

## **Análise da Vulnerabilidade de Aquíferos em Aracaju, Utilizando o Método GOD**

Thomaz Oliveira Teixeira<sup>1</sup>; Luiz Alberto Vedana<sup>2</sup>; Paulo Henrique Prado Stefano<sup>2</sup>; José Batista Siqueira<sup>2</sup>; Samiramisthais Souza Linhares<sup>3</sup>; Sillas Alves de Cristo<sup>4</sup>; Mirna Marierse Nepomuceno Santos<sup>5</sup>; Ivan Pastro Gomes<sup>5</sup>; Isadora Melo Fraga<sup>5</sup>.

**RESUMO:** *A crescente ameaça de contaminação antrópica das águas subterrâneas proporcionou o desenvolvimento de métodos de estudo da vulnerabilidade dos aquíferos. Estes, são utilizados como medida preventiva à proteção e gestão desse recurso. Este trabalho mostra a aplicabilidade de conceitos provenientes do método GOD no município de Aracaju, capital do Estado de Sergipe, através dos resultados que indicam vulnerabilidade à contaminação de aquíferos em área urbana, onde a água é explotada através de poços que são perfurados em aquíferos granulares. O desenvolvimento do trabalho contou com a aquisição e um banco de dados dos poços cadastrados no município e a utilização do software ArcGIS 10.1 para a confecção dos mapas de vulnerabilidade para determinadas áreas de maior e menor risco a contaminação. Foram constatadas quatro zonas de isovulnerabilidade, das quais a região do extremo Norte do município apresenta risco a contaminação considerado insignificante. Já as áreas que apresentaram picos de vulnerabilidade se encontram nas regiões Centro-Oeste e Oeste do município.*

**Palavras-chave:** contaminação, água, poços.

### **INTRODUÇÃO**

A água é imprescindível na vida da maioria dos seres vivos. A interação do homem com a natureza está relacionada diretamente com a qualidade da água encontrada no meio ambiente. Por isso, um controle da qualidade da água é necessário não só por seus benefícios à saúde humana, mas também por exercer uma função ecológica.

Segundo ANA (2018), apenas 2,5% da água da Terra é doce, sendo 69% concentrada nas geleiras, os rios, com apenas 1%, e 30% como águas subterrâneas. A preservação destas é de extrema importância por ser um recurso da natureza indispensável para consumo humano, e ser a única fonte de água doce em várias regiões do Nordeste. Partindo dessa premissa, o estudo da vulnerabilidade dos aquíferos da cidade de Aracaju, que por ser uma área urbana, apresenta diversas possíveis fontes contaminantes para as águas subterrâneas é de extrema importância (Teixeira, 2018).

Para o estudo da vulnerabilidade de aquíferos, foram desenvolvidos diversos métodos de análise e integração dados. Estes métodos visam mapear áreas, a partir dos dados obtidos em cada localidade respeitando os aspectos característicos de cada região. Cada método se utiliza

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, pgab@ufs.br; ([apresentador do trabalho](#));

<sup>2</sup> Professor, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, sec.dgeol@gmail.com;

<sup>3</sup> Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe, Rua Marinheiro Antônio Brandão, nº 103, Bairro Novo Paraíso, Aracaju/SE, CEP: 49.082-320, ascom@cohidro.se.gov.br;

<sup>4</sup> Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, UEFS, Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, Feira de Santana-BA, CEP: 44036-900;

<sup>5</sup> Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000.

de diferentes parâmetros e diferentes métodos de análise para a classificação da vulnerabilidade de aquíferos, podendo ser qualitativos ou quantitativos, havendo também a possibilidade de serem diferenciados por pesos em alguns métodos. Com isso, foi definido a utilização do método GOD devido a facilidade da obtenção dos parâmetros, bem como sua boa representatividade nos seus resultados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado a partir do levantamento bibliográfico para determinar o método de vulnerabilidade mais adequado para a área de estudo, seguido de uma coleta de dados, e, por fim, a aplicação do método através de um SIG (Sistema de Informação Geográfica).

A primeira etapa consistiu em estudar diferentes métodos de vulnerabilidade de aquíferos com intuito de definir o mais adequado para a área de estudo. Para fazer essa definição, foi preciso identificar os parâmetros de cada método e comparar com os parâmetros disponíveis na área do trabalho.

Com isso, foi definido que para a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos o método utilizado é o GOD (Foster & Hirata, 1988), pois ao ser comparado com outros métodos, apresenta fácil aplicabilidade, pois os seus parâmetros podem ser obtidos de dados de poços que foram perfurados dentro da região estudada, e os resultados obtidos tem boa representatividade. O método GOD é um acrônimo que é obtido através da multiplicação dos seus três parâmetros, que são: G – Grau de confinamento da água subterrânea, O - ocorrência de estratos de cobertura e D - distância até o lençol freático ou teto do aquífero confinado.

