

# MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO DO AQUÍFERO RIO DA BATATEIRA, UTILIZANDO O MÉTODO GOD, CRATO-CE.

Paulo Roberto Lacerda Tavares<sup>1</sup>; José das Graças Procópio da Silveira<sup>2</sup>; Celme Torres Ferreira da Costa<sup>3</sup> & Marco Aurélio Holanda de Castro<sup>4</sup>.

**RESUMO** --- O crescimento desordenado dos centros urbanos tem resultado em sérios problemas ambientais, os quais podem ser minimizados ou evitados a partir de estudos específicos no meio físico. A análise de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos se enquadra nestes tipos de estudos e foi aplicada ao Aquífero Rio da Batateira, na área restrita ao município do Crato, inserido no contexto geológico da Bacia Sedimentar do Araripe, localizada na região do Cariri, Estado do Ceará, Brasil. A aplicação do Método GOD, proposto por Foster e Hirata (1988), consistiu em analisar o grau de confinamento da água subterrânea, a ocorrência do estrato de cobertura e o nível do lençol freático, gerando os respectivos mapas e o mapa geral de vulnerabilidade à contaminação. Os mapas indicam que a área apresenta entre média e alta suscetibilidade à poluição, sinalizando a necessidade de ações preventivas para a preservação dos recursos hídricos subterrâneos locais.

**ABSTRACT** --- The disordered growth of the urban centers has result in serious environmental problems, which can be minimized or avoided starting from specific studies in the physical middle. The analysis aquifer pollution vulnerability is framed in these types of studies and it was applied Aquifer Rio da Batateira, in the restricted area to the municipal district of Crato, inserted in the geological context of the Sedimentary Basin of Araripe, located in the Region of Cariri, State of Ceara, Brazil. The GOD method of aquifer pollution vulnerability (FOSTER and HIRATA, 1988) consisted of analyzing the Groundwater occurrence, Overall litology of aquifer and Deph of water, generating the respective maps and the general map pollution vulnerability. The maps indicate that the area presents pollution susceptibility between moderate and high and they signal the need of preventive actions for local groundwater protection.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade; Método GOD.

---

<sup>1</sup> Professor Assistente I, Universidade Federal do Ceará, Campus do Cariri, Av. Castelo Branco, no. 150, CEP: 63030-200, Bairro Pirajá, Juazeiro do Norte, Ceará. Fone/Fax: (88) 3571-1755. E-mail: prltavares@ufc.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Especialista em Gestão dos Recursos Hídricos, SAAEC - Sociedade Anônima de Água e Esgoto - Crato-CE, Av. Teodorico Teles, no. 30, CEP: 63100-160, Bairro Centro, Crato, Ceará. Fone/Fax: (88) 3523-2044 / 3521-0346. E-mail: prosaacc@uol.com.br.

<sup>3</sup> Professora Adjunto I, Universidade Federal do Ceará, Campus do Cariri, Av. Castelo Branco, no. 150, CEP: 63030-200, Bairro Pirajá, Juazeiro do Norte, Ceará. Fone/Fax: (88) 3571-1755. E-mail: celmetorres@ufc.br

<sup>4</sup> Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CEP-60445-760. Bloco 713, Fortaleza, Ceará. Fone: (85) 3366-9492. E-mail: marco@ufc.br

## 1. INTRODUÇÃO

Gerenciar a utilização de águas subterrâneas significa propor políticas que garantam que os aquíferos sejam fontes seguras e confiáveis de abastecimento de água. Esse fato implica em especial preocupação com a proteção dos aquíferos devido à dificuldade e a impraticabilidade de se promover a remoção de poluentes de fontes pontuais de captação, poços e nascentes, em decorrência de que a reabilitação de um aquífero poluído requer custos muito elevados (FOSTER e HIRATA, 1988).

A preservação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos requer a determinação e análise dos fatores que representam perigo de contaminação dos mananciais. Especificamente com relação às águas subterrâneas, entende-se o risco de poluição como a interação entre a susceptibilidade intrínseca do aquífero a contaminação e a ocorrência de carga contaminante. Neste sentido, pode-se definir vulnerabilidade como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características naturais dos estratos superiores à zona saturada, enquanto que a ocorrência de carga contaminante corresponde ao resultado da atividade humana que é, será ou pode ser aplicada ao meio.

A literatura especializada sinaliza três conjuntos de métodos que podem ser utilizados para avaliar a vulnerabilidade de uma formação aquífera: Métodos que empregam modelos de simulação; Métodos estatísticos ou de monitoramento e Métodos de índices e superposição. Os métodos de simulação avaliam a vulnerabilidade por meio da solução de equações do escoamento em meio subterrâneo e transporte de soluto, quantificando a concentração do contaminante no tempo e espaço. Os métodos estatísticos são usados para quantificar a vulnerabilidade pela determinação da relação estatística entre a poluição e as condições ambientais observadas, sendo expresso como uma probabilidade de contaminação (LINDSTRÖM, 2005). Os métodos de índices baseiam-se na análise de alguns parâmetros do aquífero, classificando cada característica de acordo com faixas de valores (índices) e distribuídos espacialmente. Os parâmetros individualmente classificados são sobrepostos para compor o mapa geral de vulnerabilidade. Podem-se citar os seguintes métodos de índices: GOD (FOSTER, 1987); DRASTIC (ALLER *et al.*, 1987); SINTACS (CIVITIA, 1994) e EPIK (DOERFLIGER *et al.*, 1999).

