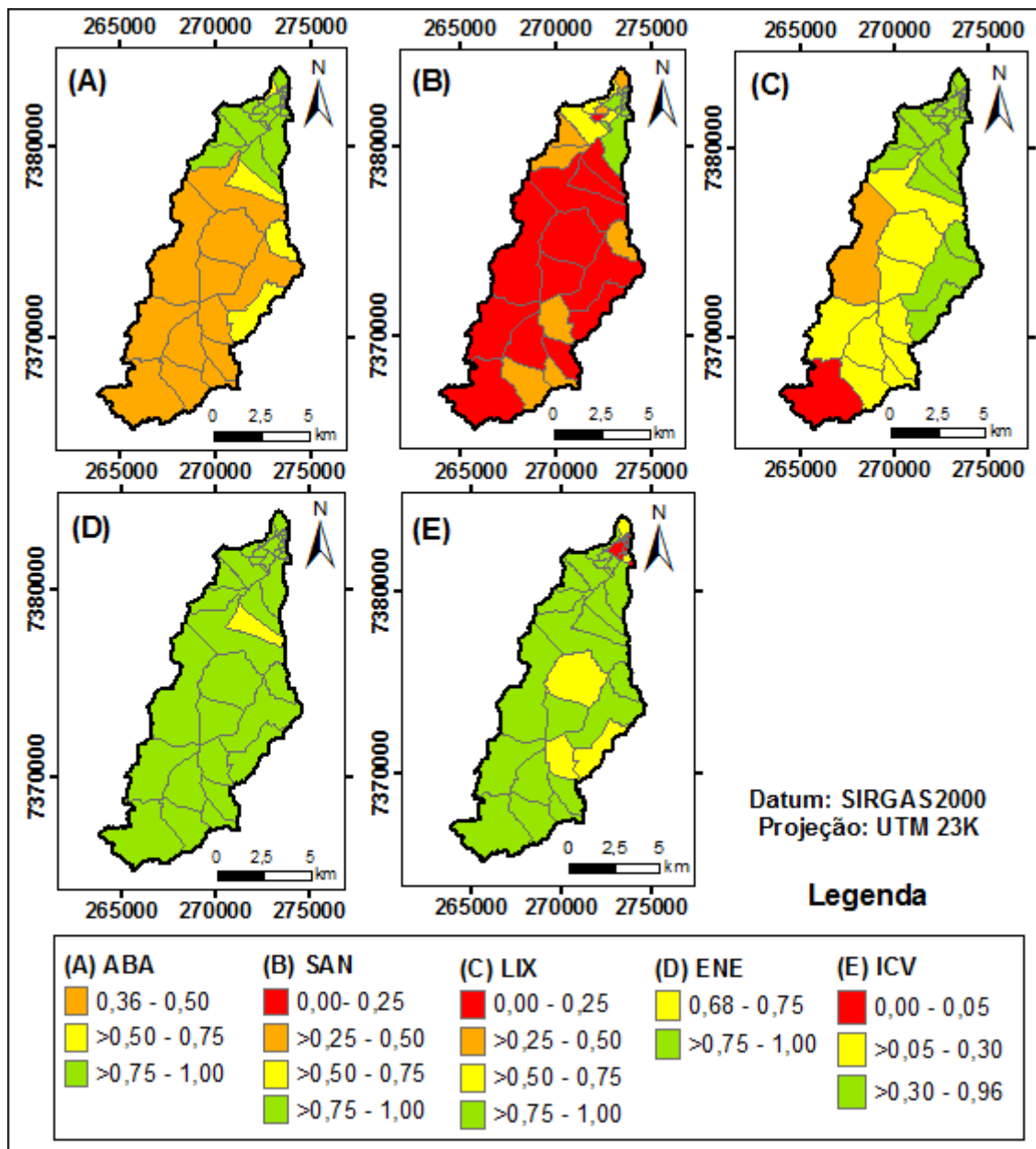


Figura 2: Mapas das variáveis utilizadas na construção do IQD

A Tabela 4 apresenta a distribuição em porcentagem das variáveis componentes do IQD (ABA, SAN, LIX e ENE) pelos intervalos de valores apresentados na Figura 2.

