



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS: UM ESTUDO DE CASO DE SÃO LOURENÇO DO SUL/RS

**Samanta Tolentino Ceconello** – satolentino@pelotas.ifsul.edu.br  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Pelotas.  
Praça Vinte de Setembro, 455 - Centro  
96.015-360 – Pelotas – Rio Grande do Sul

**Luana Nunes Centeno** – luananunescenteno@gmail.com  
Universidade Federal de Pelotas, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos.

**Resumo:** As águas subterrâneas apresentam-se como um recurso natural de extrema importância para o abastecimento humano, porém, devido as atividades antrópicas, os mananciais subterrâneos apresentam grandes riscos à contaminação. Deste modo, este estudo tem o objetivo de mapear a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de São Lourenço do Sul/RS utilizando o método GOD. Foram utilizados dados de 22 poços cadastrados no CPRM/SIAGAS para o município de São Lourenço do Sul/RS. Foi possível concluir que o mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas do município de São Lourenço do Sul apresentou vulnerabilidade insignificante e baixa, de modo que este mapeamento pode ser utilizado como ferramenta para o planejamento e gestão ambiental do município.

**Palavras-chave:** Método GOD, Águas subterrâneas, Tendência de escoamento, SIG.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## NATURAL VULNERABILITY TO AQUIFER CONTAMINATION: A CASE STUDY OF SÃO LOURENÇO DO SUL / RS

**Abstract:** Groundwater presents itself as a natural resource of great importance for human supply, but due to anthropogenic activities, underground water sources present great risks of contamination. Thus, this study aims to map the natural vulnerability of groundwater in the municipality of São Lourenço do Sul / RS using the GOD method. Data from 22 wells registered in CPRM / SIAGAS were used for the municipality of São Lourenço do Sul / RS. It was possible to conclude that the mapping of the natural vulnerability to contamination of the groundwater of the municipality of São Lourenço do Sul presented insignificant and low vulnerability, so that this mapping can be used as a tool for environmental planning and management of the municipality.

**Keywords:** Method GOD, Groundwater, Flow tendency, GIS.

### 1. INTRODUÇÃO

Nenhum ser vivo consegue sobreviver sem água. Porém, a quantidade de água disponível para consumo é de aproximadamente 3% do total de água do planeta, deste percentual, apenas 1% encontra-se nas superfícies e 22% encontra-se no subsolo (MACHADO; TORRES, 2013). De acordo com o ambiente de origem a água apresenta características distintas de qualidade da água, pois as atividades antrópicas vêm interferindo na qualidade da mesma, principalmente decorrentes do uso e ocupação do solo (BRAGA et al., 2015).

As águas subterrâneas apresentam-se como um recurso natural de extrema importância para o abastecimento humano e industrial, dessedentação animal, recargas de mananciais superficiais e para a irrigação. Dentre as vantagens de sua utilização, podemos afirmar que o material geológico que armazenam a água subterrânea funcionam como filtros naturais, deste modo, a qualidade da água é melhor que a água superficial; pelo fato das águas subterrâneas já apresentarem-se armazenadas, não há necessidade de construir reservatórios, sendo que o abastecimento humano poderá ser realizado diretamente no ponto de captação da água (DAVIS; MASTEN, 2016).

Entretanto, devido a exploração intensa dos recursos hídricos subterrâneos, o manejo inadequado do solo, o descumprimento de normas legais e a urbanização, colocam em risco a qualidade das águas subterrâneas (BATISTA et al, 2017).

Sendo assim, a sua qualidade e quantidade da água são fatores que devem ser monitorados frequentemente, pois este monitoramento permite a viabilização de estratégias e políticas de proteção e conservação desses recursos (VRBA; SOBLSEK, 1988).

O mapeamento da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos auxilia no monitoramento e conseqüentemente no planejamento e gestão ambiental, servindo como instrumento de tomada à decisão (SABADINI et al., 2017). Deste modo, é possível identificar as áreas mais vulneráveis naturalmente, restringindo a instalação de atividades potencialmente poluidoras, bem como, identificar as áreas que apresentam maior proteção natural e que podem ser as mais indicadas para determinadas atividades (VILLANUEVA et al., 2015).

