



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO AQUIFERO NO MUNICÍPIO DE CAMAÇARI – BA: UMA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS GOD E GODS

Danilo Heitor Caires Tinoco Bisneto Melo ^(a), Susana Silva Cavalcanti ^(b),
Lucas de Queiroz Salles ^(c), Cristovaldo Bispo dos Santos ^(d), Denise Nunes Viola ^(e),
Luiz Rogério Bastos Leal ^(f)

^(a) Departamento de Geofísica/IGEO, UFBA, daniolohmelo@gmail.com

^(b) Departamento de Geofísica/IGEO, UFBA, cavalcanti.susana@gmail.com

^(c) IGEO, UFBA, lucassalles2008@gmail.com

^(d) Departamento de Geofísica/IGEO, UFBA, bispo@ufba.br

^(e) Departamento de Estatística/IME, UFBA, deniseviola@gmail.com

^(f) Departamento de Geofísica/IGEO, UFBA, lrogerio@ufba.br

Eixo: Riscos e Desastres Naturais

Resumo/

O risco de contaminação de um aquífero pode ser definido com base na avaliação conjunta das variáveis intrínsecas que atenuam à sua poluição. Esta premissa básica impulsionou o desenvolvimento de métodos para mapear a vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, com o intuito de auxiliar o planejamento territorial. Este artigo apresenta a avaliação do risco de contaminação dos aquíferos localizado no Município de Camaçari, Bahia, para os poços tubulares outorgados e cadastrados no banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e Saneamento



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

da Bahia a partir de 1978. Para tanto, foram empregados os métodos paramétricos denominados GOD e GODS. O primeiro método apresentou áreas com Baixa (22%), Média (59%), Alta (18%) e Extrema (1%); o segundo método apresentou áreas com Baixa (54%), Média (33%) e Extrema (12%). Esta diferenciação ocorreu por conta das características pedológicas, sendo interpretadas como um fator de proteção do aquífero.

Palavras chave: Aquífero; Vulnerabilidade; Análise espacial; Álgebra de mapas.

1. Introdução

As águas subterrâneas representam um importante recurso para o abastecimento público, necessitando da elaboração de políticas de proteção com a definição de planos que garantam a manutenção da qualidade deste recurso. Fato este, é evidenciado com a situação de criticidade que se encontram os recursos hídricos atualmente e com problemas relacionados com a transparência na gestão desses recursos (EMPIOTTI, et al., 2016).

Neste sentido, existe a necessidade da implantação de bases teóricas, conceituais e metodológicas que esclareçam a dinâmica do ambiente, passando a ser visto como um sistema, com o intuito de compreender as diversas entidades que o compõem, analisando a sua organização, estrutura espacial, funcionalidade, interação e hierarquização. Desta forma, o homem adota o modelo de gestão, denominado de “desenvolvimento sustentável” (BECKER; EGLER, 1996).

Um destes instrumentos de avaliação é cartografia da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, que permite determinar, a priori, a sua capacidade de proteção natural e distinguir quais áreas necessitam de medidas protetoras, mitigatórias e/ou reducionistas ao perigo de contaminação diante da intervenção antrópica.

Daly et al. (1997) descreve que há duas ramificações metodológicas para avaliar a vulnerabilidade à contaminação de aquíferos: a intrínseca, a qual analisa as características geológicas, hidrogeológicas, climatológicas e biológicas para determinar a sensibilidade das águas subterrâneas frente à contaminação antropogênica; e específica: avalia a vulnerabilidade do ambiente frente a um, ou mais, contaminantes, em particular. Esta proposta apresenta uma relação com os métodos de avaliação da vulnerabilidade empregadas internacionalmente e na presente publicação.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos no Município de Camaçari, BA, utilizando os métodos GOD e GODS. A pesquisa ganha importância considerável, pois o município possui áreas de proteção ambiental, bem como o maior complexo industrial integrado da América do Sul.

