

Gestão de bacias hidrográficas na perspectiva espacial e socioambiental

Management of river basins from spatial and socio-environmental perspectives

ELFANY REIS DO NASCIMENTO LOPES*

JOSÉ CARLOS DE SOUZA**

JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO***

ROBERTO WAGNER LOURENÇO****

Abstract

The study aimed to methodologically subsidize the socioenvironmental analysis of river basins, based on the use of secondary social, economic and environmental data in the Una river basin, Ibiúna, São Paulo, Brasil. Secondary data were screened, using Pearson's correlation, multiple linear regression, and a spatial socio-environmental quality index. There was a strong correlation between the economic characteristics of households and their occupants with environmental sanitation. The quality index revealed better socio-environmental conditions in the urban area, contributing to the identification of areas requiring intervention that include the rural area, because these are sites with relevant social, economic and conservation interests of water resources.

Keywords: *urban quality, environmental planning, demographic census, spatial analysis, geoprocessing.*

Resumo

O estudo objetivou subsidiar metodologicamente a análise socioambiental espacial de bacias hidrográficas, a partir do uso de dados secundários sociais, econômicos e ambientais na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo. Realizou-se a triagem de dados secundários, analisados por meio da correlação de Pearson, da regressão linear múltipla e do indicador de qualidade socioambiental espacializado. Houve forte correlação entre as características econômicas dos domicílios e de seus ocupantes com o saneamento ambiental. O índice de qualidade revelou melhores condições socioambientais na zona urbana, contribuindo para a identificação de áreas com necessidade de intervenção que incluem a área rural, por trata-se de locais com relevantes interesses sociais, econômicos e de conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: *qualidade urbana, saneamento ambiental, censo demográfico, geoprocessamento.*

* Universidade Federal do Sul da Bahia, correo-e: elfany@ufsb.edu.br.

** Universidade Estadual de Goiás, correo-e: jose.souza@ueg.br.

*** Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), correo-e: albuzzelu@ipt.br

**** Universidade Estadual Paulista - Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, correo-e: roberto.lourenco@unesp.br.

Introdução

A bacia hidrográfica, ao ser considerada a unidade básica de estudo nos contextos ecológicos e econômicos, torna-se prioritária para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, pois fornece vários produtos e serviços que sustentam a população humana. Além disso, deve ser vista como prioritária para a gestão urbana pois esta mesma população reside no interior de bacias e relacionam-se com o sistema hídrico estabelecido no regime natural.

Os estudos realizados nestes territórios, em sua maioria, enfatizam a compreensão de processos químicos, físicos e climáticos e abordam em menor complexidade a capacidade de carga urbana e a influência socioeconômica (Malik e Bhat, 2014; Rosa *et al.*, 2014; Dalton *et al.*, 2014; Eum *et al.*, 2014; Arlos *et al.*, 2015).

O crescimento urbano em bacias hidrográficas vem exigindo especial atenção, dado que o aumento populacional eleva o uso dos recursos hídricos e do ambiente em geral, ocasionando a degradação da qualidade da água, a descarga de dejetos, o transporte de sedimentos, a alteração da rede de drenagem e o acúmulo de lixo (Badar *et al.*, 2013; Qin *et al.*, 2013; Hester e Cranmer, 2014; Malik e Bhat, 2014; Mahesh *et al.*, 2015).

Segundo Peres e Silva (2013), embora a Constituição Federal Brasileira tenha ratificado a importância do ordenamento do território para que o planejamento do crescimento contribuísse para um modelo de gestão urbana em que a conservação ambiental estivesse como uma de suas premissas, não havia uma política específica para tal, mas ações indiretas por meio de políticas associadas ao impacto da degradação ambiental, dentre elas a Política Nacional de Meio Ambiente, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1981; 1988a; 1988b; 2000).

Somente em 2001 foi criado o Estatuto da Cidade para a gestão das cidades brasileiras, por onde instituiu-se uma política para o desenvolvimento das áreas construídas, dando espaço para o município atuar como agente direto na gestão municipal. Nesta legislação, o Plano Diretor Municipal foi instituído como o principal instrumento de planejamento e gestão do território, de forma participativa, considerando os aspectos físico, social, administrativo, político e ambiental (Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2001; Ministério das Cidades do Brasil, 2004). Em 2003, foi criado o Ministério das Cidades dando suporte ao Estatuto e contribuindo para ações mais enfáticas dos municípios para uma gestão urbana de maior eficácia e eficiência (Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2003).

Com os recortes de análise, a exemplo das bacias hidrográficas, a preservação dos recursos hídricos se tornou uma temática evidente, pois a história da relação entre homem e água sempre esteve relacionada com a construção de cidades, busca de trabalho e qualidade de vida em áreas com riqueza hídrica. Essa relação atua de forma positiva e negativa, pois a população usufrui de bens e serviços da natureza e devolve na maioria das vezes resíduos e rejeitos que alteram a sua própria qualidade de vida, além do meio ambiente.

Nestes caminhos, o conhecimento da condição socioambiental de um território permite compreender o impacto e a caracterização do modo de vida da população e do desenvolvimento de atividades sobre os recursos naturais, já que, a significativa degradação das bacias hidrográficas também é causada por fatores sociais e econômicos (Pereira *et al.*, 2011; Wardrop *et al.*, 2011; Malik e Bhat, 2014).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) avalia periodicamente a condição socioeconômica e socioambiental dos municípios que incluem as áreas territoriais que compõem diferentes bacias hidrográficas no país, permitindo estruturar espacialmente e temporalmente estas informações e averiguar a qualidade de vida da população para nortear medidas de planejamento, conservação e tomada de decisão a nível local (IBGE, 2010).

O estudo baseia-se na análise integrada de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), geoprocessamento e dados governamentais secundários, apresentando um modelo espacial útil na avaliação do perfil socioambiental de bacias hidrográficas que induza a inserção deste tipo de informações no contexto da análise ambiental integrada, colocando a dinâmica da sociedade no processo da gestão e do planejamento urbano e ambiental.

Este estudo é uma contribuição à utilização de dados secundários de elevado custo operacional em levantamentos governamentais e que, de forma geral, são negligenciados na gestão urbana territorial, com maior ênfase nos estudos ambientais, mas com uma amplitude segura para demonstrar a condição de vida da população e os efeitos destas no ambiente. Dessa forma, considera-se que os estudos nesta perspectiva, apesar de escassos, geram benefícios e podem minimizar os impactos e reduzir a vulnerabilidade social e ecológica de territórios de bacias hidrográficas (Jujnovsky *et al.*, 2012).

