

RELAÇÃO ENTRE QUALIDADE DA ÁGUA E GRAU DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA

Carolina Gomes de Melo ¹, Ireli Cristina Luz ², Lucas Prado Osco ³, Ana Paula Marques Ramos ⁴

¹²³⁴Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Rodovia Raposo Tavares, km 572, Bairro do Limoeiro, 19067-175, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. E-mails: carolinamelos.engenharia@gmail.com ¹; ireliluz.engenheira@gmail.com ²; pradoosco@gmail.com ³; anaramos@unoeste.br ⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar se o grau de fragilidade ambiental é um indicador da qualidade de água de bacias hidrográficas. Para isto, criamos o mapa de fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica. Este mapa foi obtido a partir da integração de mapas temáticos representativos das características do solo, declividade e relevo, geologia e do uso e cobertura da terra. Essa integração foi feita a partir de pesos, definidos entre 0 a 1, para cada uma das classes por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP). Os pesos foram aplicados na álgebra de mapas, criando um mapa síntese que correspondesse a fragilidade ambiental da bacia. Este mapa foi classificado em cinco graus de fragilidade. Por último, comparamos os valores da fragilidade com valores do Índice de Qualidade das Águas (IQA) verificados em 16 pontos de monitoramento da bacia em um estudo anterior. Concluímos que as classes de fragilidade ambiental estão relacionadas com o IQA e que o mapa pode servir como um indicador da qualidade do recurso hídrico.

Palavras-chave — IQA, fragilidade ambiental, impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of this study was to verify if the degree of environmental fragility is an indicator of the water quality of watersheds. For this, we created the map of environmental fragility of a river basin. This map was obtained from the integration of thematic maps representative of soil, slope and relief, geology and land use and cover characteristics. This integration was done from weights, defined as 0 to 1, for each one of the classes through the Analytic Hierarchy Process (AHP). The weights were applied with map algebra, creating a synthesis map that corresponded to the environmental fragility of the basin. This map was classified in five degrees of fragility. Finally, we compared the values of the fragility with the values of the Water Quality Index (IQA) verified in 16 monitoring points of the basin in a previous study. We conclude that the classes of environmental fragility are related to the IQA and that this map can serve as an indicator of the quality of the water resource.

Key words — IQA, environmental fragility, environmental impact.

1. INTRODUÇÃO

A evolução natural e as atividades antrópicas geram transformações no meio ambiente e em seus recursos naturais [1]. As Geotecnologias agregam um conjunto de técnicas e métodos científicos que auxiliam no processo de análise ambiental [2]. Os produtos cartográficos decorrentes do uso de Geotecnologias facilitam as etapas do planejamento ambiental, como o inventário e o diagnóstico, possibilitando investigar a interferência de ações antrópicas e naturais em diferentes meios, como, por exemplo, bacias hidrográficas [3].

A rapidez e eficácia do processo de aquisição de dados por sensoriamento remoto viabiliza diferentes aplicações, como o mapeamento de uso e cobertura da terra. Esses mapas representam, de forma gráfica um determinado espaço físico que permite, por exemplo, avaliar os impactos positivos e negativos de uma determinada região [4]. Outra aplicação das Geotecnologias é na produção de mapas de fragilidade ambiental a partir da integração de dados de diferentes formatos, vetorial e raster, utilizando softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Um mapa de fragilidade ambiental pode ser dividido em potencial e emergente [5]. A fragilidade potencial é definida como a vulnerabilidade natural de um ambiente em função de suas propriedades físicas, como, por exemplo, a declividade e o tipo de solo. A fragilidade emergente, por sua vez, além de considerar as características físicas, considera os graus de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal, por fim inferindo seus graus de fragilidade [5]. Esta fragilidade pode, ainda, ser indicadora da qualidade da água de bacias hidrográficas, uma vez que o impacto ambiental é refletido em seus recursos hídricos. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar esta associação entre o grau de fragilidade ambiental e a qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia adotada para estudo de caso é a bacia hidrográfica do rio Pirapozinho, situada no Pontal do Paranapanema, região pertencente à 22ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Estado de São Paulo, denominada de UGRHI-22. Um total de sete bacias formam a UGRHI-22,

localizada ao extremo oeste do estado de São Paulo, fronteira com os Estados do Mato Grosso do Sul e Paraná, entre os rios Paraná e Paranapanema. Além dos rios Paraná e Paranapanema, os rios Santo Anastácio e Pirapozinho são os principais rios da UGRHI-22. A bacia do rio Pirapozinho encontra-se entre os municípios de Álvares Machado, Mirante do Paranapanema, Pirapozinho, Presidente Bernardes, Sandovalina e Tarabai. A área aproximada da bacia é de 968 km².

