

IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MORRO SANTA TEREZINHA, FORTALEZA – CEARÁ

*Franklin de Andrade Carneiro¹, Sônia Maria Silva Vasconcelos²;
Carla Maria Salgado Vidal Silva³ & Maria Marlúcia Freitas Santiago⁴*

RESUMO – A área de estudo está localizada na costa leste do Município de Fortaleza assentada sobre os depósitos de dunas/paleodunas. Este ecossistema é composto por areias não consolidadas e extremamente homogêneas e finas, apresentam condutividade hidráulica oscilando entre 0,73 e $2,5 \times 10^{-4}$ m/s, que permite considerá-las como excelente aquífero. O objetivo desse trabalho é identificar os principais fatores influentes na qualidade das águas subterrâneas do Morro Santa Terezinha, Fortaleza/Ce. A metodologia constou de cadastramento dos poços, obtenção dos dados atuais das obras de captação, caracterização físico-química e bacteriológica dos poços monitorados (10 tubulares e 4 cacimbas) e cadastramento das fontes potenciais de poluição. Foi confeccionada uma base digital posicionando as obras de captação de água subterrânea e observou-se que existe uma vulnerabilidade dos mesmos à poluição pelos componentes nitrogenados e microorganismos patogênicos. As principais fontes de poluição cadastradas e analisadas para este trabalho incluem: disposição inadequada de resíduos sólidos, lançamento de efluentes de esgotos domiciliares associadas à ausência de saneamento básico, águas superficiais poluídas e construção de poços tubulares sem a adoção de medidas técnicas corretas.

ABSTRACT - The area of study is located on the east coast of the township of Fortaleza and situated on palaeodune/dune deposits. This ecosystem is characterized by unconsolidated sands, extremely fine and homogeneous, and present hydraulic conductivities between 0.73 and 2.5×10^{-4} m/s, defining them as excellent aquifer. The objective of this paper is to identify the main factors that influence groundwater quality of Morro (colin) Terezinha, Fortaleza/Ce. Methodology included a well survey, including actualization of their characteristic data, and a survey of sources of pollution and a photographic documentation of the locations. Based on a digital data base, a hydro-geologic diagnosis of the wells revealed their elevated vulnerability to pollution through nitrogen compounds and pathogenic microorganisms. Principal sources identified in this research include: inadequate deposition of solid waste, discharge of domestic wastewater due to missing of basic sanitation, polluted surface water, and well construction without observation of technical standards.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas, Fontes de Poluição, Morro Santa Terezinha

1. Mestre em Geologia/UFC. Rua Maranguape 422. Parque Santo Amaro. Fortaleza/CE. (85) 3497-0306; E-mail: frngeo@yahoo.com.br

2. Profa. Dra. Adjunta do Departamento de Geologia/UFC. Av. Humberto Monte, s/n, Pici. Fortaleza/CE. (85) 3366-9875; E-mail: smaria@ufc.br

3. Profa. Dra. Departamento de Física. Cx Posta 6030 Fortaleza/CE. (85) 3366-9913; E-mail: carla@fisica.ufc.br

4. Profa. Dra. Departamento de Física. Cx Posta 6030 Fortaleza/CE. (85) 3366-9913; E-mail: marlucia@fisica.ufc.br

1. INTRODUÇÃO

Sabemos que tradicionalmente os adensamentos urbanos e cidades litorâneas foram edificados sobre dunas/paleodunas, os quais geologicamente são considerados excelentes aquíferos e por apresentarem alta permeabilidade são vulneráveis à poluição.

Assentado sobre os depósitos dunares na zona costeira leste da Cidade de Fortaleza, o Morro Santa Terezinha, vem apresentando elevadas taxas de crescimento urbano nos últimos trinta anos, forçando a comunidade a conviver com a problemática questão entre o ambiental e o social (Carneiro, 2009). Destituídos de infra-estrutura adequada (saneamento básico e oferta de água tratada), recorrem de forma indiscriminada, ao manancial subterrâneo para suprir suas necessidades hídricas e, as fossas sépticas e/ou negras para despejar seus esgotos, favorecendo a poluição hídrica do aquífero e a possíveis doenças de veiculação hídrica.

O uso e a ocupação desordenada no Morro Santa Terezinha constitui um dos grandes problemas de contaminação do lençol freático, uma vez que, favorece o deslocamento de microrganismos transmissores de doenças o recurso hídrico subterrâneo. Esta é uma prática comum em diversos pontos da região costeira de Fortaleza (Quesado Júnior, 2001).