O estudo objetivou caracterizar e analisar a relação entre aspectos sociais, econômicos e ambiental na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo, buscando subsidiar metodologicamente caminhos para a análise socioambiental espacial de bacias hidrográficas, considerando que investigações deste tipo ainda são escassas no âmbito da análise ambiental integrada.

1. Métodos

1.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Una, localizada em sua totalidade no município de Ibiúna e pertence a Décima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), encontra-se na região sudeste do Estado de São Paulo e foi utilizada como modelo de demonstração da análise espacial e socioambiental neste estudo (figura 1).

A extensão territorial da bacia é equivalente a 96 km², tendo como curso principal o rio Una, com extensão de 25,5 km, recebendo águas do córrego do Cupim, ribeirão do Leopoldo e ribeirão do Salto, desaguando no rio Sorocabuçu principal afluente para a formação do reservatório de Ituparanga.

A estas características soma-se a posição da bacia inserida no bioma Mata Atlântica, onde as suas cabeceiras se encontram próximas às Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do Mar, APA de Corumbataí, Botucatu e Tejupá, e a sua foz com o reservatório e APA do Ituparanga. Estas áreas são tradicionalmente reconhecidas pelas suas contribuições na conservação ambiental e no abastecimento hídrico para uma população regional de aproximadamente 800 mil habitantes.

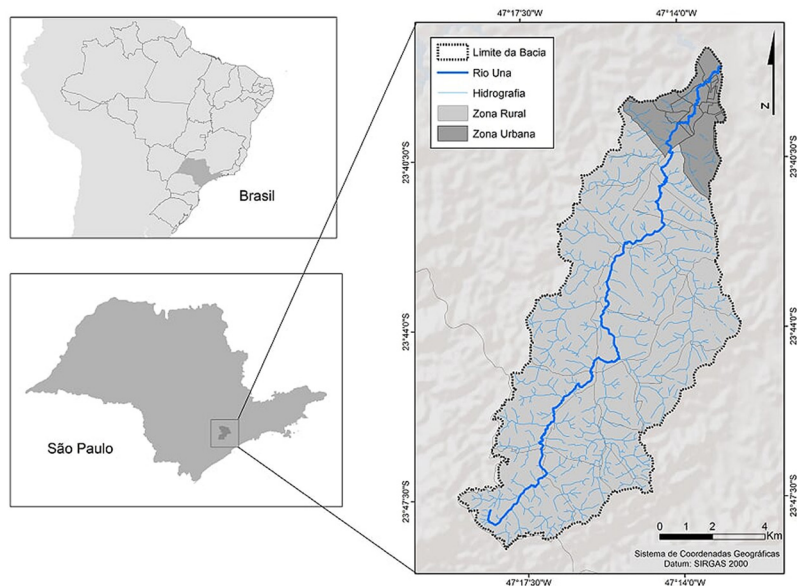
A área é uma importante unidade territorial que apresenta uma zona de transição entre rural e urbana, com histórico de fragmentação da paisagem. O território apresenta uma diversidade de usos e atividades, incluindo parte da área urbana do município de Ibiúna e grandes áreas agrícolas que caracterizam a principal atividade econômica do território, contribuindo para habitações irregulares ao longo do seu território.

1.2. Coleta e triagem dos dados dos censos demográficos

Os dados deste estudo foram triados da base de dados agregados do censo demográfico do ano de 2010 do IBGE (IBGE, 2010). O censo demográfico é o maior levantamento governamental realizado no Brasil, a respeito das condições de vida da população e do território, tendo como unidade de análise o setor censitário. Para a seleção das informações, foi realizada a sobreposição do limite da bacia do rio Una sobre a grade dos setores censitários e selecionadas as informações para os 42 setores censitários que interceptam o seu perímetro. As informações encontram-se distribuídas entre a zona urbana e a zona rural da bacia hidrográfica (figura 1).

Para este estudo, foram triadas as informações de taxa de residentes (TR), pessoas alfabetizadas (PA), domicílios próprios e quitados (DP), domicílios com rendimento entre 1 a 2 salários-mínimos (DR), domicílios com rede de água (DRA), domicílios com rede de esgoto (DRE) e destino do lixo

Figura I
Localização e distribuição dos setores censitários na zona urbana e rural da bacia hidrográfica do rio Una.



Fonte:elaboração própria no software ARCGIS 10.3, (ESRI, 2014).

(LIX). Todos os dados foram normalizados pelo método do máximo-minimo equalizado, buscando padronizar as taxas apresentadas em valores lineares no intervalo 0 e 1.

1.3. Análise estatística

Buscou-se testar a hipótese de que a densidade de domicílios e a taxa de residentes (variáveis dependentes) encontram-se influenciadas pelo nível educacional, pela quitação do domicílio, adequação do saneamento ambiental ou pela renda de seus ocupantes (variáveis independentes). Aplicou-se a matriz de correlação de Pearson a 5% e a matriz de regressão múltipla no *software* estatístico biostat (AYRES *et al.*, 2007).

1.4. Construção do índice de qualidade socioambiental (IQSA)

O IQSA foi gerado conforme a combinação do Índice de Qualidade das Moradias (IQM) e do Índice de Inserção Social (IIS) da área de estudo, conforme adaptação da metodologia empregada por Vedovato *et al.* (2011). Na metodologia, cada variável é classificada com base na conversão do seu quantitativo de domicílios em porcentagem e da atribuição de

Tabela 1
Variáveis socioambientais analisadas

Índice	Variáveis	Pesos atribuídos			
		Ótimo (100% a 75% dos domicílios)	Bom (<75% até 50% dos domicílios)	Regular (<50% a 25% dos domicílios)	Ruim (< 25% dos domicílios)
IQM	Domicílios com rede de água (DRA)	1.0	0.50	0.25	0
	Domicílios com rede de esgoto (DRE)	1.0	0.50	0.25	0
	Destino do lixo (LIX)	1.0	0.50	0.25	0
IIS	Domicílios próprios e quitados (DP)	1.0	0.75	0.50	0.25
	Domicílios com rendimento entre 1 a 2 salários-mínimos (DR)	1.0	0.75	0.50	0.25
	Pessoas alfabetizadas (PA)	1.0	0.75	0.50	0.25

Fonte: elaboração própria.

pesos que variaram entre ótimo a ruim. Ressalta-se que os quantitativos de cada variável é oriundo do levantamento do censo demográfico em cada setor censitário que compõe a bacia hidrográfica.

As variáveis, a composição de cada índice e os pesos atribuídos podem ser observados na tabela 1.