O processamento foi realizado nos softwares QGIS 2.18 LAS PALMAS Edition e ArcGIS 10.2.2. Para realizar esse processamento, selecionamos os seguintes dados matriciais e vetoriais: Dados em formato vetorial, disponíveis em [6], em diferentes escalas, representando os municípios do estado de São Paulo (1:250.000), a rede hidrográfica (1:50.000), as sub-bacias que compõe o estado (1:50.000), e as classes dos mapas de Geologia, Geomorfologia e Pedologia (1:250.000); Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), em formato raster, para a elaboração dos mapas de representação do relevo, como a declividade; Mapa de uso e cobertura da terra, classificado por [7] a partir de imagens do Sensor OLI, pertencentes ao satélite Landsat 8, registradas no ano 2016, disponíveis gratuitamente na base de dados do USGS (*United States Geological Survey*) [8].

Os dados do índice de qualidade da água da bacia foram obtidos por [7] a partir de 16 pontos de monitoramentos. Os pontos de coleta foram baseados no mapa de sub-bacias do rio Pirapozinho. [7] optou por realizar a coleta de amostras de água o mais próximo possível da foz de cada uma das 12 sub-bacias, visando obter um conjunto representativo da bacia principal como um todo. Para a coleta e as análises de água foram utilizados os procedimentos sugeridos pelo *Standard Methods* [9].

Para o mapa de fragilidade ambiental, preparamos os dados temáticos para a caracterização da área da bacia em estudo. Os mapas utilizados foram: declividade, pedologia, geomorfologia, geologia e uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho.

Em seguida, realizamos a padronização das variáveis a partir da comparação pareada *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposta por [10]. Após definir os pesos com auxílio da AHP, aplicamos uma função linear de pertinência Fuzzy para padronizar os valores entre 0 e 1. Por último, realizamos uma combinação linear ponderada entre as variáveis. As classes da fragilidade ambiental do mapa foram definidas de muito baixa a muito alta [5], sendo estas: muito baixa (0,0 a 0,2); baixo (0,2 a 0,4); médio (0,4 a 0,6), alto (0,6 a 0,8) e muito alto (0,8 a 1,0).

Após a elaboração do mapa de fragilidade ambiental da bacia, quantificamos as classes de fragilidade das sub-bacias a partir do recorte por diferentes máscaras, correspondendo a um total de 12 sub-bacias. Os achados desta comparação são discutidos à seguir.

3. RESULTADOS

A bacia estudada tem em seu uso e cobertura sob forte influência da monocultura de lavoura de cana de açúcar de usinas da região, além de grande parte de solo utilizado para pastagem, e, no extremo leste da área, observa-se parte de malha urbana. As diferentes classes de fragilidade foram distribuídas conforme a Figura 1 e a Tabela 1, em cinco classes que vão de muito baixa a muito alta [5]. Essas classes foram avaliadas qualitativa e quantitativamente. De uma forma geral, a bacia hidrográfica apresentou um grau de fragilidade médio (entre 0,4 e 0,6).

MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL E PONTOS DE COLETA

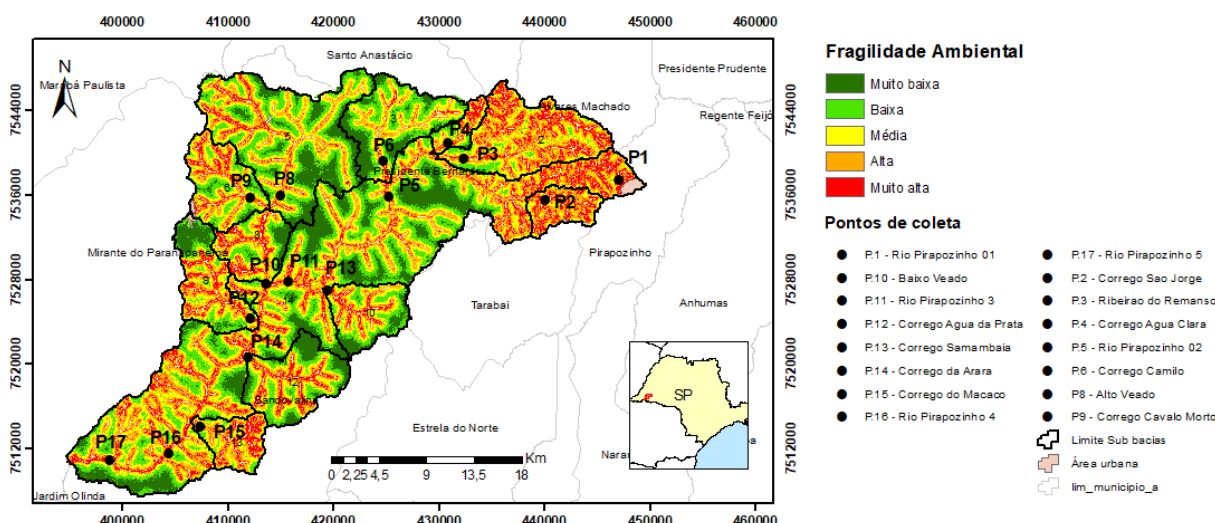


Figura 1. Mapa de fragilidade ambiental e pontos de coleta.

