

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO MORRO SANTA TEREZINHA, FORTALEZA/CE.: UMA AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO ANTROPICA

Franklin de Andrade Carneiro¹, Sônia Maria Silva Vasconcelos² &

Carla Maria Salgado Vidal Silva³

RESUMO

A área de estudo está localizada na costa leste do Município de Fortaleza, assentado sobre os depósitos de dunas/paleodunas. Estes ecossistemas são compostas por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas e finas, apresentam comportamento hidrodinâmico similar, que permite considerá-las como excelente aquífero. O objetivo deste trabalho é avaliar a potencialidade hidrogeológica e caracterizar a vulnerabilidade do campo de dunas do Morro Santa Terezinha à poluição antrópica. A metodologia constou de levantamentos bibliográficos e aquisição de dados (pluviométricos, poços e ortofotos) em instituições públicas e privadas; coleta de novos dados de levantamento de poços existentes na área e entrevista com os moradores; processamento digital das imagens aéreas e utilização do procedimento de *krigagem* para elaboração de mapas de contorno de carga hidráulica. Os resultados alcançados foram: mapa de isolinhas de carga hidráulica e vetores do fluxo hídrico subterrâneo, cálculo do balanço hídrico de Thornthwaite para Fortaleza (1974-2007), caracterização sócio-ambiental e identificação de focos de poluição.

ABSTRACT

The study area is located on the east coast city of Fortaleza, seated on the deposits of dunes/paleodunes. These ecosystems are composed of sand and very little consolidated homogeneous and fine, show similar behavior hydrodynamic, allowing consider them as excellent aquifer. The objective of this study is to assess the potential hydrogeological and characterize the vulnerability of the field of dunes the Morro Santa Terezinha manmade pollution. The methodology consisted of bibliographic surveys and data acquisition (rainfall, wells and orthophotos) in public and private institutions; collection of new data for the lifting of existing wells in the area and interviews with residents, digital processing of aerial imagery and use of the procedure kriging to draw up maps of contour of hydraulic load. The achievements were: isolines map of the hydraulic load and vectors of underground water flow used by the kriging method, calculation of the water balance of Thornthwaite to Fortaleza (1974-2007), socio-environmental characterization and identification of focus of pollution.

Palavras-chave

Hidrogeologia, Dunas/Paleodunas, Morro Santa Terezinha.

¹ Especialista em Ensino da Geografia/UECE e mestrando do curso de 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

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Fortaleza sofreu um acelerado crescimento urbano nas últimas décadas, sem que houvesse um ordenamento e controle do processo de uso e ocupação do solo. A conjugação desses fatores proporcionou o surgimento de diversos problemas ambientais entre eles: à poluição das praias, das águas superficiais e subterrâneas, erosão costeira acelerada, invasão de áreas protegidas e ocupação desordenada dos campos de dunas (ANDRADE *et al*, 2007).

O Morro Santa Terezinha e áreas circunvizinhas, localizado na zona costeira leste de Fortaleza à ocupação não aconteceu de forma diferente. A área de estudo, apresenta-se como um conjunto de bairros de ocupação antiga, de onde pescadores e os trabalhadores do porto foram, depois dos indígenas, os primeiros moradores.

O rápido crescimento demográfico nas últimas duas décadas vem refletido nas condições de vida de sua população, sobretudo quanto à moradia, abastecimento de água e saneamento básico. As intensas invasões desde a década de 1980 resultaram na transformação do espaço constituindo uma área de risco a moradia pela alta densidade populacional. Sem participar das políticas habitacionais, a população “menos abastada”, que ocupa as encosta do morro, destituída 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 dos recursos hídricos e as doenças de veiculação hídrica.

As águas subterrâneas do Morro Santa Terezinha vem sendo exploradas através de poços tubulares, cacimbas e chafarizes, quando não existe oferta d’água tratada, para abastecimento de residências, escolas, condomínios, lava-jatos, clubes esportivos, indústrias e etc. A utilização deste recurso hídrico representa uma fonte adicional no suprimento de água em áreas onde muitas vezes o funcionamento não é regular.

Esta pesquisa justifica-se pela necessidade de se ter estudos relevantes quanto às potencialidades e limitações de uso do referido campo de dunas, incluindo estudos das características ambientais e hidrogeológicas e por ser alvo de grande vulnerabilidade e intensas modificações, na sua dinâmica natural, especialmente em função da ação antrópica e do crescimento urbano acelerado na área.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada está localizada na costa leste de domínios territoriais do município de Fortaleza e abrange uma extensão de aproximadamente 3,14 km², compreendendo o bairro Vicente Pinzon e bairro Cais do Porto (Figura 1).

