



Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Análise da vulnerabilidade e do risco a contaminação de aquíferos semiconfinados na Ilha de Cotijuba/PA

Analysis of vulnerability and risk the contamination of semiconfined aquíferes in the Island of Cotijuba/PA

Raisa Nicole Campos Cardoso¹; Edkeyse Dias Gonçalves¹; Jessyca Camilly Silva de Deus²; Luiza Carla Girard Mendes Teixeira¹ ✉

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA

² Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA

✉ rcardoso@ufpa.br, edkeyse.iesus@gmail.com, ca_millysilva@hotmail.com, luiza.girard@gmail.com

Resumo

Sabe-se que os recursos hídricos possuem importância vital para os seres vivos, principalmente a água doce, sobretudo as águas subterrâneas. Entretanto, com o uso e ocupação do solo, buscam-se estudos para desenvolver conhecimento sobre a avaliação da vulnerabilidade à poluição dos aquíferos. Para a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos na Ilha de Cotijuba, foram empregados os índices gerados por Gomes et al. (2012 através da aplicação do método GOD); para a mesma região de estudo. A análise do potencial de contaminação do solo foi determinada por meio da aplicação do método POSH. Para aplicação do método, foi realizado um levantamento in loco para identificação das fontes potenciais de contaminação localizadas próximas aos poços, assim como análises de qualidade da água para avaliar o grau de potabilidade da água subterrânea. Através dos resultados obtidos, foi identificado que 77,7% da área da ilha possuem baixo índice de vulnerabilidade e 22,3% com índice moderado, sendo que todos os poços são abastecidos por água de aquíferos semiconfinados, localizados em áreas de baixo índice de vulnerabilidade. Constatou-se, em relação à aplicação do método POSH, que a região de estudo apresentou 43,3% de área caracterizada com elevado potencial de contaminação, principalmente, ao tipo de esgotamento sanitário e atividades relacionadas à agricultura. No entanto, em áreas compostas por vegetação nativa, 56,7% da área apresentam baixo potencial de contaminação. Por fim, as análises de qualidade da água não apresentaram alterações significativas, no entanto, dois dos quatro poços indicaram presença de Coliformes Totais.

Abstract

It is known that water resources are of vital importance to living things, especially fresh water, especially groundwater. However, with the use and occupation of the soil, studies are sought to develop knowledge on the assessment of vulnerability to pollution of aquifers. Thus, vulnerability and soil contamination potential analyzes were carried out using the GOD and POHS methods, as well as water quality analyzes to evaluate the potability of four groundwater wells on the Island of Cotijuba / PA. In addition, the vulnerability indexes generated by the work of Gomes et al. (2012) for the study region for analysis. In addition, for the POSH method, a survey was carried out to identify the potential sources of contamination located near the wells. In the results obtained from the vulnerability analysis, it was identified that 77.7% of the area of the island has low vulnerability index and 22.3% with moderate index, all the wells are captured from semiconfined aquifers, located in areas of low vulnerability index. In addition, the region of study showed 43.3% of the area with a high contamination potential, mainly to the type of sanitary sewage and agriculture-related activities. However, in areas composed of native vegetation, 56.7% of the area has low potential for contamination. Finally, the water quality analyzes showed no significant changes, however, two of the four wells indicated the presence of Total Coliforms.

Palavras-chave:

GOD.
POSH.
Qualidade da água.
Gerenciamento de águas subterrâneas.
Risco a contaminação.
Aquíferos da Amazônia.

Keywords

GOD.
POSH.
Water quality.
Management of groundwater.
Contamination risk.
Amazon aquifers.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v3i2.29153>

1. INTRODUÇÃO

O município de Belém possui 1.408.847 habitantes, segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (2010) e dois terços de seu território formado por ilhas que compõem a zona rural da cidade (LOPES & ALMEIDA, 2014). Conforme o Plano Diretor Urbano do Município de Belém – PDU (2008), a ilha de Cotijuba, assim como as outras ilhas de Belém, com exceção de Mosqueiro e Caratateua, são consideradas áreas rurais.

Segundo Amaral *et al.* (2003), as áreas rurais merecem maior atenção, pois são caracterizadas por populações com menor acesso aos serviços de saneamento básico. Assim, as captações de água oriundas de fontes subterrâneas podem estar comprometidas devido à presença de possíveis substâncias contidas no aquífero freático oriundas de atividades antropogênicas e/ou mesmo de ocorrências naturais que de algum modo podem interferir na saúde de quem as consomem (FERNANDES; ROCHA, 2011).

Diversos autores mundialmente, se preocupam em estudar a qualidade da água subterrânea no ambiente rural e urbano, dentre esses estudos encontra-se o desenvolvido por Annapoornae e Janardhana (2015), que apresentam conclusões sobre a composição química das águas subterrâneas e as possíveis fontes geogênica e antropogênicas para solutos químicos por meio de análise geoespacial. Deste modo, metodologias são empregadas para avaliação do uso e ocupação do solo e os possíveis riscos à contaminação, como notado por Foster (1987), onde a avaliação do perigo à contaminação do aquífero é determinada por meio da interação entre a carga contaminante que chega ao subsolo e a vulnerabilidade a contaminação do meio físico (abiótico).