A ocupação urbana na zona costeira e o conseqüente acréscimo na demanda de água vêm estimulando o consumo de água subterrânea aumentando o risco de desequilíbrio hidrodinâmico do aquífero e de contaminação das águas subterrâneas (Costa *et al.*, 2004).

Este trabalho busca identificar os principais fatores influentes na qualidade das águas subterrâneas no Morro Santa Terezinha, Fortaleza/CE, através de observações realizadas *in Loco*.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está localizada na costa leste do município de Fortaleza e abrange uma extensão de aproximadamente 3,14 km², compreendendo o bairro Vicente Pinzon e algumas porções do bairro Cais do Porto (Figura 1), delimitada por um retângulo com vértices diagonais posicionados nos pontos de coordenadas UTM: 557.750 m E, 9.587.350 m N, e 559.650 m E, 9.589.000 m N.

2.1. Aspectos Fisiográficos e Geológicos

Por localizar-se na faixa costeira, a área enquadra-se na classificação do tipo climático Aw': tropical chuvoso quente-úmido com chuvas no verão e outono (Köppen, 1948). A precipitação média anual, para o período de 1974 a 2007 é de 1624,3 mm, destacando-se a alternância entre um

período de escassez de precipitação, de julho a dezembro, e um período de chuvas concentrado entre os meses de janeiro e junho (FUNCEME, 2007)

A temperatura média de Fortaleza se situa na faixa de 27,6 °C (máxima) a 26,0 °C (mínima) tendendo a aumentar no segundo semestre do ano, sendo mais elevada nos meses de novembro e dezembro. No primeiro semestre, as temperaturas são mais elevadas em janeiro e fevereiro.

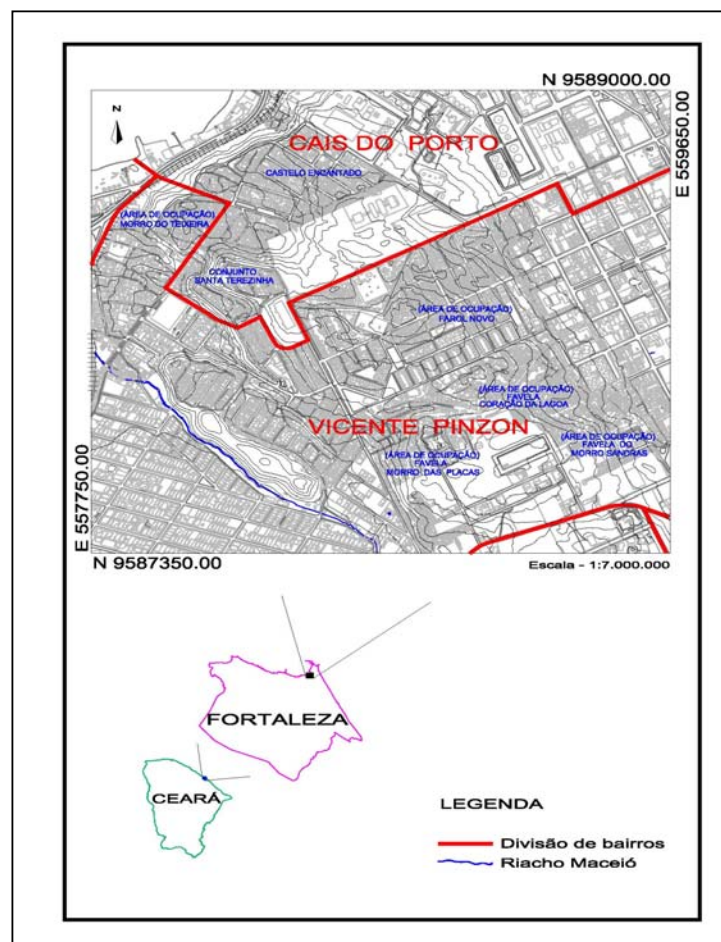


Figura 1 – Localização da área de estudo.

A compartimentação geomorfológica da área de estudo é composta pela unidade geoambiental da planície litorânea, a qual pode ser representada nas geofácies da faixa praial, dos campos de dunas e das planícies fluviais e flúvio-marinhas, resultantes de processos de acumulações eólicas, marinhas e fluviais, isoladas ou em conjunto.

A faixa praial está gradativamente sujeita tanto à ação da hidrodinâmica litorânea quanto da dinâmica eólica. A disponibilidade de sedimentos, correntes marinhas, marés e a ação das ondas atuaram como fonte de areia para a formação da morfologia da área de estudo. A remobilização das areias definiu a gênese de corpos dunares com cotas que superaram os 60m acima do nível do mar,

como por exemplo, nas proximidades da Faculdade Fanor (nordeste da área de estudo) e no Morro de Santa Terezinha (Figura 2).