Está delimitada ao norte e a leste com o Oceano Atlântico, ao sul com os bairros do Papicú e Praia do Futuro, e à oeste pelo riacho Maceiozinho (Mucuripe) aproximadamente no limite das paleodunas, mais precisamente entre cujas coordenadas (UTM) 557.750 m E e 9.587.350 m N 559.650 m E e 9.589.000m N.

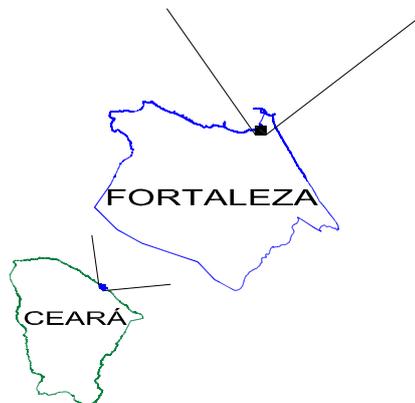
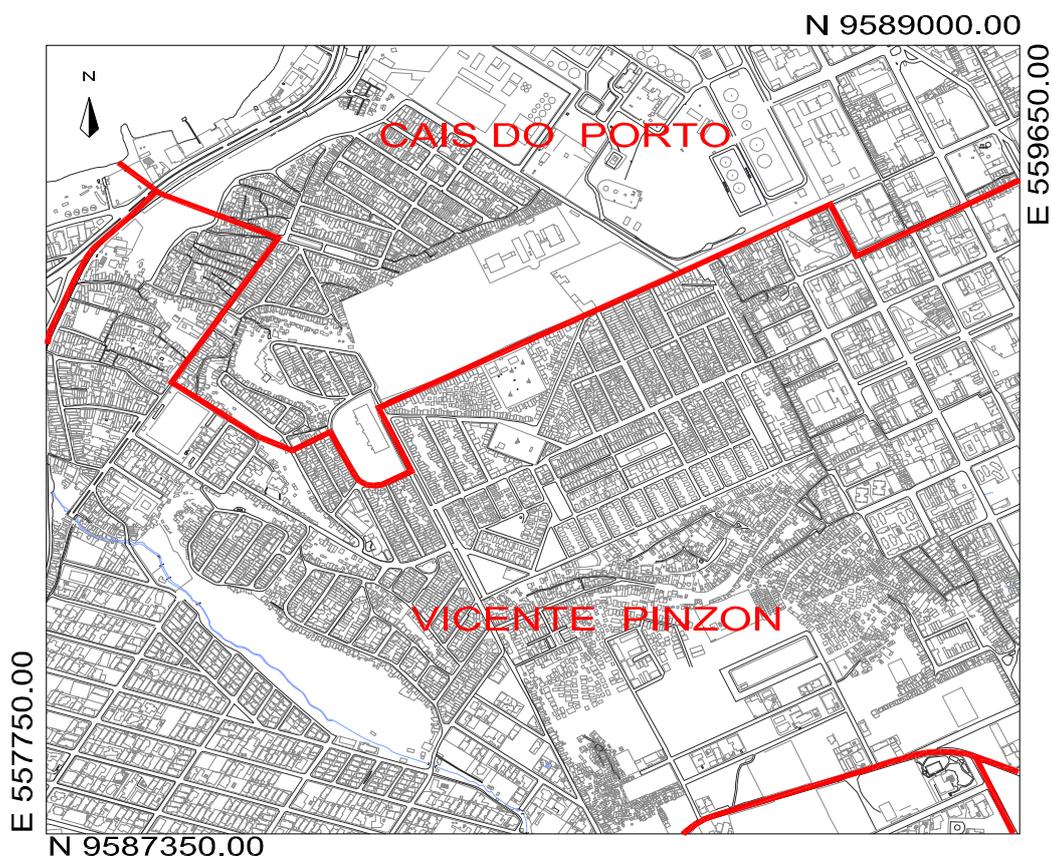


Figura 1 – Mapa de localização da área.

2.1. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E GEOLÓGICOS

A área de estudo, apresenta clima razoavelmente homogêneo, com pequenas variações ligadas ao regime pluviométrico. Segundo a classificação de Koppen (1948), Fortaleza apresenta clima do tipo Aw' - tropical chuvoso quente-úmido que, em geral, apresenta uma variação térmica destacada e dois períodos distintos, o chuvoso e o da estiagem.

Segundo dados fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), nos últimos 34 anos (1974 a 2007) os índices pluviométricos variaram, em média, entre o mínimo de 11,2 mm em novembro e o máximo de 357,7 mm em março, central do período de chuvas que vai de fevereiro a junho. Nos demais meses, as precipitações são escassas, com chuvas irregulares durante o resto do ano, de acordo com as características do clima semi-árido predominante na área.

