

## **I-108 – AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ABATETUBA – PARÁ – ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO G.O.D**

**Gabriel Pereira Colares da Silva** <sup>(1)</sup>

Graduando do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, estagiário na empresa Água Norte - Tratamento de Água e Soluções Ambientais.

**Éverton Costa Dias** <sup>(2)</sup>

Graduando do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará, bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) de Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Giovanni Chaves Penner** <sup>(3)</sup>

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará, Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará.

**Adria Lorena de Moraes Cordeiro** <sup>(3)</sup>

Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará; bolsista do Grupo de Pesquisa em Água, Energia e Sustentabilidade da Amazônia (GAES).

**Cleyanne Kelly Barbosa Souto** <sup>(5)</sup>

Graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará; estagiária na Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS).

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua areia branca, nº 135 - Marambaia – Belém – PA – CEP: 66623550 – Brasil - Tel: +55 (91) 98294-8216- e-mail: gabrielpcolares@gmail.com.

**Endereço** <sup>(2)</sup>: Rua 1º de maio, nº 2058 – São Lourenço - Abaetetuba - PA - CEP: 68440-000 - Brasil - Tel: +55 (91) 98321-5589

**Endereço** <sup>(3)</sup>: Rua Augusto Corrêa, nº 01 (Cidade Universitária) - Guamá – Belém - PA - CEP: 66075110 - Brasil - Tel: +55 (91) 99915-8949

**Endereço** <sup>(4)</sup>: Travessa Bom Jardim, nº 06 – Jurunas - Belém - PA - CEP: 66030-200 - Tel: +55 (91) 99604-0180

**Endereço** <sup>(5)</sup>: Rua WE 25, conjunto Cidade Nova 5, nº 342, - Coqueiro – Ananindeua – PA - CEP 67130-530 – Brasil – Tel: +55 (91) 99828-7420.

### **RESUMO**

Os recursos hídricos possuem importância vital para os seres vivos, principalmente a água doce, sobretudo as águas subterrâneas. No entanto, com o uso e ocupação do solo, uso e gestão das águas estão sendo administrados de modo inadequado, sendo assim, busca-se estudos para desenvolver conhecimento sobre a avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos. Nesse contexto, o trabalho objetiva, principalmente, verificar a vulnerabilidade dos mananciais que abastecem a cidade de Abaetetuba/PA, por intermédio do método GOD, o qual foi desenvolvido em 1988 por Foster e Hirata. Esse método utiliza dados de litologia, informações sobre as camadas rochosas que envolvem os aquíferos, que relaciona a profundidade e o grau de confinamento. O índice da escala GOD varia entre 0 e 1 sendo o mínimo qualificado como vulnerabilidade insignificante e o máximo como vulnerabilidade extrema. Na cidade, utilizaram-se nove pontos de captação de água subterrânea, localizados na área urbana de Abaetetuba, sendo que os dados foram obtidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS - CPRM) e por meio de pesquisas bibliográficas. Os resultados indicaram que os poços possuem uma vulnerabilidade natural insignificante. Isso pode ocorrer devido o sistema seja confinado, ou seja, havendo uma baixa possibilidade de penetração de agentes contaminantes externos, mostrando um resultado favorável as finalidades desses aquíferos. Por fim, o estudo da vulnerabilidade dos aquíferos é de grande importância para avaliação e controle da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos

**PALAVRAS-CHAVE:** Água Subterrânea, Método GOD, Vulnerabilidade Ambiental.

## INTRODUÇÃO

A demanda por água, especificamente a doce, em um cenário mundial aumenta na mesma proporção do crescimento populacional. Dessa forma, a água subterrânea é uma fonte abundante e bastante valiosa no fornecimento de água doce de qualidade para os setores da sociedade como industrial, consumo humano e de irrigação (SILVA, PARANHOS, MARTINS, 2017). Deste modo, sabe-se que com a exploração excessiva dos recursos hídricos subterrâneos, em conjunto com a ocupação irregular do solo e o descumprimento da legislação, colocam em risco a qualidade natural dos recursos hídricos subterrâneos.

Isto ocorre tendo em vista que, os diversos poluentes lançados na superfície detêm um potencial favorável de percolação através das camadas subterrâneas e, com isso, podem atingir os aquíferos (principalmente os não confinados). Além disso, a drenagem superficial contribui com a qualidade do manancial (RIBEIRO et al, 2011).

