



## ANÁLISE DE VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE JAGUARÃO/RS

**NANTYARA BANDEIRA**<sup>1</sup>; **LUANA NUNES CENTENO**<sup>2</sup>; **SAMANTA TOLENTINO**  
**CECCONELLO**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense Câmpus Pelotas – [nantyarabandeira.pl257@academico.ifsl.edu.br](mailto:nantyarabandeira.pl257@academico.ifsl.edu.br)

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense Câmpus Pelotas – [luanacenteno@ifsl.edu.br](mailto:luanacenteno@ifsl.edu.br);

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense Câmpus Pelotas – [samantacecconello@ifsl.edu.br](mailto:samantacecconello@ifsl.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos subterrâneos têm sido explorados intensamente ao longo dos anos devido à escassez dos recursos hídricos superficiais (NASCIMENTO et al., 2021; SILVA, 2021). Entretanto, as águas subterrâneas estão cada vez mais susceptíveis à contaminação. Segundo Foster et al. (2006), no mundo inteiro, os aquíferos estão sob perigo cada vez maior de contaminação em decorrência, do descumprimento de normas legais, da urbanização, do desenvolvimento industrial, das atividades agrícolas e de mineração, pois os poluentes lançados na superfície podem, por percolação, atingir os aquíferos. Se houver a participação do aquífero na vazão de base da drenagem superficial, poderá afetar também a qualidade das águas superficiais (PERALTA; GUZMÁN; AMAYA; CUEVAS, 2021; MORAES-SANTOS, DIAS, BALESTIERI, 2021; MANCUSO, SANTOS, 2021).

Os custos para realizar a descontaminação de aquíferos são elevados tornando o processo na maioria das vezes inviável. Sendo assim, é mais sensato preservar este recurso natural, através de um planejamento e gestão das águas subterrâneas (MONÇÃO; VELOSO, 2021). Desta forma, o mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação de aquíferos pode auxiliar no monitoramento e consequentemente no planejamento e gestão ambiental, servindo como instrumento de tomada de decisão (AYKUT, 2021).

Sendo assim a vulnerabilidade à contaminação do aquífero está diretamente relacionada com a condutividade hidráulica de poros, a profundidade do lençol freático, a recarga das águas subterrâneas, fonte de poluição e condições de fluxo de água subterrânea (DUCCI; SELLERINO, 2013). Ou seja, a determinação da vulnerabilidade dos aquíferos está relacionada à capacidade de atenuação da zona vadosa, através da avaliação e integração de diferentes atributos litológicos e hidrogeológicos, tendo sido desenvolvidos diversos métodos de análise (MOURA, 2021).

Dentre os métodos existentes tem-se o método GOD (Groundwater Occurrence; Overall aquifer class; Depth to groundwater) proposto por Foster et al. (2006). No método GOD, os seguintes indicadores são observados: grau de confinamento do aquífero (G), litologia e seu grau de consolidação na zona vadosa ou camadas confinantes (O) e profundidade do nível freático do aquífero (D). O método GOD define uma escala por grau de suscetibilidade. Essa escala se dá em razão da localidade, e é apresentada na forma de um mapa temático (AYKUT, 2021). Frente a isto, este estudo objetivou aplicar o método GOD para determinar a vulnerabilidade das águas subterrâneas do município de Jaguarão/RS.

## 2. METODOLOGIA

### Caracterização da área

Com população estimada de 27.931 habitantes, o município de Jaguarão está localizado no extremo meridional do Brasil, fazendo fronteira com a República Oriental do Uruguai, com uma distância de aproximadamente 388 km de Porto Alegre, a capital do estado. As principais atividades econômicas desenvolvidas são arroz, soja e pecuária (IBGE, 2021). A distribuição de água no perímetro urbano é realizada pela Companhia Riograndense de Saneamento, e na zona rural o abastecimento é realizado através da captação de água subterrânea.

### Obtenção dos dados

Os dados foram obtidos através de informações contidas no site do SIAGAS mantido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2021) para o município de Jaguarão. Foram contabilizados 90 poços cadastrados, dos quais foram extraídas informações sobre cada poço, com o objetivo de criar um banco de dados espaciais. Foram obtidas informações sobre as coordenadas geográficas, nível dinâmico, nível estático, cota do terreno, formação geológica, litologia, grau de confinamento e situação atual de operação do poço.