A temperatura média de Fortaleza se situa na faixa de 27,6 °C (máxima) a 26,0 °C (mínima), onde a temperatura na região tende a aumentar no segundo semestre do ano (setembro a dezembro), sendo mais elevada nos meses de novembro e dezembro. No primeiro semestre, as temperaturas aumentam principalmente em janeiro e fevereiro e decrescem em março e abril, ocorrendo um aumento de temperatura em maio.

As condições climáticas da região favorecem o fenômeno da evaporação, o qual provoca perdas hídricas, sobretudo dos volumes ocupados em superfícies livres. Este processo é inerente ao regime pluviométrico: nos meses de janeiro a maio possuem menores índices, em média a 15 da evaporação anual. Os meses de menor pluviometria, ou seja, de estiagem, que vai de julho a janeiro, em geral, concentram 75% da evaporação total do ano.

Na zona litorânea, a taxa média de evaporação fica, em torno, de 2.300 mm/ano, enquanto nas áreas mais interiores alcança valores de 2.800 mm/ano. Não obstante, em períodos de seca a taxa de evaporação máxima é da ordem de 3.300 mm/ano (Brandão *et al.*, 1995).

As feições geomorfológicas da área em estudo podem ser agrupadas em dois domínios principais: os Glacis Pré-litorâneos e a Planície Litorânea. Segundo Ribeiro (2001), essa compartimentação geomorfológica está associada diretamente a litologia e aos fatores eustáticos e morfodinâmicos, podendo essas feições se configurar como área de recarga e área de descarga.

De acordo com Brandão *et al.* (1995), os Glacis Pré-litorâneos são formados por sedimentos miopleistocênicos pertencentes à Formação Barreiras que se distribuem como uma faixa de largura variável, formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar.

A Planície Litorânea está compreendida pelas feições geomorfológicas dos campos de dunas, das planícies fluviais e flúvio-marinhas e das praias. Apresenta uma estrutura horizontal, característica das planícies, expondo um modelo plano suavemente ondulado que se modifica, um pouco, nas áreas ocupadas pelas formações dunares (Morro Santa Terezinha), cujo relevo mostra-se mais ondulado.

O contexto geológico da área estudada é caracterizado pela ocorrência de coberturas sedimentares cenozóica sobrepostas a terrenos cristalinos pré-cambrianos, compreendendo a Formação Barreiras; os depósitos recentes, representados pelos sistemas dunares e também pelos sedimentos fluviais do Riacho Maceió.

A Formação Barreiras, de idade miocênica superior a pleistocênica, distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Na porção oriental da Região Metropolitana de Fortaleza (R.M. F) chega a penetrar até cerca de 30 km em direção ao interior, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura, também, é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular. Litologicamente é formada por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes, de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos.

Na faixa litorânea e sobreposto aos sedimentos do Barreiras, ocorrem as paleodunas e dunas recentes, onde constituem os melhores reservatórios hídricos subterrâneos. As dunas móveis ou recentes formam um cordão contínuo de areias secas que se desenvolvem na porção estudada. São destituídas de vegetação e fornecem sedimentos para os estuários e, também, migram para o interior dos continentes. Litologicamente são constituídas de areias claras, comumente esbranquiçadas, de granulação fina, formada principalmente por grãos de quartzo arredondados, bem classificados e comumente foscos, com raras concentrações de materiais pesados (Vasconcelos, 1999).

As paleodunas são formados de sedimentos arenosos inconsolidados distribuídos em toda zona costeira, repousando discordantemente sobre o Grupo Barreiras. Apresentam granulação fina à média, por vezes siltosa, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelados, alaranjados ou acinzentados.

Sobre as coberturas sedimentares ocorrem os rios e riachos que formam depósitos mais possantes, provenientes do retrabalhamento da Formação Barreiras e das dunas, resultando em acumulações dominantes constituídas por areias finas, siltes e argilas.

2.2. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Conforme Gomes (2008), no município de Fortaleza são encontrados 2 (dois) sistemas aquíferos, o sedimentar (constituído por Dunas/Paleodunas (99,4 Km²), Barreiras (120,4 km²), Aluviões (38,55 km²), e meio cristalino (55,45 km²). A área de estudo, localizada no sistema aquífero sedimentar, formado pelas unidades do Barreiras e Dunas/Paleodunas. Estas unidades, apesar de apresentarem semelhanças do ponto de vista físico-químico não apresentam as mesmas condições de armazenamento de água subterrânea (Cavalcante, 1998).

A formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica com intercalação de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos diversificados. Segundo Ribeiro (2001), a formação Barreiras possui espessura normalmente inferior a 55 m e suas condutividades hidráulicas, estão em torno de $1,8 \times 10^{-6}$, refletindo mais as características de um aquífero. Apresenta vazões médias de 2,8 m³/h, podendo encontrar-se valores de ordem de 17,6 m³/h. Em geral comporta-se como um aquífero livre, podendo localmente apresentar-se com semiconfinado.

Das formações geológicas distribuídas na área de estudo, as Dunas/Paleodunas, dispostas discordante sobre os sedimentos da Formação Barreiras ou sobre manchas aluvionares, constituem os melhores reservatórios hídricos subterrâneos e podem contribuir substancialmente para o abastecimento de água.

O sistema Dunas/Paleodunas possui elevados índices de porosidade e permeabilidade, funcionando como aquífero transmissor para a unidade sotoposta (Formação Barreiras). São compostas por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, apresentando características hidrodinâmicas comuns e fazendo parte de um mesmo sistema hidrogeológico.

Classifica-se este sistema, como um aquífero livre, com espessura variando entre 10 e 25 metros. Os valores de condutividade hidráulica e transmissividade oscilam entre 0,73 a $2,50 \times 10^{-4}$ e de 2,37 a 6,98 m²/h, respectivamente. Registram-se vazões médias de 6,0 m³/h, podendo alcançar localmente, até 15 m³/h (Ribeiro, 2001).

3. METODOLOGIA

Para avaliar a potencialidade hidrogeológica da área de estudo, foram obtidas medidas de totais mensais de precipitação pluviométrica e temperatura, registradas no período de 1974 a 2007, junto ao posto de observações meteorológicas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos

Hídricos – FUNCEME, para a estimativa da recarga subterrânea através do método do balanço hídrico utilizado o procedimento proposto por Thornthwaite.

A avaliação da infiltração pelo balanço hídrico utilizando o método de Thornthwaite, revela-se como o mais adequado para regiões com alternância de estações secas e chuvosas bem definidas, permitindo uma correlação entre a precipitação e a evapotranspiração real, a partir de médias mensais de uma série histórica de dados (Vasconcelos, 1999).

Neste trabalho utilizou-se o cadastro do Projeto de Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza desenvolvido pelo Consórcio COGERH/PIVOT para a SRH no período de 2001, onde foram inventariados 170 poços. O trabalho de campo foi realizado inicialmente em Julho/2007, com medições *in situ* de nível estático e condutividade elétrica, e a obtenção de novos poços oriundos do levantamento de campo (24 poços), onde foram identificados suas coordenadas geográficas em UTM com o GPS portátil e plotados numa base cartográfica, utilizando-se os aplicativos AutoCAD 2000 e Surfer 8,0.

Para verificação da acuracidade das informações, tanto no mapeamento, quanto do inventário dos poços, foram obtidos dados atuais das obras de captação e aspectos diversos; localização dos principais pontos com risco potencial de poluição existentes na área, mostrando a ação antrópica e modo de uso e ocupação do meio físico. Foram coletadas, junto aos moradores, lideranças comunitárias e órgãos de pesquisas, como: IBGE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e Secretaria de Infra-estrutura (SEINF/PMF), informações sobre os aspectos sócio-econômicos das comunidades que habitam o Morro Santa Terezinha e adquiridas ortofotos multitemporais para analisar o avanço da urbanização na área.

Na elaboração do mapa potenciométrico com indicação do fluxo do lençol freático, foram utilizados 69 poços com nível estático, onde foram determinadas as suas cotas para obtenção da carga hidráulica em cada um dos pontos. A malha de níveis de potencial hidráulico foi obtida por subtração dos valores de altitude e de nível estático calculados por interpolação. Para o traçado das linhas de isopotencial utilizou-se o procedimento *spline* de suavização. Os vetores do gradiente hidráulico foram obtidos aplicando-se a função mapa vetorial sobre a malha de interpolação de carga hidráulica.

O método básico da estimativa de valores interpolados é o da krigagem, que é considerado como o melhor estimador linear, permitindo que os dados obtidos por amostragem de certos pontos possam ser usados para parametrizar a estimação de pontos onde o valor da variável seja desconhecido (Landim, 2000).

A análise da evolução temporal foi obtida a partir do processamento de imagens fotográficas aéreas, o que permitiu a observação dos processos evolutivos relacionados ao avanço da urbanização na área de estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

A recarga das águas subterrâneas pode ser definida no senso geral como o fluxo d'água descendente que alcança o nível d'água de um aquífero livre, formando uma reserva de água adicional para as águas subterrâneas. A quantificação da recarga das águas subterrâneas é um pré-requisito básico para um eficiente manejo deste recurso hídrico.