Um método de avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos é o GOD, que utiliza as seguintes variáveis: o grau de confinamento “G”, a ocorrência do substrato “O” e a profundidade do aquífero até o lençol freático “D” para determinar a vulnerabilidade natural do aquífero. No entanto, o método de POSH (pollutant origem sucharge Hidraulically) (FOSTER *et al.*, 2006), apresenta, de forma simplificada, a classificação das fontes potenciais de carga de contaminantes no subsolo. Esses métodos avaliam a probabilidade de presença de substâncias associadas ao tipo de atividade, sua capacidade geradora de contaminantes e a provável sobrecarga hidráulica com base no uso da água. Aplicações desses estudos podem ser encontradas nos trabalhos de Tavares *et al.* (2009), Lobler *et al.* (2015), Pereira *et al.* (2015).

Silva & Matos (2010) evidenciaram que a ilha de Cotijuba tem baixa infraestrutura, não possui sistema público de esgotamento sanitário e, muitas casas, possuem poço amazonas e fossa negra, vale ressaltar que o último citado não é indicado para a disposição dos efluentes domésticos, pois a ilha de cotijuba apresenta solos arenosos e lençóis freáticos considerados rasos. Dessa forma, Banks *et al.* (2002) confirmam que o grau de poluição das águas subterrâneas depende da condição hidrogeológica do subsolo e litológica do solo; do ambiente ao redor, da profundidade do lençol freático e a distância entre a fonte de água subterrânea e do sistema de saneamento no local. Além disso, juntamente com o sistema de saneamento, as poluições das águas subterrâneas aumentam devido à disposição inadequada de esterco de gado, aterros a céu aberto e vazamento de águas residuais.

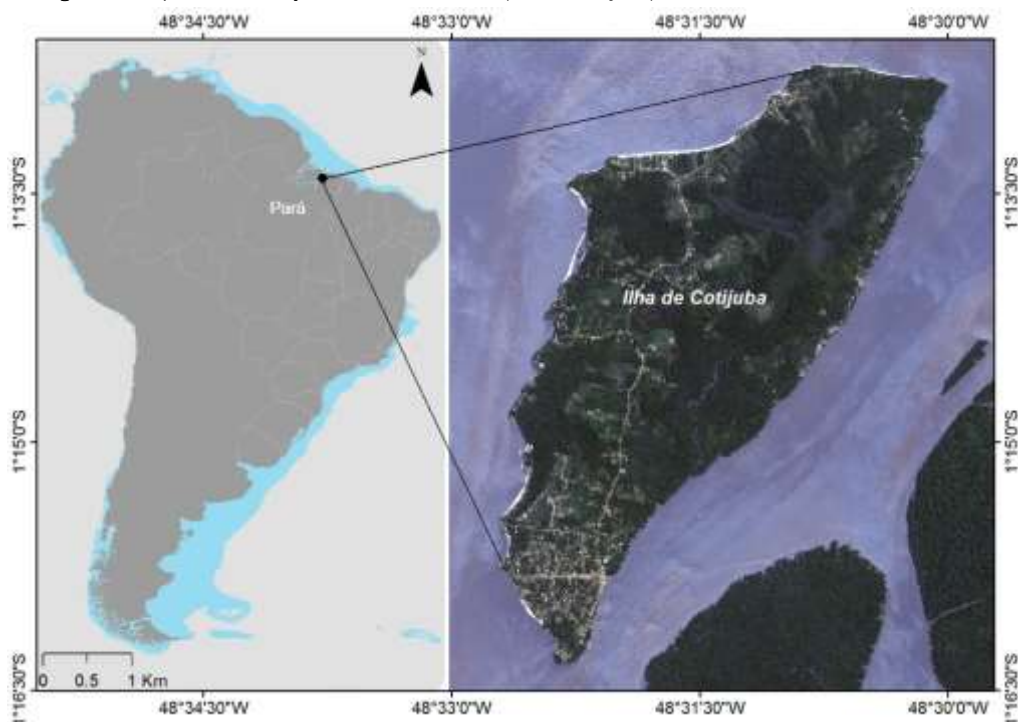
Nesse contexto, o objetivo do trabalho é elaborar um documento cartográfico temático que enfoque a vulnerabilidade do aquífero e o risco à contaminação das águas subterrâneas da Ilha de Cotijuba, por meio da aplicação do método POSH, e avaliação do método GOD realizado por Gomes *et al.*, (2012), para a mesma área de estudo. Concomitantemente, foram realizadas análises da qualidade da água, considerando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, a fim de indicar o grau de potabilidade, conforme Resolução nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A ilha de Cotijuba se localiza a 22 km do centro da cidade, é a terceira em dimensão territorial (LOPES, 2012) e possui uma população de 2.000 habitantes (BELÉM, 2011). Ela está localizada geograficamente, entre o arquipélago do Marajó e as ilhas de Jutuba e Paquetá, à margem direita do estuário do rio Pará, entre as baías do Marajó e do Guajará (Figura 1), apresentando uma forma alongada em direção ao noroeste e possui uma área de aproximadamente 15.807km² e coordenadas de 1° 14'51.44"S e 48° 32'47.14"W (BELÉM, 1997).

Figura 1 - Mapa de Localização da área em estudo (Ilha de Cotijuba)



Fonte: Autor (2015)

2.2. Análise da vulnerabilidade (MÉTODO GOD e POSH)

Para análise da vulnerabilidade dos aquíferos na Ilha de Cotijuba, foram empregados os índices determinados no estudo desenvolvido por Gomes *et al.* (2012) para a mesma região de estudo. Os autores, a partir do grau de confinamento do aquífero, da profundidade do nível de água e da ocorrência de extrato da cobertura do solo, geraram informações sobre o índice de vulnerabilidade do aquífero por meio de coleta de amostras das camadas do solo de 18 (dezoito) poços. Assim, por meio dos dados gerados por Gomes *et al.* (2012), foi possível elaborar um mapa com os índices de vulnerabilidade dos aquíferos que abastecem os poços tubulares e amazonas estudados na ilha. Em conjunto ao estudo de vulnerabilidade, foi realizada uma hierarquização das fontes de contaminação difusa da água subterrânea, para isto, foi consultado os níveis qualitativos de poluição propostos por Foster *et al.* (2006) para atividades humanas, que variam em 3 (três) níveis qualitativos: reduzida, moderada e elevada. Na Tabela 1 é apresentada a classificação e o mapeamento de fontes de contaminação difusas segundo o método POSH. Para estimar os índices utilizaram-se como parâmetros o sistema de esgotamento sanitário e práticas agrícolas.