### Aplicação do método GOD

No presente estudo, para realização da análise da vulnerabilidade natural à contaminação, foi utilizada a metodologia GOD (Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table), proposta por Foster e Hirata (1988), que leva em consideração a avaliação de três parâmetros: Ocorrência do aquífero (livre, confinado, semiconfinado): podendo admitir valores de 0 a 1; Litologia da zona vadosa e camadas confinantes: o solo e a litologia situada acima da zona saturada do aquífero condicionam o tempo de deslocamento de contaminantes e vários processos de sua atenuação. Cada tipo de solo tem sua capacidade de atenuação. A ocorrência de estratos litológicos pode ter valores de 0,3 a 1; Profundidade do aquífero (espessura da zona vadosa): pode ser definida como a distância que o contaminante terá de percorrer para alcançar a zona saturada do aquífero. A Profundidade ou nível estático pode assumir valores de 0,4 a 1.

Vale salientar que todos os parâmetros possuem o mesmo nível de importância. Sendo assim, o índice de vulnerabilidade natural é dado pela multiplicação desses três parâmetros, logo, para fins de classificação dos resultados deve-se considerar vulnerabilidade insignificante valores de 0 a 0,1; baixa valores de 0,1 a 0,3; média valores de 0,3 a 0,5; alta valores de 0,5 a 0,7; e por fim, extrema com valores de 0,7 a 1,0. (FOSTER; HIRATA, 1988). Para estimar os valores do GOD em pontos não amostrados, foi realizada a interpolação dos dados através do Inverso da Distância ao Quadrado (IDW) no software QGIS versão 3.16.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do total de 90 poços cadastrados no SIAGAS, 34 poços apresentaram condição livre recebendo um valor de 1,0 para o parâmetro “G” os demais apresentaram-se como confinados, recebendo um valor de 0,2. Para o parâmetro litologia (O) foi obtido valores de 0,4 para solos residuais e 0,6 para rochas magmáticas. Por último, para o parâmetro “D” (nível estático) 41 poços receberam o valor de 0,9 (menor que 5metros), 30 poços receberam valor 0,8 (5 a 20 metros), 7 poços receberam valor de 0,7 (profundidade de 20 a 50 metros) e 2 poços receberam valor 0,6, pois apresentaram profundidade maior que 50 metros. Como resultado da aplicação da metodologia GOD e interpolação pelo IDW obteve-se o

mapa da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas conforme a Figura 1.

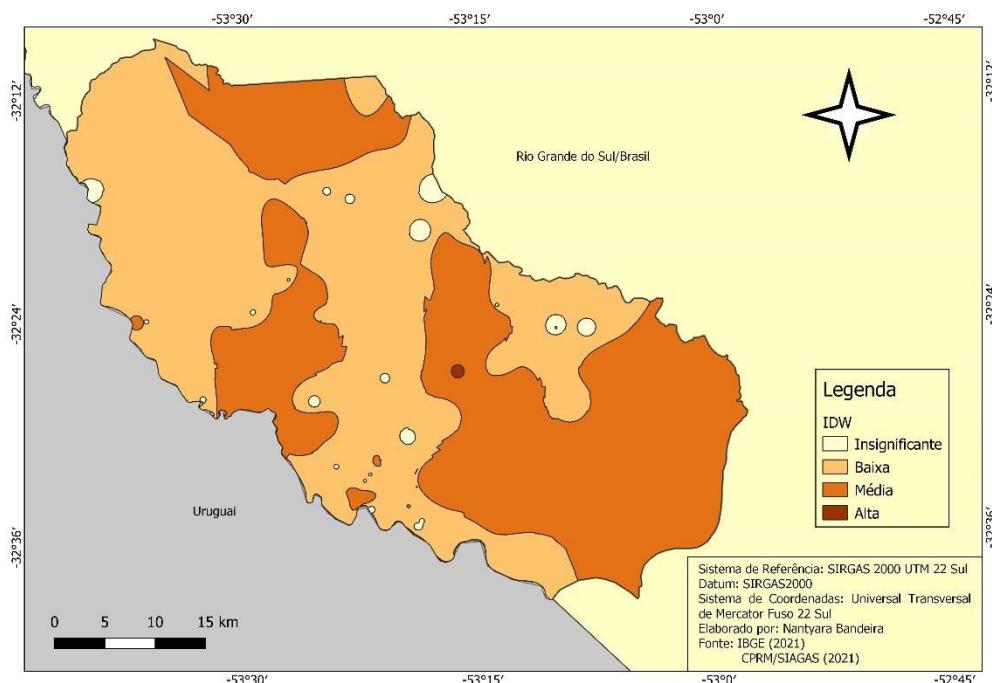


Figura 1: Mapa interpolado da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas para o município de Jaguarão/RS.