Os campos de dunas estão distribuídos geograficamente ao longo da planície litorânea, e são representados, principalmente, por feições deposicionais ativas e inativas. Conforme a classificação de Branco (2003), as feições deposicionais fixas por vegetação estão representadas por dunas longitudinais (dunas caracterizadas por cristas alongadas e alinhadas de acordo com a direção dominante do vento), presentes nos bairros Vicente Pizon (Morro Santa Terezinha) e Praia do Futuro, Dunas e Sabiaguaba, com o desenvolvimento de gramíneas e vegetação arbustiva.



Figura 2 – Dunas fixas por vegetação no bairro Vicente Pinzon

A geologia local é formada por sedimentos cenozóicos do período Neógeno. São areias quartzosas, esbranquiçadas de granulação fina a média bem selecionada, com grãos de quartzo fosco e arredondados, esporadicamente com níveis de minerais pesados (CPRM, 1996). Esses sedimentos ocorrem em todo o entorno do Morro Santa Terezinha; enquanto que, os sedimentos Flúvio-aluvionares do Riacho Maceió ocorrem ao sul da área estudada, sobrepostos aos sedimentos da Formação Barreiras (Tércio-Quaternário).

Quanto aos solos, na Planície Litorânea são encontrados os Neossolos Quartzarênicos, os quais são profundos, têm baixa fertilidade natural, são excessivamente drenados, podendo apresentar problemas de erosão eólica nas áreas mais expostas ao vento (EMBRAPA, 1999). Os solos originais do Município de Fortaleza encontram-se em sua maioria (algo em torno de 80%), degradados substancialmente devido à expansão urbana.

2.2. Aspectos Hidrogeológicos

Na área de estudo ocorre o sistema hidrogeológico sedimentar constituído da unidade Dunas/Paleodunas. Ocorrem bordejando a orla da área do município, sendo que, localmente, observa-se que adentram ao continente na porção leste e oeste, mais precisamente na Praia do Futuro e Barra do Ceará.

O sistema Dunas/Paleodunas possui elevados índices de porosidade e permeabilidade, funcionando como aquífero transmissor para a unidade sotoposta (Formação Barreiras). É composto por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, apresentando características hidrodinâmicas comuns, fazendo parte de um mesmo sistema hidrogeológico (Bianchi *et al.*, 1984; Leal, 1990; Cavalcante, 1990; Vasconcelos, 1999).

Campos & Menezes (1982 *apud* Quesado Júnior, 2001) estudaram os campos de dunas da Abreulândia e Cocó, através de uma bateria de poços da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, e obtiveram dados hidrodinâmicos e de produção, através de teste de aquífero (Tabela 1)

Tabela1 – Valores Médios dos Parâmetros Hidrodinâmicos para o Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas da Abreulândia e Cocó.

Local	T (m ² /s)	K (m/s)	Q (m ³ /h)
Abreulândia	3,15 x 10 ⁻³	7,00 x 10 ⁻⁴	6,40
Cocó	1,94 x 10 ⁻³	2,50 x 10 ⁻⁴	6,00

T – Transmissividade; K – Permeabilidade; Q - Vazão

Classifica-se este sistema, como um aquífero livre, com espessura variando entre torno de 10 m e nível estático subflorante ou atingindo no máximo cerca de 6 m. O posicionamento do nível estático deste sistema é função da sazonalidade climática, isto quer dizer a espessura mínima saturada pode, posteriormente, atingir o máximo, ou vice-versa.

As águas deste sistema aquífero são captadas por poços tubulares rasos, com profundidades que não ultrapassam a 20 metros, perfurados normalmente em 10” e revestidos em 6” ou 4”, produzindo vazão média de 6,0 m³/h podendo alcançar, localmente, até 15 m³/h (Cavalcante, 1998).

3. METODOLOGIA

A etapa de campo foi realizada no período de julho de 2007 a Junho de 2008 consistindo no reconhecimento e estudo da área. Foi realizado um levantamento paisagístico buscando delimitar as

feições do terreno, identificação das unidades hidrogeológicas e do sistema de abastecimento de água através dos poços previamente cadastrados.

Foram inventariados 170 poços provenientes do cadastro da COGERH/PIVOT e adicionados 24 novos poços oriundos do levantamento de campo, estes foram identificados suas coordenadas geográficas em UTM com o GPS portátil e plotados numa base cartográfica digital usando o *software* AutoCad 2000. Dos poços inventariados 175 são tubulares e 19 são cacimbas (Figura 3).

