

ANÁLISE ESPACIAL DE VULNERABILIDADE HÍDRICA DO SISTEMA AQUÍFERO MÉDIO DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

HELENICE FERREIRA FILGUEIRAS¹ e SÁVIO DE BRITO FONTENELE²

¹Graduada em Engenharia Civil, FAPCE, Juazeiro do Norte-CE, helenice_filgueiras@aluno.fapce.edu.br;

²Docente do curso de Engenharia Civil, FAPCE, Juazeiro do Norte-CE, savio.fontenele@fapce.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 A 17 de setembro de 2021

RESUMO: o estudo buscou contribuir para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, tendo como objetivo o desenvolvimento de uma análise da vulnerabilidade, identificando áreas suscetíveis à contaminação, por meio do uso de técnicas de geoprocessamento. Para isso, produziu-se um mapa de vulnerabilidade do sistema aquífero médio na bacia sedimentar do Araripe, Região Metropolitana do Cariri, Sul do Ceará, a partir da interpolação dos dados correspondentes a cada parâmetro do modelo DRASTIC, elaborado a partir de sobreposição e álgebra dos mapas dos fatores condicionantes do referido modelo. O resultado final mostra o predomínio de vulnerabilidade muito baixa e baixa por toda a área e, de forma reduzida, a presença de vulnerabilidade alta. As áreas de maior vulnerabilidade são correspondentes às aluviões, devido à alta porosidade e permeabilidade nessas áreas. Essas características as tornam mais suscetíveis a contaminação dos aquíferos.

PALAVRAS-CHAVE: Região Metropolitana do Cariri. DRASTIC. Geoprocessamento.

APPLICATION OF THE DRASTIC MODEL IN THE AVERAGE AQUIFER SYSTEM OF THE ARARIPE SEDIMENTARY BASIN - A SPATIAL ANALYSIS OF WATER VULNERABILITY

ABSTRACT: The study developed sought to contribute to the management of groundwater resources, with the objective of developing a vulnerability analysis, identifying areas susceptible to contamination through the use of geoprocessing techniques. For this, a vulnerability map of the Médio aquifer system was produced in the Araripe sedimentary basin, Metropolitan Region of Cariri, South of Ceará, was produced from the interpolation of data corresponding to each parameter of the DRASTIC model, elaborated from the overlapping and algebra maps of the conditioning factors of the referred model. The final result shows the predominance of very low and low vulnerability throughout the area and, in a reduced form, the presence of high vulnerability. The areas of higher vulnerability are corresponding to alluvium, as they present higher vulnerability due to high porosity and permeability in these areas. These characteristics make them more susceptible to aquifer contamination.

KEYWORDS: Metropolitan Region of Cariri. DRASTIC. Geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A importância das águas subterrâneas conduz à necessidade de garantir essas reservas, em seus aspectos quantitativos e qualitativos. Em decorrência disso, sua vulnerabilidade, que define a maior ou menor potencialidade de um aquífero ser contaminado por agentes poluentes provenientes de atividades antrópicas, deve ser amplamente estudada (YAMADA, 2007).

No semiárido nordestino, as bacias sedimentares, áreas com as maiores reservas hídricas subterrâneas, apresentam, em geral, altas densidades demográficas, definindo-se como alternativas para amenizar os efeitos da seca. O crescimento demográfico acelerado e a desordenada ocupação do solo dessas regiões podem colaborar para a ocorrência de problemas pertinentes às reservas hídricas subterrâneas (PEREIRA; FILGUEIRAS; FONTENELE, 2019).

Na região Sul do Estado do Ceará, a bacia sedimentar do Araripe – BSA, com 14.273,92 km² de extensão e densidade demográfica de 66,90 hab km⁻², dispõe da maior reserva de água subterrânea do Ceará. Mesmo protegida naturalmente, não está isenta de poluição e exploração indevida. Seu aproveitamento prescinde de um planejamento sustentável, subsidiado pelo conhecimento das condições de circulação, qualidade, armazenamento e uso. Essa disponibilidade hídrica é de suma importância para a região e sua população (CEARÁ, 2017).