Portanto, entende-se por vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas, o inverso da resiliência, ou seja, quanto maior for a capacidade dos aquíferos em resistir as modificações quando for adversamente afetado por uma carga contaminante imposta, menor será sua vulnerabilidade natural (FOSTER et al., 2006).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

Juntamente com o mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, as estimativas das direções dos fluxos subterrâneos são de grande importância para o planejamento e gestão ambiental, pois através da estimativa da direção de fluxo, é possível obter as tendências de sentido e direção das plumas de contaminação subterrânea, provenientes das mais diversas fontes de poluição, como exemplo, cemitérios, indústrias, postos de combustíveis dentre outras (BORBA et al., 2014). Deste modo, podem ser planejadas a instalação destes empreendimentos, assim como, conhecendo a direção e sentido do fluxo subterrâneo, pode-se considerar os riscos da alteração da qualidade natural nos mananciais subterrâneos e superficiais (KATER; OLIVEIRA, 2016).

Este trabalho tem o objetivo mapear a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do município de São Lourenço do Sul/RS utilizando o método GOD (**G**roundwater occurrence, **O**verall lithology of the unsaturated zone, **D**epth to the water table).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O Município de São Lourenço do Sul está localizado no Sudeste do estado do Rio Grande do Sul, na margem direita da Laguna dos Patos, tendo como limites os municípios de Camaquã, Cristal, Canguçu, Turuçu e Pelotas (Figura 1). Situa-se a uma distância aproximada de 195 km da capital do estado, Porto Alegre, e 70 km do município de Pelotas. Segundo dados do último censo demográfico (IBGE, 2010) a área total do município é de 2.036,125 km<sup>2</sup>, apresenta uma população de 43.111 habitantes, sendo que 56,22% da população reside na zona urbana. São Lourenço do Sul apresenta 56,5% de seu esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

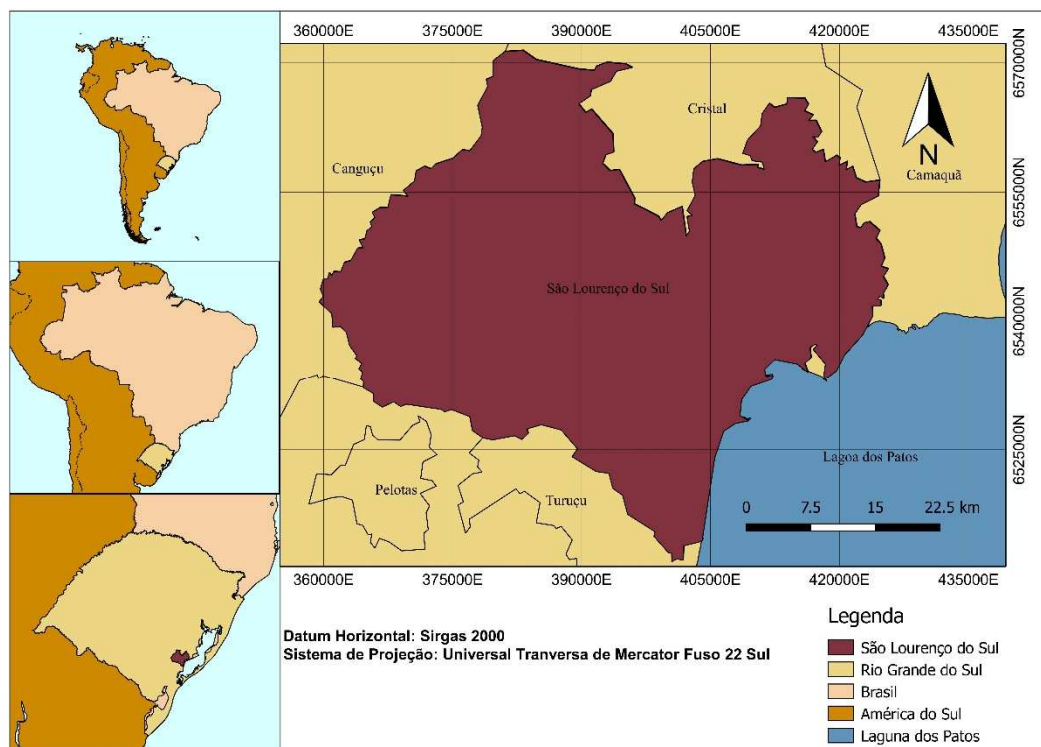


Figura 1. Localização do município de São Lourenço do Sul.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