Na verificação da acuracidade das informações, tanto no mapeamento, quanto do inventário dos poços, foram obtidos dados atuais das obras de captação e amostragem físico-química e bacteriológica da água subterrânea de 14 poços. Foram identificadas as coordenadas geográficas dos principais pontos com risco potencial de poluição da água subterrânea (esgotos, fossas sépticas, resíduos sólidos, poços quebrados e etc.), mostrando que, a ocupação desordenada da área de estudo interfere na qualidade do recurso hídrico subterrâneo.

O trabalho de campo envolveu a observação e descrição do campo de dunas do Morro Santa Terezinha, em relação ao uso e ocupação, realização de tomadas fotográficas das fontes potenciais de poluição, como também, foram coletados depoimentos junto à associação de moradores do Morro Santa Terezinha sobre seus principais problemas ambientais.

4. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

As águas subterrâneas são aquelas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, de forma suscetível de extração e utilização pelo homem. Este recurso hídrico é susceptível de ser afetada pelas atividades antrópicas, representada pelos usos e ocupações do meio físico, em particular pelas áreas urbanas, deficiência de infra-estrutura e de equipamentos sociais.

O uso e a ocupação desordenada no Morro Santa Terezinha constitui um dos grandes problemas de contaminação do lençol freático, uma vez que, as condições de saneamento básico inexistem e/ou são deficientes. As fontes potenciais de poluição capaz de influenciar na qualidade das águas subterrâneas no Morro Santa Terezinha foram identificadas e analisadas como sendo: disposição inadequada de resíduos sólidos, falta e/ou deficiência do esgotamento sanitário, águas superficiais poluídas e construção de poços tubulares sem adoção de medidas técnicas corretas (Carneiro, 2009).

Estas fontes de poluição antropogênica causam a contaminação dos aquíferos pela infiltração de substâncias poluidoras, como: (a) nitratos (derivados dos esgotos, fertilizantes, lixões e drenagens de ruas); com alta mobilidade e bastante solúvel em água; (b) Bactérias e Vírus proveniente dos esgotos e lixões.