2. Área de Estudo

O Município de Camaçari está localizado no litoral Norte do Estado da Bahia, também denominada de Costa dos Coqueiros, tendo como municípios limítrofes Dias d'Ávila, Lauro de Freitas, Mata de São João e Simões Filho, como ilustrado na Figura 1.

O município está inserido na Bacia Sedimentar do Recôncavo sendo constituído principalmente pelas litologias do Grupo Barreiras e as formações São Sebastião e Marizal. A cobertura superficial cenozoica está representada por depósitos aluvionares, fluviais e lagunares, dunas, terraços litorâneos arenosos e depósitos de leques aluvionares coalescentes (GONÇALVES; MOREIRA; BORGES, 2008).

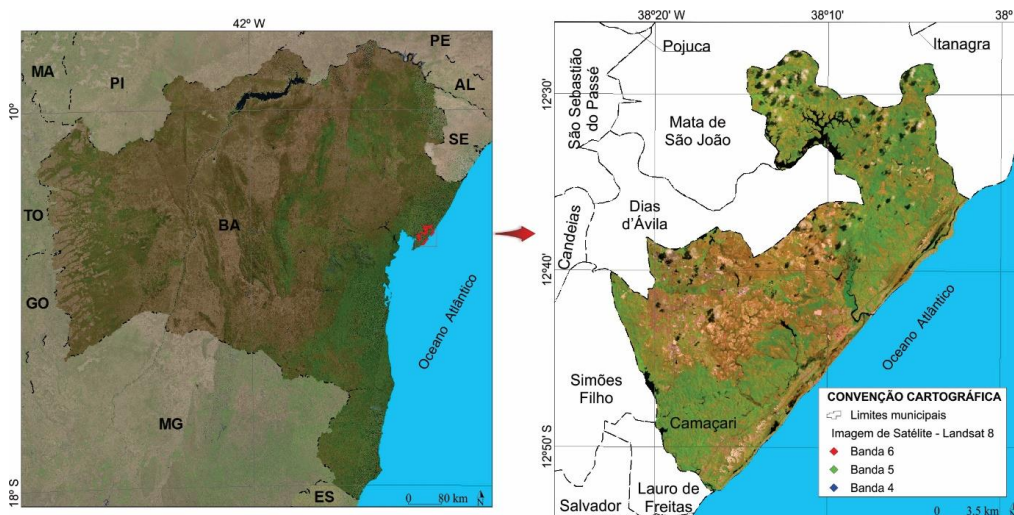


Figura 1 – Localização do Município de Camaçari – Ba.

De acordo com Lima (1999), o sistema aquífero Recôncavo tem dois componentes acoplados: um engloba os arenitos do membro superior da Formação São Sebastião juntamente com os sedimentos da Formação Marizal e do Grupo Barreiras, representando o aquífero freático ou livre. O segundo componente é semi-confinado formado pelos arenitos da Formação São Sebastião confinados por



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

camadas espessas de argila. O componente freático do sistema é alimentado principalmente por águas pluviais infiltradas através das áreas de recarga situadas próximas aos altos topográficos relacionados à Formação Marizal e ao Grupo Barreiras (CAVALCANTI, 2006).

Os solos predominantes no município são argissolo vermelho-amarelo distrófico, Latossolos vermelho-amarelos distrófico, Latossolos amarelos, Gleissolos, Neossolos quartzarênicos e Organossolos (IBGE, 2016).

2. Materiais e Métodos

O método aplicado nesta pesquisa consta da confecção dos mapas de vulnerabilidade à contaminação, iniciando com a compilação e elaboração dos mapas utilizados para a aplicação do método, sendo eles: Geologia (CPRM, 2008), Hidrogeologia (CPRM, 2014), Pedologia (IBGE, 2016). No tocante a informação de profundidade do aquífero, foram adquiridas as informações hidrogeológicas dos poços tubulares outorgados e cadastrados no banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e Saneamento da Bahia (CERB, 2016), localizados em Camaçari e nos municípios circunvizinhos.