O conceito de vulnerabilidade de aquíferos à contaminação antrópica é seguramente uma das formas mais adequadas de se encarar a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. Adequar à atividade humana em função da capacidade de suporte do meio, ou seja, quanto ele pode atenuar cargas contaminantes, é fazer uma parceria com as características naturais do terreno para uma ocupação ambientalmente responsável (HIRATA, 1994).

## 2. OBJETIVOS

Identificar as áreas suscetíveis à contaminação no município do Crato-CE, através da aplicação do Método GOD (G - *Groundwater hydraulic confinement*; O - *Overlaying strata*; D - *Depth to groundwater table*), gerando, como resultado principal, o mapa de vulnerabilidade natural da porção do aquífero estudada.

## 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área total da Bacia Sedimentar do Araripe, Figura 1, onde está localizado o município do Crato, é de 11.000 km<sup>2</sup> e inclui 37 municípios sendo 15 no Estado do Ceará, 11 em Pernambuco e 11 no Piauí, reunindo, no total, cerca de 1.000.000 de habitantes nas zonas rural e urbana.



Figura 1: Localização do Município do Crato na Bacia Sedimentar do Araripe. (IPECE, 2002)

A área de estudo é o município do Crato, um município brasileiro do Estado do Ceará, encravado na Bacia Sedimentar do Araripe, Vale do Cariri, situado a aproximadamente 580 Km de Fortaleza (Capital do Estado do Ceará), num entroncamento rodoviário que liga as cidades de Serra Talhada, Paraíba e Picos no Piauí. Localiza-se a uma latitude 07°14'03" Sul e a uma longitude 39°24'34" Oeste, com altitude média de 426 metros. Possui uma área de 1.009 km<sup>2</sup> e população de 110.834 habitantes (IBGE, 2007). Constitui-se numa cidade com expressiva importância regional, destacando-se na tradicional função de comercialização de produtos industriais e rurais; estes provenientes do desenvolvimento da agricultura no sopé dos vales irrigados da região do Cariri. Na Tabela 1 estão resumidas algumas características de posição, extensão, clima e ambiente.

Tabela 1: Características territoriais, climáticas e ambientais do município do Crato-CE. (IPECE, 2002)

<b>Situação Geográfica</b>					
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		MUNICÍPIOS LIMÍTROFES			
<i>Latitude(S)</i>	<i>Longitude(WGr)</i>	<i>Norte</i>	<i>Sul</i>	<i>Leste</i>	<i>Oeste</i>
7° 14' 03"	39° 24' 34"	Caririaçu, Farias Brito	Estado de Pernambuco	Barbalha, Juazeiro do Norte, Caririaçu	Nova Olinda, Santana do Cariri, Estado de Pernambuco
<b>Medidas Territoriais</b>					
ÁREA		ALTITUDE (M)		DISTÂNCIA EM LINHA RETA A CAPITAL (KM)	
<i>Absoluta (km<sup>2</sup>)</i>	<i>Relativa (%)</i>				
1.009,20	0,68	426,9		400,0	
<b>Aspectos Climáticos</b>					
CLIMA	PLUVIOSIDADE (MM)		TEMPERATURA MÉDIA (C°)	PERÍODO CHUVOSO	
Tropical Quente Semi-árido Brando; Tropical Quente Sub-úmido.	1090,9		24° a 26°	Janeiro a Maio	
<b>Componentes Ambientais</b>					
RELEVO	SOLOS		VEGETAÇÃO		
Chapada do Araripe e Depressão Sertaneja	Solos Aluviais, Solos Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho- Amarelo, Terra Roxa Estruturada Similar		Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular, Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa		

O abastecimento de água do Município de Crato é realizado através de três matrizes de captação: 1) Pelo abastecimento de fontes que emergem na Chapada do Araripe, a uma altitude em torno de 750 m do nível do mar; 2) Através de poços profundos perfurados a partir da cota média de 426 m, em sedimentos, com profundidades que vão de 60 m a 200 m; e Poços Amazonas (cacimbas), que variam de 6 m a 15 m, localizados nos Distritos Ponta da Serra e Dom Quintino, perfurados em depósitos aluvionares.