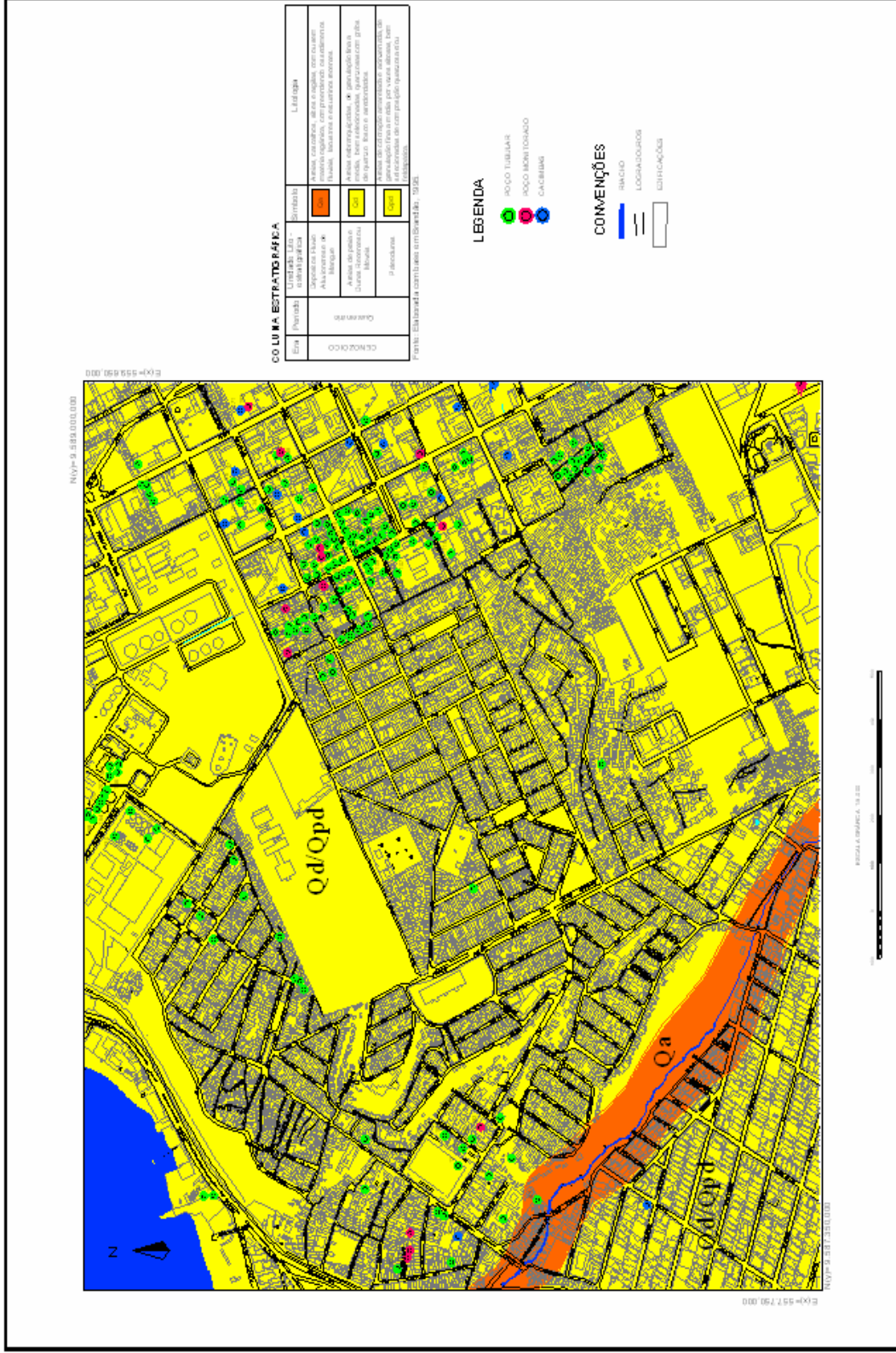


Figura 3 - Mapa de pontos de captação da água subterrânea em base litológica da área de estudo.

4.1. FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO

Foster & Hirata (1998), em uma análise das atividades antrópicas potencialmente geradoras de carga contaminante, estabeleceu que é importante reconhecer quais são fontes são de poluição; (a) emissão pontual, mais fáceis de serem identificadas, pois causam plumas de contaminação mais concentradas e mais definidas; (b) emissão dispersas ou difusas, que geralmente não apresentam plumas de contaminação definidas, mas impactam uma área muito mais larga e, assim, maior volume do aquífero.

4.1.1. Fontes Pontuais de Poluição

A área pesquisada apresenta grande densidade de poços que necessitam de um cuidado especial na construção dos mesmos, devido à extrema vulnerabilidade natural aos impactos antrópicos, associada às condições de ausência de saneamento básico, águas superficiais poluídas, uso e ocupação desordenada do meio físico.

A Figura 4 mostra o poço P86, localizado num lava-jato na Comunidade do Morro Santa Terezinha, com profundidade de 10 metros e o nível estático de 3 metros. Observamos algumas irregularidades em relação às normas de proteção em seu entorno, pois não possui nenhum tipo de proteção sanitária (abrigo, falta de cimentação, laje de proteção), estando susceptível a contaminação superficial pela emissão de efluentes domésticos e produtos químicos. A água deste poço é utilizada na lavagem de carros e caminhões, como também, para consumo doméstico dos moradores, porém, essa família não tem nenhum tipo de conhecimento sobre a qualidade da água que está consumindo e sobre os riscos de contaminação por poluentes químicos.

A fim de evitar a entrada de águas superiores, a boca do poço deve sobressair de pelo menos 0,5 m da superfície do terreno, e ao redor desta deve ser colocada uma placa de cimento com espessura variável, cerca de 15 cm. A Figura 5 mostra a situação inversa da recomendada pelas normas técnicas da ABNT (NB-1290), onde a boca do poço P12 é bem próxima à superfície do terreno e não existe laje de cimentação para o mesmo.

Tajra (2001) nos cita que, a escolha do local de perfuração, a existência ou proximidade de fossas sépticas, esgotos canalizados ou não e de locais de despejo de efluentes industriais são elementos determinantes para a proteção de poços.



Figura 4 - Poço P86, onde são observadas as más condições de preservação e manutenção do entorno do poço.



Figura 5 – Poço P12, localizado num campo de futebol da Comunidade, não apresentando as condições mínimas das normas técnicas da ABNT (NB-1290).

Na Figura 6, observamos que a relação entre poço/fossa na residência da moradora, não obedece a distancia mínima de 30 metros recomendável pela ABNT NB 1290, estando à fossa a uma distância inferior a 5 metros do poço. Admitindo-se que, o fundo da fossa esteja a cerca de 2,00 m de profundidade, ter-se-ia, na situação mais desfavorável, uma distância mínima de 2,30 m entre o lençol freático e o fundo da fossa, no período de junho de 2008.

Segundo Finnemore e Hantzche (1983 *apud* Araújo, 2001), quando a distância mínima entre o lençol freático e o fundo das fossas é inferior a 2 ou 3 m, ocorre o funcionamento inadequado dos sistemas sépticos.