Uma vez obtido as notas para as variáveis, foram calculados, por meio de média ponderada, os índices IQM e IIS, e, posteriormente, o IQSA, para cada setor censitário que compõe a área de estudo. Os índices são calculados por meio de atribuição de pesos de importância dada a cada variável e determinados conforme Vedovato *et al.* (2011). As equações para cada índice são apresentadas abaixo:

$$\begin{aligned} \text{IQM}_n &= (0.2 \cdot \text{DRA}_n) + (0.5 \cdot \text{DRE}_n) + (0.3 \cdot \text{LIX}_n) \\ \text{IIS}_n &= (0.2 \cdot \text{DP}_n) + (0.3 \cdot \text{DR}_n) + (0.5 \cdot \text{PA}_n) \\ \text{IQSA}_n &= (0.4 \cdot \text{IQM}_n) + (0.6 \cdot \text{IIS}_n) \end{aligned}$$

A classificação dos IQSA, apresentada na tabela 2, foi determinada em valores quantitativos e qualitativos, considerando a obtenção dos índices prévios de IQM e IIS.

Tabela 2
Classificação do IQSA

<i>IQSA</i>	<i>Valor quantitativo</i>	<i>Classificação qualitativa</i>
1.0 - 0.65	1	Ótimo
< 0.65 até 0.50	2	Bom
< 0.50 até 0.25	3	Regular
< 0.25	4	Ruim

Fonte: elaboração própria.

1.5. Espacialização dos índices IIS, IQM e IQSA

Os índices foram espacializados em forma de mapas temáticos em coordenadas UTM, datum SIRGAS 2000 23S, através da obtenção dos centroides de cada setor censitário e a vinculação dos resultados obtidos em cada índice em tabela de atributos.

Aplicou-se a interpolação do inverso ponderado da distância (*Inverse Distance Weight*), utilizando o comando IDW no *software* ARCGIS 10.3. O IDW é uma técnica de interpolação exata, que considera a dependência espacial dos valores interpolados por meio da determinação de pesos aos pontos amostrados, de forma proporcional à contribuição de cada valor vizinho em função da distância. Nesta técnica, o atributo de um pixel interpolado deve ser o mais semelhante ao seu ponto mais próximo na superfície matricial, com base em valores medidos em torno do local de predição (Vedovato *et al.*, 2011; Eastman, 2012; ESRI, 2014).

2. Resultados e Discussão

2.1. Caracterização Socioambiental da Bacia

A caracterização socioeconômica da bacia do rio Una pode ser observada na tabela 3, onde são apresentadas as taxas referentes às variáveis demográficas, educacionais e econômicas.

Tabela 3
Condições socioeconômicas

	<i>DOM</i>	<i>TR</i>	<i>PA</i>	<i>DR</i>	<i>DP</i>
Zona urbana	5368	17,598	15,379	1716	3193
Zona rural	3641	12,308	10,237	1457	1703
Total	9009	29,906	25,616	3173	4896

Legenda: DOM – Domicílios; TR – Taxa de residentes; PA – Pessoas alfabetizadas; DR – Domicílios com rendimentos entre 1 a 2 salários-mínimos; DP – Domicílios quitados e próprios. Fonte: IBGE (2010).

A taxa de domicílios apresentou maior valor para a zona urbana, que inclui parte da área urbana do município de Ibiúna, representando aproximadamente 60% da totalidade dos domicílios na bacia. A taxa de residentes foi estimada em 29,906 habitantes, sendo o maior percentual também na zona urbana. Observou-se que essas taxas estão conciliadas com os relevos mais planos que, na bacia atinge altitude mínima de 850 m, sobretudo ao norte. Essas características estão relacionadas com a ocupação e estabelecimento das comunidades em áreas próximas aos corpos hídricos e às características físicas mais favoráveis para o desenvolvimento de comunidade, vilas, vilarejos e a organização da zona urbana.

O setor educacional apresentou um quantitativo de 25,616 habitantes alfabetizados, com idade igual ou superior a cinco anos. Esse valor corresponde a um percentual de 86% da população residente na área.

Identificou-se ao menos 3173 domicílios com renda entre um e dois salários-mínimos, sendo que cerca de 65% do total de domicílios possuem outros valores ou ausência de rendimentos. Considerando que a área é predominantemente rural e voltada à produção agrícola, supõe-se que a taxa de domicílios com ausência de rendimentos seja reduzida. Ao ser investigada esta característica no censo demográfico, confirmou-se que a respectiva taxa alcança apenas 5% dos domicílios (IBGE, 2010).

No que se refere à condição de ocupação, a maior taxa de domicílios próprios e quitados encontram-se localizados na zona urbana. Aproximadamente 5000 domicílios encontram-se nesta situação, representando mais da metade dos existentes na bacia do rio Una (54%). No entanto, 46% dos domicílios encontram-se alugados, cedidos, em aquisição ou em situação de invasão, podendo ser reflexo da quantidade de imóveis irregulares na zona rural.

O saneamento ambiental apresentou as melhores taxas na zona urbana, conforme apresentado na tabela 4.

A coleta de lixo atende a cerca de 93% de todos os domicílios urbanos, seguido da presença de rede de água e da rede de esgoto. Para as condições

Tabela 4
Condições de saneamento ambiental

	<i>DRA</i>	<i>DRE</i>	<i>LIX</i>
Urbano	4977	3532	5320
Rural	709	22	2787
Total	5686	3554	8107

Legenda: DRA – Domicílios com rede de água; DRE – Domicílios com rede de esgoto; LIX – Domicílios com lixo coletado. Fonte: IBGE (2010).

de coleta de lixo, é preciso salientar que esta é uma das mais preeminentes discussões ambientais do mundo contemporâneo, sendo preciso a sua universalização, já que o aumento da produção de lixo doméstico está associado exponencialmente ao aumento populacional (Silva *et al.*, 2012).

Os percentuais referentes à rede de água e de esgoto na zona rural é considerado precário, representando 19% e 0.6% de todos os domicílios, respectivamente. A bacia apresenta um problema de infraestrutura de saneamento grave, apresentando trechos na zona rural com esgotamento sanitário expostos e paralelos aos domicílios, além de dejetos depositados diretamente nos corpos hídricos. Essa realidade se aproxima da cidade de Barcarena no Pará, em que a cidade com predominância rural possui índices que não alcançam 1% de domicílios com rede água ou esgoto e demonstra que o problema de saneamento é generalizado no país (Carmo e Costa, 2016).

Essas observações são destacadas para a região sul da bacia que concentra ocupações com estrutura sanitária mínima. Essa região, refere-se ao local onde o rio Una nasce e é drenado até a jusante, correspondendo ao fato de que a rede hidrográfica pode estar contaminada a uma distância relativamente pequena da nascente do rio Una e os efluentes carreados ao longo de todo o seu percurso.