Diante disso, é evidente que uma das principais responsáveis pela poluição dos aquíferos subterrâneos são atividades antrópicas. Por isso, em 2017, a Agência Nacional de Águas (ANA) indicou a necessidade da incorporação de estudos de vulnerabilidade e proteção de aquíferos para realizar a melhor gestão possível da água subterrânea em todo território nacional.

De acordo com Ribeiro (2004), a vulnerabilidade pode ser definida como sendo uma série de atributos ou características de determinado meio, o qual pode ser o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga, características estas que controlam a habilidade do meio de resistir a determinado impacto e sua capacidade de auto-restauração.

Segundo Ribeiro et al (2011), a vulnerabilidade também pode ser representada, de uma forma mais didática, como mapas. Dessa forma, permite aos órgãos gestores, uma maior facilidade no momento de avaliação das propostas de desenvolvimento aliada ao controle da poluição e monitoramento da qualidade da água subterrânea.

## OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é avaliar a vulnerabilidade à contaminação dos poços tubulares profundos de captação de água para o abastecimento da cidade de Abaetetuba – PA, visando ampliar o conhecimento sobre a sua situação atual e sua proteção, através do método GOD.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### • ÁREA DE ESTUDO

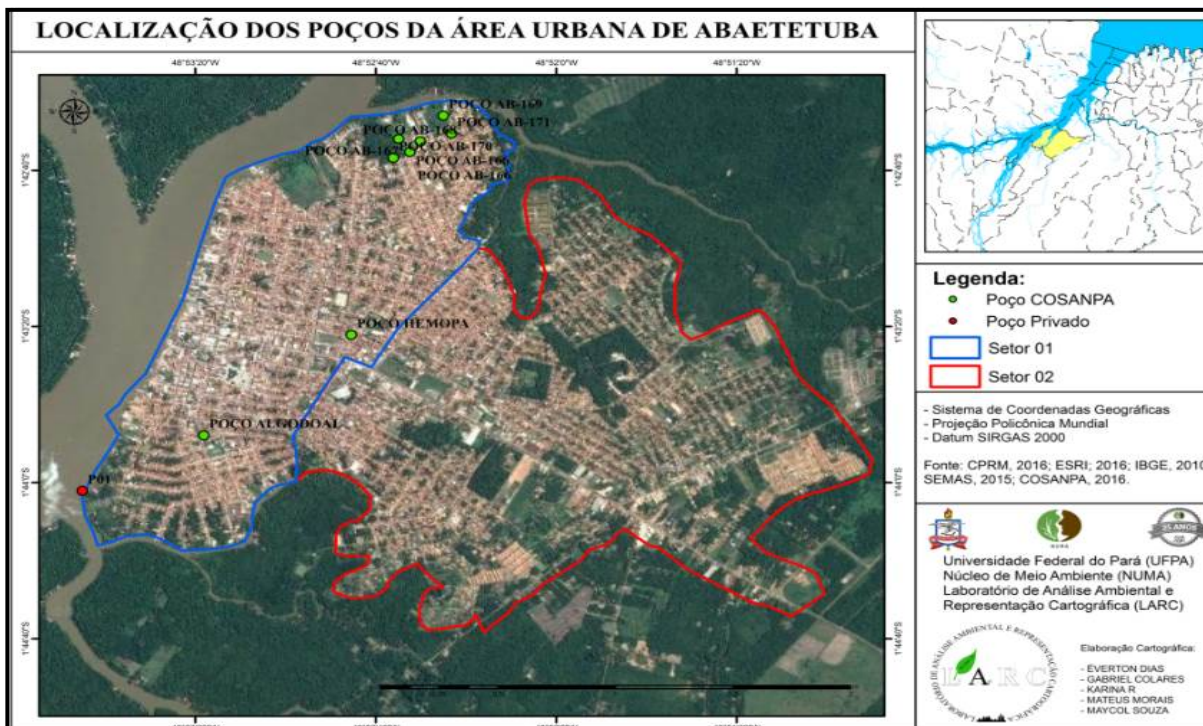
O município de Abaetetuba fica localizado a 60 km a sudoeste da capital paraense (Belém) e possuía uma população de aproximadamente 141.100 habitantes, em 2010, sendo que destes 82.998 são residentes da área urbana, a qual é a área de interesse deste estudo, e 58.102 estão alocados na área rural do município. Sua área de unidade territorial é de aproximadamente 1.610,6 km<sup>2</sup>. Localizado na mesorregião do nordeste paraense o município limita-se ao norte com Barcarena e o Rio Pará; ao sul com Igarapé-Miri; a leste com Moju e a Oeste com Limoeiro do Ajuru e a Baía de Marapatá (IBGE, 2010).

