

Estudo de alternativas para a sustentabilidade do sistema de abastecimento hídrico no município de São Carlos (SP)

Luís F. P. Brito, Marcelo Montaño

Escola de Engenharia de São Carlos/ Universidade de São Paulo

E-mail: luis.fernando.brito@usp.br

Objetivos

Avaliar áreas prioritárias de influência em mananciais de abastecimento no município de São Carlos com base em método de análise multicritério e integração em ambientes de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Métodos e Procedimentos

Foi feita revisão bibliográfica com a seleção de palavras-chave que apresentavam relação com o estudo e combinações delas a partir de operadores booleanos para a definição de critérios e da avaliação da aplicação da metodologia para estudos ambientais semelhantes (CONTE, 2005).

Foi feito o levantamento de informações geográficas e documentações pertinentes para a caracterização espacial e legal do município de São Carlos, com posterior validação dos arquivos georreferenciados. Foram definidos 05 critérios para a avaliação da sustentabilidade dos mananciais de abastecimento hídrico no município de São Carlos, e aplicado o processo de análise hierárquica via matriz de comparação de pares para a definição dos pesos de cada fator no resultado final (SAATY, 2004).

Com base nos critérios selecionados foi feito o preparo dos arquivos matriciais para processamento em ambiente SIG, com posterior normalização dos valores para enquadramento no intervalo [0,1] (MRÓWCZYŃSKA et al., 2021). Após a normalização dos valores de cada componente matricial foi aplicado o método de combinação linear ponderada para a obtenção do produto final (SARTORI; SILVA; ZIMBACK, 2012).

Por último, foi feita a análise por comparação entre o produto final e os critérios utilizados para a elaboração do mesmo e a avaliação da eficácia das políticas definidas em Leis Municipais do município de São Carlos - SP.

Resultados

Com base na revisão bibliográfica feita foram identificados os critérios (CR): Pedologia (PE), Fluxo Acumulado (FA), Uso e Ocupação (UO), NDVI, Plano Diretor Municipal (PD) e Lei dos Mananciais (LM). A aplicação da matriz proposta por Saaty (2004) para a comparação entre pares com os critérios selecionados retornou o vetor prioridade (VP) dos critérios escolhidos.

Tabela 01 - Atribuição dos pesos na escala proposta por Saaty (2004)

CR	UO	PD	FA	PE	NDVI	VP
UP	1,00	3,00	0,50	0,25	3,00	0,18
PD	0,33	1,00	0,25	0,20	0,33	0,05
FA	2,00	4,00	1,00	0,25	5,00	0,28
PE	4,00	5,00	4,00	1,00	3,00	0,39
NDVI	0,33	3,00	0,20	0,50	1,00	0,11
LM	2	1	0,5	0,5	2	1

Fonte: Autor (2022)

A tabela apresentou inconsistência de 9,96% para seis critérios, dentro do intervalo aceitável de 10% de inconsistência.

Com base em dados consolidados de pedologia foram atribuídos valores a cada subordem presente no município de São Carlos, em uma escala cujo intervalo é [0,1]. O fluxo acumulado foi calculado a partir de um modelo digital de elevação (MDE) obtido de USGS já corrigido, foi aplicado o processo de preencher vazios e o processamento do MDE foi feito com o software SAGA. O NDVI foi realizado com imagens do satélite Landsat 09, órbita ponto 220-075 e passagem 24/06/2022, pela equação 01.

$$(01) \text{ NDVI} = \frac{\text{NIR}-\text{R}}{\text{NIR}+\text{R}}$$

Em que NIR é a banda infravermelha e R é a vermelha do satélite. Por último, os valores para o Plano Diretor de São Carlos foram atribuídos com base nas diretrizes

dispostas na Lei Municipal 18.053/2016. Também foram computados os valores para a Lei dos Mananciais. Todos os arquivos georreferenciados foram reprojetados para a mesma projeção (SIRGAS 2000 / UTM zona 23s) para padronização e melhor precisão nos resultados.