A situação de exploração dos aquíferos da BSA ultrapassa as recargas naturais, originando rebaixamento dos níveis d'água e interferências múltiplas entre poços. O crescimento populacional desordenado mostra-se evidente nos municípios inseridos na BSA, associado à demanda por água e o consequente aumento da produção de esgoto e resíduos sólidos, que, inadequadamente dispostos, representam fontes reais de contaminação e degradação da qualidade das águas subterrâneas (TAVARES *et al.*, 2009).

Assim, o referido trabalho mapeou a vulnerabilidade à contaminação do aquífero médio da BSA através do modelo DRASTIC, de forma a apontar quais áreas merecem atenção especial devido ao potencial de poluição atrelado a ela, segundo características naturais e antrópicas.

MATERIAL E MÉTODOS

A organização, manipulação e visualização dos geo-dados coletados (Tabela 1) foram feitos no software *ArcMap* 10.6.1 da ESRI (2018). Para cada parâmetro DRASTIC foi gerado uma camada no formato *raster*, onde cada pixel representa o valor atribuído ao parâmetro naquele local. Através da ferramenta “álgebra de mapas”, cada parâmetro será multiplicado pelo respectivo peso e, por fim somados, gerando um mapa de vulnerabilidade DRASTIC, proposto por Aller *et al.*, (1987), onde as faixas de valores serão classificadas em vulnerabilidade insignificante (< 100), muito baixa (101 – 119), baixa (120-139), moderada (140-159), alta (160-179), muito elevada(180-199) e extrema (> 200).

Tabela 1. Descrição dos parâmetros do DRASTIC e dos materiais utilizados

Parâmetros (DRASTIC)	Peso	Tipo de dados coletados	Fonte
D (Profundidade do nível da água)	5	Nível Estático (m)	Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará - SRHCE
R (Recarga)	4	Dados de recarga do ano de 2014	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH
A (Material do aquífero)	3	Mapa Geológico do Ceará	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
S (Tipo de solo)	2	Mapa de Solos do Estado do Ceará	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME
T (Topografia)	1	Imagens (RASTER)	TOPODATA - INPE
I (Zona Vadosa)	5	Análise da litologia de perfis geotécnicos	Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará - SRHCE
C (Condutividade hidráulica)	3	Mapa de condutividade hidráulica	FONTENELE (2010)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