No método do balanço hídrico estima-se a água que infiltra, restando determinar a quantidade de água que atravessa a zona não saturada. Este método tem sido amplamente utilizado na recarga potencial, que é calculada com o resíduo das perdas deduzidas a partir da precipitação, identificadas na forma de escoamento superficial e evapotranspiração (Vasconcelos, 1999).

O cálculo do balanço hídrico da área de estudo, utilizou os dados de precipitação do município de Fortaleza, com médias de totais mensais do período de 1974 a 2007. As temperaturas médias, para o mesmo período, foram usadas na fórmula de Thornthwaite para o cálculo da evapotranspiração potencial (ETP). A estimativa da evapotranspiração real (ETR) foi efetuada admitindo que a capacidade máxima de retenção de água no solo (C) é de 100 mm (Castany, 1975).

Com a aplicação do método proposto, obteve-se uma infiltração efetiva (Ie) anual de 550,2 mm, correspondendo a uma recarga subterrânea de 34% da precipitação anual média de 1.626,7 mm (Figura 2 e Tabela 1).

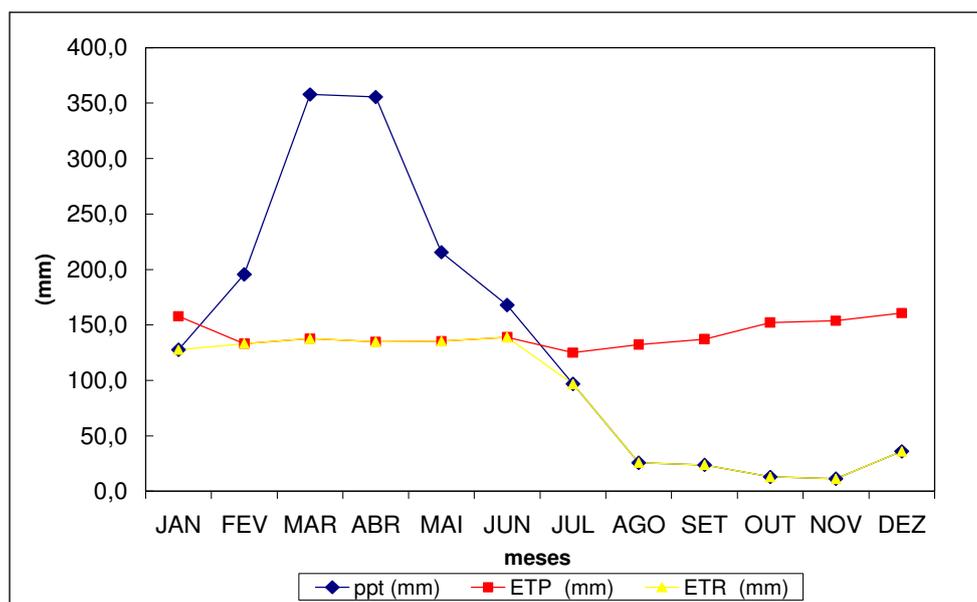


Figura 2 - Representação gráfica do balanço hídrico do município de Fortaleza, no período de 1974 a 2007.

Tabela 1 - Valores para o balanço hídrico de Fortaleza-CE no período de 1974 a 2007, calculado pelo método de Thorntwaite.

Meses	ppt (mm)	ETP (mm)	PPT-ETP (mm)	C (mm)	ETR (mm)	Ie (mm)
JAN	127,6	157,9	-30,3	0	127,6	0,0
FEV	195,5	133,2	62,4	62,4	133,2	0,0
MAR	357,7	137,7	220,0	100,0	137,7	220,0
ABR	355,5	134,7	220,8	100,0	134,7	220,8
MAI	215,6	135,3	80,3	100,0	135,3	80,3
JUN	168,0	138,9	29,1	100,0	138,9	29,1
JUL	96,8	125,0	-28,2	71,8	96,8	0,0
AGO	25,9	132,3	-106,4	0	25,9	0,0
SET	23,9	137,2	-113,3	0	23,9	0,0
OUT	13,0	152,2	-139,2	0	13,0	0,0
NOV	11,2	153,7	-142,5	0	11,2	0,0
DEZ	36,0	160,7	-124,7	0	36,0	0,0
TOTAL	1626,7	1698,8			1014,2	550,2

Na elaboração do mapa de carga hidráulica (Figura 3), foram utilizados 69 pontos de observação para gerar uma malha quadrada de 200 m de lado. Neste mapa, observa-se a representação da rede de fluxo através de vetores que indicam a direção e o sentido de escoamento, bem como dão uma indicação da velocidade através dos vetores que representam o gradiente hidráulico.