Figura 6 - Poço P148, mostrando a irregularidade na construção da fossa da residência (2) e a vulnerabilidade do poço tubular (1).

Para resolver o problema da “falta de água”, a população busca nas águas subterrâneas uma possibilidade de resolver seus problemas por meio da perfuração de poços tubulares e/ou construção de poços manuais. Como a captação de água, quase sempre é realizada de modo emergencial, nem sempre são obedecidas às normas técnicas que regem locação, perfuração e completação, no que se refere aos poços na área de estudo. Assim, o “poço” passa a funcionar como condutor direto e eficiente das águas mais superficiais, quase sempre poluídas, a níveis aquíferos mais profundos.

A interligação da zona superficial com zonas mais profundas, através dos poços, pode constituir-se em meio direto de poluição das águas subterrâneas. Um erro na construção dos poços colocará as águas subterrâneas sob risco de poluição. Normalmente os poços mal construídos não são vistoriados e os poços abandonados não são tamponados (protegidos).

No Brasil são produzidas, aproximadamente, 242.000 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos, sendo que 75% deste ficam dispostos a céu aberto. O Município de Fortaleza chega a produzir diariamente, em média, 3.000 toneladas/dia, onde é depositado dia e noite no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Asmoc) desde 1998 (O Povo, 2007).

No Morro Santa Terezinha devido à falta de uma cultura de educação ambiental e um sistema de coleta eficiente, a população desfaz dos seus resíduos sólidos das diversas formas possíveis, não se preocupando com os danos causados pela disposição inadequada, principalmente nas encostas do

morro, local geologicamente vulnerável (Figura 7 a, b). O despejo de lixo das moradias, bares, mercearias, feiras é realizado a céu aberto, o que constitui, entre outros, em potencial poluente da água subterrânea.



Figura 7 (a) e (b) - Despejo de resíduos sólidos no Morro Santa Terezinha, caracterizando atividade poluidora dos recursos hídricos subterrâneos.

Muitas vezes, produtos de limpeza, lixo industrial, rejeitos de construção, entre outros, se misturam num só local envolvendo reações químicas que aceleram a dissolução e liberação de produtos altamente prejudiciais para a rede de drenagem e aquíferos.

Várias doenças podem ser transmitidas ao homem quando não há coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos. Os resíduos de natureza orgânica, parcela significativa dos resíduos sólidos domiciliares, constituem um “habitat” favorável à proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de doenças ao ser humano.

Na medida em que ocorre o desenvolvimento e a urbanização da região circunvizinha da área de estudo por condomínios residenciais, favelas e conjuntos populares, associado à prática de captação de água subterrânea por cacimbas e poços tubulares, aumenta a necessidade de um diagnóstico das condições qualitativas das águas e dos processos de interações entre águas superficiais e subterrâneas e, se necessário, a implementação de medidas preventivas ou corretivas.

4.1.2. Fontes Dispersas ou Difusas de Poluição

No Brasil, o índice médio de domicílios com esgotamento sanitário é de 50,6%. Em relação ao tratamento dos esgotos, os resultados são ainda mais preocupantes, pois o índice nacional médio de tratamento dos esgotos gerados na área urbana é de apenas 28,2% (ANA, 2005). Este quadro deficitário gera impacto não apenas sobre os rios, mas influi diretamente sobre a qualidade da água subterrânea, especialmente nas áreas urbanas.

No Morro Santa Terezinha, onde é expressiva a quantidade de fossas sépticas, poços escavados e efluentes líquidos domésticos e industriais (Figura 8 a, b), é comum diagnosticar a presença do íon de nitrato (estágio final de oxidação da matéria orgânica), principalmente porque o posicionamento do nível estático é muito raso, quase sempre inferior a 10 metros e sujeito à variação sazonal. Estes fatores encontram-se localmente associados, propiciando a contaminação das águas subterrâneas e tornando-a em condições higiênico-sanitárias insatisfatórias.



Figura 8 (a) e (b) – Precariedade de Esgotamento Sanitário no Morro Santa Terezinha.

A concentração elevada de nitrato nos poços da área de estudo, superam em até três vezes VMP de 10 mg/L de $N - NO_3^-$, como é o caso do poço P62 (35,64 mg/L); e demonstra que é necessária a aplicação de técnicas de tratamento d'água para uso doméstico do recurso subterrâneo. A presença do nitrato acima do VMP, podem causar a metahemoglobinemia (cianose ou doença azul), que em casos extremos pode ser fatal para crianças recém nascidas e doenças carcinogênicas (câncer gástrico).