Os parâmetros foram obtidos a partir de dados de poços da COHIDRO (Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe) e DESO (Companhia de Saneamento de Sergipe), e poços cadastrados no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), desenvolvido pela CPRM. Dentre estes, estão dispostos as coordenadas do poço para localizar o aquífero a ser estudado, o perfil litológico para estimar os parâmetros G e O do método, e o nível estático para estimar o parâmetro D, que é obtido através do bombeamento do poço.

O grau de confinamento da água subterrânea (G) é obtido através da análise de suas camadas limitantes. Se as unidades geológicas que limitam os aquíferos tiverem permeabilidade nula, ou seja, a passagem de líquido por meio de poros ou fissuras não é possível, então esse aquífero é classificado como confinado. Se as camadas limitantes forem permeáveis ou apresentar uma pequena permeabilidade, o aquífero é classificado como não confinado ou livre.

A ocorrência de estratos de cobertura (O) é o parâmetro que analisa a composição das camadas limitantes considerando o seu grau de consolidação. Pelo fato do método GOD atribuir um maior potencial à vulnerabilidade quando a rocha apresenta fraturas (Foster et al., 2006), rochas consolidadas são atribuídas aos maiores valores do parâmetro, quando comparadas a rochas não consolidadas ou rochas consolidadas e porosas.

A distância até o lençol freático ou teto do aquífero confinado (D) define que quanto maior for a profundidade do nível da água em um aquífero, menor será a probabilidade à contaminação, devido ao percurso que o contaminante deve percorrer para atingir o aquífero.

Por fim, foram atribuídos valores para cada um dos parâmetros em cada poço e organizados em uma tabela para a construção dos mapas. Essa tabela foi importada no ArcGIS 10.1, e através de uma álgebra de mapas, foram gerados mapas de interpolação de dados para cada um dos parâmetros. A partir dos três mapas, foi gerado o mapa final de vulnerabilidade de aquíferos. Diversos métodos de interpolação foram testados e comparados, chegando à conclusão que o IDW (*Inverse Distance Weighting*) apresenta melhores resultados para a aplicação dos dados obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram agrupados dados de 90 poços perfurados e cadastrados em Aracaju. Destes, 22 foram descartados por insuficiência de dados, como o perfil geológico, ou nível estático, resultando em 68 poços utilizados para fazer a análise. Os poços utilizados na análise não estão distribuídos uniformemente por toda a área do município. Desta forma, a determinação da vulnerabilidade em algumas áreas tem baixa representatividade. Em especial no extremo Sul de Aracaju, na Zona de Expansão, devido a ausência de pontos nessa região (Figura 1).