Embora possua rede coletora de esgoto, que se encontra subdimensionada e em estágio de degradação, com sucessivos extravasamentos e rompimentos, o município do Crato não possui tratamento de esgotos, o que se caracteriza como uma mancha ecológica internacional. Os esgotos dos Bairros Centro e Batateira, desde 2003/2004 têm os dejetos lançados nos Rios Grangeiro e Batateira. Nos bairros periféricos, situados em locais de maiores altitudes, largas valas cruzam os aglomerados fluindo em direção aos rios.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Método GOD

O sistema de avaliação do Índice de Vulnerabilidade natural do aquífero pelo Método GOD, conforme Figura 2, está subdividido em três fases interligadas e sucessivas:

- 1ª Fase: Identificação do tipo e grau de confinamento hidráulico da água subterrânea (G – *groundwater occurrence*), apresentados num intervalo de 0,0 - 1,0;
- 2ª Fase: Caracterização geológica da zona não saturada (O – *overall litology of aquifer*), representada numa escala de 0,4 - 1,0;
- 3ª Fase: Determinação da profundidade do nível da água (D – *deph of water*), exibido numa de escala de 0,6 - 1,0;
- 4ª Fase: Produto das fases: o produto dos três parâmetros é o índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero, expresso numa escala de 0,0 - 1,0.

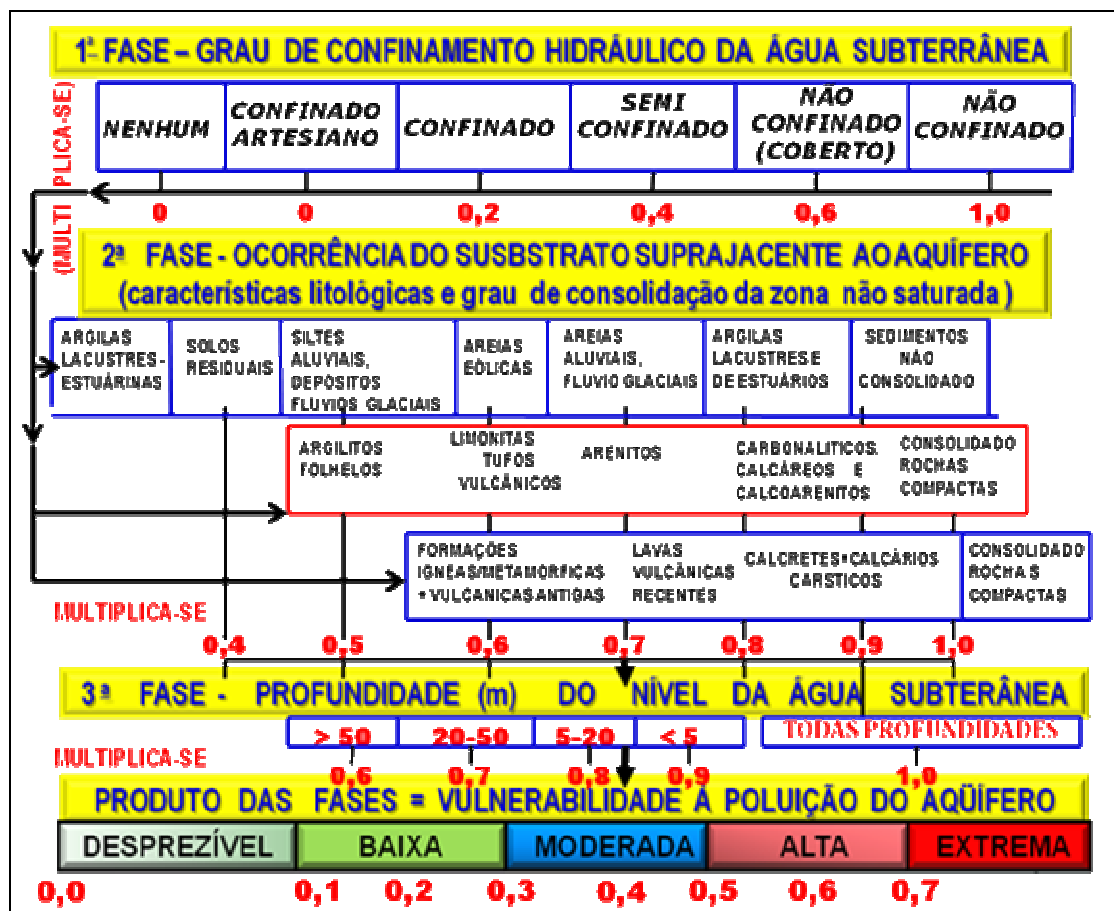


Figura 2: Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação.