O método de Combinação Linear Ponderada foi então aplicado pela utilização da equação 02 na calculadora de raster.

$$(02) \text{ Raster final} = \sum_i^5 (VP_{cri} * P_{cri})$$

Em que VP_{cri} é o valor do VP para o critério i e P_{cri} é o valor do pixel para o critério i.

O histograma (Figura 01) do arquivo resultante foi calculado e a classificação do arquivo foi feita com base contínua considerando os valores máximos e mínimos obtidos nos pixels da camada raster.

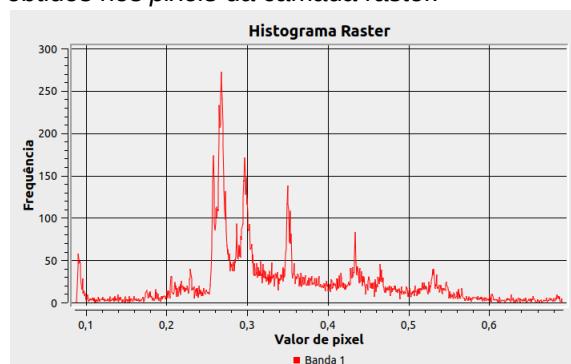


Figura 01: Histograma calculado para a camada resultante; fonte: Autor (2022)

A comparação da Figura 02 com a base de dados montada indica que não estão sendo seguidas as diretrizes de preservação definidas no PD. Existem áreas que apresentaram potencial muito alto na influência dos mananciais em zonas que não possuem diretrizes específicas para proteção de mananciais (6C, 6D, 7, 9A). Além disso, a classificação de Uso e Ocupação (Coleção 5 - MapBiomas (2020)) indica que a lei de proteção dos mananciais (Lei Municipal 13.944/2006), não está sendo seguida, uma vez que APREM do Monjolinho apresentou valores muito baixos decorrentes da presença de malha urbana na área. O resultado é corroborado pelos valores de NDVI, característicos de ocupações urbanas e áreas com vegetação pouco densas. A figura 02 indica a influência das áreas na manutenção

dos mananciais de abastecimento municipal (Monjolinho à esquerda e Feijão à direita).

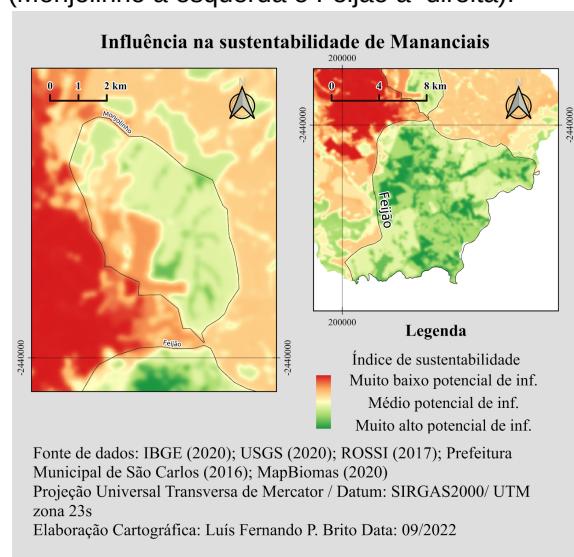


Figura 02: Áreas prioritárias para promoção da sustentabilidade de mananciais em São Carlos;

Fonte: Autor (2022)

Conclusões

O arquivo gerado indica a influência positiva e negativa dentro das APREM considerando os 06 critérios estudados, além de áreas de influência direta no abastecimento hídrico do município, que necessitam de maior atenção do poder público quanto à conservação. Medidas de adensamento de vegetação podem influenciar positivamente no abastecimento.

Referências Bibliográficas

- CONTE, T. U. A systematic review process to software engineering. 1 jan. 2005.
- MRÓWCZYŃSKA, M. et al. Scenarios as a tool supporting decisions in urban energy policy: The analysis using fuzzy logic, multi-criteria analysis and GIS tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 137, p. 110598, 1 mar. 2021.
- SAATY, T. L. Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, v. 13, n. 1, p. 1–35, 1 mar. 2004.
- SARTORI, A. A. DA C.; SILVA, R. F. B. DA; ZIMBACK, C. R. L. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. *Revista Árvore*, v. 36, p. 1079–1090, dez. 2012.