Dessa forma, a população que realiza o uso indireto dessa água, antes do devido tratamento, vem manuseando uma água possivelmente contaminada por taxas de coliformes fecais acima do permitido, associadas a outros contaminantes químicos agrícolas. Essa situação permite afirmar que as baixas condições de saneamento induzem a proliferação de doenças, dentre elas, a dengue, considerada um problema de saúde pública em áreas com manejo inadequado do lixo e com irregularidade do abastecimento de água (Flauzino *et al.*, 2011).

É importante ressaltar que o rio Una é um importante contribuinte para o rio Sorocabaçu, que deságua no reservatório de Itupararanga e principal abastecedor de água na região de Sorocaba, sendo importante a realização de intervenções no sentido de garantir a qualidade do saneamento dos domicílios e da qualidade da água. Na UGRHI 13, Peres e Silva (2013)

também verificaram que a área da bacia hidrográfica apresentam lacunas similares e não reconhece os conflitos e a vulnerabilidade sanitária como fator que deve ser enfrentado.

O panorama da situação socioeconômica da bacia reforça um padrão espacial excludente da gestão de áreas urbanas e rurais no Brasil. A zona urbana tende a ser locais com melhores condições e qualidade de vida, fruto da concentração populacional e de aspectos políticos e pressões sociais que favorecem o desenvolvimento de políticas sociais, econômicas e ambientais, ainda que estejam distantes do ideal. Em áreas rurais, uma visão reducionista impera sobre o uso da terra para a produção agrícola ao mesmo tempo que também induz o processo de deterioração dos recursos naturais. Neste aspecto, a área rural é vista como local puramente produtivista desvinculada da necessidade de investimentos em saneamento básico, qualidade das moradias e qualidade de vida da população, quando na verdade respondem por percentuais elevados na receita econômica dos municípios e no Produto Interno Bruto Agrícola.

A matriz de correlação apresentada na tabela 5 evidenciou a forte associação entre as características socioeconômicas dos domicílios e de seus ocupantes com o saneamento ambiental. Correlações fortes e positivas foram observadas entre a taxa de residentes com as pessoas alfabetizadas, com o lixo coletado e com o rendimento dos domicílios.

Tabela 5
Matriz de correlação linear das variáveis socioambientais

	<i>DOM</i>	<i>PR</i>	<i>DP</i>	<i>PA</i>	<i>DR</i>	<i>DRA</i>	<i>DBE</i>	<i>LIX</i>
DOM	1	---	---	---	---	---	---	---
PR	0.99	1	---	---	---	---	---	---
DP	0.78	0.74	1	---	---	---	---	---
PA	0.99	0.99	0.76	1	---	---	---	---
DR	0.91	0.93	0.70	0.92	1	---	---	---
DRA	0.65	0.62	0.56	0.66	0.39	1	---	---
DBE	0.39	0.33	0.29	0.39	0.12	0.75	1	---
LIX	0.94	0.93	0.79	0.95	0.79	0.82	0.52	1

Fonte: elaboração própria.

Confirmou-se também, a correlação positiva e forte entre os domicílios e o número de residentes, pessoas alfabetizadas, rendimento dos domicílios e a coleta de lixo. Segundo Silva *et al.* (2012) o aumento do número de

domicílios, leva a transformações fundamentais na estrutura do consumo, sendo que a quantidade do que é gerado de resíduos, é diretamente proporcional a faixa etária, a correria urbana e as investidas do marketing para o consumo humano. Logo, a correlação entre domicílios, residentes e lixo fica enfatizada como uma realidade socioambiental preocupante na bacia do rio Una, pois incentiva um consumo exacerbado e a deterioração dos recursos naturais para a produção de bens e serviços.

Um segundo apontamento é a correlação entre o nível de instrução educacional e aspectos do saneamento, revelando a importância da educação como vetor da qualidade de vida da população, da erradicação de doenças transmitidas pelo lixo, da contaminação do solo e da água. Valores similares também foram observados para a cidade de Cubatão, em São Paulo, identificando que a baixa estrutura de saneamento estão presentes em áreas com baixas condições socioeconômicas, associadas a pobreza e ao forte risco ambiental para os residentes locais (Alves, 2013).

Embora já não seja novidade, a associação da educação como um dos vetores de transformação e solução para os problemas socioeconômicos e ambientais, evidencia-se o quanto se tem avançado pouco e com baixo investimento em políticas públicas para a associação das temáticas em questão. A educação ambiental como área interdisciplinar ainda não é visualizada como um caminho para o desenvolvimento municipal e a inserção de temas do cotidiano são pouco debatidos em setores públicos e com baixo apoio pelas entidades privadas.

A análise de regressão tendo a taxa de domicílios como dependente, identificou que a mesma pode ser reflexo do número de residentes ($p = 0.0209$) ou da aquisição de domicílios ($p = 0.0072$). Essa possibilidade é real, à medida que a população cresce, o número de domicílios aumentam. Contudo, essa associação não induz a implantação de um sistema de saneamento pelo proprietário, já que esta medida é dependente de uma tomada de decisão governamental. A ausência de significância das variáveis de saneamento ambiental para explicar a taxa de domicílios também ajudam na compreensão destes resultados.

Quando investigada a dependência da taxa de residentes em função das demais variáveis, observou-se que a taxa de domicílios na bacia ($p = 0.0209$), a aquisição de domicílios ($p = 0.0026$), pessoas alfabetizadas ($p < 0.0001$) e a rede de esgoto ($p = 0.0023$) apresentam significância para explicar o número populacional existente. Os resultados apontados pela regressão permitem confirmar a hipótese estabelecida no estudo.