Tabela 4: Distribuição (em %) das variáveis do IQD por intervalos de valores

Intervalo	ABA	SAN	LIX	ENE
0 a 0,25	0,0%	46,9%	40,6%	0,0%
0,25 a 0,5	50,0%	31,3%	9,4%	0,0%
0,5 a 0,75	12,5%	9,4%	9,4%	3,1%
0,75 a 1	37,5%	12,5%	40,6%	96,9%

Para a variável ABA não houve setores censitários que apresentassem valores inferiores a 0,36 (Figura 2). Na porção norte da Bacia Hidrográfica é onde se encontra os setores censitários que apresentaram os melhores valores quanto ao abastecimento de água, o que está relacionado à inserção desses setores censitários na área urbana do município, região mais desenvolvida economicamente e, por conseguinte, com uma infraestrutura maior em relação às outras áreas do município, enquanto que, as áreas rurais foram as que apresentaram os valores mais baixos da Bacia Hidrográfica.

A variável SAN foi, dentre as variáveis do IQD, a que apresentou os menores valores por setores censitários, sendo que 57,1% dos setores censitários, os quais representam 91% da área de estudo, apresentaram valores menores que 0,50; indicando a precariedade das condições sanitárias no município, mesmo em áreas urbanas. Esse é um tópico muito relevante a ser explorado pelos gestores do município nos próximos anos, uma vez que, segundo SNIS (2016), apenas 18,2% da população total do município é atendida com esgotamento sanitário.

A variável LIX também apresentou setores censitários com valores inferiores a 0,50; representando 7,2% dos setores censitários da Bacia Hidrográfica. Igualmente a variável SAN, os setores censitários inseridos na área urbana do município (região norte) apresentaram os melhores valores (Figura 2). O município possui um aterro sanitário, entretanto, a coleta de lixo é deficitária, com muitas regiões sem cobertura, principalmente as localizadas ao sul da Bacia Hidrográfica, que não está tão distante do aterro sanitário que se localiza nessa Bacia Hidrográfica.

ENE é a variável que apresentou os melhores valores para a Bacia Hidrográfica, quase 100% dos valores encontram-se acima de 0,75. Quase toda a população residente na Bacia Hidrográfica do Rio Una tem acesso à energia elétrica.

Quanto ao ICV, 31% dos setores censitários apresentaram valores abaixo de 0,05%, entretanto, esses setores são os menores entre os analisados, o que pode estar relacionado com a ausência de cobertura vegetal e, ainda, por estar situado na zona urbana do município. A maior parte da Bacia Hidrográfica apresentou valores acima do preconizado pela ONU, com exceção de uma pequena parte da região centro-leste que tem alta incidência de culturas agrícolas e ao norte da Bacia Hidrográfica que apresenta alta taxa de urbanização e onde se encontra a estação de tratamento de esgoto do município, entretanto, a presença de cobertura vegetal nesses setores censitários é razoável.

Para quantificar o peso de cada variável do IQD foi aplicado o método proposto por Saaty (1991) de Análise Hierárquica de Processos (AHP). Para tanto, foi estabelecida uma matriz de comparação pareada entre as cinco variáveis componentes do IQD por comparações par a par, a partir do julgamento da intensidade de importância de cada variável (Tabela 2), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Matriz de comparações pareadas das variáveis componentes do IQD

Variáveis do IQD	ABA	SAN	LIX	ENE	ICV
ABA	1	1	3	5	7
SAN	1	1	3	5	7
LIX	1/3	1/3	1	5	7
ENE	1/5	1/5	1/5	1	3
ICV	1/7	1/7	1/7	1/3	1

Em uma matriz de comparação pareada, as posições da diagonal sempre recebem o valor 1, dado que um elemento é igualmente importante a ele mesmo, enquanto que, para as comparações inversas, ou seja, na parte inferior esquerda da matriz, colocam-se os valores recíprocos daqueles da parte superior direita da matriz (Paula & Cerri, 2012).

A Tabela 6 apresenta os pesos normalizados para cada uma das variáveis componentes do IQD, bem como o valor calculado do autovalor máximo (λ_{max}) utilizado para a obtenção do índice de consistência (IC).

