

IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS APTOS A INSTALAÇÃO DE BACIAS DE INFILTRAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALONZO, PARANÁ, BRASIL

Mariana Manrique Tondati ¹
Eduardo Souza de Moraes ²

INTRODUÇÃO

A ideia de armazenar água da chuva é muito antiga, sendo as bacias de infiltração, também conhecidas como barraginhas, uma técnica utilizada para essa questão. Essas estruturas contribuem com a recarga de água subterrânea e podem contribuir com o aumento das vazões mínimas de córregos próximos na região (Barros, 2000; Epa – United States Environmental Protection Agency, 2021). Trata-se de um escavamento raso, de armazenamento, com fundo e laterais permeáveis para promover a infiltração da água no solo (Davis *et al.*, 2022).

Considerando a importância do rio Ivaí para o estado do Paraná, há uma preocupação em promover a permanência da água na bacia hidrográfica, a fim de contribuir com os períodos de vazões mínimas, considerando que a região tem enfrentado problemas de estiagem, como no ano de 2020 (G1 Norte Noroeste – RPC, 2020). Nesse contexto, houve a criação da Portaria IAP N° 157 de 26 de maio de 2020, que proibiu a pesca nos rios Ivaí e em demais rios do estado, como os rios Piquiri, Cinzas, Tibagi, Pirapó, Laranjinha, São Francisco Falso e Verdadeiro, Jordão e todos seus afluentes diretos.

A presente pesquisa tem como objetivo identificar áreas aptas a instalação de bacias de infiltração na bacia hidrográfica do rio Alonzo, um dos principais tributários da margem direita do rio Ivaí (Fig. 1). A definição da área de estudo no âmbito da bacia hidrográfica do rio Ivaí foi realizada a partir de alguns critérios: vazão específica e produção de carga suspensa (Leli *et al.*, 2010), produção de sedimentos (Melo, 2017), locais isentos de barragens para produção de energia elétrica (Tondati e Moraes, 2023).

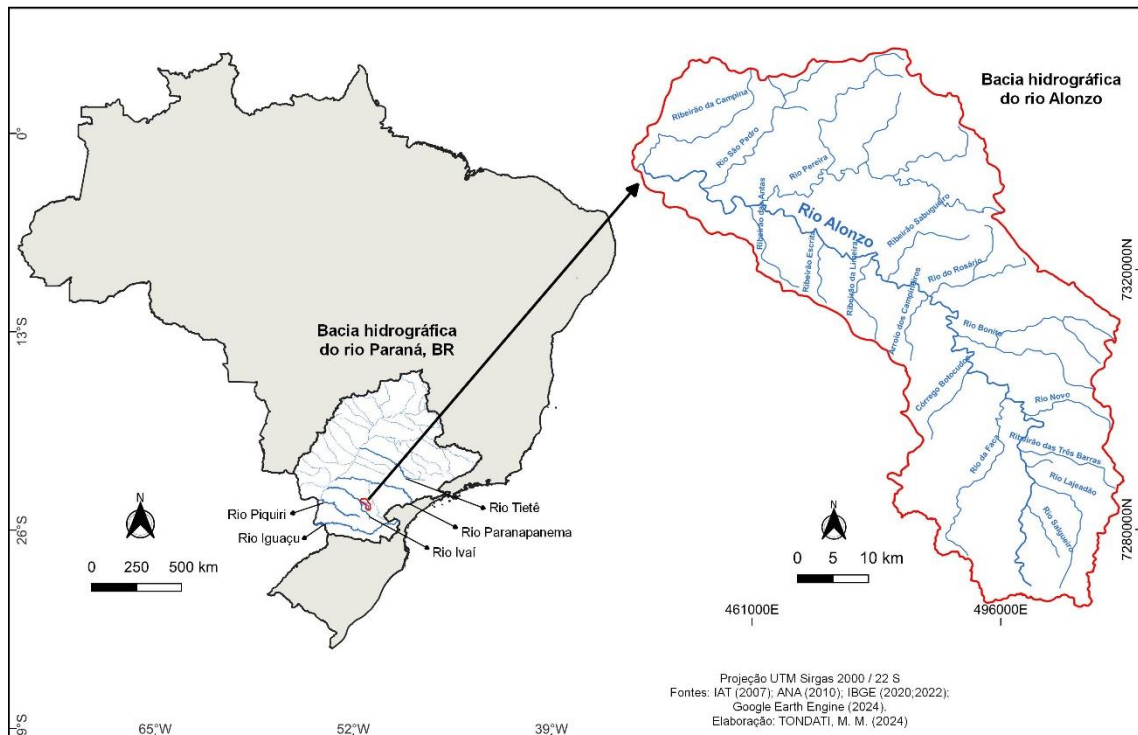
É relevante a associação de atributos da paisagem associadas as técnicas de geoprocessamento para identificação de áreas aptas a instalação de atividades (Alves *et al.* 2023; Pourghasemi *et al.*, 2020; Pina *et al.*, 2024). A escolha dos locais apropriados para as bacias de infiltração, depende de características geomorfológicas do relevo, solo, clima (precipitação), hidrologia, entre outras (Embrapa, 2009). A proposta de definir locais aptos à bacia de infiltração na bacia hidrográfica do rio Alonzo consiste no uso de atributos da paisagem