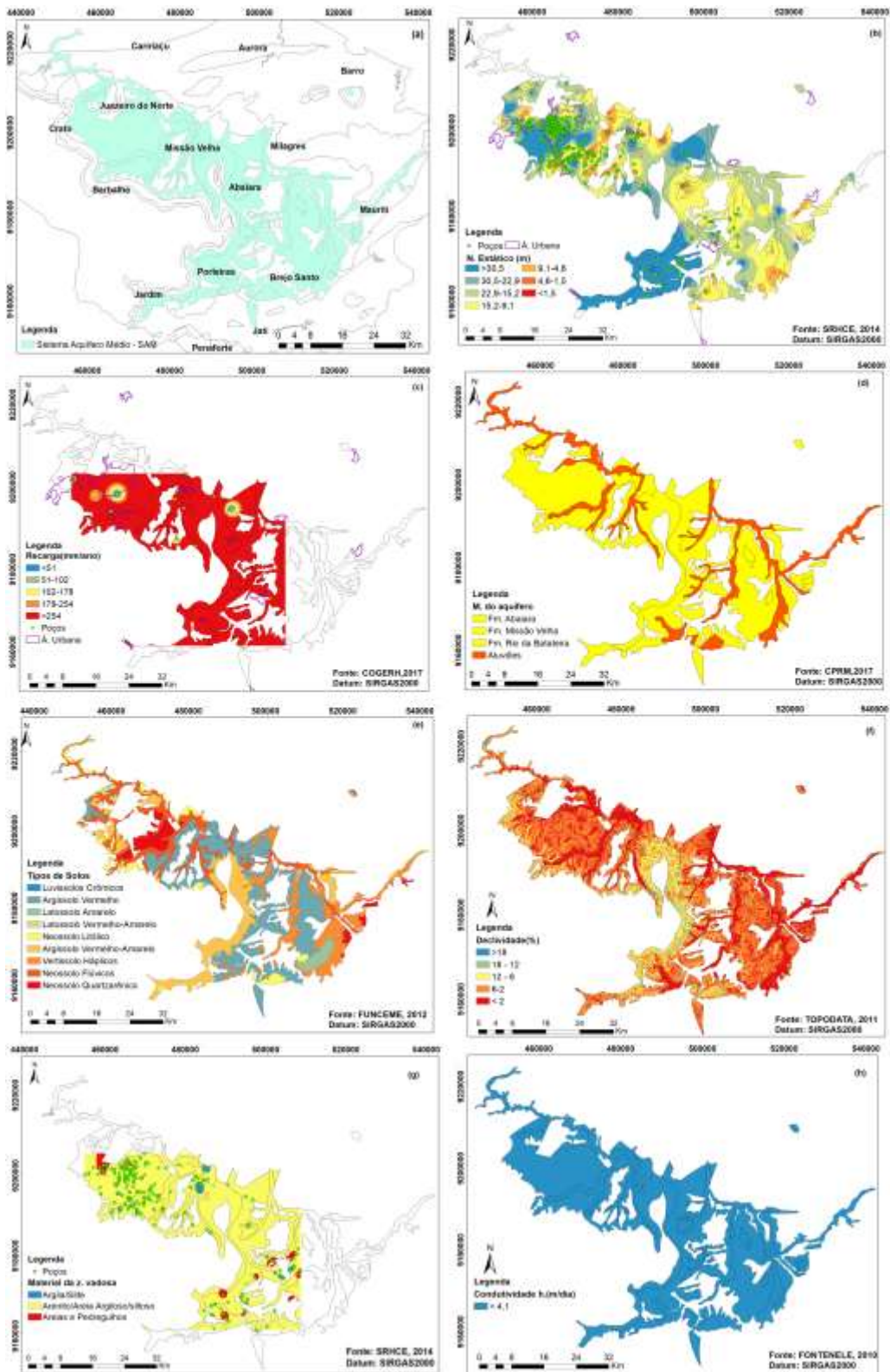
A análise da vulnerabilidade do Sistema Aquífero Médio (SAM) da BSA (Figura 1(a)), com base no método DRASTIC, foi delineada com base no emprego de geotecnologias, sendo os seus resultados descritos na Figura 1.

Verificou-se na Figura 1(b) que o SAM possui uma profundidade do topo do aquífero (D) entre 15,2 m – 22,9 m, ou seja, uma melhor proteção para o manancial. Pois, quanto maior a profundidade, maior será o caminho percorrido pelo contaminante até atingir o aquífero. Em contrapartida, a crescente densidade de poços aumenta a extração. Quando a extração excede a recarga

natural do aquífero, por prolongados períodos de tempo, ocorre o elevado rebaixamento do lençol freático, podendo tornar os poços improdutivos. Esses podem se tornam um ponto direto de poluição do aquífero quando não vedados corretamente (RIZZO, 2018).

A falta de dados de recarga (R) limita a área de estudo à região que se apresenta com vulnerabilidade alta, em vermelho (Figura 1(c)). Além disso, a locação de poços concentrada em zonas rurais não representa adequadamente as áreas urbanas. Dessa forma, as altas taxas de recarga apresentadas são representativas apenas de áreas com solo permeável e cobertura vegetal que facilite o processo de recarga.

Figura 1. Mapas relativos a cada fator do DRASTIC.



O material do aquífero (A) considerou a constituição litológica que reflete diretamente a vulnerabilidade do aquífero, tornando-o mais vulnerável, quão mais arenosa for a zona não saturada, devido à maior mobilidade que um possível contaminante pode apresentar quando nele inserido (Figura 1(d)). As aluviões apresentam maior vulnerabilidade devido à alta porosidade e permeabilidade, constituídos de sedimentos de areia e cascalho. Essas características as tornam mais susceptíveis a contaminação dos aquíferos (BARRETO, 2013).