Tabela 6: Pesos normalizados das variáveis componentes do IQD

Variáveis do IQD	Pesos normalizados (p)	Ap	Ap/p
ABA	0,35	1,90	5,45
SAN	0,35	1,90	5,45
LIX	0,19	1,05	5,38
ENE	0,07	0,36	5,05
ICV	0,04	0,19	5,05
Média (λ_{Max})			5,28

O valor do IC calculado para avaliar a consistência dos pesos atribuídos às variáveis componentes do IQD pelo método da AHP foi de 0,069; isto é, abaixo de 0,1 e, portanto, há consistência nos valores obtidos. Para reforçar ainda mais a avaliação da consistência dos dados, foi calculado a razão de consistência (RC) e o valor obtido foi de 0,062; ou seja, abaixo de 0,1;

indicando que os pesos normalizados calculados apresentam consistência. As variáveis que apresentaram os maiores pesos foram ABA e a SAN com pesos iguais a 0,35; enquanto que, a variável ICV apresentou o menor peso e igual a 0,04.

A partir disso, foi calculado o valor do IQD para cada setor censitário e geoespacializado como mostrado no mapa da Figura 3.

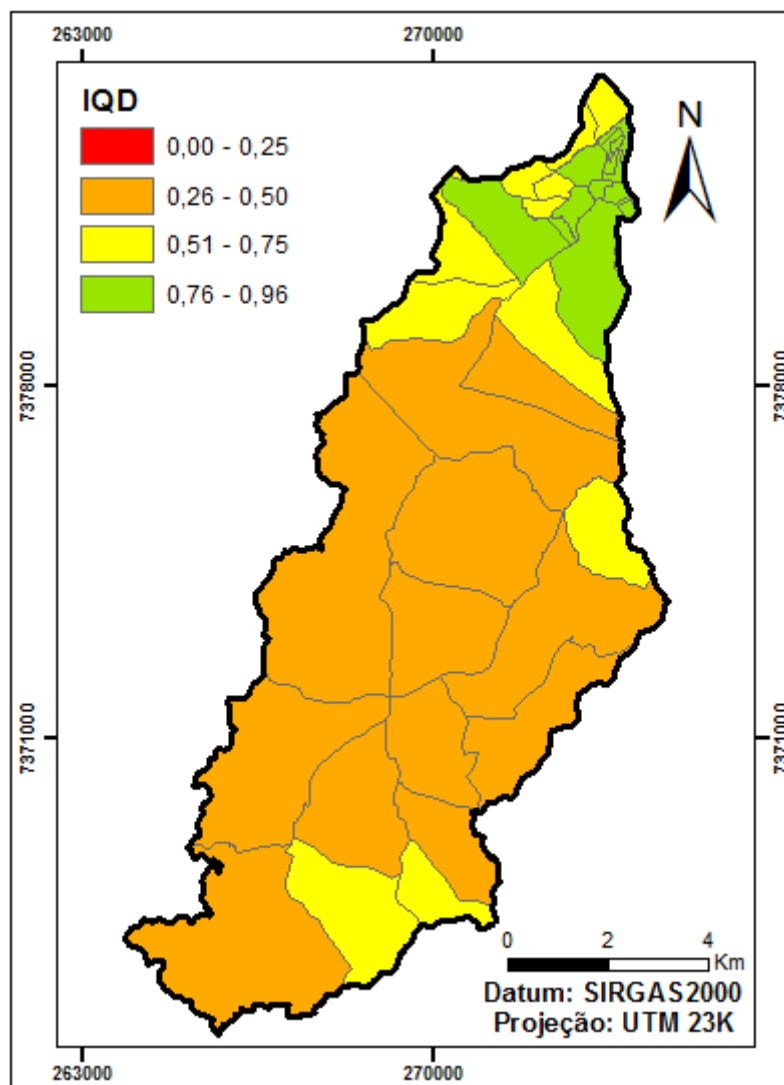


Figura 3: Distribuição dos valores do IQD por setores censitários

Os piores valores encontrados para o IQD encontram-se na região central e sul da Bacia Hidrográfica, onde há a maior concentração de atividades agrícolas. Talvez, por se tratar de atividades agrícolas de pequeno porte, as pessoas residentes tenham menos acesso a infraestrutura, principalmente devido à impossibilidade financeira da prefeitura municipal de Ibiúna de oferecer esse serviço nessas regiões e, também, por sua condição financeira não permitir que tenham acesso a áreas com melhor infraestrutura básica.