Vale ressaltar que, como não há captação de água superficial para abastecimento público na cidade de Abaetetuba, tal serviço ocorre através da exploração de água subterrânea utilizando poços tubulares profundos, operados pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Por isso, os poços aqui analisados serão os quais abastecem a região.

### • OBTENÇÃO DOS DADOS

Inicialmente, foram realizadas pesquisas para obtenção de dados sobre poços de captação de água (aspectos gerais, construtivos, geológicos, hidrogeológicos, entre outros, os quais são gratuitamente fornecidos pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS - CPRM). Além disso, foram utilizadas outras

pesquisas encontradas em revistas, livros e sites ligadas à esta temática, para que se pudesse ter um embasamento técnico mais aprofundado. Na Figura 1 indica-se a delimitação dos setores de abastecimento e os pontos de localização dos poços.



**Figura 1: Mapa de localização dos poços e dos setores de distribuição de água.**

Além disso, fora realizada uma visita à cidade de Abaetetuba, para fazer um reconhecimento geral da área de trabalho, assim como entender o funcionamento e a operação do seu sistema de abastecimento de água. Para isso foram visitados os poços de abastecimento da cidade assim também como a Estação de Tratamento de Água - ETA - a qual possui etapas de aeração, filtração e desinfecção; e alguns pontos de distribuição na rede.

Durante a pesquisa realizada no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil, através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), encontrou-se um total de 33 poços perfurados cadastrados no sistema existente no município de Abaetetuba. Desse total, 9 são de propriedade da COSANPA e os outros 24 pertencem a propriedades particulares.

Porém, dos 9 poços pertencentes à companhia, apenas 7 ainda se encontram em operação. Entretanto, além dos 7 poços cadastrados no SIAGAS, há um que não está no sistema, mas foi construído no bairro de Algodoal e está em operação, atualmente, contabilizando 8 poços em funcionamento sob responsabilidade da COSANPA.

Do total de poços cadastrados no SIAGAS, apenas 11 fazem parte da área urbana do município. Destes, como já mencionado, 10 são de propriedade da COSANPA e um é de propriedade privada. A Figura 3 identifica os poços de propriedade da COSANPA em Abaetetuba que estão em operação.





**Figura 3: Poços operantes de captação de água para abastecimento do município de Abaetetuba. Fonte: DIAS et al, 2017.**

Após a reunião e organização dos dados sobre os poços, iniciou-se o processo de análise da vulnerabilidade de cada um deles, utilizando o método GOD, o qual será mais detalhado adiante.

#### • METODOLOGIA GOD

No presente estudo, para realização da análise da vulnerabilidade natural de aquífero, foi empregada a metodologia GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table*), proposta por Foster e Hirata (1988), que leva em consideração a avaliação de três parâmetros:

1. Ocorrência do aquífero (livre, confinado, semiconfinado): podendo admitir valores de 0 a 1.
2. Litologia da zona vadosa e camadas confinantes: o solo e a litologia situada acima da zona saturada do aquífero condicionam o tempo de deslocamento de contaminantes e vários processos de sua atenuação. Cada tipo de solo tem sua capacidade de atenuação. A ocorrência de estratos litológicos pode ter valores de 0,3 a 1.
3. Profundidade do aquífero (espessura da zona vadosa): pode ser definida como a distância que o contaminante terá de percorrer para alcançar a zona saturada do aquífero. A Profundidade ou nível estático pode assumir valores de 0,4 a 1.

Ressalta-se que todos os parâmetros possuem o mesmo nível de importância. Sendo assim, o índice de vulnerabilidade natural é dado pela multiplicação desses três parâmetros, logo, para fins de classificação dos resultados deve-se considerar vulnerabilidade insignificante valores de 0 a 0,1; baixa valores de 0,1 a 0,3; média valores de 0,3 a 0,5; alta valores de 0,5 a 0,7; e por fim, extrema valores de 0,7 a 1,0. (FOSTER & HIRATA, 1988).’