O índice final (Índice GOD) é calculado multiplicando os três parâmetros. O índice máximo correspondente a 1,0, representa a vulnerabilidade Extrema e o valor mínimo é 0,0, corresponde a vulnerabilidade Insignificante, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Classe da Significância de Vulnerabilidade. (FOSTER *et al.*, 2006)

INTERVALO	CLASSE	AÇÕES NECESSÁRIAS
0,0 – 0,1	INSIGNIFICANTE	Presente em camadas confinadas com insignificante fluxo subterrâneo vertical
0,1 – 0,3	BAIXA	Requer estudos de detalhe qualitativo para cada tipo de empreendimento
0,3 – 0,5	MÉDIA	Apresenta capacidade atenuadora mais eficaz que as classes alta e extrema. Necessário realizar estudos de detalhe quantitativo e específicos para cada tipo de empreendimento.
0,5 – 0,7	ALTA	Necessário realizar estudos qualitativos e quantitativos (geofísicos) que identifiquem as condições hidrogeológicas locais.
0,7 – 1,0	EXTREMA	Imprescindível à realização de estudos qualitativos e quantitativos de detalhe (ensaios laboratoriais e geofísicos) para as intervenções antrópicas.

#### 4.2. Método do Inverso Ponderado da Distância - (*Inverse Distance Weighted - IDW*)

O método do Inverso Ponderado da Distância (*Inverse Distance Weighted - IDW*) é um procedimento de interpolação comumente usado em SIG para gerar mapas *raster* ou *scaneamento*, que são uma representação digital de um documento original, constituídos de uma série de pontos, ou *pixels*. O binário é o tipo mais comum de *scaneamento*, onde cada *pixel* pode ser branco ou preto, ligado ou desligado. Os *pixels* são agrupados em linhas e colunas que compõe a representação visual de um documento (MENEGOL, 2004). Consiste, basicamente, em atribuir um peso para cada ponto amostrado vizinho, em função da distância que ele se encontra do ponto que se quer calcular. Pontos amostrados com localização próxima ao ponto que será calculado recebem peso maior que os pontos amostrados de localização mais distante (LANDIM, 2004). Essa situação pode ser melhor compreendida observando a Figura 3.

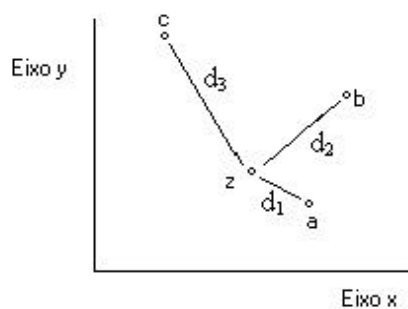


Figura 3: Amostras distando de um ponto

Na Figura 3 pode-se observar o ponto  $z$ , que é o local com valor desconhecido, e as amostras  $a$ ,  $b$  e  $c$ , com valores conhecidos, dispostos em um eixo cartesiano, portanto as coordenadas dos pontos são conhecidas, sendo possível calcular a distância entre os pontos. Nesse caso, a amostra  $a$  receberá o maior peso, pois é a que se encontra na menor distância do ponto  $z$ , o peso intermediário será atribuído à amostra  $b$ , e o menor peso será para a amostra  $c$ , pois é a que está localizada na maior distância do ponto  $z$  ( $d1 < d2 < d3$ ). Os pesos serão calculados de maneira que a soma de todos os pesos dados aos pontos amostrados vizinhos seja igual a 1, ou seja, é atribuído um peso proporcional à contribuição de cada ponto vizinho. A Equação (1) demonstra como o valor do ponto desconhecido pode ser calculado.

$$\hat{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

Em que:

$\hat{Z}$  : valor resultante calculado a partir das amostras  $Z_i$  até  $Z_n$ ;

$n$ : número de amostras da região a ser analisada;

$d_i$ : distância de cada amostra ao ponto a ser calculado;

$p$ : expoente de ponderação;

$Z_i$  - valor de cada amostra.

O expoente de ponderação pode ser alterado permitindo um ajuste, variando os resultados, desde altamente tendenciosos a favor dos pontos mais próximos, até resultados onde o peso é praticamente o mesmo para todos os pontos próximos. A utilização de maiores expoentes resulta uma maior influência do valor vizinho conhecido, por outro lado, menores expoentes resultam menor influência do vizinho (LANDIM, 2004). Quando o expoente for igual a 2, tem-se como resultado o inverso do quadrado da distância (MENEGOL, 2004).

### 4.3. Composição dos Mapas

A elaboração do mapa de vulnerabilidade foi realizada utilizando um Sistema de Informações Geográficas por meio do programa computacional *ArcView GIS 3.2* e as extensões *3D Analyst* e *Spatial Analyst*.

O procedimento geral para elaboração dos mapas consiste, basicamente, nas seguintes etapas:

1. Coleta dos Dados dos poços, tendo como informações imprescindíveis: Localização (Coordenadas UTM), grau de confinamento hidráulico, ocorrência do substrato suprajacente e nível da água subterrânea;
2. Atribuição dos índices *G*, *O* e *D*, conforme metodologia proposta por Foster e Hirata (1988), aos pontos coletados;
3. Elaboração de planilha contendo os dados coletados e índices atribuídos;
4. Inserção no *ArcView GIS 3.2* dos poços, utilizando a planilha de dados descrita no Item 3;
5. Elaboração dos mapas relacionados a cada índice. Para tal, utilizam-se as ferramentas *3D Analyst* e *Spatial Analyst*, as quais correspondem a extensões que são acionadas no *ArcView GIS 3.2* e permitem a interpolação de valores, aplicando o Método *IDW*, e produzindo, como resultado, mapas em formato *GRID*, que representam a distribuição espacial dos valores interpolados através de um gradiente de cores;
6. Finalizada a elaboração dos mapas relacionados aos índices *G*, *O* e *D*, procede-se a multiplicação dos valores, obtendo como resultado final, o mapa de vulnerabilidade igualmente em formato *GRID*.