Tabela 1 - Classificação e mapeamento das fontes de contaminação difusas para o sistema POSH

POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE DE SUBSOLO	FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
ELEVADO	SANEAMENTO IN SITO	PRÁTICAS AGRÍCOLAS
	Cobertura da rede de esgoto inferior a 25% e densidade populacional superior a 100 pessoas/ha.	Culturas comerciais intensivas, geralmente monoculturas em solos bem drenados em climas úmidos ou com baixa eficiência de irrigação, pasto intensivo em campos intensamente fertilizados.
MODERADO	Intermediário entre elevado e reduzido	
REDUZIDO	Cobertura da rede de esgoto superior a 75% e densidade populacional inferior a 550 pessoas/há	Rotação para as culturas terra para pasto extensivo, sistemas de cultivo ecológico, plantações com alta eficiência de irrigação em regiões áridas e semiáridas.

Fonte: Adaptado de Foster *et al.* (2006)

Para o desenvolvimento do método POSH, foi aplicado um questionário na ilha com o objetivo de conhecer quais os tipos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Foram feitas perguntas sobre os tipos de abastecimento de água (poço amazonas, poço artesiano ou via concessionária); o tipo de esgotamento sanitário (fossa negra, fossa séptica ou rede de esgoto) em cada residência.

A amostra foi composta por 29 famílias com uma margem de erro de 18% para mais e para menos, que equivale a 3,51% de uma população de famílias estimada em 824 domicílios. O total de famílias foi estimado dividindo o total de população (5000 habitantes) pela densidade

demográfica da região norte que é 6,07 hab/km² (IBGE, 2010). Para subsidiar a aplicação do método POSH, foi elaborado o mapa de uso do solo. Foi utilizado Imagens SPOT 5 com 2,5m de resolução do ano 2011 cedidas pela Secretária Estadual de Meio Ambiente –SEMA do Estado Pará, o software utilizado foi ENVI versão 5.1.

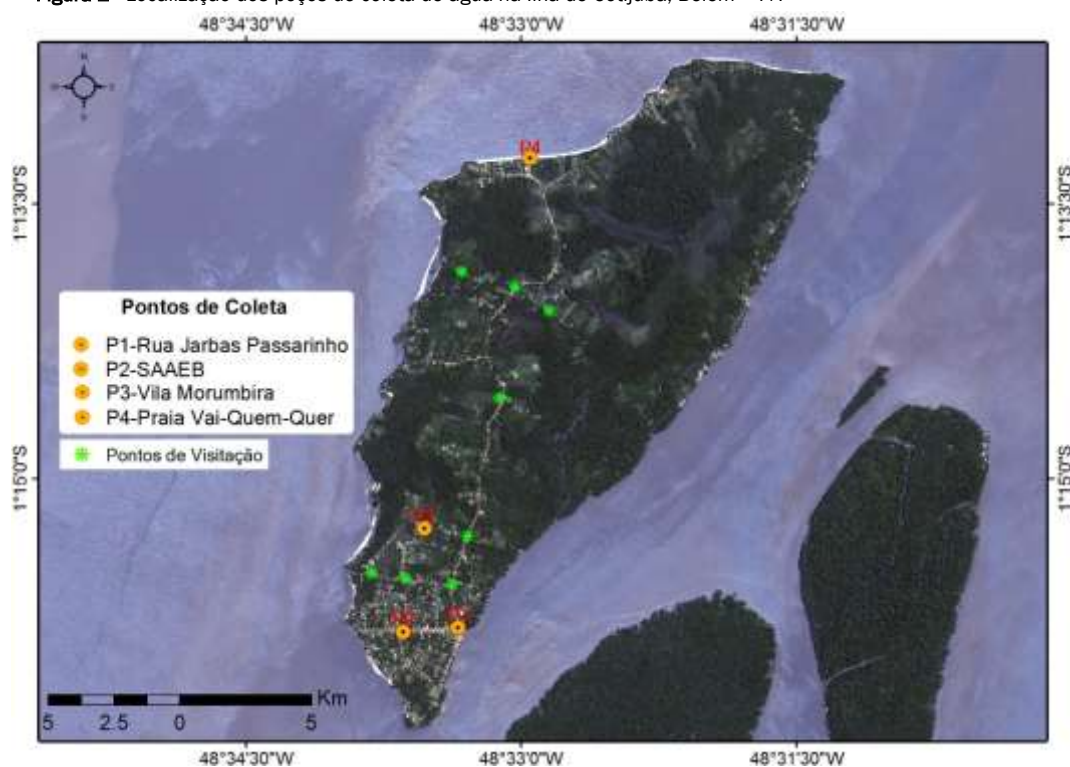
O método de classificação do uso do solo utilizado foi o supervisionado (*Maximumlikelihood*), um método que depende da precisão e quantidade de amostras de classe espectrais coletada na imagem por interpretação visual. Foram mapeadas 4(quatro) classes (floresta nativa, agricultura, urbanização/solo exposto, massa d'água) de uso e cobertura do solo da ilha do Cotijuba.