¹ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Maringá - UEM, pg404759@uem.br;

² Professor orientador: doutor, Universidade Estadual de Maringá - UEM, esmorais2@uem.br.

associadas a técnicas de geoprocessamento. O baixo curso da bacia hidrográfica se mostra mais favorável.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Alonzo



Compreende-se que parte da água do rio provém do fluxo de base, isto é, a água subterrânea, armazenada no subsolo. Esta é sustentada de forma contínua, mesmo em períodos de seca, até certo ponto pela descarga de água subterrânea (Ebrahim; Villholth, 2016). Algumas características naturais podem influenciar na recarga de água subterrânea e no fluxo da base do rio: duração e a intensidade das chuvas, inclinação da superfície, cobertura vegetal, umidade do solo e a condutividade hidráulica (Zhang; Schilling, 2004). Além disso, as propriedades dos solos (espessura de seus horizontes, granulometria e porosidade) também influenciam no processo de infiltração (Botelho; Silva, 2012).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para definir as áreas aptas para as bacias de infiltração, na bacia hidrográfica do rio Alonzo, foram consideradas três variáveis: fluxo acumulado, declividade e classes de solos. Previamente, as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Reservas Legais (CAR, 2023) e áreas em que constam rochas calcárias nas formações litológicas (CPRM, 2021) foram subtraídas das referidas variáveis. Com relação a utilização dos dados do CAR, notou-se que nem todos os rios possuem APPs delimitadas de acordo com o Código Florestal. Sendo assim, optou-se por utilizar um buffer de 50 metros ao entorno das drenagens, para garantir as áreas

de APPs ao entorno de canais e nascentes, locais em que as bacias de infiltração não devem ser instaladas. Os atributos das respectivas variáveis foram reclassificados com valores de 0 (menos apto) a 10 (mais apto) (Pacheco *et al.*, 2018), como mostra a Tabela 1. Dessa maneira, foram analisadas cada uma das variáveis propostas de maneira individual: o fluxo acumulado demonstra os locais em que há maior acúmulo de água na superfície diante de uma precipitação, ou seja, os locais com maiores valores de fluxos acumulados são pertinentes porque as bacias de infiltração precisam armazenar essa água, então, os pixels de maiores Fluxos Acumulados (50-300) possuem valor igual a 10; as bacias de infiltração não devem ser construídas em locais com declividade superior a 12% Embrapa (2009), então, o maior valor foi direcionado para os pixels de declividade entre 5% e 12%; os valores dos solos foram aplicados levando em consideração a textura de cada classe (característica que influencia a infiltração), ou seja, os solos de textura argilosa em que a infiltração da água acontece de maneira mais lenta, fazendo com que a água fique armazenada na bacia de infiltração propositalmente vários dias após a chuva.

Na elaboração dos mapas de fluxo acumulado e declividade foi utilizado como dado de entrada o FAB DEM (Forest And Buildings Removed Copernicus DEM) que é um mapa de elevação global que remove a altura de edifícios e árvores do Copernicus GLO 30 Digital Elevation Model (DEM). Além disso, o raster passou por um processo de correção dos pixels, para torná-lo hidrologicamente consistente, através da ferramenta Priority First Search (PFS), do plugin TerraHidro. O mapa de fluxo acumulado foi elaborado no software QGIS, a partir do plugin Whitebox Tools, a partir do método D-Infinity. O mapa de solos foi gerado com dado de entrada da Embrapa (2008).

Após o preparo dos dados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) foi aplicada a metodologia do Processo Analítico Hierárquico - AHP, para determinação dos pesos das variáveis, representados na segunda coluna da Tabela 1, sendo o fluxo acumulado a variável mais importante nessa ponderação, devido à necessidade das bacias de infiltração se localizarem em locais onde ocorre maior acúmulo de água durante as precipitações. Assim, obteve-se o mapa síntese como resultado dessa pesquisa (Fig. 2).