A seguir, esses mapas foram inseridos no Sistema de Informação Geográfica (SIG), organizado no sistema de coordenadas projetadas UTM, datum SIGARS 2000, zona 24 para serem manipulados. Sua manipulação e análise foi realizado por meio do software QGIS desktop, versão 2.18.9. Finalmente, as variáveis qualitativas foram transformadas nos níveis quantitativos adequados, sumarizados por meio dos métodos GOD e GODS para a operação de sobreposição dos mapas desejados.

O método GOD consiste na hierarquização de índices relativos à extrema ou baixa vulnerabilidade intrínseca do aquífero, com base nos mecanismos de recarga da água subterrânea e na capacidade natural de atenuação de contaminantes, variando conforme as condições geológicas (FOSTER, 1987; FOSTER; HIRATA, 1988; FOSTER et al, 2002). O índice final integral de vulnerabilidade do aquífero é o produto da multiplicação dos três índices, com variação de 0,0 à 1,0.

O método GOD não inclui nenhum estudo explícito sobre o solo. No entanto, a maioria dos processos que provocam a atenuação dos contaminantes no subsolo ocorre com muito mais frequência na zona biologicamente ativa do solo, como resultado do maior teor de matéria orgânica, do maior conteúdo de mineral argiloso e da presença mais numerosa de populações bacterianas. Com base nisto,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

a Corporação Autônoma do Vale del Cauca (CVC, 1999), propôs a introdução do “fator Solo”, com base nas suas características texturais, tendo variação de 0,5 à 1,0. Quando o fator solo é inserido na multiplicação dos três fatores descritos anteriormente, tem-se o método GODS.

Como aplicação do método proposto, foram coletados dados dos poços tubulares perfurados a partir de 1978. Em seguida, foram incluídos 64 pontos de Sondagens Elétricas Verticais.

Para espacializar as informações dos poços tubulares adquiridos foi utilizado o método Ponderação pelo inverso da distância, comumente conhecido pela sigla IDW (do inglês, *Inverse Distance Weighted*), e utilizado nas pesquisas de Borba et al. (2016), Santos (2010) e Tavares et al. (2009).

Este método consiste na atribuição de um peso para cada ponto amostrado vizinho, em função da distância que ele se encontra do ponto a ser calculado (ANDRIOTTI, 2009). De acordo com Landim (2000), pontos amostrados com localização próxima ao ponto que será calculado recebem peso maior que os pontos amostrados de localização mais distante, sendo que a soma de todos os pesos será igual a 1. Desta forma, o valor do peso será proporcional a contribuição de cada ponto vizinho.

3. Resultados e Discussões

Esse tópico é composto da análise do risco a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, sumarizados a partir dos métodos GOD e GODS. Os resultados desse estudo forneceram um expressivo entendimento a respeito da distribuição e dos fatores condicionantes de risco, associados a vulnerabilidade dos aquíferos, no município de Camaçari. Esse conhecimento é de suma importância no que tange o uso e ocupação do solo no município e pode ser utilizado num plano de manejo urbano. Esse tópico fornecerá também uma interpretação a respeito da interação entre os métodos de vulnerabilidade supramencionados.

A Figura 3 apresenta o resultado da operação de sobreposição de mapas sumarizado a partir do método GOD. Foram obtidas 4 classes de vulnerabilidade: baixa, moderada, alta e extrema. As áreas de extrema vulnerabilidade estão localizadas nas regiões dos depósitos sedimentares litorâneos, paralelos a linha de costa, ocupando aproximadamente 1% da área do município. As zonas de alta vulnerabilidade foram identificadas nas áreas de dunas, flúvio-lagunares e leques aluvionais coalescentes. Estes dois últimos estão associados a drenagem superficial, nascentes e fundos de vales e



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

baixa profundidade dos aquíferos. Fato semelhante foi constatado na pesquisa de Kemerich et al. (2013), na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim, Estado do Rio Grande do Sul, constituída principalmente por rochas sedimentares. Já as áreas de moderada e baixa vulnerabilidade estão associadas a Formação Marizal e São Sebastião e unidades hidrogeológicas de mesmo nome.