Para identificar as fontes potenciais de contaminação, elaborou-se um mapa e foi utilizado o método de interpolação determinística, Inverse Distance Weighting – IDW. Ele tem como principal característica determinar a relação de dependência espacial das informações de fontes de contaminação nas proximidades dos poços georreferenciados, pois quanto mais próximo um ponto do outro, maior deverá ser a correlação entre seus valores, ou seja, é possível realizar estimativas para regiões próximas, uma vez que o IDW estima valores dos indicadores não coletados em campo a partir de amostras de indicadores coletados de uma mesma área de estudo (LINHARES, 2012).

2.3. Análise de qualidade da água

Além do método POSH, foram feitas análises da qualidade da água subterrânea da Ilha de Cotijuba, a fim de verificar se as águas dos poços analisados estão indicando contaminação que inviabilize a sua potabilidade. As análises foram realizadas em quatro poços (P1, P2, P3 e P4). Os demais pontos, representados por pontos verdes na Figura 2, foram locais de visita para aplicação dos questionários.

Figura 2 - Localização dos poços de coleta de água na Ilha de Cotijuba, Belém – PA



Fonte: Própria (2015)

Na ilha, atualmente, possui apenas um poço com reservatório elevado para o abastecimento da população localizado no centro urbano e que só atende aos moradores da área central, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém (PMSB, 2014), corresponde a 520 ligações domiciliares. Assim, os pontos escolhidos foram determinados com objetivo de representar a qualidade da água dos poços da ilha de Cotijuba na área central mais urbanizada (P1 e P2), região intermediária (P3) e, por fim, na região menos urbanizada (P4). Todos os pontos foram georreferenciados por meio de um receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Pontos de coleta da água dos poços

Pontos de coleta	Sistemas de Coordenadas	Localização	Tipologia	Finalidade	Tipo de Tratamento
P1	S 01° 15' 48,7" W 48° 33' 20.6 "	Rua Jarbas Passarinho	Poço artesiano	Consumo humano e demais atividade	Ausente
P2	S 01° 15' 50,2" W 48° 33' 38.4 "	Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Belém - SAAEB	Sistema de abastecimento público (Poço tubular)	Consumo humano e demais atividade	Desinfecção Com Hipoclorito de Sódio
P3	S 01° 15' 16,2" W 48° 33' 31.6 "	Vila Morumbira	Poço artesiano	Consumo humano e demais atividade	Ausente
P4	S 01° 15' 15,6" W 48° 33' 58.4 "	Praia Vai-Quem-Quer	Poço artesiano	Consumo humano e demais atividade	Ausente

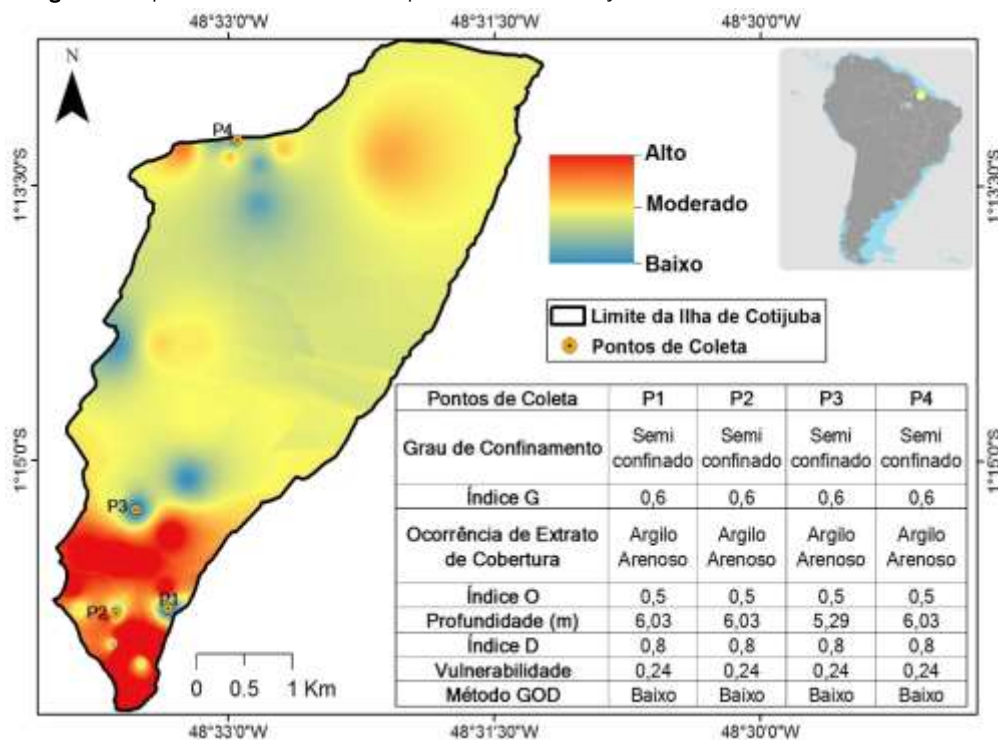
As amostras foram coletadas em saco coletor estéreis com capacidade de 500 ml, seguindo as normas de coleta, armazenamento e transporte de amostras da Agência Nacional das Águas – ANA (2011). Para análise de qualidade da água, foram avaliados os aspectos físicos, (pH, turbidez e cor aparente), químicos (nitrato, amônia, ferro total e cloro livre) e microbiológico (coliformes totais e *e.coli*). A variável de cloro livre foi analisada somente no poço sob administração da companhia de saneamento local (P2), devido à água ser a única que possui tratamento que é adição de hipoclorito de sódio. Na avaliação das variáveis, utilizou-se o método de potenciometria para o pH e o método espectrofotometria para a amônia, turbidez, cor aparente, ferro total, cloro livre e nitrato, enquanto para a determinação dos coliformes totais *e.coli* se baseou na técnica de Colilert (sistema patenteado por IDEXX Laboratories) que é utilizado para detecções simultâneas.