O fluxo subterrâneo é correspondente à morfologia e as características geológicas do terreno. Podemos observar na figura 3, que a área de recarga é toda a superfície do terreno não impermeabilizado no campo dunar, onde através do processo de precipitação e infiltração, alimenta os aquíferos, principalmente nos meses de maior precipitação (março a maio). O fluxo de sub-superfície apresenta uma distribuição radial das equipotenciais, a partir do centro deste, dos pontos de maior para menor carga hidráulica, favorecendo a descarga junto às drenagens superficiais e ao oceano. O gradiente hidráulico na área varia entre 4×10^{-4} e 4×10^{-1} .

O Morro Santa Terezinha se destaca por apresentar uma topografia que chega a ultrapassar a cota de 50 metros com declividades bastante acentuadas. Está localizado nas adjacências dos bairros do Vicente Pinzon e Cais do Porto, denominada de Grande Mucuripe, e se apresenta como um conjunto de bairros de ocupação antiga e bastante populosa, de onde pescadores e os trabalhadores do porto foram, depois dos indígenas, os primeiros moradores.

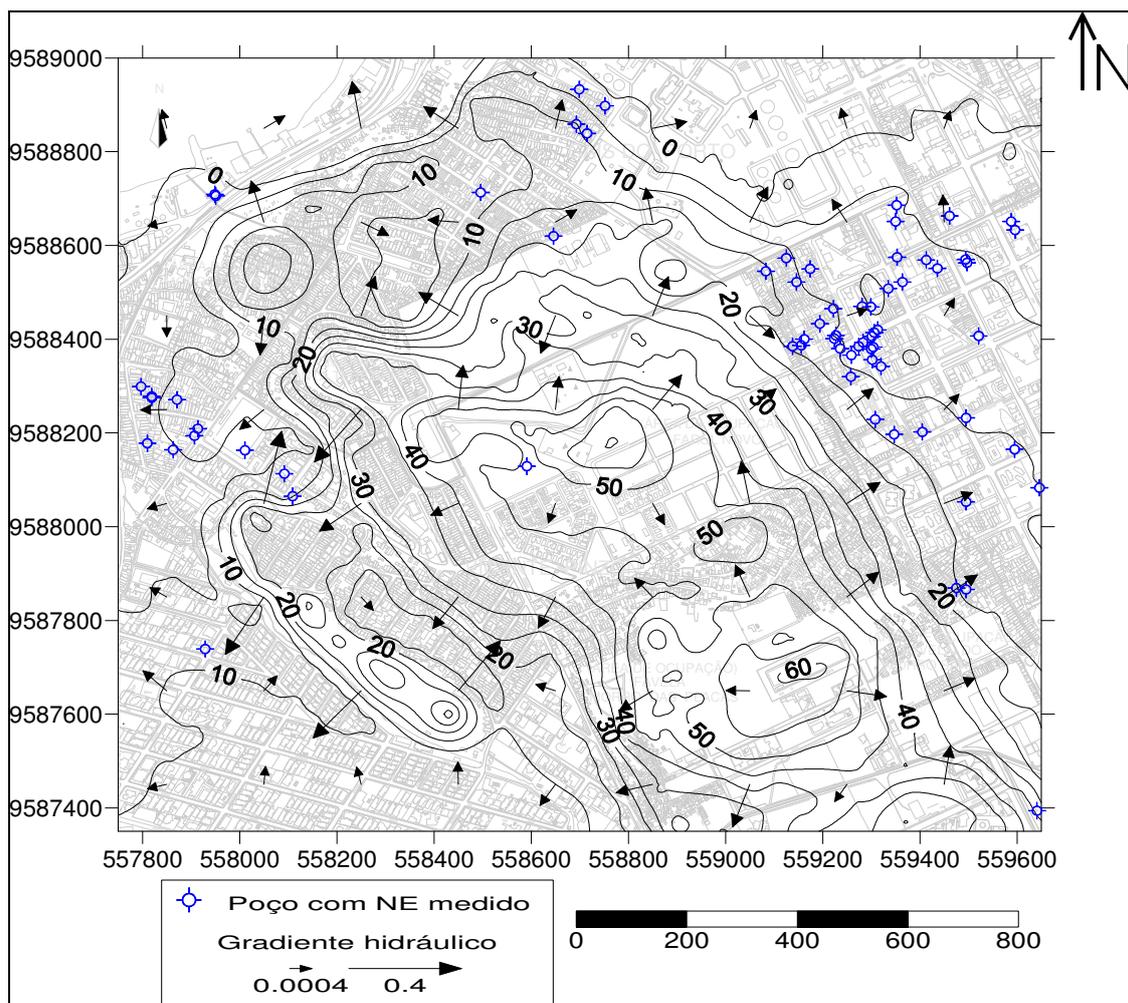


Figura 3 – Mapa de isolinhas de carga hidráulica e vetores de fluxo da área de estudo.