Pode-se verificar que a vulnerabilidade natural à contaminação de água para o município de Jaguarão variou de insignificante à alta. Percebe-se que houve somente uma pequena área que apresentou vulnerabilidade alta, representando 1,3 Km<sup>2</sup>. Esta área fica na parte central do município e coincide predominantemente com áreas de uso para produção de soja, milho e trigo. Estas áreas causam alteração no ciclo de nutrientes, contaminação e condução de agrotóxicos, herbicidas e fungicidas para parte profunda do solo conforme indicam Ahmadi, Kilanehei e Nazari-Sharabian (2021).

As áreas que apresentaram vulnerabilidade baixa no município representam uma área de 1082Km<sup>2</sup> seguindo da vulnerabilidade média com 943Km<sup>2</sup>. Mesmo que o município de Jaguarão apresenta um quantitativo baixo de áreas de média e alta vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas, deve-se atentar que nestas áreas há necessidade de maior atenção para as atividades desenvolvidas na superfície do solo e que podem afetar a qualidade das águas subterrâneas (ORELLANA-MACÍAS; ROSELLÓ; CAUSAPÉ, 2021).

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que após a aplicação do método GOD, foram identificadas áreas com predomínio de baixa vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas. Porém, deve-se ressaltar a importância da realização do manejo adequado do solo, assim como, da realização de um planejamento de uso e ocupação do solo, visando à proteção das águas subterrâneas.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMADI, H.; KILANEHEI, F.; NAZARI-SHARABIAN, M. Impact of Pumping Rate on Contaminant Transport in Groundwater—A Numerical Study. **Hydrology**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 103, 8 jul. 2021.
- AYKUT, T. Determination of groundwater potential zones using Geographical Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) between Edirne-Kalkansogut (northwestern Turkey). **Groundwater For Sustainable Development**, [S.L.], v. 12, p. 100545, fev. 2021.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. SIAGAS. **Sistema de informações de águas subterrâneas**. Disponível em: <https://cutt.ly/jQnFmDb>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- DUCCI, D.; SELLERINO, M. Vulnerability mapping of groundwater contamination based on 3D lithostratigraphical models of porous aquifers. **Science of the total environment**, [S.L.], v. 447, p. 315-322, mar. 2013.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS **Technical Manual**, Lima, Peru. 81pp, 1988.
- FOSTER, S. S. D.; et al. **Proteção da qualidade de água subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial/SERVMAR. São Paulo, 2006.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cutt.ly/UQnD840>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- MANCUSO, M.A.; SANTOS, C. E. Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do aquífero fraturado Serra Geral, localizado no noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Geologia**. USP. Série Científica, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 71-88, 7 abr. 2021.
- MONCÃO, A.G.; VELOSO, R. A importância das águas subterrâneas para a gestão integrada dos recursos hídricos. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 1-11, 18 abr. 2021.
- MORAES-SANTOS, E.C.; DIAS, R.A.; BALESTIERI, J.A.. Groundwater and the water-food-energy nexus: the grants for water resources use and its importance and necessity of integrated management. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 109, p. 105585, out. 2021.
- MOURA, D. M. B. Proposta metodológica para avaliação e definição de fontes superficiais de abastecimento público: uma análise comparativa entre duas bacias hidrográficas, visando a segurança hídrica de Iporá (GO). 2021. 247 f. **Tese** (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.
- NASCIMENTO, F.J.; et al. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas da microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará, Brasil. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 35, n. 1, 5 maio 2021.
- ORELLANA-MACÍAS, J.M.; ROSELLÓ, M.J.P.; CAUSAPÉ, J. A Methodology for Assessing Groundwater Pollution Hazard by Nitrates from Agricultural Sources: application to the galocanta groundwater basin (Spain). **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 11, p. 6321, 2 jun. 2021.
- PERALTA, A. R; et al. Arsenic and Fluoride in Groundwater, Prevalence and Alternative Removal Approach. **Processes**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 1191, 9 jul. 2021.
- SILVA, L.O. Análise da qualidade da água subterrânea para abastecimento público: estudo de caso na comunidade Alto do ferrão, em Itaiçaba-CE. 2021. 54 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2021.