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

3.1. Método GOD e POSH

Conforme encontrado no trabalho de Gomes *et al.*, (2012), a análise litológica do extrato de cobertura do solo revela a predominância de argila, areia, silte, laterita e matéria orgânica em decomposição. O extrato do solo foi caracterizado como argiloarenoso e siltoso nas camadas superiores, bem como matéria orgânica em decomposição. Nas camadas inferiores, encontrou-se argila, laterita argilosa, argila compactada e avermelhada. Além disso, os poços apresentaram uma profundidade máxima de 6 metros, os quais são abastecidos por água de aquíferos considerados como semiconfinados, com grau de confinamento argiloarenoso. Com os índices de vulnerabilidade gerados por Gomes *et al.*, (2012), constata-se que os poços estudados estão todos localizados em regiões de baixa vulnerabilidade do aquífero, que corresponde a 77,7% da área da ilha de Cotijuba, conforme apresentado na Figura 3.

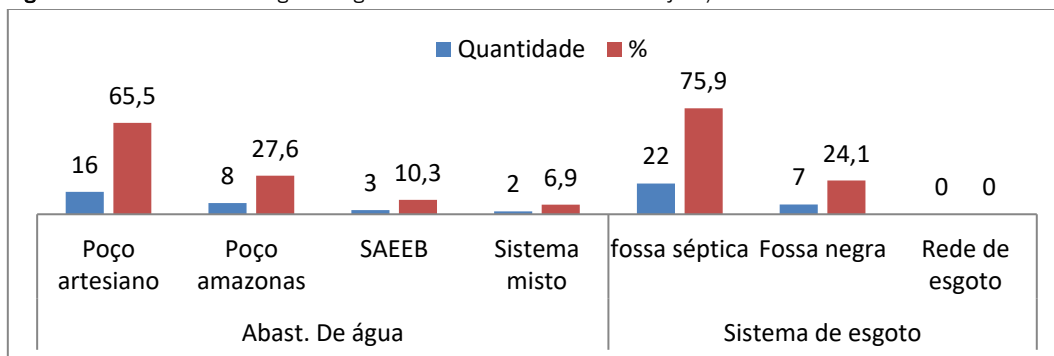
Figura 3 - Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da ilha de Cotijuba



Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2012)

Com aplicação do questionário, verificou-se que a ilha não possui de rede de esgoto, sendo que o tratamento é unifamiliar com fossa séptica (75,9%) e fossa negra (24,1%), conforme apresentado na Figura 4.

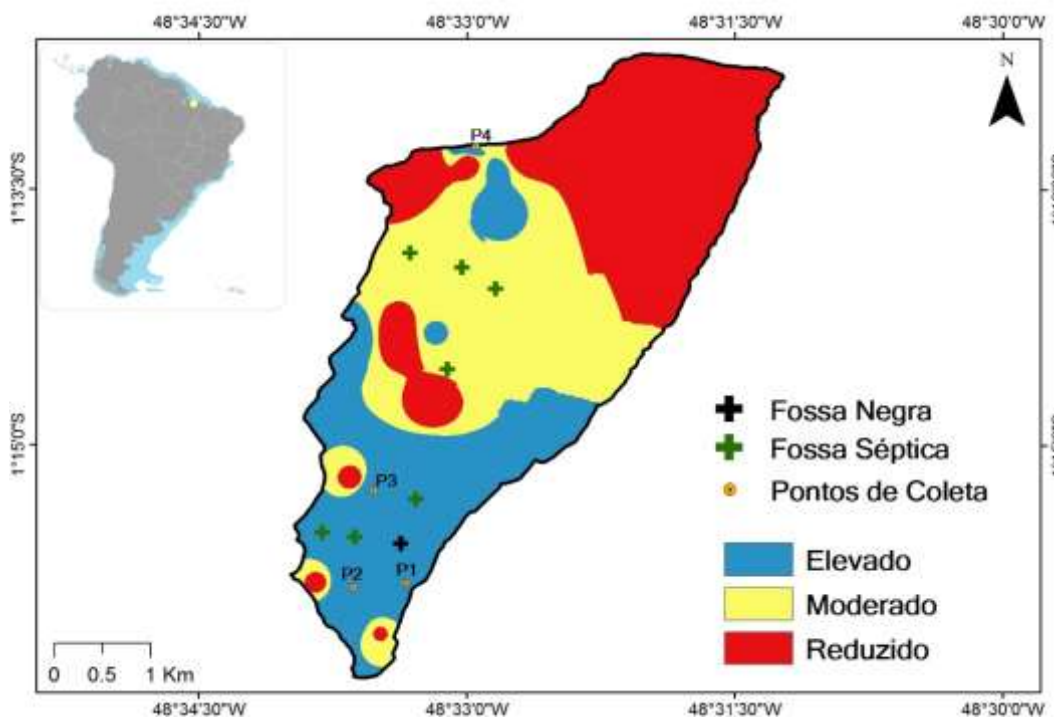
Figura 4 - Abastecimento de água e esgotamento sanitário da ilha de Cotijuba/PA



Além disso, o abastecimento de água local atende 10,3% do total, predomina o uso da água subterrânea, sendo poço artesiano 65,5% e Poço amazonas 27,6% (Figura 5). O poço amazonas, também conhecido como cacimba ou poço raso, são buracos escavados manualmente para captar água do subsolo, feitos sem qualquer preocupação técnica ou higiênica. Assim, com a aplicação dos questionários, a ilha não possui sistema de coleta de esgoto, o que obriga a população utilizar tanque séptico e fossa negra.