O Município de São Lourenço do Sul está localizado entre duas unidades geomorfológicas, representadas pelo Escudo Sul-riograndense que é constituído por rochas cristalinas; e pela Planície Costeira constituída basicamente por sedimentos continentais provindos das regiões mais altas e sedimentos marinhos originados das regressões e transgressões marinhas. As cotas variam entre 0 a 450 m, aproximadamente. O município caracteriza-se pela presença de uma topografia ondulada a oeste da BR-116, que favorece o escoamento superficial das águas, enquanto a leste, situa-se o relevo de planície, que favorece a acumulação das águas (CEPED/RS, 2015). Este fato, nos permite inferir sobre a tendência do sentido de escoamento do aquífero subterrâneo.

## 2.2. Vulnerabilidade do aquífero subterrâneo

Para estimar o índice de vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas do município de São Lourenço do Sul/RS, utilizou-se a metodologia GOD proposta por FOSTER et al., (2006). O método GOD foi escolhido pela facilidade de determinação de seus parâmetros e pela boa espacialização dos dados em ambiente SIG, Sistema de Informações Geográficas.

Para aplicação da metodologia GOD é essencial a obtenção de informações referentes aos poços localizados na área de estudo tais como: o grau de confinamento do poço (G), o perfil litológico (O) e a profundidade do nível estático (D). Dessa forma, estes dados foram obtidos no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) Serviço Geológico do Brasil para o município de São Lourenço do Sul.

Segundo informações disponibilizadas no sítio da CPRM/SIAGAS (2018), o Município de São Lourenço do Sul apresenta 22 poços cadastrados, sendo que todos continham todas as informações necessárias para aplicação do método GOD.

Este método aplica constantes entre 0 e 1 para cada variável e o produto entre essas variáveis determina o índice de vulnerabilidade natural à contaminação da água, sendo que, todos os parâmetros apresentam o mesmo peso de importância sobre o índice final.

O primeiro parâmetro da metodologia GOD, “G” - Grau de confinamento, leva em consideração o tipo de aquífero, sendo atribuídos valores que variam entre 0 a 1,0. O segundo parâmetro, “O” - Ocorrência de estratos de cobertura, classifica os estratos ou camadas acima da zona saturada do aquífero, em termos do grau de consolidação e caráter litológico, e são atribuídos valores que variam em uma escala de 0,3 a 1,0. Já o último parâmetro, “D” - Distância até o lençol freático representa o nível freático, isto é, a distância entre a boca do poço e o nível da água subterrânea, variando a escala deste parâmetro entre 0,4 a 1,0. O índice de vulnerabilidade do aquífero à contaminação é determinado pelo produto dos valores obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (vulnerabilidade insignificante) até 1,0 (vulnerabilidade extrema).

A Figura 2 apresenta o esquema de avaliação utilizado na estimativa da vulnerabilidade de aquíferos.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