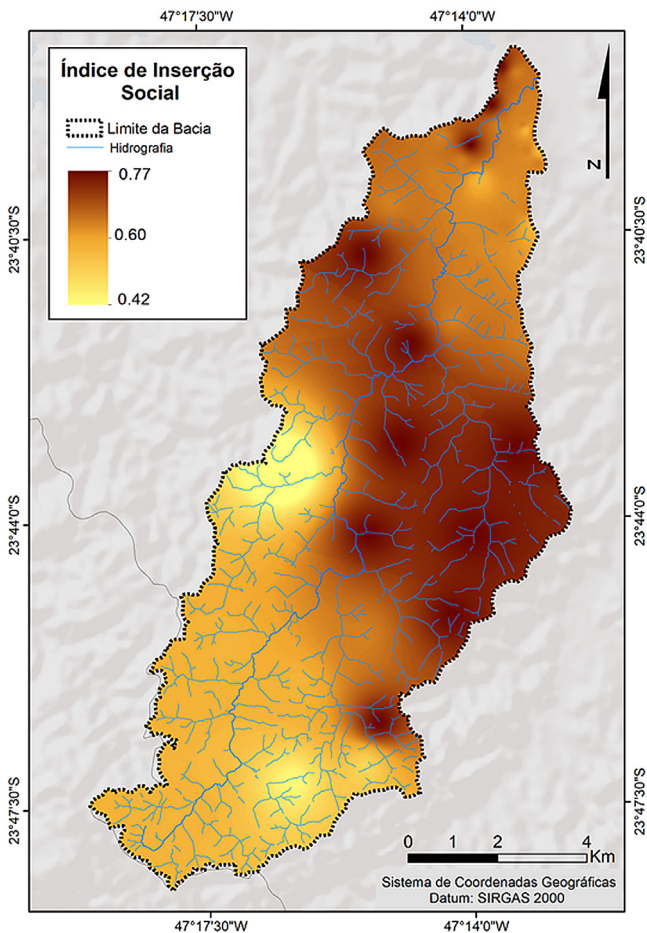
O estudo de variáveis socioambientais e a sua correlação enfatiza que o desenvolvimento antropogênico resultam em alterações severas e, muitas vezes, permanentes aos sistemas ambientais de bacias hidrográficas, convertendo-as em uma série de riscos para a própria sociedade (Sanchez

et al., 2014). Neste estudo, a obtenção de domicílios próprios, a presença de rede de esgoto e a educação se mostram como as variáveis que mais se adequam para explicar o crescimento demográfico na bacia e podem estar relacionadas com outros fatores socioeconômicos, abrindo espaço para um amplo campo de investigação.

2.2. Índice de Qualidade Socioambiental

Ao analisar o IIS na bacia, observou-se que os escores variaram entre [0.42 e 0.77], sendo as áreas ao centro, leste e oeste com a melhor representatividade das condições socioeconômicas (figura 2).

Figura 2
IIS da Bacia do Una



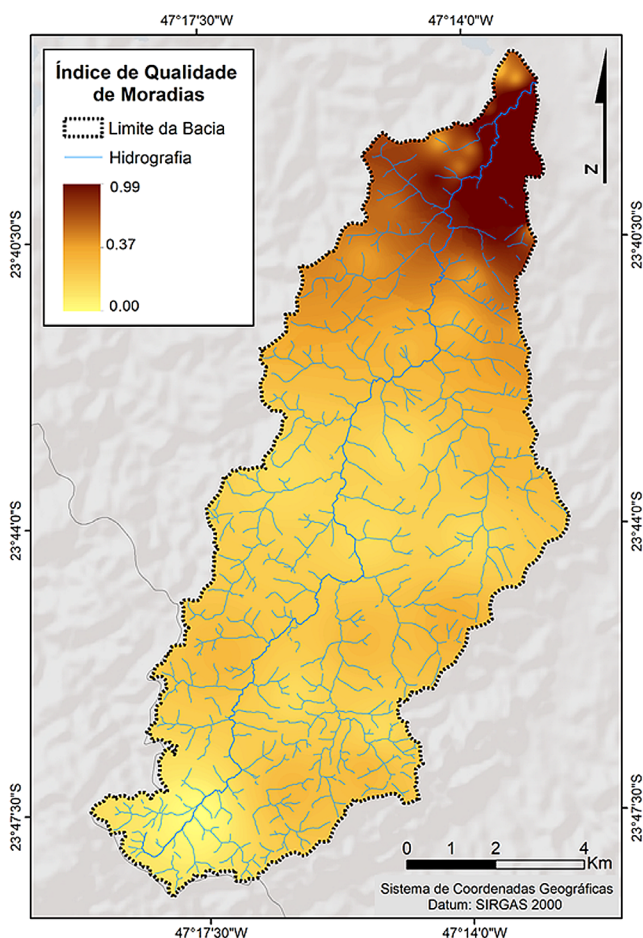
Fonte:elaboração própria no software ARCGIS 10.3, (ESRI, 2014).

Áreas com valores abaixo de 0.60 encontram-se distribuídas ao longo do território, com maior ênfase ao sul. Já as áreas pontuais ao sul e oeste da bacia obtiveram as menores taxas do índice, representando as áreas com as piores condições de domicílio, rendimento e educação.

Com relação a análise da distribuição espacial do índice IQM, é possível afirmar que apenas a área urbana apresenta a melhor qualificação, atingindo a totalidade de 0.99 (figura 3).

A queda da qualidade do IQM também é proporcional à distância da zona urbana, sendo as porções ao sul, na área rural, as que apresentaram as piores taxas. Esses resultados contribuem para confirmar as indicações

Figura 3
IQM da Bacia do Una



realizadas na caracterização socioambiental da bacia (tabela 4), onde foi observada a precariedade do saneamento ambiental e os piores índices de qualidade na zona rural.

Segundo Gamba e Ribeiro (2012), há no estado de São Paulo uma tendência desenvolvimentista baseada no capitalismo mundial, produzindo um desenvolvimento desigual que reflete a intensa segregação urbana, dentre muitos, ocasionados pela discrepância do investimento público. Para os autores, essa questão induz à reflexão de que os processos sociais e a forma de vida da população determinam fortemente a condição ambiental de um território. Logo, a zona urbana dispõe de mecanismos jurídicos, instrumentos de comando e controles que favorecem a implementação de maiores políticas e investimentos na área social, econômica e ambiental enquanto a zona rural, com menor percentual habitacional passa a ser não visualizada como áreas necessárias a uma intervenção habitacional ou possuir baixos investimentos em ações de melhoria habitacional e desenvolvimento local.

Ao analisar o IQSA, observou-se uma variação espacial entre [0.31 e 0.80], correspondendo a uma qualidade socioambiental entre ótimo e regular para a bacia (figura 4).