Para Foster *et al.* (2006), as fontes de contaminação difusas, como as fontes de contaminação por falta de saneamento básico, são classificadas como elevada, portanto, alguns locais da área de estudo apresentaram elevado potencial de contaminação do subsolo, devido ao tipo de esgotamento sanitário existente na ilha de Cotijuba, que possui 24% de fossas negras, podendo contaminar o lençol freático devido à infiltração do efluente doméstico.

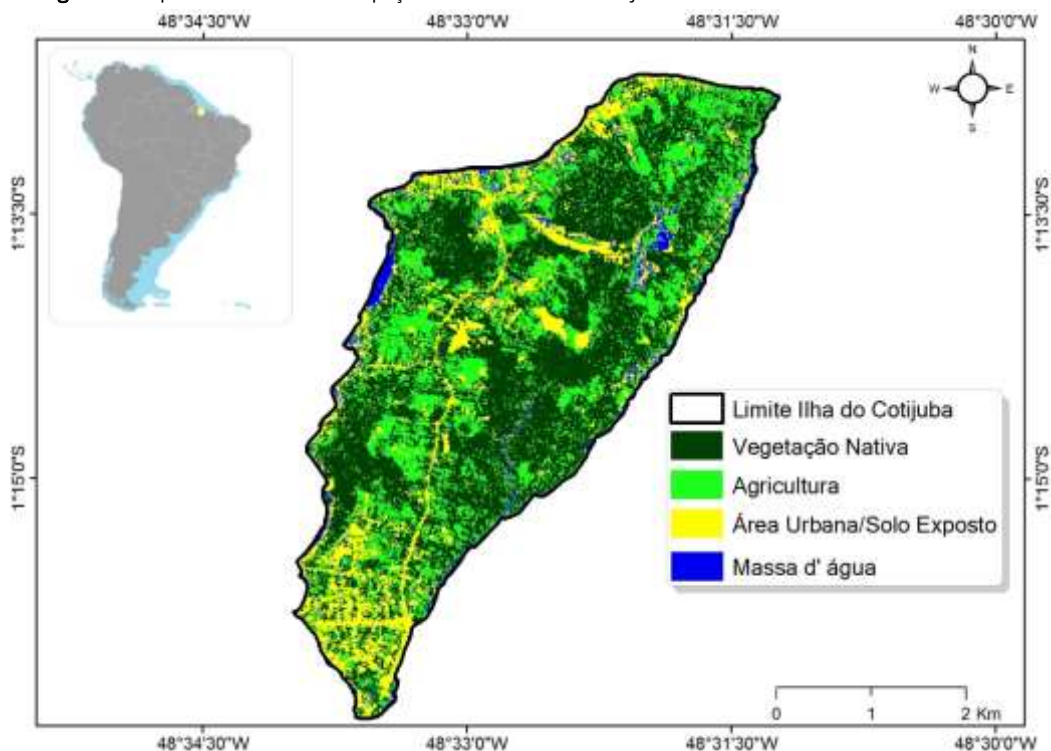
Figura 5 - Mapeamento das fontes de contaminação difusas com aplicação do método POSH



Fonte: Autor (2015)

Foster *et al.* (2006) classifica como atividades potencialmente contaminantes as agriculturas comerciais intensivas, geralmente monoculturas em solos drenados em clima úmido ou com baixa eficiência de irrigação e regiões urbanizadas, com solo exposto. As atividades agrícolas observadas em campo na ilha de Cotijuba possuem a presença da prática da agricultura familiar com predominância do cultivo da mandioca. Portanto, de acordo com o levantamento, a ilha de Cotijuba apresentou 27,1% de área destinada à agricultura e 16,2% de área urbanizada com solo exposto, o que representa 43,3% de área classificada com elevado potencial de contaminação, conforme Figura 5. As demais classes como vegetação nativa e massa d'água foram classificadas como reduzido, representando 56,7% da área (Figura 6).

Figura 6 - Mapeamento do uso e ocupação do solo na ilha de Cotijuba



3.2. Qualidade da água

A portaria nº 2914 (BRASIL, 2011) solicita para água de abastecimento o pH estar na faixa de 6 a 9,5, porém, conforme a Tabela 3, em todos os poços a água apresenta valores abaixo, indicando acidez. Segundo Almeida *et al.* (2004) afirma que o parâmetro pH não chega a ser uma restrição na região amazônica, já que esses valores refletem apenas a acidez regional característica das águas amazônicas.

Para cloro residual livre, a portaria estabelece o valor mínimo de 0,2 mg/L e o máximo de 2,0mg/L para a água no sistema de distribuição. A análise foi realizada apenas no P2, único poço que possui tratamento e onde há adição de cloro no processo, o qual se apresentou fora do padrão estabelecido, com apenas 0,01mg/L (Tabela 03). Segundo Queiroga *et al.* (2007) o cloro é uma substância volátil e reage com impurezas e bactérias presentes na rede, o que provoca sua volatilização diminuindo sua concentração. Porém, a concessionária deve assegurar a concentração mínima de cloro residual, pois a presença de cloro residual livre na água assegura a sua qualidade bacteriológica. A cor aparente pode ser de origem vegetal ou mineral, que é conferida as amostras não só pelas substâncias dissolvidas e também pelas substâncias em suspensão, como ferro e manganês (CETESB, 2001). Todos os pontos apresentaram-se dentro padrão estabelecido pela portaria 2914 (BRASIL, 2011) (Tabela 03) que estabelece o valor máximo permitido de 15 uH, com o maior valor no P2, com 10 uH, e o menor no P4, com 6,0 uH.