Através do processo de interpretação de fotografias aéreas, relativas aos anos de 1978 e 2006, foi possível analisar o comportamento evolutivo da área de estudo, com relação ao aspecto do avanço da urbanização no Morro Santa Terezinha.

No ano de 1978 (figura 4), observamos que a cobertura vegetal do ambiente dunar se encontra bem estabilizada. A área urbanizada neste ano, corresponde a 79,17 ha, ou seja, 25,3% da área de estudo (313,4 ha); em função da presença de alguns loteamentos, poucas vias de circulação e o Complexo da Petrobrás. A década de 1980 e 1990, marcou pulsos de antropização na área, com a invasão de favelas nas encostas do morro, expansão das vias de circulação e instauração de fábricas.

Avaliando o ano de 2006 (figura 5), notamos um expressivo aumento da área antropizada para 238,39 ha, representado uma tendência de modificação do ambiente natural para implantação da paisagem artificial. Esta modificação atual representa 76% da área total, e se mantido o ritmo desse processo, o Morro Santa Terezinha, passará por sérias mudanças ambientais nos próximos anos.

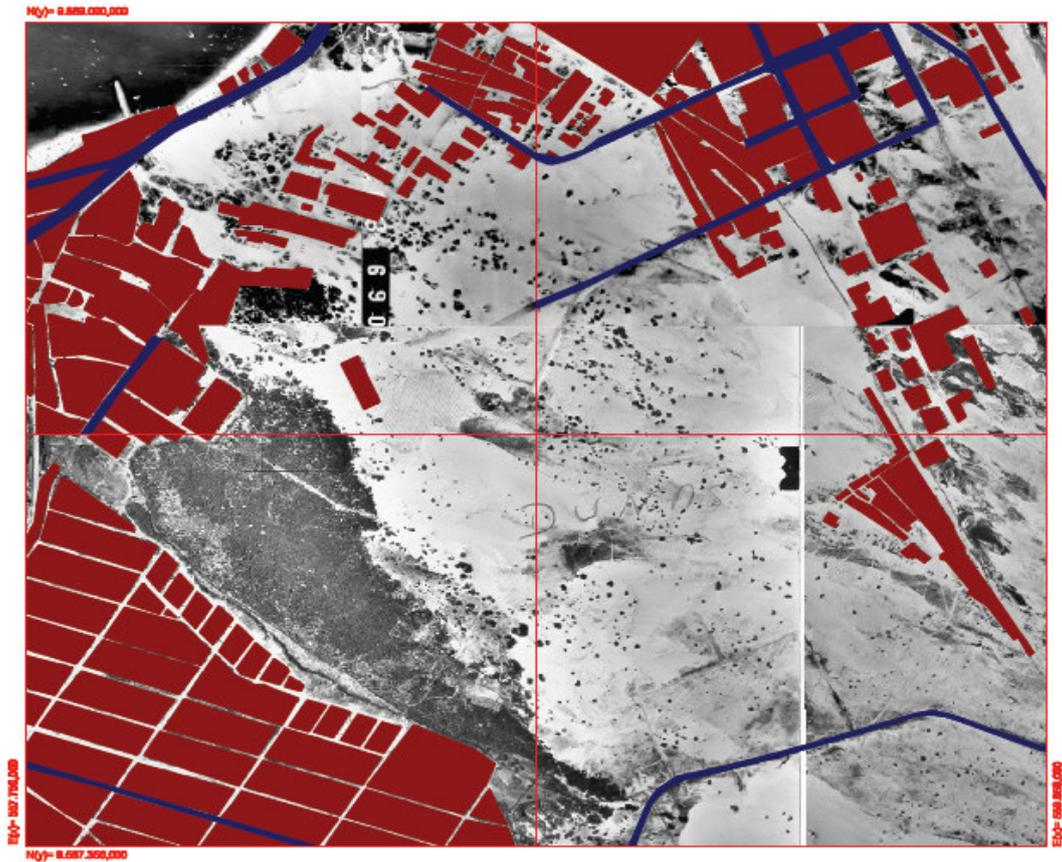


Figura 4: Evolução do uso e ocupação de duna no Morro Santa Terezinha no ano de 1978