Quanto aos solos (S) identificados no SAM (Figura 1(e)), constatou-se uma alta variabilidade em seus índices de vulnerabilidade. Pode-se verificar que, as águas subterrâneas sob os Neossolos, estão mais propícias à contaminação. Isto ocorre porque substratos arenosos permitem a passagem de contaminantes mais facilmente que substratos argilosos. Os Argissolos e Vertissolos, de textura argilosa, possuem baixa porosidade, dificultando a permeabilidade. Quanto mais argiloso menos vulnerável à contaminantes (LINHARES *et al.*, 2014).

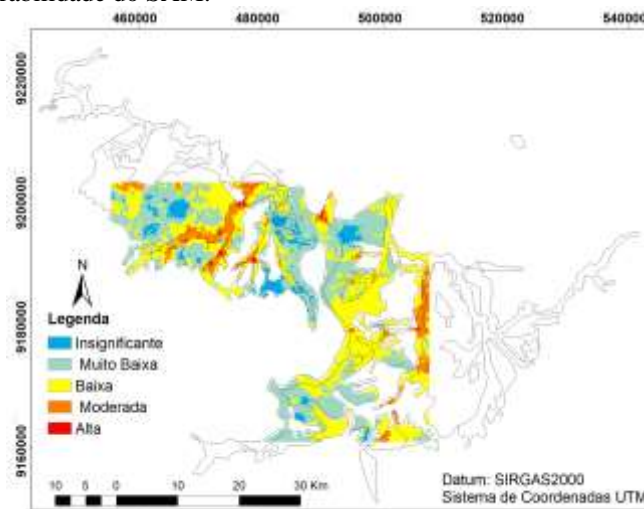
O fator topográfico (T) é apresentado no mapeamento da declividade (Figura 1(f)). Declividades menores facilitam o processo de infiltração e conseqüentemente elevam o risco de vulnerabilidade à contaminação do aquífero, como consequência do não escoamento da água (LINHARES *et al.*, 2014).

No fator litologia da zona não saturada (I) (Figura 1(g)), a área de estudo foi reduzida devido à falta de dados como no parâmetro R. De acordo com a descrição litológica de poços, foram determinados os substratos predominantes na zona não saturada. De forma geral, observa-se a predominância de camadas de arenito e areia e pedregulhos siltosos e argilosos distribuídos por toda a área. Poucas áreas com a presença de areias e pedregulhos. Essas pequenas áreas, caracterizam uma maior vulnerabilidade devido a permeabilidade do solo (CHRISPIM, 2016).

A condutividade hidráulica (C) (Figura 1(h)) foi estimada com valores menores que 4,1 m/d e considerada homogênea, visto que o tipo de aquífero é o mesmo para toda a área. Desta forma, apresenta baixo potencial de contaminação para este parâmetro.

O mapeamento do índice de vulnerabilidade (Figura 2), baseado no emprego do método DRASTIC, mostra que a área estudada apresenta uma vulnerabilidade muito baixa, correspondendo a mais de 44% da área. Verifica-se que, em seguida, aparece a classe de baixa vulnerabilidade, e as menores áreas foram referentes à classe de vulnerabilidade alta.

Figura 2. Mapa de vulnerabilidade do SAM.



As áreas referentes à vulnerabilidade alta situam-se em sua maioria, em zonas aluvionares, sob superfícies suaves com baixo percentual de declives (< 2%) e solos do tipo Neossolo Flúvicos que possui caráter arenoso. São as áreas fluviais de rios com banco de sedimentos permeáveis. Vale salientar que, estes rios são receptores de despejo de esgotos e lixo. As áreas aluvionares tornam-se áreas de maior impacto ambiental nos aquíferos, pois nas mesmas ocorre uma alteração do ciclo hidrológico pela mudança na infiltração natural de águas causado pela diminuição da cobertura vegetal, ocorre também uma exploração intensa do aquífero e produz o lançamento de cargas contaminantes das mais diversas fontes, principalmente emissão de resíduos através de fossas, alterando a qualidade das águas (VASCONCELOS *et al.*, 2008).