Tabela 1: Reclassificação das variáveis

Variável	Peso (AHP)	Mínimo	Máximo	Valor
Fluxo Acumulado	0,633	1	10	0
		10	20	5
		20	50	9

		50	300	10
Declividade	0,260	0	5	3
		5	12	10
		> 12		0
Classes de Solos	0,106	Classe	Textura	Valor
		Argissolo	Argilosa	8
		Argissolo	Média/Argilosa	4
		Cambissolo	Argilosa	5
		Latossolo	Argilosa	8
		Neossolo	Argilosa	5
		Neossolo	Média	2
Nitossolo	Argilosa	10		

Elaboração: TONDATI, M. M. (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

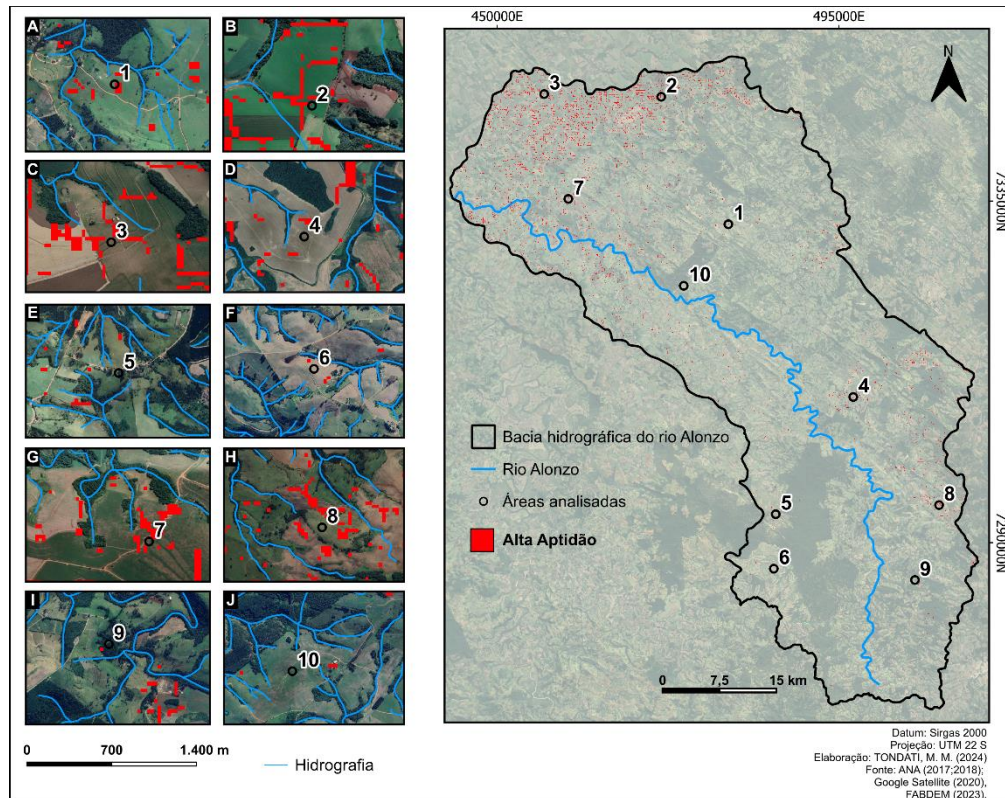
Para chegar até os resultados desse trabalho foram utilizadas variáveis da paisagem associadas as técnicas de geoprocessamento. É pertinente a associação de variáveis da paisagem, modelos geomorfológicos, Inteligência Artificial – IA e técnicas de geoprocessamento para identificação de áreas aptas a instalação de diversas atividades, como por exemplo: empreendimentos hidrelétricos com base no modelo geomorfológico de potência fluvial, o stream-power (Alves *et al.* 2023); construção de “Check Dams” (Pourghasemi *et al.*, 2020); produção de Energia Renovável a partir da cana-de-açúcar (Pina *et al.*, 2024).

A análise consistiu na distribuição de dez pontos dispersos ao longo da bacia hidrográfica do rio Alonzo, de modo representativo das diferentes unidades de paisagem. Buscou-se nessa distribuição, maior heterogeneidade nos fatores que foram considerados na execução do mapa da Figura 2: fluxo acumulado, declividade e classes de solos. Para visualizar melhor a distribuição de dados do mapa síntese (0-10) foi utilizado somente parte desse intervalo (7-10), com o propósito de identificar os locais de maior aptidão para implementação das bacias de infiltração, descartando assim os locais com baixa ou média aptidão.