## 5. RESULTADOS

De acordo com a metodologia proposta por Foster e Hirata (1988), os resultados do estudo de vulnerabilidade podem ser visualizados em mapas dos diferentes índices que caracterizam a susceptibilidade do aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante.

Na Figura 4 pode-se visualizar o resultado do índice *G*, relacionado à ocorrência do lençol freático (*Groundwater occurrence*) no que se refere ao grau de confinamento hidráulico. Observa-se que na área em estudo quase que a totalidade da água subterrânea explotada está relacionada ao Sistema Aquífero Médio, de acordo com a divisão hidrogeológica proposta pelo DNPM (1996), com poços predominantemente localizados na Formação Rio da Batateira. Neste sentido, considerou-se, de uma forma geral, inexistente a ocorrência de camadas confinantes que impeçam ou dificultem o acesso à água, caracterizando a região como aquífero não confinado, que por definição tem como limite superior a própria superfície freática, em que todos os pontos estão sob a pressão atmosférica local. Dessa forma, observa-se pela Figura 4, que o mapa apresenta uma única cor para toda a área.



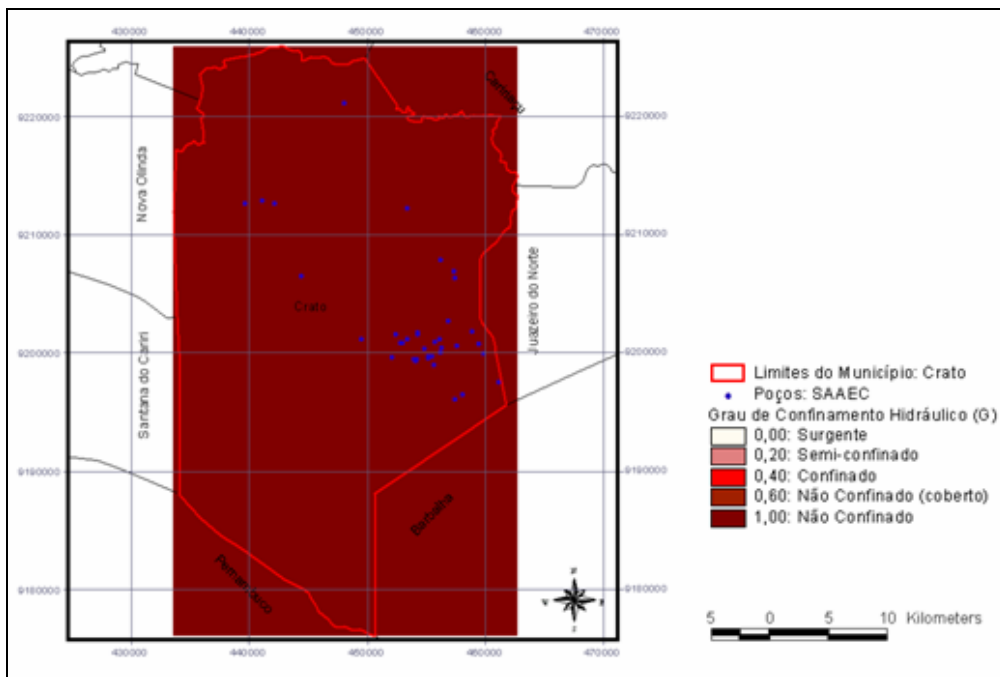


Figura 4: Mapa referente ao índice G – Grau de Confinamento Hidráulico.

A etapa seguinte corresponde a determinação do índice O. O perfil litológico de cada poço foi analisado e em seguida calculado o índice de ocorrência do substrato sobrejacente através da ponderação, utilizando como peso a espessura das camadas, já que o solo estudado possui algumas variações na sua formação. Na Figura 5 pode-se visualizar o resultado do índice O, relacionado à ocorrência do substrato suprajacente (*Overall lithology of the unsaturated zone*). Neste mapa, pode-se constatar a variação dos valores entre 0,50 e 0,80, caracterizados por uma litologia com predominância de arenitos cobertos e/ou intercalados por camadas argilo-arenosas.