Nas zonas urbanas residenciais a principal preocupação é com a carga poluidora vinculada à forma de saneamento sem rede de esgoto. Foster & Hirata (1988) avaliou o nível de carga poluidora urbano-residencial dos municípios de São Paulo, com base no número da total da população do

município e na porcentagem da população com saneamento básico, diferenciando aquelas não assistida por água e esgoto. Desses valores, calculou-se a geração anual da carga de N-NO_3^- liberada, considerando que cada habitante seja responsável pela geração de 4 kg N-NO_3^- /ano.

Classificou em três níveis os índices de cargas potenciais poluidoras:

- *reduzido* - para valores menores que 20.000 kg N-NO_3^- /hab/ano;
- *moderado* – para valores entre 20.000 e 50.000 kg N-NO_3^- /hab/ano;
- *elevado* – para valores maiores que 50.000 kg N-NO_3^- /hab/ano.

Na Tabela 2, apresentamos os dados sobre o sistema de saneamento básico nos bairros que integram a área de estudo e o nível de carga poluidora para as águas subterrâneas associado à poluição urbana.

Tabela 2 – Classificação da carga poluidora para as águas subterrâneas por bairros

Bairros	População				Carga de N-NO_3^-	Classificação da Carga
	Urbana	Abastecida com água	Sem saneamento			
		(hab.)		(%)		
Vicente Pinzon	39.551	6.524 ⁽¹⁾	34.434	87	137.736	Elevado
Cais do Proto	21.529	5.892 ⁽¹⁾	17.618	82	70.472	Elevado

Fonte: (1) Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), 2007

Os bairros analisados encontram-se numa situação muito preocupante, devido à alta geração de carga poluidora, proveniente da população urbana, inserindo-se numa situação de índice “*elevado*”. Com o grande número de pessoas sem saneamento básico (87%), o bairro Vicente Pinzon, produz uma carga de 137.736 N-NO_3^- Kg/ano, enquanto o bairro Cais do Porto, com (82%) da população sem saneamento básico, produz uma carga de 70.472 N-NO_3^- Kg/ano.

Sob certas condições hidrogeológicas, várias unidades de saneamento “*in situ*” apresentam um risco de migração direta de bactérias e vírus patogênicos para aquíferos subjacentes e fontes vizinhas de águas subterrâneas.

A urbanização crescente nas grandes cidades, a falta de infra-estrutura saneamento adequada, tem se constituído como elementos responsáveis por graves alterações nos meios físicos e biológicos. Essas alterações frequentemente atingem corpos hídricos, tais como: lagoas, rios e riachos, localizados nos grandes centros urbanos.

As águas subterrâneas podem sofrer os impactos da carga poluente das águas superficiais, principalmente no contexto Dunas/Paleodunas, que apresentam maior vulnerabilidade ambiental e nível estático subaflorante (Cavalcante, 1998).

Na área de estudo podemos observar que, o Riacho Papicú/Maceió, se insere dentro desta realidade, pois, nos últimos anos, vem sendo alvo das mais variadas formas de agressões ambientais, desde o lançamento de efluentes domésticos e industrializados, resíduos sólidos e canalização de alguns trechos em áreas urbanizadas (Figura 9).



Figura 9 – Aspectos da poluição das águas superficiais no Riacho Maceió.

Para Silva (2003) os problemas ambientais que ocorrem no complexo hídrico Papicu/Maceió, têm sua origem na ocupação urbana sem considerar as limitações do meio físico. Tendo como principais vetores de degradação ambiental a intensa favelização emergente em suas margens, associada às obras de engenharia mal planejadas, refletindo no assoreamento dos leitos e freqüentes estrangulamentos dos cursos de água, bem como na poluição das águas superficiais pelo lançamento direto de resíduos líquidos e sólidos ocasionado pela falta de um sistema de saneamento básico eficiente e coleta regular de lixo.

Conforme ainda Silva (*op. cit.*) a qualidade da água do complexo hídrico Papicu/Maceió, apresenta sinais de poluição microbiológica por coliformes, pois todas as amostras de água analisadas no período de abril a outubro de 2002 apresentaram presença de coliformes, excedendo o limite máximo estabelecido pela Resolução 20/86 do CONAMA. Os valores elevados de NMP de coliformes totais e fecais são explicados devido à utilização desses corpos hídricos como receptores de efluentes domésticos e aos depósitos de resíduos sólidos de diversas naturezas encontrados nas suas margens.

É importante destacar que, a existência de poços em funcionamento nas proximidades do curso d'água poderá forçar a infiltração de água contaminada no aquífero invertendo o seu fluxo ou aumentando sua velocidade. A possibilidade desta poluição ocorrer dependerá do sentido de fluxo hidráulico existente entre o curso d'água e o aquífero subjacente.