A finalidade de aplicação desse método é para avaliação da vulnerabilidade do aquífero livre da região do município, pois possui fácil aplicabilidade em virtude da exigência mínima de parâmetros, logo, viabiliza a utilização do método em situações de escassez de informações disponíveis.

Abaixo, a Figura 2 identifica o esquema e os valores de cada parâmetro, utilizado no cálculo da vulnerabilidade pela metodologia GOD. Para a aplicação da metodologia, os dados de grau de confinamento, litologia no perfil do nível estático e a distância até o lençol freático foram obtidos na plataforma do Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).

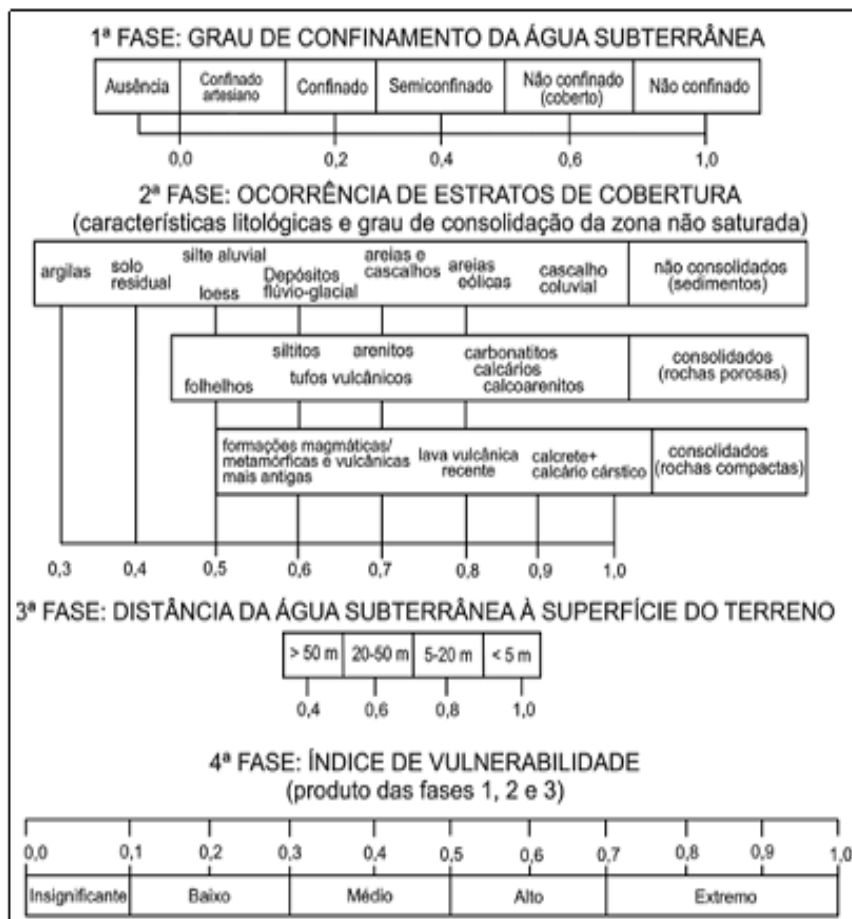


Figura 2: Esquema para avaliação da vulnerabilidade do aquífero. Fonte: Adaptado de FOSTER et al, 2006 apud TAVARES et al, 2009).

## RESULTADOS OBTIDOS

### • SITUAÇÃO OBSERVADA DURANTE VISITA AO POÇOS

Na cidade de Abaetetuba, ainda hoje, há um problema muito comum para quem recebe água através da rede de distribuição da COSANPA, que é a falta deste recurso e a interrupção da sua distribuição durante a noite. Estes problemas são causados visto que a captação de água atual dos poços operantes no município já não atende mais as demandas atuais de abastecimento. Uma das principais causas para que dificultam a captação de água e suprimento das demandas é a ausência de manutenção preventiva nos poços subterrâneos e nas bombas utilizadas para exploração de água (DIAS et al, 2017).