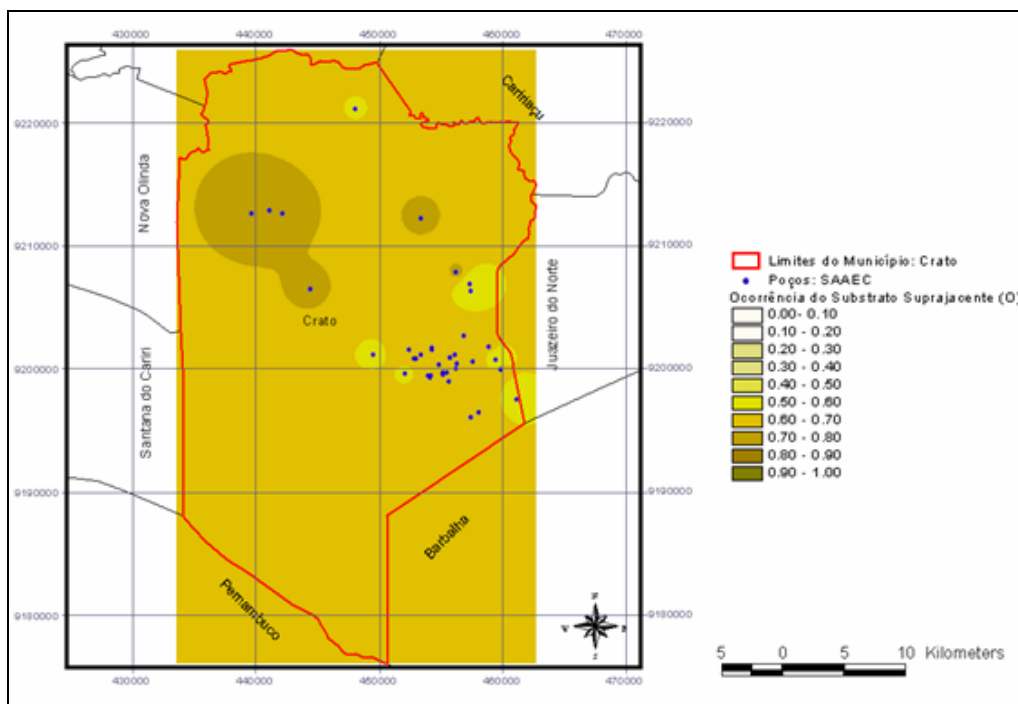


Figura 5: Mapa referente ao índice O – Ocorrência do Substrato Suprajacente.

Na Figura 06 pode-se visualizar o resultado do índice D, relacionado ao nível da água subterrânea (*Depth to the water table*). Baseando-se nos pontos em que foram realizadas medições de níveis estáticos, pode-se verificar que em restritas regiões as profundidades são superiores a 50m, este fato expõe a proximidade do lençol freático em relação a superfície, representando um fator expressivo para o aumento de vulnerabilidade do área.