Ao verificar o mapa da Figura 3 é possível perceber que quase todos os setores censitários presentes na área rural do município apresentaram valores de IQD inferiores a 0,5 e são classificados como inadequados, enquanto que, quase todos os setores censitários presentes em áreas urbanas apresentaram valores superiores a 0,5 e, portanto, estão classificados como adequados a excelentes. As áreas classificadas como inadequadas representam 76,4% da área de estudo, sendo que o restante, isto é, 23,6% da área de estudo estão classificadas como adequadas.

Estes valores abaixo do esperado são justificados pelas péssimas condições de saneamento básico presentes na área de estudo. A área urbana em comparação a área rural apresentou os melhores valores de IQD, justificável pelo acesso da população às melhores condições de saneamento básico.

4 CONCLUSÃO

O estudo demonstra que as imagens de sensoriamento remoto em conjunto com os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são importantes ferramentas para avaliar a cobertura vegetal em bacias hidrográficas e, nesse estudo, possibilitou verificar as condições das áreas verdes presentes nos setores censitários da Bacia Hidrográfica do Rio Una, além de possibilitar modelar matematicamente através de técnicas de geoprocessamento todas as variáveis em função de sua espacialidade e cobertura de atendimento populacional.

A partir dos resultados foi possível concluir que as desigualdades sociais e ambientais estão mais presentes na área rural desta bacia hidrográfica. É possível observar que o IQD é sensível o suficiente para apontar as variáveis que mais influenciam no seu valor e aquelas que necessitam de uma gestão prioritária.

Nesse sentido, ao analisar a bacia hidrográfica *in loco* foi verificado que a porção central tem o predomínio de áreas agrícolas com baixa infraestrutura de saneamento básico oferecido pelo poder público, enquanto que na região sul há presença de uma cobertura vegetal mais densa e preservada com presença de áreas agrícolas de subsistência e infraestrutura de saneamento básico incipiente demonstrando claramente a ausência do poder público com vias de trânsito de difícil acesso, o que aumenta ainda mais o isolamento da população residente nessa região, verificado pela densidade populacional baixa se comparada com a região norte da bacia hidrográfica.

Contrastando com a realidade Central e Sul da bacia hidrográfica encontra-se a região norte da bacia onde está localizado o centro urbano do município de Ibiúna, onde a cobertura de saneamento básico é maior e o acesso à educação e saúde é prevalente, tornando as condições de vida nessa região melhores que a verificada na região central e sul da bacia. Percebe-se ao avaliar o IQD que o mesmo indica que na região norte as condições de vida da população é maior que o restante da bacia hidrográfica.

Através das informações levantadas neste estudo, pode-se concluir que IQD é uma importante ferramenta que permite interpretar numericamente a realidade da Bacia Hidrográfica do Rio Una, a partir de uma óptica socioambiental, enfocando os domicílios e residentes dessa área e, portanto, pode servir como um instrumento de tomada de decisão para gestores públicos e interessados nessa questão, pois possibilita a concentração dos recursos para desenvolvimento

em áreas onde houver maior necessidade investimento para melhoria da qualidade de vida da população residente.