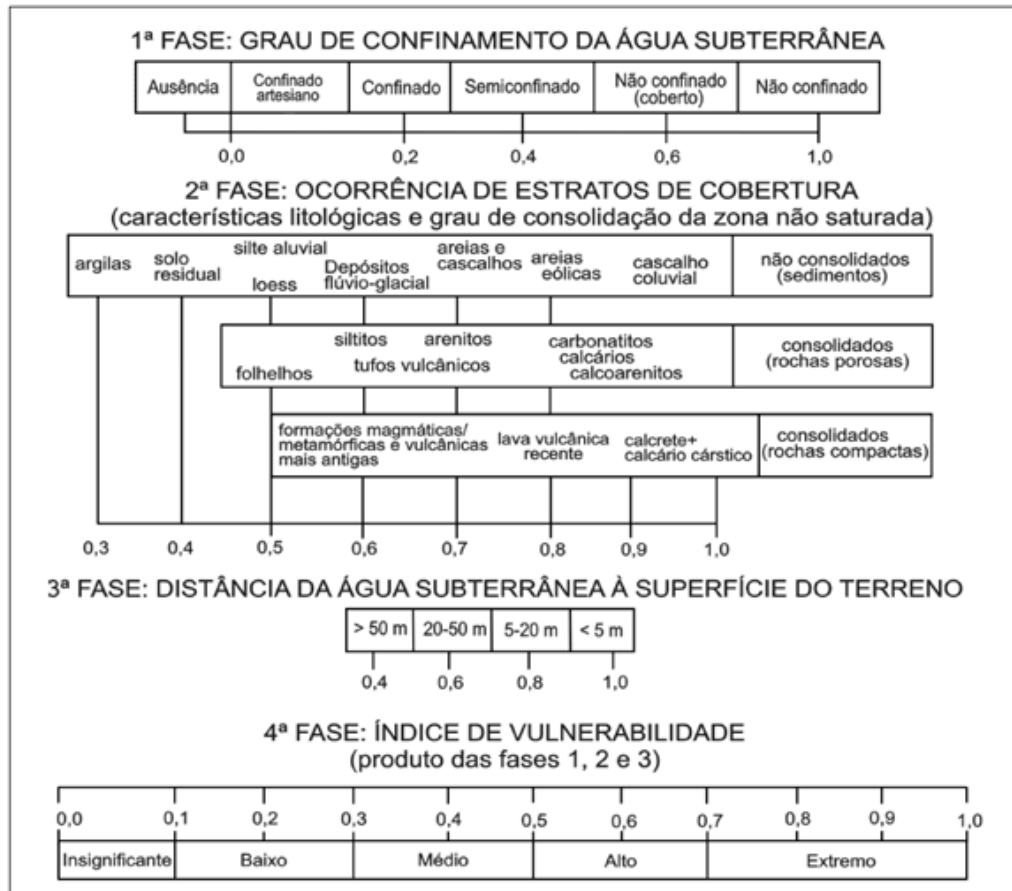


Figura 2. Metodologia GOD para determinação da vulnerabilidade de aquíferos.

As classes de vulnerabilidade de aquíferos variam de desprezível (ou insignificante) à extrema, sendo que sua nomenclatura apresenta definição específica, que reflete a sensibilidade natural dos aspectos hidrogeológicos observados no estudo. Assim, as definições das diferentes classes de vulnerabilidade são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos níveis de vulnerabilidade e seus significados.

<i>Classe de vulnerabilidade</i>	<i>Definição da classificação da vulnerabilidade</i>
Insignificante	Aquífero muito pouco vulnerável, pois há camadas confinantes sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação).
Baixa	Aquífero vulnerável somente a contaminantes conservadores, a longo prazo, quando são continuamente lançados ou lixiviados.
Moderada	Aquífero vulnerável a alguns contaminantes, mas apenas, quando são continuamente lançados ou lixiviados.
Alta	Aquífero vulnerável a diversos contaminantes (com exceção aos que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em vários cenários de contaminação.
Extrema	Aquífero vulnerável à grande parte dos contaminantes com impacto rápido em vários cenários de contaminação.



Utilizou-se a superfície potenciométrica para determinar a tendência da direção do fluxo subterrâneo, este parâmetro pode facilitar a identificação da direção das plumas de contaminação originada na superfície do solo (BARROS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016). Utilizou-se a krigagem ordinária como interpolador para prever o valor da variável vulnerabilidade em um ponto não amostrado, conforme Yamamoto e Landim (2013).

Empregou-se o programa ArcGIS para geração do mapa de vulnerabilidade natural à contaminação, e o QGIS versão 2.18 para elaboração do mapa de localização.

Utilizou-se dados cartográficos da litologia do IBGE na escala 1:250.000, para elaboração do cartograma de tendências de direção de fluxo e utilizou-se o programa Surfer 8.0 para a obtenção do mapa de fluxo. Neste estudo foi adotado o datum horizontal SIRGAS 2000 projeção UTM fuso 22 Sul e o datum altimétrico Imbituba, Santa Catarina como nível médio zero do mar.

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vulnerabilidade das águas subterrâneas do município de São Lourenço do Sul apresentou vulnerabilidade natural à contaminação, variando de insignificante a baixa como demonstra a Figura 3.