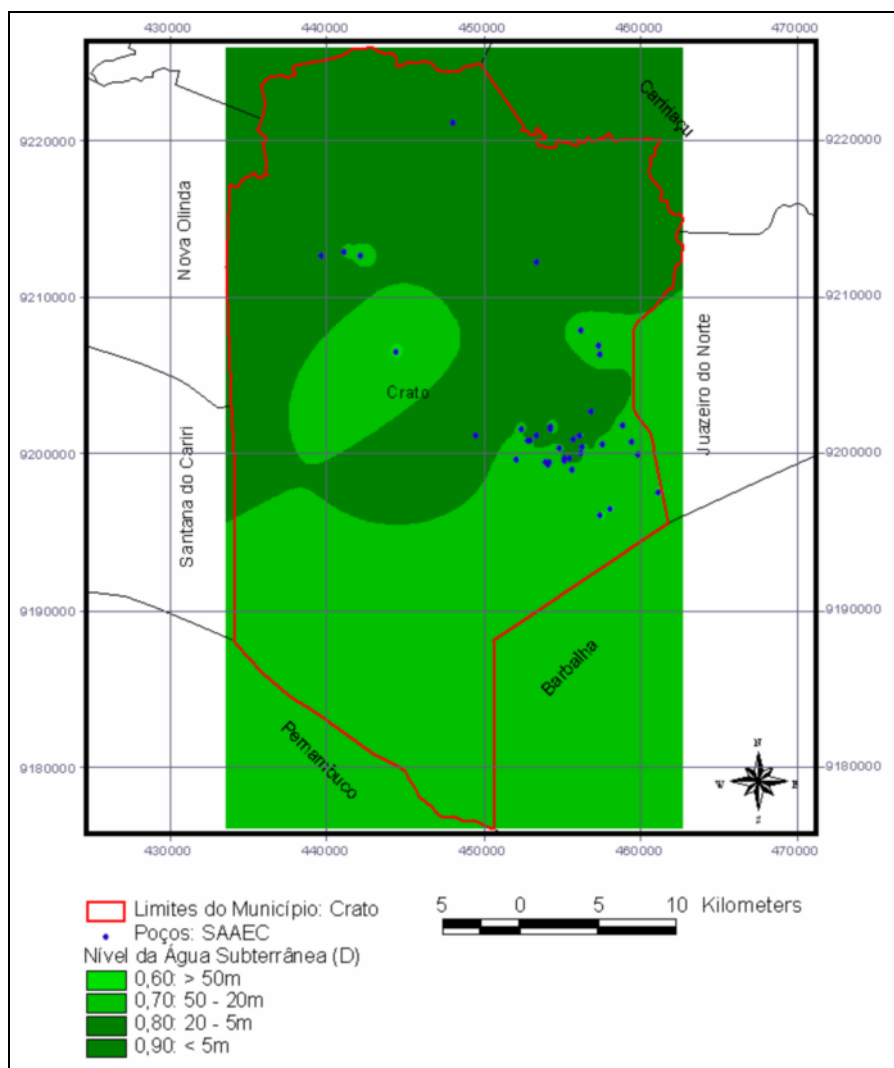


Figura 6: Mapa referente ao índice D – Nível da Água Subterrânea.

E, por fim, obtém-se, pela multiplicação dos índices G, O e D, os valores do índice GOD espacialmente distribuído pela área, conforme apresentado na Figura 7. A combinação dos fatores intrínsecos ao aquífero que caracterizam o acesso à água subterrânea imprimiram à região em estudo a variação da vulnerabilidade entre níveis médios e altos, com aproximadamente 79% da área classificada como vulnerabilidade média e 21% com vulnerabilidade alta (Figura 8).

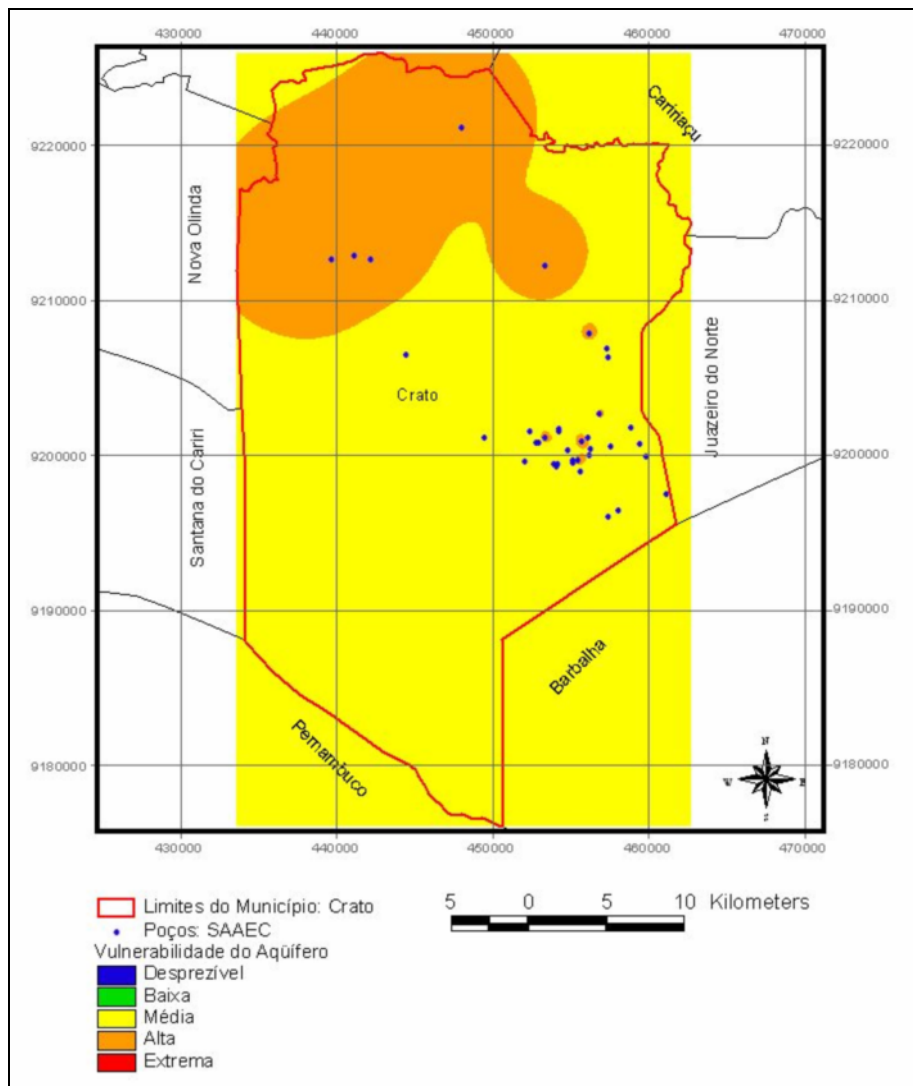


Figura 7: Mapa referente ao índice GOD – Vulnerabilidade do Aquífero.