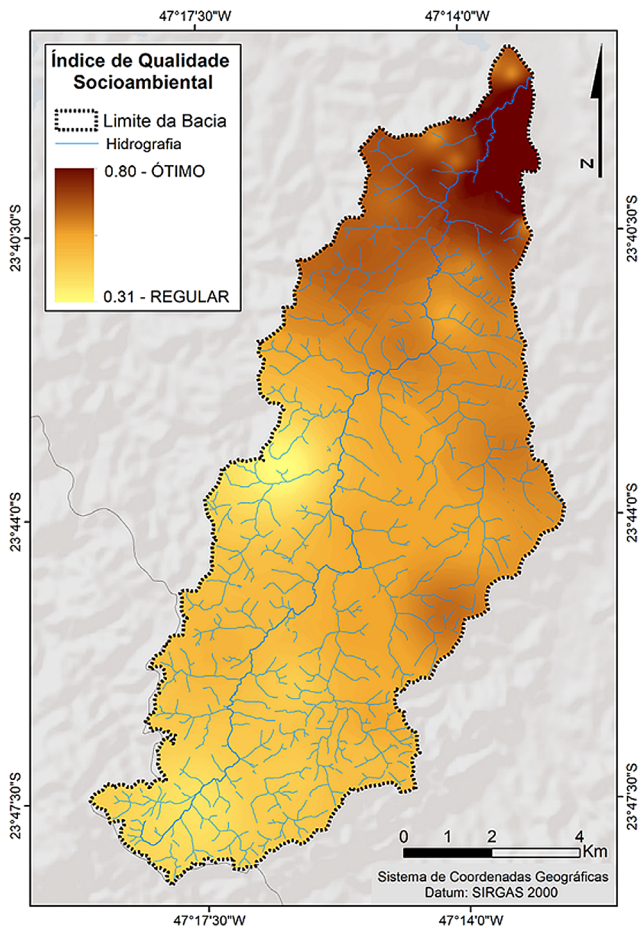
As áreas com classificação de IQSA ótimo (1.0 – 0.65) encontram-se exclusivamente ao norte da bacia, na zona urbana, enquanto o IQSA bom (< 0,65 – 0.50) encontra-se distribuído em todo o território. As áreas qualificadas com IQSA regular (< 0.50 – 0.25) encontram-se ao oeste e sul, representando uma pequena porção da bacia, indicando os valores mais baixos tanto do IIS, quanto do IQM, que refletiram no produto final do IQSA.

Uma avaliação socioambiental na cidade de São Paulo revelou que a infraestrutura socioeconômica é determinante para definir as áreas mais frágeis de um território (Gamba; Ribeiro, 2012). Essa mesma condição foi observada na bacia do rio Una, em que os setores censitários com melhores condições sociais, econômicas e de saneamento ambiental categorizaram as melhores áreas da bacia nos indicadores IIS, IQM e no IQSA.

Na cidade de Cubatão em São Paulo, o índice de vulnerabilidade socioambiental indicou que as áreas com maior vulnerabilidade possuem condições socioeconômicas significativamente piores. Na bacia do rio Una, essa condição é semelhante, já que as baixas condições socioeconômicas associam-se à baixa qualidade socioambiental (Alves, 2013).

A espacialização da qualidade socioambiental contribui de forma eficiente para identificar os setores censitários em situação de baixa qualidade socioambiental, permitindo delimitar ações de intervenção nas áreas com os piores escores. No caso aplicado na bacia do rio Una, as condições espaciais indicaram que áreas rurais necessitam de intervenções

Figura 4
IQSA da Bacia do Una



Fonte: elaboração própria no software ARCGIS 10.3, (ESRI, 2014).

e políticas públicas voltadas para o desenvolvimento local e que o modelo de desenvolvimento socioeconômico da bacia pressupõe afirmar a existência de políticas municipais enfáticas em áreas urbanas enquanto as áreas rurais são vistas como local de produção agrícola.

Dessa forma, a utilização de técnicas de geoprocessamento, associada aos dados socioeconômicos de setores censitários disponibilizados pelo IBGE, podem ser utilizados como ferramentas de planejamento pela administração pública (Vedovato *et al.*, 2011).

Este estudo apresentou-se como uma contribuição quantitativa e qualitativa de análise da relação entre os aspectos socioeconômicos e socioambiental

para uma bacia hidrográfica. A abordagem utilizada demonstrou o potencial de trabalhar com dados secundários agregados de órgãos governamentais, transformando-os em uma forma simplificada de análise e interpretação, sendo um caminho alternativo aos modelos metodológicos complexos, mas que atingem resultados semelhantes para auxiliar a gestão urbana e ambiental destes locais (Hong *et al.*, 2009).

A gestão urbana deve considerar as bacias hidrográficas como unidades para compreensão das relações sociais, econômicas, políticas e ambientais, pois é vista pelo aparato jurídico como a escala espacial adequada para avaliar os impactos decorrentes da ocupação urbana atual e de novos projetos de urbanização sobre os processos hidrológicos e sobre as cargas de poluição difusa. Ainda assim, há o entendimento que novos empreendimentos não podem agravar ou comprometer as condições hídricas, a qualidade e a proteção ambiental (MCidades, 2004).

Reconhecer a bacia hidrográfica e o estudo socioambiental em seu interior implica atender a uma necessidade constitucional de fazer a gestão integrada do uso, dos recursos hídricos e do ambiente, pois é nela que os efeitos e os impactos urbanos refletem.

Conclusões

O padrão socioambiental da bacia do rio Una indicou que a zona urbana possui as melhores taxas de demografia, economia, educação e saneamento ambiental. A zona rural apresentou precariedade nestas variáveis, agravando-se a medida que se distancia da zona urbana.

O padrão observado reforça a baixa implementação de políticas públicas nas áreas rurais, vistas erroneamente como áreas exclusivas de produção agrícola, dissociada da necessidade de implementação de melhores condições socioeconômicas e ambientais. Essa concepção induz a um pensamento reducionista da importância das áreas rurais, tanto no âmbito conservacionais quanto socioeconômico.

A forte correlação entre educação com o saneamento ambiental destacou a importância da educação como vetor de desenvolvimento e qualidade de vida da população. Ainda que seja evidente a educação como vetor de transformação da sociedade, os resultados evidenciam a baixa adesão ao desenvolvimento de políticas públicas que conciliem a importância das áreas urbanas e rurais.

Os índices IIS, IQM e do IQSA refletem espacialmente a estrutura socioambiental na zona urbana, sendo a classificação ótima do IQSA localizada exclusivamente na zona urbana da bacia. Essa realidade não aponta que o caminho de desenvolvimento da bacia esteja ideal, mas

aponta a baixão consideração das áreas rurais no âmbito da gestão socioambiental. Na bacia do rio Una, as áreas rurais representam áreas de relevante importância para a economia local, representam mais de 60% do território da bacia e encontram-se na cabeceira do rio principal, tornando a gestão da sua área uma ação importante para garantia dos atributos socioambientais de todo o território.

A representação espacial do indicador foi validada pela similaridade apresentada na caracterização quantitativa apontada no censo demográfico. Esse modelo metodológico também demonstrou a utilidade dos dados secundários oficiais governamentais associados ao SIG para a tomada de decisão no planejamento futuro e na gestão das condições do presente com vistas a sustentabilidade de áreas urbanas.