Com relação a turbidez, o valor máximo permitido é de 5uT na distribuição. Os poços 1, 2 e 3 estão de acordo com a portaria, porém o P2 está próximo do limite estabelecido, com 4,8uT, já o P4 está fora do padrão, com 5,5uT (Tabela 03). No P2, a água provém da companhia de abastecimento local, o que pode estar relacionado com a idade da tubulação, oxidação e perfurações no sistema de abastecimento. No P4 a água é retirada de poço artesiano que está localizado em uma região que possui muita matéria orgânica devido à quantidade de árvores ao entorno.

Em todos os poços o parâmetro de ferro total apresentou-se dentro do padrão estabelecido pela legislação vigente, que deve ser no máximo 0,30 mg/L (Tabela 03). A maior concentração de ferro é o P2 que pertence a companhia de abastecimento local, com 0,14 mg/L, o menor valor está no P3, poço artesiano, com 0,08 mg/L. Apesar de não ser tóxico, o ferro em concentrações elevadas traz diversos problemas, pois confere cor e sabor a água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários (CETESB, 2001).

Segundo Silva *et al.* (2008), alto nível de amônia na água está relacionado à contaminação recente por esgoto doméstico, fossas sépticas, excremento e fezes de animais. A amônia estava dentro do padrão máximo exigido de 1,5mg/L pela portaria nº 2914 (BRASIL, 2011) em todas amostras analisadas. P1 com 0,1, P2 0,2, P3 0,03 e P4 0,02 mg/L (Tabela 03).

O nitrato pode ser encontrado na água como produto da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros microrganismos (GADELHA, 2005). Em concordância com a portaria nº 2914, anexo VIII (BRASIL, 2011), o valor máximo permitido para nitrato é de 10 mg/L. Porém, todas as amostras apresentaram valores menores que o máximo permitido, estando dentro do padrão estabelecido pela

portaria (Tabela O3). De acordo com Carvalho *et al.* (2000) baixas concentrações de nitrato são encontradas no período chuvoso, período que foram feitas as análises.

Houve ausência de *e.coli* em todas as amostras, no entanto, segundo Cardoso *et al.* (2003), a presença de *e.coli* indica contaminação recente, já que eles não se multiplicam nem persistem por um longo período, possuindo sobrevivência similar à das bactérias patogênicas (Tabela O3). De acordo com o anexo I da Portaria nº 2914 (BRASIL, 2011), não deve haver a presença de coliformes totais em nenhuma amostra, caso haja a mesma será considerada imprópria para o consumo humano, logo, coliformes totais teve ausência apenas no P3. Foi possível perceber que o P3 fica localizado em uma região menos urbanizada e conta com presença de uma nascente de água em área adjacente. O P1 apresentou presença de coliformes totais. Este ponto está localizado no centro urbano da ilha, o que possivelmente está relacionado ao uso e ocupação do solo na região e justificada pela inexistência da rede de esgoto na ilha. Logo, o resultado justifica a presença de registros de doenças por veiculação hídrica no local.

No P2 houve a presença de coliformes totais, fato considerado de extrema importância, já que esta água é fornecida pela companhia de abastecimento local que deveria distribuir água tratada à população, podendo comprometer a saúde da população abastecida por este sistema e não assegura a qualidade bacteriológica da água desse sistema de abastecimento. No P4, também foi constatado a presença de coliformes totais. No poço em que foi coletada a água para análise se encontra ao lado de uma área alagada que, possivelmente, pode receber influência de contaminações por disposição inadequada de resíduos sólidos.

Tabela 3–Variáveis de qualidade da água obtidas nos 4 poços na ilha de Cotijuba/PA

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PORTARIA Nº 2914	UND
pH	4,7	4,7	3,6	4,8	6,0 a 9,5	-
Cloro livre	X	0,01	X	X	0,2 a 2,0	mg.L ⁻¹
Cor	9	10	8	6	15	uH
Turbidez	3,8	4,8	3,4	5,5	5,0	uT
Ferro Total	0,11	0,14	0,08	0,13	0,3	mg.L ⁻¹
Amônia	0,1	0,2	0,03	0,02	Máximo de 1,5	mg.L ⁻¹
Nitrato	1,2	1,3	1	1,4	10	mg/L
TOTAIS	Presença	Presença	Ausência	Presença	Ausência	/100 mL
E.Coli	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	/100 mL

4. CONCLUSÃO

Os métodos GOD e POSH são métodos economicamente viáveis para análise de vulnerabilidade e risco à contaminação de aquíferos, principalmente para regiões carentes de dados espaciais em escala de detalhe que permitam uma caracterização meticulosa da região. São ainda mais eficientes quando associados a análises de qualidade da água.

A qualidade da água em Belém e regiões insulares, tais como Cotijuba, Mosqueiro, vem apresentando altos índices de contaminação devido à má gestão do poder público em relação aos usos preponderantes da água. Dessa forma, por meio das análises dos parâmetros físico-químico e microbiológicos, foi possível inferir que a qualidade da água subterrânea na Ilha de Cotijuba sofreu algumas alterações devido ao uso e ocupação do solo, como foram observadas nos resultados do método POSH, pois o sistema de esgotamento sanitário da região é por meio de tanques sépticos ou fossas negras.