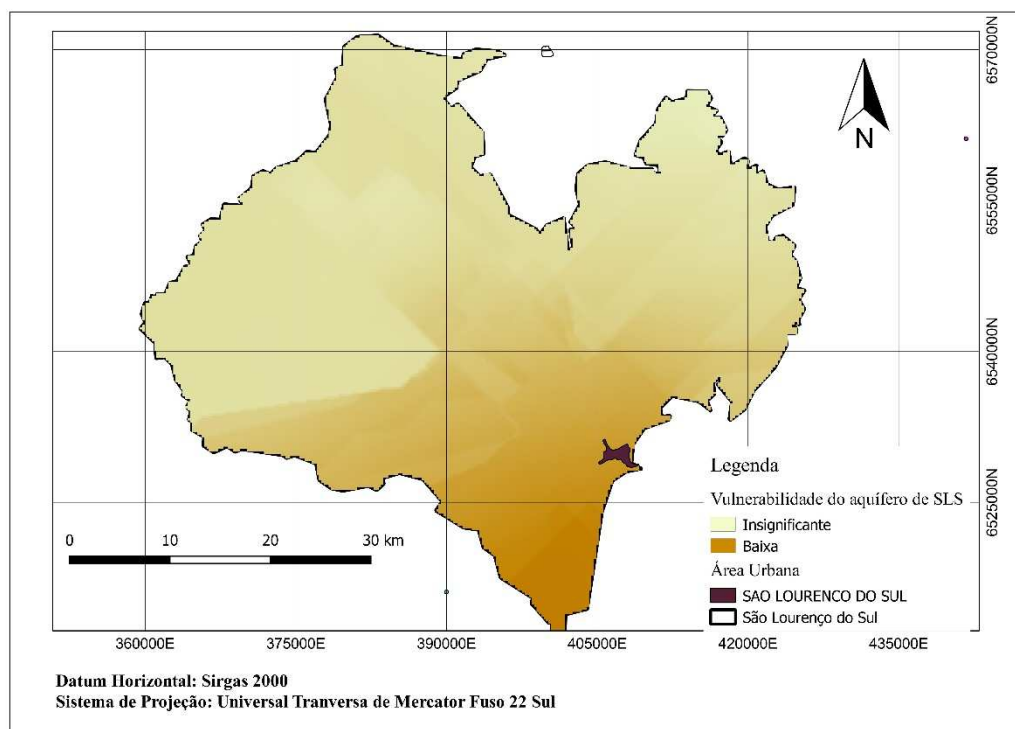


Figura 3. Vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero no município de São Lourenço do Sul.

Pode-se observar que a vulnerabilidade natural dos aquíferos subterrâneos em São Lourenço do Sul na porção leste e nordeste foi insignificante e que na porção sul e sudeste apresentou-se baixa. Nota-se que a vulnerabilidade da área urbana é considerada baixa, porém é importante salientar que a vulnerabilidade natural difere de risco a poluição, pois mesmo em áreas com atividades de alto risco de poluição, podem apresentar baixa vulnerabilidade natural à contaminação, conforme estudos realizados por KATER; OLIVEIRA (2016) e BORBA et al. (2014).

Com a diferença entre a cota do terreno e o nível estático (NE) dos poços, foi possível determinar a superfície potenciométrica e a estimativa da direção de fluxo das águas subterrâneas do



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

município de São Lourenço do Sul. A tendência de fluxo da água subterrânea se dá de altos para baixos valores de nível estático conforme a Figura 4.