Acredita-se que os principais fatores condicionantes para o aumento na vulnerabilidade à contaminação, elaborados a partir do método GOD, no município de Camaçari-BA são a litologia e a proximidade do nível estático com a superfície. As litologias compostas por areias apresentaram uma maior vulnerabilidade quando comparadas às outras litologias da região. Isso ocorre, devido a elevada porosidade e permeabilidade do meio, que conota aos aquíferos um elevado risco à contaminação. Observou-se, de maneira geral, valores do nível estático aumentando em direção ao Oceano Atlântico, principal exutório da região, responsável pelo aumento dos valores associados à vulnerabilidade que crescem substancialmente nesse sentido.

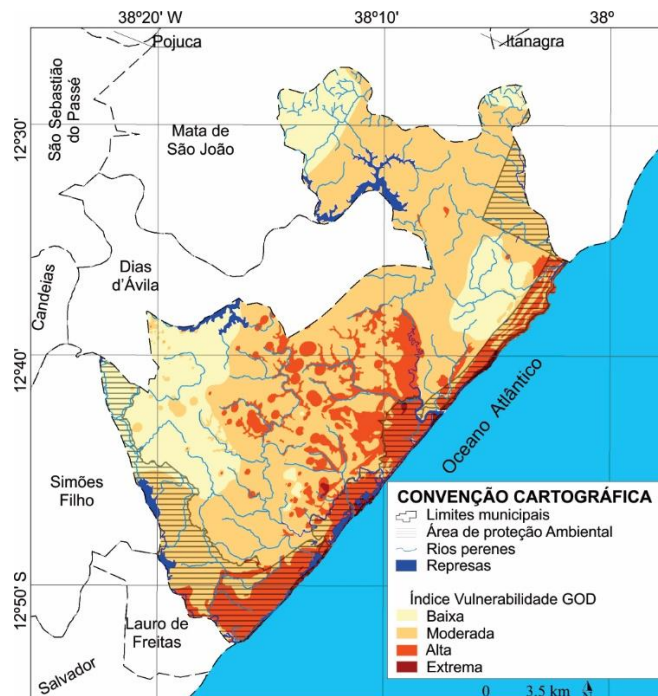


Figura 3 – Mapa de vulnerabilidade à contaminação pelo método GOD.

O Plano de desenvolvimento e ordenamento territorial das povoações da APA do litoral Norte do Estado da Bahia (2005), demonstrou que boa parte da ocupação urbana no município de Camaçari



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ocorre sotoposta à materiais arenosos. Somado a isso, temos o aumento populacional no município, principalmente nos povoados próximo ao mar. O aumento da proximidade do nível estático com a superfície em direção a linha de costa, acrescido da complexa evolução morfológica e sedimentar, conota a região de leques, dunas e terraços marinhos pleistocênicos as regiões mais vulneráveis no município.

No método GODS (Figura 4), os resultados apresentaram 3 classes de vulnerabilidade (baixa, moderada e alta). Quando acrescentado a fator solo, nota-se um aumento significativo no nível de proteção intrínsecos aos aquíferos, principalmente nas áreas de solo argissolo e espedossolo. Isso ocorre devido as características desses materiais, que consistem em solos profundo e de má aeração, o que dificulta a infiltração da água.