Os poços analisados não apresentaram alterações significativas na sua qualidade, no entanto em P1, P2 e P4 houve presença de coliformes totais, que possui relação direta com a área mais degradada pela urbanização. Com o levantamento em campo e a elaboração do mapa de uso do solo na ilha de Cotijuba, foi possível observar que apesar da falta da rede de esgotamento sanitário e a expansão urbana na ilha, a mesma apresenta-se em bom estado de preservação, visto que, a vegetação nativa apresenta em termos de área 56.7%, ou seja, mais da metade da área da ilha de Cotijuba.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. M.; MATTÁ, M. A. S.; DIAS, E. R. F.; SILVA, D. P. B.; FIGUEIREDO, A. B. de. **Qualidade das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras na Bacia Hidrográfica do Tucunduba - Belém/PA.** In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2004.
- AMARAL, L. A.; NADER, A. F.; ROSSI, O. D. J.; FERREIRA, F. L.A.; BARROS, L.S.S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais.** Revista Saúde Pública, São Paulo, 2003.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. – São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

- ANNAPOORNA, H.; JANARDHANA, M.R. Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose in Rural Areas Surrounding a Defunct Copper Mine. **Aquatic Procedia** **4**, 2015, 685 – 692.
- BANKS, D.; KARNACHUK, O. V.; PARNACHEV, V. P.; HOLDEN, W.; FRENGSTAD, B. (2002). Groundwater contamination from rural pit latrines: examples from Siberia and Kosova. *J CharteredInst WaterEnvironManage*, **16**(2), 147–152
- BELÉM. Companhia Paraense de Turismo. Governo do Pará. (2011). Belém, Pará. Disponível em: <<http://www.paratur.com.br/portal/turismo-no-norte/ilha-de-cotijuba-belem-pa/>>. Acesso em: 06 jun. 2015.
- BELÉM. Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, Companhia de Desenvolvimento Metropolitano e Secretaria de Urbanismo. (1997) **Plano diretor da Ilha de Cotijuba**. Belém, Pará.
- BELÉM. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. Dispõe sobre o **Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências**. DOU, 2008.
- BRASIL. Ministério da saúde. Portaria Nº 2914/2011: **Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011.
- BRASIL. PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011: **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Disponível em:<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 14 Maio 2015.
- CARDOSO, A.L.P.; TESSARI, E.N.C.; CASTRO, A.G.M.; KANASHIRO, A.M.I.; ZANATA, G.F. Incidência de coliforme e Salmonellasp. em águas provenientes de abatedouro avícola. **Higiene Alimentar**, v. 17, n. 111, 2003, p. 73-78.
- CARVALHO, A. R., SCHLITZER, F. H. M. & TORNISIELO, V. L. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico químicos da água**. Quím. Nova, **23**:618-622, 2000.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade da Água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>>. Acesso em: 14 jun. 2015
- FERNANDES, J. F. & ROCHA, C. P. **Avaliação da qualidade da água destinada ao abastecimento público no município de Japaraíba-MG**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
- FOSTER et al. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea**: Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento-Banco Mundial. 2006.
- FOSTER, S.S.D. **Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy**, in W. van Duijvenbooden and H.G. van Waegeningh (eds.), **Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information** No. 38 of the International Conference held in the Netherlands, In: TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands. 1987.
- GADELHA, F. J. S. **Verificação da Presença de Nitrito em Águas de Consumo Humano da Comunidade de Várzea do Cobra em Limoeiro do Norte – Ce**. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 57, Fortaleza – CE. 2005. Anais.
- GOMES et al. **Verificação da vulnerabilidade de aquíferos em ilhas da amazônia utilizando sistema god, estudo de caso na ilha de cotijuba – pa**. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) **Censo demográfico**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150140>>. Acesso em: 30 de jun. de 2015.
- LOBLER, C. A.; SILVA, J. L. S. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. (2015). **Rev. Ambient. Água**. Taubaté, **10**(1), 141-152.
- LOPES, A. S. C. **A Construção da Identidade da Infância na Amazônia Ribeirinha**: ilha de Cotijuba Belém, PA. (2012). Porto Alegre.
- MENDES, A. C.; PROST, M. T. & CASTRO, E. **Ecosistemas Amazônicos: dinâmicas, impactos e valorização dos recursos naturais**. (2011) Belém: **Museu Emílio Goeldi**.
- PEREIRA et al. **ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**. (2015). São Paulo: Abas, **29**(2). Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27947>>. Acesso em: 06 jun. 2015.
- PORTO, L. J. L. S.; ROCHA, M. A. B. **Da Trilha do Sol à Ilha do Inferno – Cotijuba**: Zoneamento Geoambiental. (2006). Universidade Estadual do Pará, Engenharia Ambiental.
- PREFEITURA DE BELÉM. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém – Pará** (PMSB), 2014.
- QUEIROGA, I.; SANTOS, C.; CARNEIRO, L.; **Ocorrência de Coliformes Totais na Presença de Cloro Residual Mínimo no e Distribuição Pública de Água Potável da Cidade de Abadia Goiás**. (2007). New Lab, Goiás, 148 – 154.
- SILVA, D. D. et al. Falta de Saneamento Básico e as Águas Subterrâneas em aquífero freático: Região do Bairro Pedra Noventa, Cuiaba (MT). (2014). **Eng. Sanit. Ambient.**, **19**(1), 43-52, Rio de Janeiro.
- TAVARES, P.R.L. et al. Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil. (2009). **Rev. Esc. Minas**, **62**(2), 227-236, Ouro Preto.