Avaliações como a deste estudo devem ser encorajadas para compreender o padrão da qualidade socioambiental e minimizar a deterioração de bacias hidrográficas sejam no âmbito brasileiro ou da América Latina que possuam dados socioambientais governamentais de alta qualidade. Vale ressaltar que estudos deste tipo associada a importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental e coopera para compreender como a governança local, estadual e nacional vem trabalhando para alcançar objetivos de desenvolvimento sustentável e da agenda 2030 para o milênio, a exemplo da educação básica de qualidade, qualidade de vida e respeito ao meio ambiente, cidades e comunidades sustentáveis, agricultura sustentável, água potável e saneamento.

Referências

- Alves, Humberto Prates da Fonseca (2013), “Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana”, *Revista Brasileira de Estudos de População*, 30(2), Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP) pp. 349-366.
- Arlos, Maricor Jane, Bragg Leslie, Parker Wayne e Servos Mark (2015), “Distribution of selected antiandrogens and pharmaceuticals in a highly impacted watershed”, *Water e research*, 7(2), Nova York, Elsevier, pp. 40-50, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.11.008>
- Ayres, Manuel, Júnior Ayres Manuel, Ayres Lima Daniel e Santos dos Santos Assis de Alex (2007), “*Software Biostat*”, versão 5.0, Belém do Pará, Universidade Federal do Pará.

- Badar, Bazigha, Romshoo, Shakil Ahmad, Romshoo e Khan Ma (2013), “Integrating biophysical and socioeconomic information for prioritizing watersheds in a Kashmir Himalayan lake: a remote sensing and GIS approach”, *Environmental Monitoring Assessment*, 185(8), Berlim, Springer pp. 6419–6445, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-012-3035-9>
- Carmo, Monique Bruna Silva e Costa da Fonseca Maria Sandra (2016), “Os paradoxos entre os urbanos no município de Barcarena, Pará”, *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 8(3), Curitiba, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), pp. 291-305, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.008.003.AO01>
- Dalton, Rebecca, Pick Frances, Boutin Céline e Saleem Ammar (2014), “Atrazine contamination at the watershed scale and environmental factors affecting sampling rates of the polar organic chemical integrative sampler (POCIS)”, *Environmental Pollution*, 189(6), Nova York, Elsevier pp. 134-142, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2014.02.028>
- Diário Oficial da República Federativa do Brasil* (1981), “Lei 6.938, dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente”, 31 de outubro de 1981, Brasília, Imprensa Nacional, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Câmara Dos Deputados, Seção 1-2, p. 16509.
- Diário Oficial da República Federativa do Brasil* (1988a), “Constituição da República Federativa do Brasil”, 05 de outubro de 1988, Brasília, Imprensa Nacional, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Senado Federal, seção 1, p. 1.
- Diário Oficial da República Federativa do Brasil* (1988b), “Lei 7661, dispõe sobre o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências”, 16 de maio de 1988, Brasília, Imprensa Nacional, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Câmara Dos Deputados, seção 1, p. 8633.
- Diário Oficial da República Federativa do Brasil* (2000), “Lei 9985, dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências”, 18 de julho de 2000, Brasília, Imprensa Nacional, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Câmara Dos Deputados, Brasília, seção 1, p.1.

Diário Oficial da República Federativa do Brasil (2001), “Lei 10257, dispõe sobre o Estatuto das Cidades e dá outras providências”, 10 de julho de 2001, Brasília, Imprensa Nacional, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Câmara Dos Deputados, seção 1, p.1.

Diário Oficial da República Federativa do Brasil (2003), “Lei 10683, dispõe sobre o Ministério das Cidades, dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências”, 28 de maio de 2003, Brasília, Imprensa Nacional, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Câmara Dos Deputados, seção 1, p. 32.

Eastman, Ronald (2012), “*Software Idrisi Selva*: guide to GIS and image processing”, Massachusetts, vers Selva, Clark Labs, Clark University, Worcester.

ESRI (Economic and Social Research Institute) (2014). “*Software ARCGIS*”, version 10.3, Nova York, ESRI.

Eum, Hyung-Il, Dibike Yonas, Prowse Terry e Bonsal Barrie (2014), “Inter-comparison of high-resolution gridded climate data sets and their implication on hydrological model simulation over the Athabasca Watershed, Canadá”, *Hydrological Processes*, 28(6), Canadá, John Wiley & Sons Ltda, pp. 4250–4271, doi: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10236>

Flauzino, Fernandes Regina, Santos-Souza Reinaldo e Oliveira de Magalhães Rosely (2011), “Indicadores Socioambientais para Vigilância da Dengue em Nível Local.” *Saúde e Sociedade*, 20(1), São Paulo, Faculdade de Saúde Pública (FSP)/Associação Paulista de Saúde Pública (APSP), pp. 225-240, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902011000100023>

Gamba, Carolina e Ribeiro Costa Wagner (2012), “Indicador e Avaliação da Vulnerabilidade Socioambiental no Município de São Paulo”, *GEOUSP - Espaço e Tempo*, vol. 31, São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), pp. 19-31, doi: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2012.74266>

Hester, Erich e Cranmer Elizabeth (2014), “Variation of Hyporheic Potential among Urban Region Streams: Implications for Stream Restoration”, *Environmental and Engineering Geoscience*, 20(3),

Colorado, The Geological Society of America, Boulder, pp. 287–304, doi: <http://doi.org/10.2113/gseegeosci.20.3.287>

Hong, Bonggh, Limburgb Karin, Ericksonc David Jon, Gowdyd Malcolm John, Nowosielski Audra, Polimenif John e Stainbrookg Karen (2009), “Connecting the ecological-economic dots in human-dominated watersheds: Models to link socio-economic activities on the landscape to stream ecosystem health”, *Landscape and Urban Planning*, 91(2), Nova York, Elsevier pp. 78-87, doi: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.11.012>>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) (2010), “Censo Demográfico 2010”, Rio de Janeiro, IBGE < <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>, 5 de julho de 2017.

Jujnovsky, Julieta, Martínez-Gonzalez Margarita Teresa, Uriza-Cantoral Arturo Enrique e Leñero-Almeida Lucia (2012), “Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City”, *Environmental Management*, 49(3), Berlim, Springer pp. 690-702, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-011-9804-3>

MCidades (Ministério das Cidades do Brasil) (2004), “*Plano Diretor Participativo: Guia para a Elaboração pelos Municípios e Cidadãos*”, República Federativa do Brasil, Secretaria Nacional de Programas Urbanos, Ministério das Cidades.