A distribuição de alta aptidão ao longo da bacia hidrográfica do rio Alonzo concentra-se em algumas áreas, como observa-se a concentração no baixo curso, próximo a sua foz no rio Ivaí, onde a declividade é mais suave, visto que os pixels com alta aptidão priorizam declividades inferiores a 12%. Na figura 2, as imagens A, B, C, D, E, F, G, H, I e J, mostram de maneira ampliada a classe de alta de aptidão. Os pontos 2 (Fig. 2.B), 3 (Fig. 2.C), 7 (Fig. 2.G) e 8 (Fig. 2.H) demonstram elevada quantidade de pixels de alta aptidão; os pontos 1 (Fig.

2.A) e 4 (Fig. 2.D) demonstram uma distribuição média; os pontos 5 (Fig. 2.E), 6 (Fig. 2.F), 9 (Fig. 2.I) e 10 (Fig. 2.J) demonstram baixa concentração de pixels de alta aptidão.

Figura 2: Análise dos locais com alta aptidão às bacias de infiltração



Observa-se uma diferença na densidade de drenagens: os pontos 5 e 6 (Fig. 2.E e 2.F), ao lado da margem esquerda do rio Alonzo, alto curso, apresentam maior densidade de drenagens, enquanto outros pontos, 2 e 3 (Fig. 2.B e 2.C), baixo curso, ao lado da margem direita, demonstram menor densidade. Notavelmente, nesses dois locais com menor densidade de drenagens, há maior concentração de pixels indicando alta aptidão a implantação de bacias de infiltração.

No ponto 1 (Fig. 2.A), há média concentração de pixels indicativos de alta aptidão. A área está sobre Neossolo textura argilosa e declividade que variam entre valores baixos (0-3) até valores altos (>75). Os pontos 2 e 3 (Fig. 2.B e 2.C), encontram-se no baixo curso da bacia hidrográfica, região em que há predominância de baixas declividades. É possível observar uma marcante dispersão de alta aptidão a construção de bacias de infiltração nesta área. A imagem B trata-se da classe pedológica Argissolo textura média/argilosa, e a imagem C, Latossolo textura argilosa.

O ponto 4 (Fig. 2.D) encontra-se próxima da zona de falhas presente nesta bacia hidrográfica, está sobre Argissolo textura argilosa, tratando-se de uma área de altas declividades. Os pontos 5 e 6 (Fig. 2.E e 2.F), demonstram alta densidade de drenagens. Estão no alto curso e em uma região em que se predominam altas declividades, que indica poucos pixels de alta aptidão. No ponto 5 há Neossolo textura argilosa, e no ponto 6 Neossolo textura média.

O ponto 7 (Fig. 2.G) está na região do baixo curso, solo Argissolo textura média/argilosa, indica uma alta dispersão de pixels de alta aptidão. Outros locais observados foram: o ponto 8 (Fig. 2.H), alto curso, no solo Nitossolo textura argilosa, onde também há uma dispersão alta dos valores de alta aptidão; ponto 9 (Fig. 2.I), região de altas declividades, no solo Neossolo textura argilosa, demonstra uma dispersão muito baixa de áreas aptas; por fim, o ponto 10 (Fig. 2.J), baixo curso, sob Argissolo textura média/argilosa, apresenta uma baixa dispersão de pixels de alta aptidão.