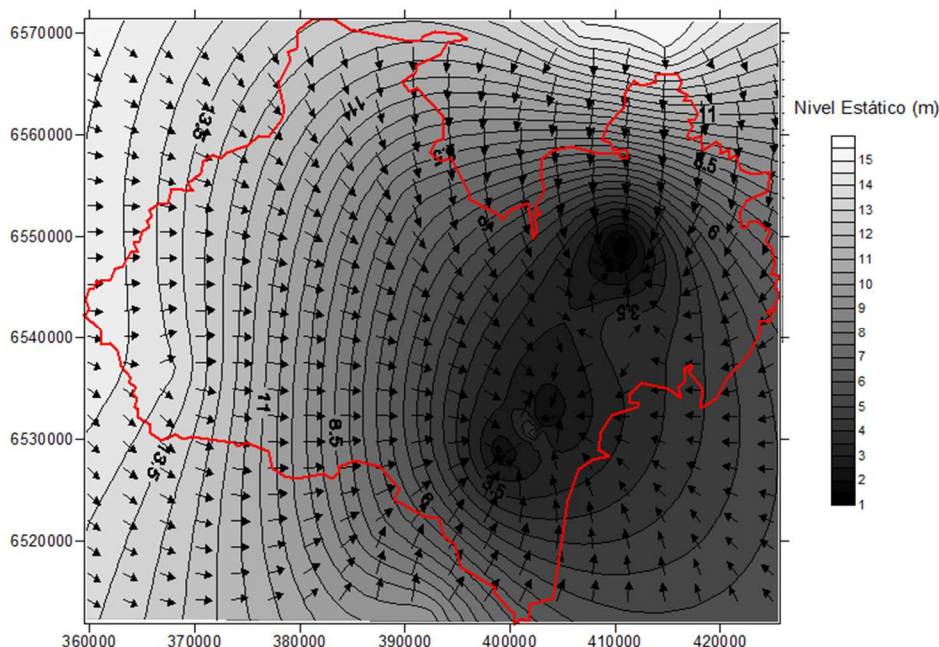


Figura 4. Tendência da direção e sentido do escoamento subterrâneo do município de São Lourenço do Sul.

Segundo OLIVEIRA et al. (2016), em áreas onde o valor do NE é mais baixo, há uma maior vulnerabilidade à contaminação, ocasionada pela reduzida profundidade do lençol freático, o que acaba por apresentar uma propensão maior à contaminação pelo lançamento de substâncias ao solo. Deste modo, percebe-se que a área urbana do município encontra-se em áreas de menor nível estático e consequentemente de maior vulnerabilidade.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo, foi possível concluir que o mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas do município de São Lourenço do Sul apresentou vulnerabilidade insignificante e baixa, de modo que este mapeamento pode ser utilizado como ferramenta para o planejamento e gestão ambiental do município. Vale destacar que a vulnerabilidade natural está

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

associada apenas às características do aquífero e que não devem ser descartados os estudos sobre os impactos das atividades antrópicas que serão desenvolvidas sobre o território do município.

## 5. REFERÊNCIAS

BARROS, C. G. D. et al. Superfície potenciométrica e possíveis fontes de contaminação do aquífero Parecis no município de Vilhena – RO. Revista Monografias Ambientais - Remoa, Santa Maria, v. 15, n. 1, p.74-84, jan-abr. 2016.

BATISTA, C. et al. Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica. Águas Subterrâneas, supl., 2017.

BORBA, W. F. et al. Vulnerabilidade do aquífero à contaminação no município de Seberi/RS. Revista Monografias Ambientais - Remoa, [sl], v. 14, n. 1, p.2960-2966, fev. 2014.

BRAGA, B. et al. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 4. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2015. 728 p.

CEPED/RS. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Mapeamento de vulnerabilidade de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações – São Lourenço do Sul/RS.** Relatório. Porto Alegre, 2015.

KATER, K. V.; OLIVEIRA, F. M. Vulnerabilidade de aquíferos: Caso dos cemitérios de Igarassu e Itapissuma, PE. Revista de Geologia, [sl], v. 29, n. 2, p.247-261, 2016.

FOSTER, S., et al. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Edição brasileira: SERVIMAR – Serviços Técnicos Ambientais Ltda. São Paulo, 2006.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P.. Introdução à Hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 192 p.

OLIVEIRA, G. A. et al. avaliação da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas do município de Porto Velho/RO. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 8, n. 2, p.187-198, ago. 2016.

DAVIS, M.L.; MASTEN, S.J. Princípios de engenharia ambiental. Porto Alegre: AMGH Editora, 2016.  
SABADINI, S. da C. et al. Potencial de vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais e sua relação com a atividade minerária de ouro / Natural vulnerability of potential contamination to aquifers in the Iron Quadrangle (...). Caderno de Geografia, [s.l.], v. 27, n. 49, p.340-352, 2 maio 2017. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. CPRM. Sistema de Informações de águas subterrâneas. Disponível em < <http://www.cprm.gov.br>>. Acesso 02 de agosto de 2017.

VILLANUEVA, T. Aplicação do método COP para avaliação da vulnerabilidade intrínseca à contaminação do aquífero cárstico salitre, Irecê-BA, Brasil. Braz. J. Aquat. Sci. Technol., [s.l], v. 1, n. 19, p.55-65, 2015.

VRBA, J.; SOBLSEK, P. Groundwater monitoring. En Geology and Environment International Manual in three volumes. UNESCO. 1988.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. Geoestatística: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina do Livro, 2013. 215 p.

Realização



Correalização



Informações:

[qualidadeambiental.org.br](http://qualidadeambiental.org.br)  
[abes-rs@abes-rs.org.br](mailto:abes-rs@abes-rs.org.br)  
(51) 3212.1375