Tabela 1. Avaliação de IQA e fragilidade ambiental.

Ponto	Local	IQA (valor)	IQA (classe)	Fragilidade
01	Rio Pirapozinho 01	30	Ruim	Alta
02	Córrego São Jorge	55	Bom	Média
03	Ribeirão do Remanso	68	Bom	Média
04	Córrego Água Clara	71	Bom	Média
05	Rio Pirapozinho 02	50	Razoável	Média
06	Córrego Camilo	71	Bom	Baixa
08	Alto Veado	69	Bom	Baixa
09	Córrego Cavalão Morto	84	Ótimo	Média
10	Baixo Veado	84	Bom	Média
11	Rio Pirapozinho 03	50	Razoável	Média
12	Córrego Água da Prata	60	Bom	Média
13	Córrego Samambaia	68	Bom	Média
14	Córrego da Arara	64	Bom	Média
15	Córrego do Macaco	61	Bom	Média
16	Rio Pirapozinho 04	61	Bom	Média
17	Rio Pirapozinho 05	58	Bom	Média

*IQA (Índice de qualidade das águas).

4. DISCUSSÃO

As áreas consideradas como de muito baixa fragilidade ambiental são as de menor representação na bacia (0,05%), totalizando 0,480 km², e correspondem às áreas de menor declividade e de solos mais profundos, com boa capacidade de drenagem. Ao analisar os pontos de coleta, nenhum dos mesmos se enquadraram nesta classificação. Ressaltamos a importância de se implementarem medidas preventivas para que aumentem esta classe na bacia estudada, considerando seu resultado muito abaixo do adequado para a área total.

As áreas de fragilidade ambiental baixa representam 33,79% do total da área, correspondendo a 326,727 km². Os pontos 06 e 08 foram encontrados em sub-bacias com esta classe, e apresentaram valores de IQA classificados como “Bom”. Estas áreas apresentam menores declividades, solos menos frágeis e mais profundos, uma satisfatória cobertura vegetal, e não possuem influência antrópica prejudicial nos recursos hídricos.

As áreas de fragilidade média estão mais presentes na bacia hidrográfica, correspondendo a 59,72%, ou 577, 350 km² da área total. Essa classe encontra-se ao longo de toda bacia, sendo intermediária das classes altas e baixas. Mais de 70% da área da bacia está em declividades menores que 12%, e mais de 60% da classe encontra-se sobre as rochas mais resistentes, com característica de arenitos a muito finos, em solos predominantemente latossolos vermelho e argissolos vermelho amarelo, com um relevo suave ondulado.

Os pontos 02, 03, 04, 10, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 apresentaram IQA classificado como “Bom”, enquanto a fragilidade foi “Média”. Nesta área, observamos que existem fragmentos isolados de mata. A ausência de vegetação ciliar, próxima aos rios, reflete a situação de

exposição a processos de degradação ambiental, como por exemplo os erosivos, que se encontram associados ao tipo de solos predominantes na bacia. Os solos encontrados são profundos e bem drenados, como no caso do latossolo vermelho, e também apresentam uma baixa fertilidade e alta infiltração de água, tornando-os suscetíveis à erosão [11].

Outro fator importante na área estudada é a exposição do recurso hídrico à contaminantes, tais como os agrotóxicos, os fertilizantes e as vinhaças utilizados nas lavouras da região. [8] pondera que esses fatores influenciaram os resultados dos pontos 08 a 17. Nestes pontos, os valores do macronutriente Fósforo excederam em até 25 vezes o limite de tolerância permitidos pela resolução CONAMA n° 430/11 [12].

O ponto 09, coletado da sub-bacia do córrego do Cavalão Morto, foi o único, entre os pontos das subbacias analisados, que apresentou a condição “Ótimo”. Porém, de acordo com as análises de [7], é necessário apontar que o valor do parâmetro Fosforo, neste ponto, foi de 0,54 mg/l ou seja, 18 vezes acima do limite de tolerância estabelecido por Lei [12], que é de 0,03 mg/l.