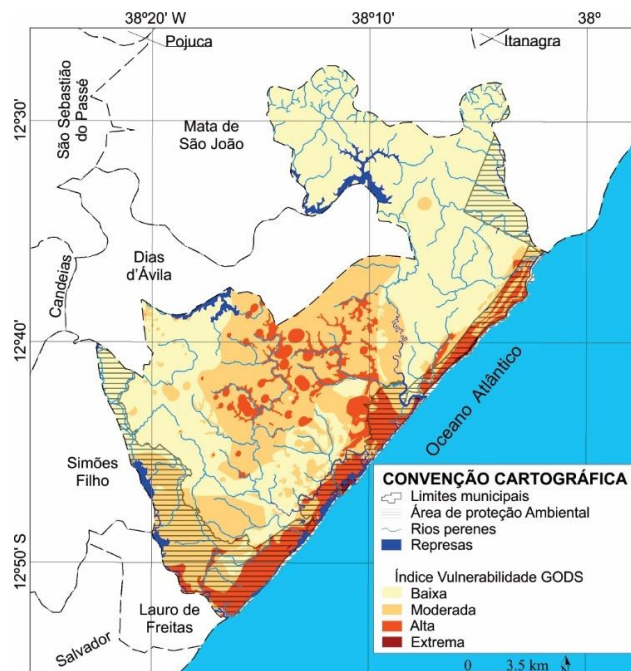


Figura 4 – Mapa de vulnerabilidade à contaminação pelo método GODS.

Isto pode ser comprovado ao confrontar os resultados dos métodos GOD e GODS, onde a vulnerabilidade baixa foi de 22% e 54% respectivamente. Esta redução também é evidenciada nas áreas de alta vulnerabilidade (18% no GOD e 12%), localizados nas faixas de dunas e nos depósitos flúvio-lagunares.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Importante ressaltar que as áreas com alta e extrema vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, não significa que estejam contaminadas, mas sim que elas apresentam risco de contaminação. Sua contaminação ou não depende do uso e ocupação do solo, ou seja, ele apresenta alta vulnerabilidade, mas não correr nenhum risco de ser contaminado, pois seu uso e ocupação não apresenta risco de contaminação.

Em ambos os métodos, na faixa litorânea há o predomínio de alta e extrema vulnerabilidade devido a suas características geológicas e aumento do nível estático. Todavia, estas áreas apresentam grande expansão da mobilidade e imobiliária (ampliação do sistema viário e do uso e ocupação do solo, respectivamente), necessitando de um monitoramento dos órgãos públicos, mesmo estas áreas sendo preservadas por lei (APA Joanes – Ipitanga, rio Capivara e lagoas de Guarajuba).

A utilização do fator solo, acrescido ao método GOD (GODS), demonstrou ser um importante elemento no que diz respeito ao estudo de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos. No município de Camaçari houve um decréscimo na extensão dos índices de elevada vulnerabilidade, demonstrando situações mais próximas da realidade. Todavia, nesse estudo são utilizados dados preexistentes, que podem localmente, ou a depender da escala de observação, não representar a real situação de vulnerabilidade do aquífero. Este estudo trata de um diagnóstico preliminar a respeito da vulnerabilidade à contaminação de aquífero no município de Camaçari e deve ser usado para auxiliar os órgãos públicos no planejamento territorial.

Faz-se ressalva que esta avaliação não aborda o mapeamento de uso e ocupação do solo. Portanto, sugere-se que para trabalhos futuros seja feito este mapeamento, aferindo o risco de contaminação do uso e ocupação do solo. Consequentemente, para a implantação de algum empreendimento específico que apresente algum risco de contaminação, deve-se efetuar um estudo mais detalhado da área de interesse, empregando informações numa escala cadastral, respeitando as normativas dos órgãos ambientais e municipais vigentes.

Neste sentido, Santos (2010) e Santos e Oliveira (2013) aplicaram o método DRASTIC para averiguar a vulnerabilidade à contaminação do aquífero Marizal no Polo Petroquímico de Camaçari (PIC) tendo resultados semelhantes ao método GOD e GODS, com predomínio das classes de baixa e moderada vulnerabilidade nas áreas com ocupação industrial, e alta vulnerabilidade nas regiões próximas aos corpos d'água.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

4. Considerações Finais

A avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos do Município de Camaçari por meio dos métodos GOD e GODS, utilizando um Sistema de Informação Geográfica, possibilitou a confecção dos mapas de vulnerabilidade, um dos objetivos deste trabalho. Na análise da cartografia de vulnerabilidade constata-se que a camada de solo pode proteger o aquífero, principalmente a depender de sua profundidade e características texturais.