Porém, quando houve a visita aos locais onde se encontram os referidos poços, percebeu-se que não apenas as bombas de captação carecem de manutenção preventiva, mas também há um grande problema de “abandono” desses locais. Isto ocorre pois fora verificado que, na maioria das áreas em que os poços estão inseridos, principalmente aqueles presentes no bairro da Francilândia, a vegetação encontrava-se elevada, a ponto de quase cobrir as instalações dos poços (Figura 4). Tal fato dificultou até mesmo a entrada nesses locais. Esta situação torna a manutenção das bombas e poços uma atividade ainda menos provável de acontecer.

Além da vegetação verificou-se também que na maioria dos poços, a área onde estes estão alocados encontrava-se repleta de resíduos sólidos, principalmente nos poços que ficam rodeados por moradias, sendo que tais resíduos são despejados, muitas vezes, pelos próprios moradores que, infelizmente, não entendem que esses resíduos podem ser prejudiciais para a qualidade da água captada. Devido à presença destes materiais, há também o risco de perfuro cortantes encobertos pela vegetação.



**Figura 4: Situação da área ao entorno de um dos poços de captação de água no bairro Francilândia.**  
**Fonte: Autores.**

#### • APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD

Na plataforma SIAGAS foram obtidos dados que possibilitassem a análise dos poços, os quais foram as coordenadas geográficas, tipo de aquífero, litologia e profundidade do nível estático. A partir destes dados, com exceção das coordenadas geográficas, foram atribuídos, em outra tabela, os valores referentes a cada característica, de acordo com a metodologia utilizada, a fim de se obter os índices de vulnerabilidade para cada poço.

Porém, como não foi possível encontrar no referido sistema de informações, em dois poços operantes, o nível estático da água (aspecto primordial para que fosse realizada a análise adequada dos poços) estes foram retirados do estudo, restando assim apenas 6 poços subterrâneos. A seguir serão apresentados na Tabela 1 as características dos poços analisados neste estudo.

**Tabela 1: Características dos poços subterrâneos analisados.**

Poço	Coordenadas geográficas		Tipo de Aquífero	Litologia	Profundidade NE (m)
	X	Y			
P1	14234	485230	Confinado	Argila	11,05
P2	14235	485235	Confinado	Argila	10,15
P3	14230	485233	Semiconfinado	Arenoso	9,4
P4	14231	485228	Confinado	Argila	10,31
P5	14235	485225	Confinado	Argila	9,4
P6	014229	485222	Semiconfinado	Arenoso	9,15

Para a variável “Tipo de Aquífero” constatou-se que 4 deles estão na condição de **confinado**, devido satisfazerem a condição descrita pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) que diz que o aquífero confinado é “aquele onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. Em função das camadas



limítrofes pode ser definido como: confinado não drenante e confinado drenante.” Tal característica permite definir um índice 0,2 para a variável **G**. Por outro lado, dois poços (P3 e P6) estão na condição de **semiconfinados** devido terem apenas uma camada limítrofe. Tal característica permite definir um índice 0,4 para a mesma variável.

Passando para as características da zona não saturada, relacionadas ao tipo de solo que constitui esta zona, pode-se observar que 4 poços possuem solo predominantemente **argiloso**, característica obtida por meio dos perfis construtivos. Sendo assim, para estes poços atribuiu-se um valor de 0,3 para a variável **O**. Porém, os poços P3 e P6 possuem solo predominantemente **arenoso** e por isso recebem o valor de 0,7 para a variável **O**.

Em relação à profundidade do nível estático, os dados obtidos dos poços de captação de água indicaram que estes variam de 9,40m em P3 e P5, até 11,05m em P1. Este fato garante definir um valor 0,8 todos os poços analisados, para a variável **D**.

Vale ressaltar que o nível estático da água do poço é um fator que influencia também a caracterização litológica da zona não saturada, visto que o solo analisado deve ser aquele presente até onde se encontra o nível estático de cada poço.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos após a submissão dos valores de cada característica constante na Tabela 1 à metodologia GOD.