CONCLUSÃO

A realidade da área de estudo, revela uma situação de risco real reduzido na maior parte da sua área de abrangência, por apresentar baixa vulnerabilidade, influenciada pela litologia da região. Mesmo assim, faz-se necessário a criação de condições favoráveis para a proteção dos aquíferos da

BSA nas zonas aluvionares, priorizando áreas específicas de proteção e estratégias para o monitoramento do aquífero livre local. Contribuindo, na manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos e na prevenção ambiental das águas subterrâneas, degradadas principalmente pelo uso e ocupação irregular do solo. Vale ressaltar que o índice de vulnerabilidade, a rigor, compreende o potencial de contaminação existente.

Durante a elaboração do estudo houve dificuldades com relação a pouca disponibilidade dos dados em algumas situações (dados de recarga, dados de poços). Além disso, a maioria estão localizados fora das zonas urbana, o que pode mostrar um resultado diferente da situação real.

A criação e a publicação de bases de dados com monitoramento continuado deve ser uma prioridade para as instituições envolvidas na gestão dos recursos hídricos, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas diversas sobre suas áreas de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALLER, L *et al.* A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. U.S Environmental Protection Agency, 622 p., Oklahoma, 1987.
- BARRETO, A. C. Uso de sensoriamento remoto na caracterização espacial e ambiental da aluvião do riacho São José na bacia sedimentar do cariri cearense. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2013. 117 f.: il. color.
- CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (Ceará). Relatório Síntese dos Estudos Qualitativos e Quantitativos 2017. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/wpcontent/uploads/pdf/estudodeprojetos/Relatorio%20Sintese%20dos%20Estudos%20Qualitativos%20e%20Quantitativos.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos - Mesorregião do Sul Cearense. Fortaleza, 2012. 280P.
- CHRISPIM, Z. M. P. Análise da vulnerabilidade e caracterização hidrogeoquímica dos aquíferos livres rasos da parte emergente da Bacia Sedimentar de Campos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, 320f, 2016.
- DNPM. Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Recife, 1996. 101 p.
- ESRI, Environmental Systems Research Institute. ArcGIS for Desktop, versão 10.6.1. Programa de Sistema de Informações Geográficas. ESRI Inc., 2018.
- FONTENELE, S. B. Modelagem matemática da Dinâmica de Fluxo Riacho-Aquífero na Microbacia Hidrográfica do riacho São José na região do Cariri Cearense. **Dissertação** (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2010. 98 f.: il. color.
- LINHARES, F. M *et al.* Avaliação da vulnerabilidade e do risco à contaminação das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Rio gramame (Pb) / Assessment of vulnerability and risk to contamination of Gramame basin river groundwater (Paraíba, Brazil). *Sociedade & Natureza*, v. 26, n. 1, 2014.
- PEREIRA, R. S. FILGUEIRAS, H. F. FONTENELE, S. B Potencial hidrogeológico das bacias sedimentares do Semiárido brasileiro. Anais ... IV Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, 2019.
- RIZZO, L. R. Análise da conjuntura dos recursos hídricos para abastecimento: Jaú – SP. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. 115 f.: il., 2018.
- SOBREIRA, J. L. Gestão de Recursos Hídricos em Crato – CE. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia, São Paulo-SP, 154 f, 2019.
- TAVARES, R. L. P *et al.* Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil. Anais ... REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 62(2): 227-236. 2009.
- VASCONCELOS, M. B.; MELO, J. G.; MORAES, F. Ocupação do solo e vulnerabilidade ambiental natural do aquífero na borda sul da bacia potiguar, RN. Anais ... XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – 2008.

VERISSÍMO, L. S; AGUIAR, R. B., 2005. Hidrogeologia da porção oriental da Bacia Sedimentar do Araripe. Meta A. Diagnóstico do estado da arte. Brasil: CPRM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/araripe_meta_A.PDF>. Acesso em: 15 jul 2019.

YAMADA, T. Ferramentas de geoprocessamento para análise da vulnerabilidade natural das águas sub-superficiais à poluição, área urbana e seu entorno, município de São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos – São Carlos: UFSCar, 67f, 2007.