Mahesh, Jampani, Amerasinghe Priyanie e Paveli Paul (2015), “An integrated approach to assess the dynamics of a peri-urban watershed influenced by wastewater irrigation”, *Journal of Hydrology*, 523(4), Nova York, Elsevier, pp. 427-440, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.001>

Malik, Mohammad Imran e Bhat Sultan M. (2014), “Integrated Approach for Prioritizing Watersheds for Management: A Study of Lidder Catchment of Kashmir Himalayas”, *Environmental Management*, 54(6), Berlim, Springer, pp. 1267-1287, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-014-0361-4>

Peres, Renata Bovo e Silva da Siloto Ricardo (2013), “Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacia Hidrográfica”, *urbe. Re-*

vista Brasileira de Gestão Urbana, 5(2), Curitiba, pp. 13-25, doi: <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.05.002.SE01>

- Pereira, José Roberto, Ferreira Aparecida Patrícia, Boas Vilas Alice Ana, Oliveira de Rodrigues Elias e Cardoso Finamor Raquel (2011), “Gestão social dos territórios da cidadania: o zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão do território no-roeste de Minas Gerais”, *Cadernos*, 9(3), Rio de Janeiro, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE), pp. 724-747, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-39512011000300004>
- Qin, Peng-Hua, Su Qiong e Khu Thiam-Soon (2013), “Assessment of environmental improvement measures using a novel integrated model: A case study of the Shenzhen River catchment, China”, *Environmental Management*, 114(1), Berlim, Springer pp. 486-495, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.053>
- Rosa, Fernando Salles, Tonello Cristina Kelly, Valente Averno Oliveira de Roberta e Lourenço Wagner Roberto (2014), “Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água”, *Revista Ambiente e Água*, 9(3), São Paulo, Taubaté, pp. 526-539, doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1326>
- Sanchez, Georgina, Pouyan Nejadhashemi, Zhen Zhang, Sean Woznicki, Geoffrey Habron, Marquart-Pyatt Sandra e Shortridge Ashton (2014), “Development of a socio-ecological environmental justice model for watershed-based management”, *Journal of Hydrology*, 518(10), Nova York, Elsevier, pp. 162-177, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.014>
- Silva, Harley, Barbieri Alisson Flávio e Mór-Monte Roberto Luiz (2012), “Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte”, *Revista Brasileira de Estudos de População*, 29(2), Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP), pp. 421-449.
- Vedovato, Aparecida Maria, Lourenço Wagner Roberto e Donalísio Rita Maria (2011), “Análise espacial da mortalidade infantil e suas relações socioambientais na área urbana de Rio Claro, SP, BR”, *Sociedade e Natureza*, 23(3), Minas Gerais, Uberlândia, pp. 435-452.

Wardrop, Denice Heller, Glasmeier Amy, Smith-Peterson Jessica, Diane Eckles, Ingram Hannah e Brooks Robert (2011), “Wetland ecosystem services and coupled socioeconomic benefits through conservation practices in the Appalachian Region”, *Ecological Applications*, 21(3), Washington, Ecological Society of America pp. S93–S115, doi: <http://dx.doi.org/10.1890/09-2292.1>

Recibido: 8 de octubre de 2018.

Reenviado: 10 de octubre de 2018.

Aceptado: 27 de Agosto de 2019.

Elfany Reis do Nascimento Lopes. Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. É professor adjunto da Universidade Federal do Sul da Bahia no Centro de Formação em Ciências Ambientais. Atualmente desenvolve pesquisa sobre a avaliação ambiental do Parque Nacional do Alto Cariri e estuda a evolução da linha costeira e a morfodinâmica praia da cidade de Porto Seguro. As linhas de investigação referem-se a análise de unidades de conservação, bacias hidrográficas e zona costeira aplicados ao desenvolvimento sustentável, utilizando geoprocessamento. Entre suas últimas publicações destacam-se, em coautoria: “Caminhos e entraves do Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil”, *Caminhos da Geografia*, 20(69), Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), pp. 342-359 (2019); “Losses on the Atlantic Mata Vegetation Induced by land use changes”, *CERNE*, 24(2), Lavras, Universidade Federal da Lavras (UFL), pp. 121-132 (2018); “Method for evaluating plant cover and quantification using pixel to pixel correlation indices”, *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 12(2), João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pp. 245-256 (2018).

José Carlos de Souza. Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Professor da Universidade Estadual de Goiás, no curso de Geografia nos Campus Cora Coralina e Minaçu. Atua no ensino de Geologia, Pedologia e Geoprocessamento e desenvolvendo pesquisas em análise da vegetação de Cerrado, através de técnicas de sensoriamento remoto, estudos geoambientais em bacias hidrográficas e ecologia de paisagem. Entre suas últimas publicações destacam-se, em coautoria: “Dinâmica Espacial e Sazonal da Temperatura, Umidade e Estresse Hídrico em Diferentes Tipos de Cobertura Vegetal” *Revista do Departamento de Geografia da*

USP, vol. 37, São Paulo, Universidade da São Paulo (USP), pp. 80-94 (2019); “Caminhos e entraves do Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil” *Revista Caminhos da Geografia*, 20(69), Uberlândia, Universidade Federal da Uberlândia (UFU), pp. 342-359 (2019); “Evaluation of flood risk in Sorocaba - Brazil, using fuzzy logic and geotechnology”, *Brazilian Journal of Development*, 5(2), São José dos Pinhais, Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora Ltda., pp. 1422-1434 (2019).

José Luiz Albuquerque Filho. Doutor em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo no Centro de Tecnologias Geoambientais. Desenvolve pesquisas relacionadas a hidrogeologia e meio ambiente com foco em gerenciamento de recursos hídricos. Entre suas últimas publicações destacam-se, em coautoria: “Large-Scale Spatial Modeling of Crop Coefficient and Biomass Production in Agroecosystems in Southeast Brazil”, *Horticulturae*, 4(4), Basel, Horticulturae Editorial Office, pp. 1-22 (2018); “Caminhos e entraves do Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil”, *Revista Caminhos da Geografia*, 20(69), Uberlândia, Universidade Federal da Uberlândia (UFU), pp. 342-359 (2019); Use of morphometric indicators as tools for assessment watershed”, *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), Pernambuco, Universidade Federal da Pernambuco (UFPE), pp. 627-642 (2016).

Roberto Wagner Lourenço. Doutor em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho no Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. É bolsista de produtividade nível 2 em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil. Desenvolve pesquisas com técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados a análise de bacias hidrográficas. Entre suas últimas publicações destacam-se, em coautoria: “Proposal of methodology for spatial analysis applied to human development index in water basins”, *GeoJournal*, 84(3), Switzerland, Springer, pp. 813-828 (2019); “Emisividad de radiación y efecto invernadero por la ocupación urbana del suelo en la cuenca del río Una, São Paulo”, *Cuadernos de Geografía*, 27(2), Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 323-337 (2018); “Use of morphometric indicators as tools for assessment watershed”, *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), Pernambuco, Universidade Federal da Pernambuco (UFPE), pp. 627-642 (2016).