**Tabela 2: Aplicação da metodologia GOD.**

Poço	Valores			Índice	Vulnerabilidade
	G	O	D	G*O*D	
P1	0,2	0,3	0,8	<b>0,048</b>	<b>Insignificante</b>
P2	0,2	0,3	0,8	<b>0,048</b>	<b>Insignificante</b>
P3	0,4	0,7	0,8	<b>0,224</b>	<b>Baixa</b>
P4	0,2	0,3	0,8	<b>0,048</b>	<b>Insignificante</b>
P5	0,2	0,3	0,8	<b>0,048</b>	<b>Insignificante</b>
P6	0,4	0,7	0,8	<b>0,224</b>	<b>Baixa</b>

Portanto, analisando os resultados calculados dos índices de vulnerabilidade foi possível observar que os poços analisados apresentam um nível de vulnerabilidade natural que varia entre **insignificante** à **baixa**. Isto mostra que há um alto grau de resistência natural à penetração de contaminantes no solo. Tal característica deve-se, principalmente ao fato deles estarem presentes em aquíferos confinados e semiconfinados, associado às características litológicas da zona não saturada. A Tabela 3 indica as principais definições para cada classe de vulnerabilidade assim como seus respectivos índices.

## CONCLUSÕES

Por meio do cálculo da vulnerabilidade natural através do método GOD, pode-se observar que o sistema aquífero que abastece o Município de Abaetetuba no Estado do Pará, possui uma vulnerabilidade natural classificada de insignificante a baixa. Isto se dá principalmente pelo fato de apresentar na ocorrência da água subterrânea, um sistema confinado ou semiconfinado, havendo uma baixa possibilidade de penetração de agentes contaminantes externos, mostrando um resultado favorável as finalidades desses aquíferos, como o abastecimento municipal de água. Todavia, apesar do resultado mostrar-se positivo, os poços devem conter laje de proteção, devem estar cercados (de forma a impedir a entrada de pessoas não autorizadas e de animais), em conjunto com manutenção regular, etc, diminuindo, potencialmente, a possibilidade de contaminação dos mesmos.

Desse modo, confirma-se a importância de conhecimento das características hidrogeológicas de uma determinada região, pois, torna-se fundamental para a execução de diagnósticos da qualidade da água em áreas

urbanas, especialmente quando a finalidade desses recursos é voltada para o abastecimento público humano, como a área de estudo do trabalho. Sendo que nessas áreas urbanas situam-se as principais fontes potenciais de poluição dos recursos naturais, visto que existe diversas atividades antrópicas implantadas. Dessa maneira, a vulnerabilidades dos aquíferos é de grande importância para avaliação e controle da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA (Agência Nacional de Águas). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Capítulo 04 sobre a Gestão da água. 2017. Disponível em: <[http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/gestao\\_agua.20ba2c97.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/gestao_agua.20ba2c97.pdf)>. Acesso em: 27 Abr. 2018.
2. DIAS, E. C.; SILVA, G. P. C. DA; MORAIS, M. S.; SOUZA, M. W. M.; FERNANDES, L. L. Proposta de aperfeiçoamento do sistema de abastecimento de água do município de Abaetetuba – PA. In: 3º Congresso Internacional RESAG, Belo Horizonte, 2017.
3. 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 agencias ambientais. Banco Mundial, Washington, D.C. 2006.
4. FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. C. A. *Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data*. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81pp, 1988.
5. RIBEIRA, F. *Calidad. Contaminación y protection de acuiferos*. In III Curso Hispanoamericano de Hidrologia Subterrânea. Montevideo-UY, 2004.
6. RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. 2011. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe. Águas Subterrâneas, p 25.1: 91-102.
7. SILVA, A. S. C. S; PARANHOS, P. F; MARTINS, J. B. Avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos da região oeste do município de Barcarena-PA através da aplicação do método G.O.D. In: I Congresso Brasil Norte de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.
8. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Aquíferos. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Aquiferos-1377.html>>. Acesso em 20 fev. 2018.
9. TAVARES, P. R L; Castro, C. T. F. da; SILVEIRA, J. das G. P. da; ALMEIDA JÚNIOR, F. J. B. de. 2009. Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil. Rem: Rev. Esc. Minas [online]. vol.62, n.2, pp.227-236. ISSN 0370-4467. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672009000200015>.
10. TERRA, L.G., LÖBER, C.A., SILVA, J.L.S, ERTEL, T. Análise dos recursos hídricos subterrâneos do município de Santiago-RS, como ferramenta de gestão. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Disponível em: < [https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/b3c52c8b9730287b9627fca5ea34072f\\_37eeba28b70cd006d7d3cf79d9f68b43.pdf](https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/b3c52c8b9730287b9627fca5ea34072f_37eeba28b70cd006d7d3cf79d9f68b43.pdf)>, acesso em: 18 fev. 2018.