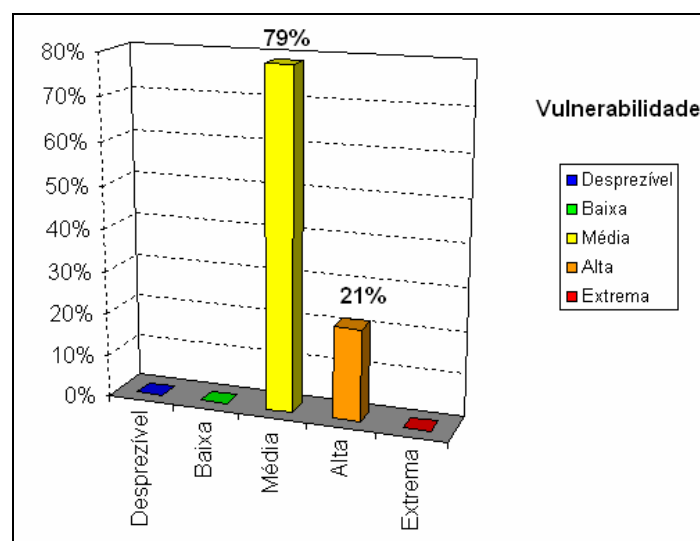


Figura 8: Áreas vulneráveis em porcentagem.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No município do Crato, como na maioria das cidades caririenses do Ceará, a exposição à contaminação imposta aos recursos hídricos subterrâneos se apresenta de forma crescente e pode ser constatada pela deficiência no esgotamento sanitário, agravada pela ocupação desordenada e degradação de áreas de recarga do aquífero, com a implantação de empreendimentos imobiliários e/ou atividades produtivas nos diversos setores da economia. Neste sentido, o estudo de vulnerabilidade à contaminação fornece ferramentas para o gerenciamento de futuras ocupações e, ao ser confrontado ao estágio atual de ordenamento urbano, identifica-se o estado de perigo à poluição a que as águas subterrâneas estão expostas.

Mostra-se preocupante as *médias* e *altas* vulnerabilidades à poluição do Aquífero Rio da Batateira, explicitamente na área urbana, onde se concentra a maioria das atividades potencialmente poluidoras, como o lançamento dos esgotos e resíduos sólidos a céu aberto e nos principais rios do Município do Crato.

Nos distritos de Dom Quintino e Ponta da Serra a alta vulnerabilidade do aquífero, constatada, demonstrada pelas alaranjadas, apresentadas no mapa de vulnerabilidade é ameaçadora. Serve como alerta para que se intensifique o cuidado com a preservação das águas subterrâneas, planejando-se os usos e ocupações do solo.

Os resultados obtidos podem ser utilizados como subsídio para a gestão ambiental, sugerindo-se gerenciamento para o tratamento de esgotos do município, recuperação dos rios Saco-Lobo, Grangeiro e Batateira, além de manutenção das áreas de proteção ambiental, caso específico da Área de Preservação Ambiental da Chapada do Araripe – APA, de relevante importância na recarga do aquífero, a serem executados no Plano Diretor de Saneamento do Município do Crato, contribuindo para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos para as atuais e futuras gerações.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. *Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data*. Pan American center for sanitary engineering and environmental sciences (CEPIS), Lima: Pan American Health Organization, 1988.
- [2] LINDSTRÖM, R. *Groundwater vulnerability assessment using process-based models*. TRITA-LWR PhD Thesis 1022. Stockholm: Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, 2005.

- [3] FOSTER, S. S. D. *Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy*. Proceedings of International Conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Países Baixos, 1987.
- [4] ALLER, L., BENNET, T., LEHR, J.H. and PETTY, R.J. *DRASTIC: a standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeological settings*. US: Environmental Protection Agency, 1987.
- [5] CIVITIA, M. *La carte della vulnerabilità deli aquiferi all'inquinamento: teoria & pratica*. Bologna: Pitagora Editrice, 1994. 325 p.
- [6] DOERFLIGER, N.; ZWAHLEN, F. *EPIK: a new method for outlining of protection areas in karstic environment*. In: Günay G., Johnson A.L. (eds), International symposium and field semi-nar on "karst waters and environmental impacts". Antalya, Turkey. Balkema, Rotterdam. 1997. pp 117-123.
- [7] HIRATA, R., *Fundamentos e Estratégias de Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas: Estudo de Casos no Estado de São Paulo*, São Paulo: USP - Instituto de Geociências, 1994.
- [8] INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. *Perfil básico municipal*. Fortaleza: Secretaria do Planejamento e Gestão-CE, 2002.
- [9] FOSTER, S., HIRATA, R., GOMES, D., D'ELIA, M., PARIS, M. T. *Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais*. São Paulo: SERVIMAR, 2006.
- [10] MENEGOL, L. R. *Paralelização de método de interpolação de dados: krigagem*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2004.
- [11] LANDIM, P. M. B. *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas*. Rio Claro: UNESP, Departamento de Geologia Aplicada, IGCE, Lab. Geomatemática, 2000. 20 p. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>.
- [12] DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. *Programa nacional de estudos dos distritos mineiros: Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe*. Recife: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Distritos Regionais Pernambuco e Ceará, 1996. 101 p.