A fragilidade ambiental alta, correspondendo a 5,88 %, ou seja, 56,88 km² representa a terceira classe mais presente na bacia. Observamos pela Figura 2 que o grau de fragilidade alto se distribui próximo das malhas urbanas, situadas a leste da bacia. Esta classe de fragilidade ambiental está associada a intensidade das atividades antrópicas, que se encontram próximas às redes hídricas, principalmente no alto curso do rio Pirapozinho. Neste alto curso, também, se localizam as áreas com maiores valores de declividade, além de possuírem um solo mais frágil, de alta permeabilidade, sendo suscetível a erosão.

O ponto 01, impactado pelo lançamento livre do efluente industrial (refrigerante) nas proximidades de sua coleta [7], encontra-se em um alto grau de fragilidade e foi classificado pelo IQA como “Ruim”. Destaca-se que o corpo hídrico principal onde foi realizado a coleta deste ponto, mesmo recebendo contribuições das demais sub-bacias, apresentou a condição “Razoável”. Esta condição demonstra a dificuldade de autodepuração dos corpos hídricos impactados devido as características físicas da bacia e das atividades antrópicas desenvolvidas no início da bacia hidrográfica. Ressalta que, a probabilidade de autodepuração acelerada das águas seria consideravelmente maior caso houvesse a recomposição das áreas de preservação permanente na bacia.

Por último, o grau de fragilidade ambiental muito alta, correspondendo a 5,37 km² ou seja, 0,56%, da área total da bacia, encontra-se em áreas com os maiores valores de declividade, e com alta presença de solos frágeis, de baixa ou mesmo inexistente quantidade de vegetação, acompanhados por intensos processos de ocupação por pastagens, agricultura, áreas urbanas e, também, encontram-se próximos à rede de drenagem. Nenhum ponto de coleta foi atribuído à esta classe.

4. CONCLUSÕES

A relação da qualidade da água com o grau de fragilidade ambiental demonstrou que ambas estão diretamente interligadas, uma vez que as alterações da qualidade das águas, uso e cobertura da terra e dos meios físicos da bacia refletiram na presença de áreas com menor ou maior valor de fragilidade ambiental. A bacia do rio Pirapozinho apresentou valores médios de fragilidade ambiental, enquanto o IQA revelou, no geral, boa qualidade de água. Ainda assim, a bacia apresenta poucas áreas com fragilidade ambiental baixa, e nenhuma áreas classificada com fragilidade ambiental muito baixa, o que é preocupante, pois demonstra a necessidade da adoção do planejamento e gerenciamento ambiental. Sendo o caso, a aplicação do método proposto, que considera classes de fragilidades ambiental relacionadas à qualidade do recurso hídrico pode subsidiar o zoneamento e a dinâmica ambiental de bacias hidrográficas, promovendo um desenvolvimento estratégico para as áreas desprotegidas, com elevados valores de fragilidade.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Refosco, J. C. 2007. Modelos dinâmicos espaciais e sua utilização na análise de mudanças do uso do solo regional. *In: Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual*, São Paulo: Oficina de Textos, pp. 328-366.
- [2] EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. 2014. “*Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde*”. Editores técnicos, Sérgio Gomes Tôsto ... [et al.]. Brasília, DF: Embrapa: il. – (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas), 248 p.
- [3] Medeiros, J. S. & Câmara, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. *In: Introdução à Ciência da Geoinformação*. Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (Org.), São José dos Campos: INPE, 2001. 36 p.
- [4] Florenzano, T. G. 2011. “*Iniciação em Sensoriamento Remoto*”. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 128 p.
- [5] Ross, J. L. S. 2005. “Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados”. *Revista Do Departamento De Geografia*, 8, pp. 63-74.
- [6] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. “*Índices de cartas e mapas: base cartográficas contínuas*” Disponível em: < ftp://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_contínuas/bc250/versao2017/shapefile/ >.
- [7] Rodrigues, B. M. 2017. “*Cartografia aplicada à análise ambiental de bacia hidrográfica – um estudo de caso na bacia do rio Pirapozinho*”, Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, UNOESTE, Presidente Prudente, SP, 114p
- [8] United States Geological Survey. *Earth Explorer*. Disponível em: < http://earthexplorer.usgs.gov/ >.
- [9] Rice, E.W.; Baird, R.B. & Eaton, A.D. 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. ed. 23, 277p.
- [10] SAATY, T. L. 1990. “How to make a decision: the analytic hierarchy process”. *European journal of operational research*, 48:1, pp. 9-26
- [11] Dibieso, E. P. & Leal, A. C., 2008. Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro - Presidente Prudente - SP. *Geografia. Ensino & Pesquisa (UFSM)* 12: pp. 433-448.
- [12] Brasil. *Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011*. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646 >.
- [13] Klein, C. & Agne, S. A. A. 2012. Fósforo: de nutriente à poluente. *REGET*, 8:8, pp. 1713-1721.