A cartografia de vulnerabilidade intrínseca pode apresentar algumas limitações em sua concepção, visto que considera um contaminante universal e um cenário baseado nas informações da fisiografia da paisagem. Todavia, a utilização da cartografia de vulnerabilidade para o planejamento ambiental converte-se num instrumento ágil, eficaz e apto para a prevenção à contaminação dos aquíferos.

Deve-se considerar que este tipo de análise foi elaborado numa escala temporal, pois as intervenções antrópicas podem alterar as características do ambiente. Por exemplo a super-exploração da água subterrânea, a qual altera o nível estático, parâmetro este utilizado nos métodos, modificaria o resultado final.

5. Referências Bibliográficas

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo, RS: Unisinos. 2ª reimpressão, 2009.

BAHIA. **Plano de desenvolvimento e ordenamento territorial das povoações da APA do litoral Norte do estado da Bahia. Plano de Gerenciamento Costeiro**. Salvador: SEMARH. 2005.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelo Estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE/MMA, 1996.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CAVALCANTI, S. S. **Quantificação dos recursos hídricos subterrâneos do aquífero Recôncavo na bacia do rio Capivara.** Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociência, Pós-graduação em Geologia, 121 p. Salvador. 2006.

COMPANHIA DE ENGENHARIA HÍDRICA E SANEAMENTO DA BAHIA (CERB). **Cadastro de poços tubulares do Estado da Bahia.** Salvador: CERB, 2016.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Mapa Geológico e de áreas potenciais para areia, arenoso e brita da região Metropolitana de Salvador. Brasília: CPRM, 2008.** Mapa. Escala 1:150.000. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Mapa hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo.** Mapa. Escala 1:5.000.000. Brasília: CPRM, 2014. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC). **Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el Valle del Cauca.** Santiago de Cali: CVC, 1999. 26 P.

DALY, D.; et al. **COST Action 620: “Definitions” Report of working group 0.** Brussels: COST, 1997.

EMPINOTTI, V. **Transparência na gestão dos recursos hídricos no Brasil: segunda avaliação – 2015.** São Paulo: Artigo 19 Brasil, 2016.

FOSTER, S. **Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy.** In: DUIJVENBOODEN, W.; WAEGENINGH, H. G. (Eds.). **Vulnerability of soil**



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

and groundwater to pollutants: proceedings and information n° 38 of the International Conference held in the Netherlands. Amsterdam: TNO Committee on Hydrological Research, 1987. p. 69-86.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data.** Peru: WHO/PAHO/EHP, 1988.

FOSTER, S.; et al. **A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies.** Washington: The World Bank, 2002.

GONÇALVES, J. C. V.; MOREIRA, M. D.; BORGES, V. P. **Materiais de construção civil na Região Metropolitana de Salvador.** Salvador: CPRM, 53 p. il. 2008. 1 CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Solos da Folha SD.24 – Salvador.** Mapa. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

KEMERICH, P. D. C.; et al. Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim : uso da metodologia GOD. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 189–207, mar./abr., 2013.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas.** Rio Claro: UNESP, 2000. 20 p. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 15 ago. 2016.

LIMA, O. A. L. de Caracterização hidráulica e padrões de poluição no aquífero Recôncavo na região de Camaçari - Dias D'Ávila. Tese Prof. Titular, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 1999.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SANTOS, P. R. P. Estudo da vulnerabilidade à poluição do aquífero Marizal na região de influência do Pólo Industrial de Camaçari (PIC). Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Ambiental – DEA. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 101 p. 2010.

SANTOS, P. R. P.; OLIVEIRA, I. B. Estudo da vulnerabilidade à poluição do aquífero Marizal na região de influência do Pólo Industrial de Camaçari (PIC) – Bahia. **Águas Subterrâneas**, v. 27, n. 1, p. 1-18, 2013,

TAVARES, P. R. L. et al. Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 62, n. 2, p. 227–236, 2009.