Os autores Pacheco *et al.* (2018), analisaram que as áreas mais interessantes para implantação das barraginhas estão associadas a locais de declividade médias, associadas com valores de maiores fluxos acumulados. Ademais, os autores Pourghasemi *et al.*, 2020, consideram que os melhores locais para a construção das *Check Dams* estão relacionados a distância do rio e a densidade de drenagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa auxilia na identificação de locais aptos a implantação das bacias de infiltração, que podem auxiliar no aumento do fluxo de base dos rios em períodos de vazões mínimas e conservação da bacia hidrográfica. O trabalho foi realizado a partir do uso de técnicas de geoprocessamento associadas a dados referentes a propriedades físicas da paisagem. Entretanto, para complementar a análise dos dados obtidos, é importante a realização de trabalho de campo no local do estudo. Sendo assim, a continuidade dessa pesquisa inclui trabalhos de campo na área de estudo para validação dos resultados, assim como a quantificação do mesmos. Ao final, teremos um trabalho capaz de ser utilizado como planejamento em demais bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Barraginhas; Fluxo Acumulado; Planejamento; Recursos Hídricos; Geoprocessamento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.845423/2023- 00.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. X.; CREMOM, E. H.; ALVES, S. C.; RABELO, M. W. de O. Identification of suitable areas for the installation of hydroelectric projects based on the stream-power model. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 58, p. 3-19, dez. 2023. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/93382>>. Acesso em: 23 jul. 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v58i0.93382>.
- BARROS, L. C. de. **Projeto piloto de barragens de contenção de águas superficiais de chuvas: Um projeto social para colheita de enxurradas**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. 2000.
- BOTELHO, R. G. M. de.; SILVA, S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.153-188.
- CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CAR). Consulta Pública. **Base de downloads**. Disponível: < <https://consultapublica.car.gov.br/publico/estados/downloads>>. Acesso em: 30 de jul. de 2024.
- CPRM. **Projeto geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa geológico e Mapa de recursos minerais**. RIGEO, 2021. Disponível em:. Acesso em: mar. de 2024.
- DAVIS, A. P.; HUNT, W. F.; TRAVER, R. G. Infiltration Trenches and Infiltration Basins. In: DAVIS, A. P.; HUNT, W. F.; TRAVER, R. G. **Green Stormwater Infrastructure Fundamentals and Design**. Wiley, 2022. p. 319-330.
- EBRAHIM, G. Y.; VILLHOLTH, K. G. Estimating shallow groundwater availability in small catchments using streamflow recession and instream flow requirements of rivers in South Africa. **Journal of Hydrology**, v. 541, p. 754–765, 1 out. 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Barraginhas: água de chuva para todos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 49 p.: il. (ABC da Agricultura Familiar, 21).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Paraná - Solos (2008): Metadados**. GeoInfo Embrapa. Disponível em: https://geoinfo.dados.embrapa.br/datasets/geoinfo_data:geonode:parana_solos_20201105/metadata_detail. Acesso em: 13 jul. 2024.
- LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. DA. **Dinâmica espacial da hidrologia da bacia do Rio Ivaí**. Boletim de Geografia, v. 28, n. 2, p. 41-47, 2010. DOI: 10.4025/bolgeogr.v28i2.10373. Disponível em: < 53

<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/10373>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

MELO, O. A. G. de. **Modelagens hidrológicas aplicadas à análise do escoamento superficial da bacia do rio Ivaí-pr.** 2017. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. 2017.

PACHECO, F.; SOUZA, J. J. L. L. de.; FARIA, A. L. L. de. Análise multicritério aplicada na seleção de áreas aptas a construção de barraginhas em relevo forte ondulado. **In: III SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul**, 2018.

PARANÁ. **Portaria IAP N° 157**, de 26 de maio de 2020. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=396214>>. Acesso em: 10 de jul. de 2024.

PINA, M. D. ; CREMON, É. H. ; PEREIRA, A. C. ; ALVES, G. S. ; GOMES, R. A. . Inteligência Artificial na Predição de Locais Favoráveis para a Produção de Energia Renovável a Partir de Resíduos a Cana-de-Açúcar. In: Úrsula Maruyama; Fabiana Faxina; Cristina Lúcia Janini Lopes; Giovanna Megumi Ishida Tedesco. (Org.). **Ações de sustentabilidade na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica**. 1ed.São Luís: EDIFMA, 2024, v. , p. 181-184.

POURGHASEMI, H. R.; YOUSEFI, S.; SADHASIVAM, N.; ESKANDARI, S. Assessing, mapping, and optimizing the locations of sediment control check dams construction. **Science of Total Environment**. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139954>.

Rio Ivaí sofre com a pior estiagem dos últimos 23 anos no Paraná. **G1 Norte Noroeste – RPC**, Maringá, 27 de abr. de 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2020/04/27/rio-ivai-sofre-com-a-pior-estiagem-dos-ultimos-23-anos-no-parana.ghtml>>. Acesso em: 10 de jul. de 2024.

Start. (2024, Jun 3). In *TerraHidro*. Retrieved 22:30, August 27, 2024, from <https://www.dpi.inpe.br/terrahidro/doku.php?id=start&rev=1717435439>. **MLA**

TONDATI, M.M.; MORAIS, E. Barramentos na bacia hidrográfica do rio Ivaí, Paraná: delimitação e caracterização geográfica das áreas de drenagem. **In: 14° SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia, Corumbá – MS. 03 - Geomorfologia fluvial e lacustre**. 2023. 1-7 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. NPDES: **Stormwater Best Management Practice—Infiltration Basin**. EPA-832-F-21-031B. 2021.

ZHANG, Y. K.; SCHILLING, K. Temporal scaling of hydraulic head and river base flow and its implication for groundwater recharge. **Water Resources Research**, v. 40, n. 3, 2004.