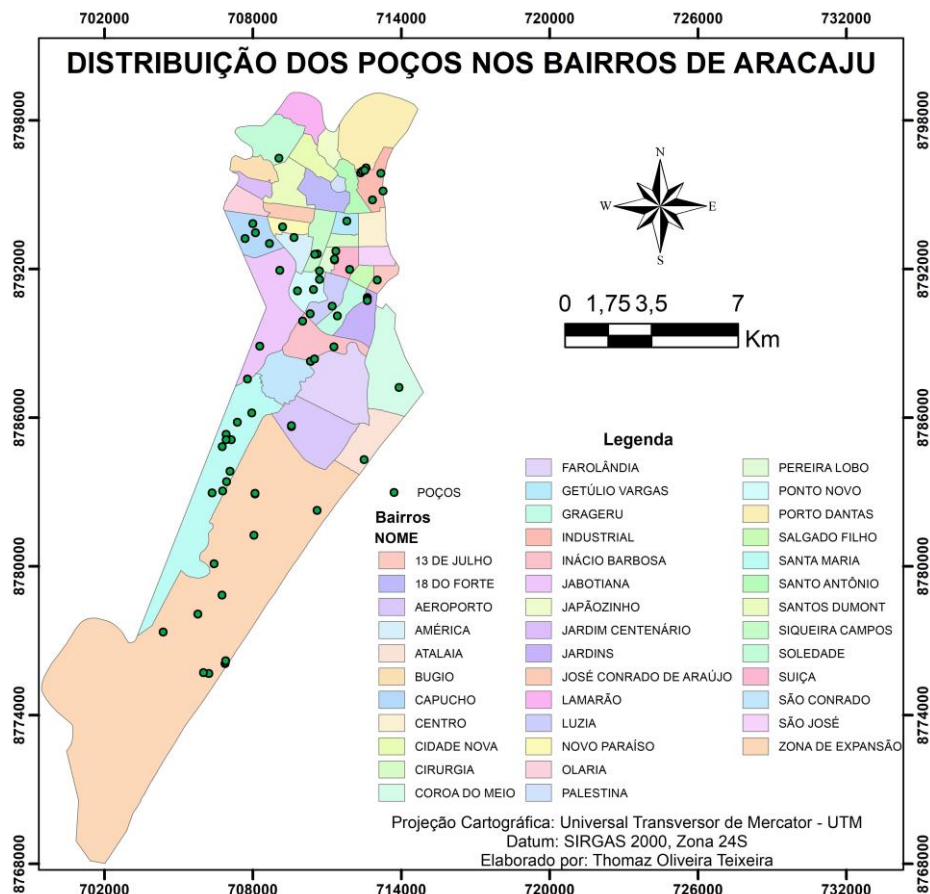


Figura 1. Distribuição dos poços perfurados nos bairros em Aracaju.

Através dessas denominações de valores para os parâmetros analisados no método GOD, foram produzidos quatro mapas base: um para cada um dos três parâmetros (G, O e D) (Figura 2) e um mapa final produzido a partir da multiplicação dos parâmetros.

Quanto ao parâmetro G, os valores variaram de 0,2, para aquíferos confinados, até 1 para aquíferos livres, com picos de alta vulnerabilidade em alguns pontos. Pode ser observado uma semelhança entre o mapa do parâmetro O com a geologia presente na área de estudo. No extremo Norte de Aracaju são encontrados Depósitos de Pântanos e Mangues e o Grupo Barreiras. O primeiro composto por sedimentos argilosos, que para o GOD recebe o valor 0,4. Já o litoral, é representado por Terraços Marinheiros Holocênicos e por Depósitos Eólicos Litorâneos Atuais, o qual são atribuídos o valor de 0,6.

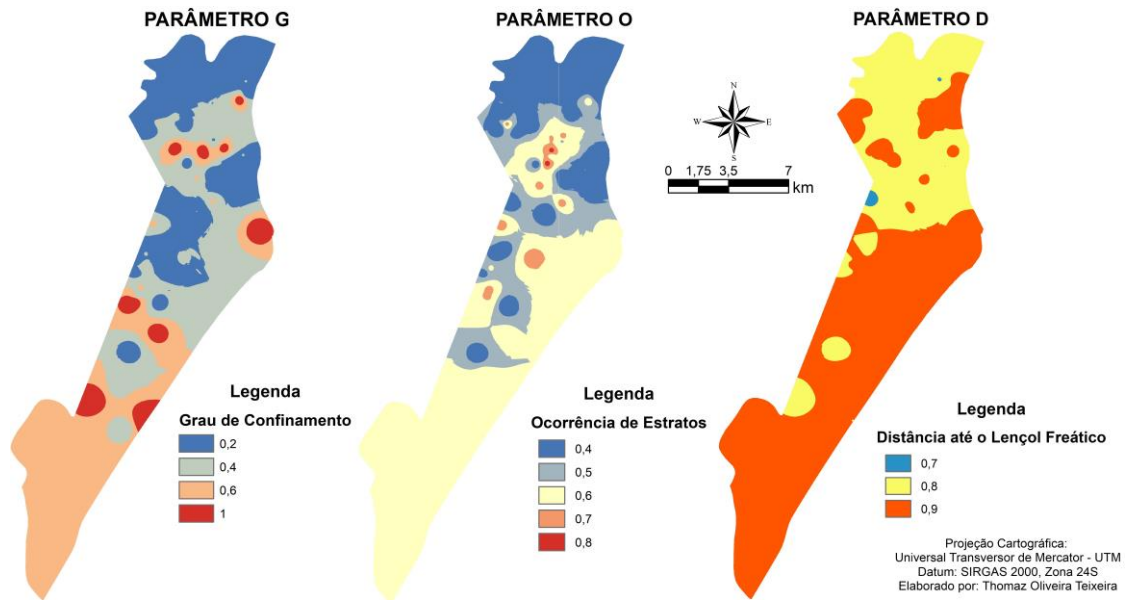


Figura 2. Mapas de vulnerabilidade para os três parâmetros do método GOD.

O mapa final que indica a vulnerabilidade dos aquíferos (Figura 3), foi produzido a partir da multiplicação dos rasters dos mapas produzidos para cada um dos parâmetros.