No entanto, é recomendável atentar para o dimensionamento do perímetro de proteção do poço, evitando-se a possível degradação qualitativa induzida pelo bombeamento na área.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As Dunas/Paleodunas constituem o melhor potencial hidrogeológico da área, tendo características de aquífero livre e funcionando como aquífero principal ou de transferência, que induz o potencial hídrico para os aquíferos sotopostos.

As águas deste sistema aquífero possuem nível estático subaflorante e são captadas por poços tubulares rasos, com profundidades que não ultrapassam a 20 metros. São bastante vulneráveis aos componentes nitrogenados e microrganismos patogênicos, principalmente, por que a comunidade constrói poços escavados ou tubulares para substituir as fontes comunais de água sem obedecer às normas técnicas estabelecidas na ABNT (NB-1290).

As fontes potenciais de poluição para as águas subterrâneas no Morro Santa Terezinha são representadas pelo sistema de esgotamento sanitário deficiente, águas superficiais poluídas, disposição inadequada de resíduos sólidos e construção de poços tubulares sem a adoção de medidas técnicas corretas. Todas elas coexistindo no espaço urbano, necessita-se que seja requerido maior disciplinamento quanto ao uso e ocupação do meio físico, para que haja a convivência harmônica entre o homem e o meio ambiente, dentro da concepção de desenvolvimento sustentável.

Recomenda-se, que sejam realizadas obras de drenagem nas comunidades não atendidas pelo serviço de esgotamento sanitário e que os gestores públicos realizem ações preventivas e/ou corretivas a ameaça de contaminação da água subterrânea, representada por atividades passadas e presentes no Morro Santa Terezinha. Como também, ampliar a participação ativa e consciente da comunidade através de comitês, conferências e associações, potencializando sua efetiva contribuição na gestão ambiental do local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFC pelo apoio logístico e à FUNCAP pelo apoio financeiro.

BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Águas. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília: ANA, 2005. Caderno de Recursos Hídricos, 5.124 p.

ARAÚJO, P. P. (2001). **Variações sazonais dos componentes nitrogenados, em aquífero livre na zona urbana de Santa Isabel do Pará, nordeste do Estado do Pará.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. Belém.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NB-1290. **Construção de Poço para Captação de Água Subterrânea.** Março de 1990.

BIANCHI, L. PADILHA, M. W. M.; TEIXEIRA, J. E. M. **Recurso de água subterrânea na RMF. Fatores Condicionantes.** In: Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF – Fase I. Fortaleza, 1984. 189p.

BRANCO, M. P. N. C.; Lehueur, L. G. O.; Guimarães, J. E. (2003) **Proposta de Classificação das Feições Eólicas do Setor Leste da Região Metropolitana de Fortaleza.** Revista Geociências. São Paulo.

CARNEIRO, F. A. (2009). **Evolução do uso e ocupação do campo de dunas do morro Santa Terezinha, Fortaleza/CE.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Geologia, Fortaleza, 124p.

CAGECE, 2007. www.cagece.com.br

CAVALCANTE, I. N. (1998). **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará.** Tese de Doutorado. Área de Hidrogeologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, São Paulo. 153p.

COSTA, R. C., VASCONCELOS, S. M. S. & MAIA, L. P. (2004). **Aspectos Hidrogeológicos do Sistema Dunas/Paleodunas, Fortaleza, Ceará, Brasil.** Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Vol. 17, nº 2, 131-142.

CPRM, 1996, **Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza,** Escala – 1:150.000.

EMBRAPA. (1999). Conselho Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 412p.

FINNEMORE, E. J. & HANTZSCHE, N. N. (1983). **Groundwater mounding due to onsite sewage disposal.** *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 109, p.199-210.

FOSTER, S & HIRATA, C. A. R. (1998). **Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas: Uma metodologia embasada em dados existentes.** Tradução de Ricardo Hirata. Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda, Mara Iratini. São Paulo: Instituto Geológico, 90p. (Boletim, 10).

Jornal O Povo. Fortaleza, Janeiro de 2007.

QUESADO JÚNIOR, N. (2001). **Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências, Departamento de Geologia, UFC, Fortaleza, 118p.

SILVA, P. R. F. G. (2003). **Indicadores Ambientais do Complexo Hídrico Papicú/Maceió, Fortaleza -Ceará.** Dissertação de Mestrado. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 76p.

TAJRA, A. A. (2001). **Aspectos Técnico-constructivos dos poços tubulares e a legislação Pertinente. Área Piloto de Fortaleza-Ceará.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 109p.