5 REFERÊNCIAS

- Araújo, M. L., Luz, L. M., & Rodrigues, J. E. C. (2012). Temporal and spatial analysis of vegetation of Tenoné-Belém/PA. *REVSBAU*, 7(1), 52-75.
- Bragatto, R. D., Augusto, C. M., Steffani, M. A., Zorel Junior, H., & Barreto-Rodrigues, M. (2012). Indicadores ambientais de sustentabilidade sistematizados pelo modelo pressão-estado-resposta (PER): análise de águas superficiais na microbacia hidrográfica Passo da Pedra, em Pato Branco PR. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 7(2), 87-103.
- Carvalho, R. G., Kelting, F. M. S., & Silva, E. V. (2011) Indicadores Socioeconômicos e Gestão Ambiental nos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN. *Sociedade & Natureza*, 23(1), 143-159.
- Chaves, H. M. L., & Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. *Water Resources Management*, 21(5), 883-895.
- Diamantopoulos, A., & Winklhofer, H. M. (2001). Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. *Journal of Marketing Research*, 38(2), 269-277.
- DUARTE, T. E. P. et al. (2017). O Papel da Cobertura Vegetal nos Ambientes Urbanos e sua Influência na Qualidade de Vida nas Cidades. *Desenvolvimento em Questão*, 15(40), 175-203.
- Faryadi, Sh., & Taheri, Sh. (2009). Interconnections of urban green spaces and environmental quality of Tehran. *International Journal of Environmental Research*, 3(2), 199-208.
- Guimarães, L. T., & Magrini, A. (2008). A proposal of indicators for sustainable development in the management of river basins. *Water Resources Management*, 22(9), 1191-1202.
- Harder, I. C. F., Ribeiro, R. C. S., & Tavares, A. R. (2006). Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. *Revista Árvore*, 30(2), 277-282.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Base Estatcart de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por Setor Censitário* [CD-ROM]. Rio de Janeiro: IBGE.
- Khanna, N. (2000). Measuring environmental quality: an index of pollution. *Ecological Economics*, 35(2), 191-202.
- LOURENÇO, R. W. , SILVA, D. C. C. , & SALES, J. C. A. (2014). Development of a methodology for evaluation of the remaining forest fragments as a management tool and environmental planning. *Ambiência*, 10(3), 685-698.
- Meira, R. T., Sabonaro, D. Z., & Silva, D. C. C. (2016). Elaboração de Carta de Adequabilidade

Ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo, São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21(1), 77-84.

Moretti, G. N., Sautter, K. D., & Azevedo, J. A. (2008). ISO 14001: implementar ou não? Uma proposta para a tomada de decisão. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 13(4), 416-425.

Oliveira, P. T. S. D., Rodrigues, D. B. B., Alves Sobrinho, T., & Panachuki, E. (2009). Processo analítico hierárquico aplicado à vulnerabilidade natural a erosão. *Geociências (São Paulo)*, 28(4), 417-424.

Oliveira, R. A., Silva, D. C. C., Simonetti, V. C., Stroka, E. A. B., & Sabonaro, D. Z. (2016). Proposição de Corredor Ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. *Revista do Departamento de Geografia*, 32, 61-71.

Paula, B. L. D., & Cerri, L. E. D. S. (2012). Aplicação do Processo Analítico Hierarquico (AHP) Para Priorização de Obras de Intervenção em Áreas e Setores de Risco Geológico nos Municípios de Itapeverica da Serra e Suzano (SP). *Geociências (São Paulo)*, 31(2), p. 247-257.

Rosu, L. I., & Oişte, A. M. (2013). Defining critical areas through dispersion and density of vegetation index in relation to population. study case: Iaşi City. *Present Environment and Sustainable Development*, 7(2), 193-204.

Saaty, T. L. (1991). *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill Publisher, 367 p.

Sales, J. C. A., Silva, D. C. C., Romagnano, L. F. T., Bertagna, R., & Lourenço, R. W. (2016). Avaliação do impacto ambiental causado pelas alterações espaço temporal do uso do solo e da cobertura vegetal utilizando o modelo das Cadeias de Markov. *Ciência e Natura*, 38(1), 115-124.

Shields, D., Solar, S., & Martin, W. (2002). The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicator*, 2(1-2), 149-160.

Siche, R., Agostinho, F., Ortega, E., & Romeiro, A. (2007). Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, 10(2), 137-148.

Silva, D. C. C., Albuquerque Filho, J. L., Sales, J. C. A., & Lourenço, R. W. (2016). Uso de indicadores morfométricos como ferramentas para avaliação de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), 221-217.

Silva, D. C. C., Albuquerque Filho, J. L., Sales, J. C. A., & Lourenço, R. W. (2017). Methodology for potential degradation analysis of water resources in watershed. *Caderno de Geografia*, 27(50), 455-466.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (2016). *Série Histórica*. 2013. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/#>.

Van Bellen, H. M. (2006). *Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa*. 2. ed. Rio de

Janeiro: FGV, 253 p.