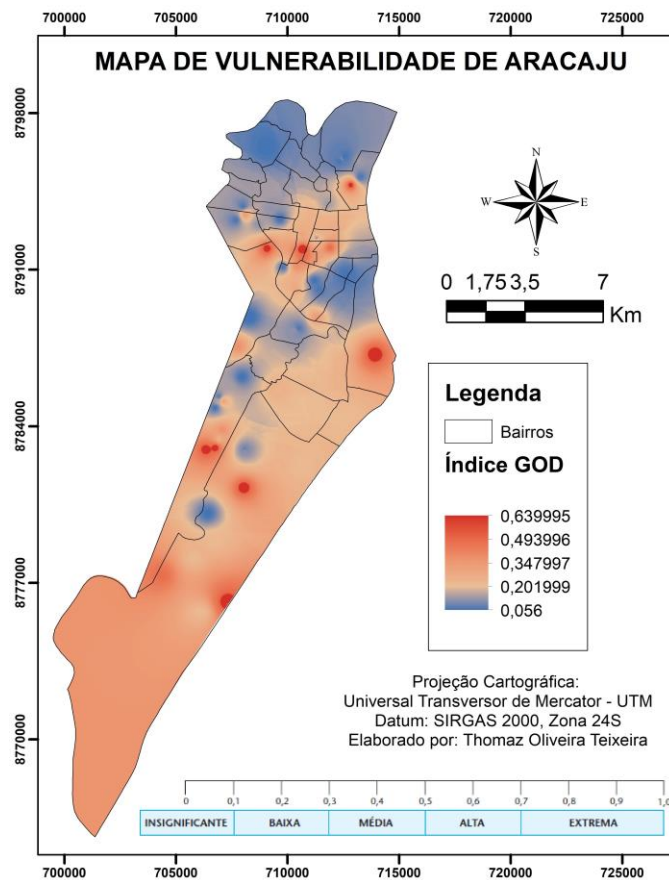


Figura 3. Mapa final de Vulnerabilidade de Aracaju relacionando com os bairros.

Os principais pontos de contaminação foram identificados nas regiões do extremo Leste do município, no Bairro Coroa do Meio, e na região Sul, representada pela Zona de Expansão e Bairro Santa Maria. Nesse sentido, de modo geral, Aracaju apresenta baixa a média

vulnerabilidade a contaminação de aquíferos segundo o método GOD.

Ao fazer uma análise espacial dos resultados obtidos no mapa do parâmetro G com o mapa final, é possível observar uma semelhança entre os dois mapas, que indica que o grau de vulnerabilidade é o parâmetro que gera uma tendência para o resultado final do mapa, comprovando, portanto, que o grau de confinamento do aquífero tem grande influência em seu grau de vulnerabilidade a contaminação de aquíferos (Teixeira, 2018). Os bairros que apresentam maior vulnerabilidade são Siqueira Campos, Santa Maria, Zona de expansão, as regiões sul da Coroa do Meio e bairro Industrial e a região norte do bairro Jabotiana. Nestes, foram identificados os picos de vulnerabilidade.

## **CONCLUSÕES**

Baseado na análise de vulnerabilidade de aquíferos na cidade de Aracaju - SE, é possível observar que:

1. O método GOD mostrou bons resultados na cidade de Aracaju, indicando vulnerabilidades insignificantes, moderadas e altas em alguns pontos, e baixas na maioria dos pontos;
2. A associação da geologia com os mapas obtidos estabelece uma relação entre camadas confinantes e a vulnerabilidade final do aquífero;
3. É recomendado um estudo de possíveis fontes contaminantes associado ao mapeamento da vulnerabilidade pelo método GOD. Assim, possíveis áreas classificadas com um potencial alto de vulnerabilidade a contaminação poderão ser vistoriadas, para que seja feito o devido acompanhamento;
4. Devido à predominância das baixas profundidades dos aquíferos, condicionadas pelas características litológicas e a cidade estar implantada num substrato predominante de formações sedimentares costeiras, em termos de vulnerabilidade, valores baixos da profundidade dos aquíferos acarretam em maior vulnerabilidade a contaminação, fato que serve de alerta para gestão desses aquíferos.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a COHIDRO e DESO pela disponibilização dos dados. A todo o Departamento de Geologia e todos os professores, pelos aprendizados ao longo dos anos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- FOSTER, S.; HIRATA, R. Groundwater Pollution Risk Assessment: A Methodology Using Available Data. CEPIS. 88p. 1988.
- SANTOS, R. A.; MARTINS, A. A. M.; NEVES, J. P.; LEAL, R. A. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe. Texto explicativo do mapa geológico de Sergipe. Brasília: CPRM; Sergipe: CODISE: 1998.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: Um Guia para Empresas de Abastecimento de Água, Órgãos Municipais e Agências Ambientais. Tradução Silvana Vieira. Servmar, 114p, 2006.
- TEIXEIRA, T. O. Análise da Vulnerabilidade de Aquíferos em Aracaju, Utilizando o Método GOD. 2018. 57p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO J. G. A. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3. Ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008. 812p.
- BATISTA, C. S. P. et al. Aplicação do Método God para Avaliação de Vulnerabilidade de Aquífero Livre em Bacia Hidrográfica. In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Campinas-SP. São Paulo: ABAS. 14p.
- Água no Mundo: Situação da Água no Mundo. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo#>>. Acesso em: 21 jan. 2019.