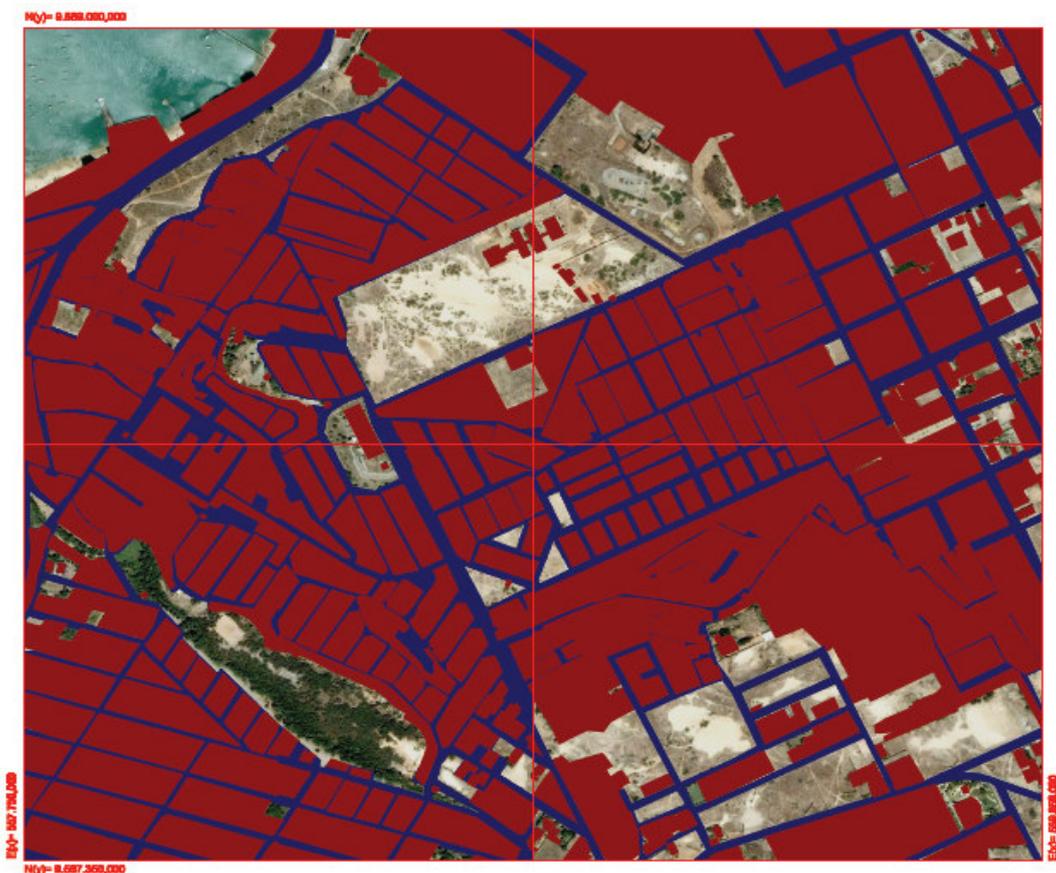


Figura 5: Evolução do uso e ocupação de duna no Morro Santa Terezinha no ano de 2006.

O processo de urbanização e adensamento populacional no litoral reproduz os problemáticos quadros urbanos nacional, agravados pela vulnerabilidade dos ecossistemas da zona costeira, manifestando-se em ampla faixa de marginalidade social e graves carências habitacionais, de coleta e tratamento de esgotos, oferta de água tratada, coleta e disposição de lixo, entre outros. A estes se associam sérios problemas de poluição.

Em pesquisa direta realizada na comunidade, o local apresenta muitas habitações, onde moram numerosas famílias, amontoadas em pequenas casas, muitas ruas são bastante irregulares, com a presença de becos e vielas. A paisagem do morro apresenta-se bastante desordenada.

Em relação aos aspectos sócio-econômicos do Morro Santa Terezinha, a renda média mensal dos chefes de famílias se classifica como baixo, apresentado indicadores de (0,191) para o bairro Vicente Pinzon e (0,073) para o bairro Cais do Porto, conforme o Índice de Desenvolvimento Humano do Município por Bairro-2000 (IDHM-B). As atividades econômicas desenvolvidas pelos moradores da área são realizadas em torno dos serviços informais, como: bares, lanchonetes, mercantis, feiras-livres, artesanato e reciclagem.

O abastecimento de água na área, no geral, é desenvolvido pela CAGECE. Na figura 6, podemos verificar que em 1991, a rede geral era responsável por (92,3%) das ligações existentes no bairro Vicente Pinzon e as outras formas alternativas totalizavam (7,7%), enquanto que no bairro Cais do Porto a rede geral abastecia (98,4%) dos domicílios e (1,6%) domicílios utilizavam poço (na propriedade) e outras formas de consumo (IBGE, 1991).

Em 2000, diminuiu o abastecimento de água dos domicílios que utilizam rede geral nos bairros Vicente Pinzon (80%) e Cais do Porto (91,2%) e aumentou respectivamente os imóveis abastecidos por poços e outras formas (19,8%) e (8,8%) (IBGE, 2000).

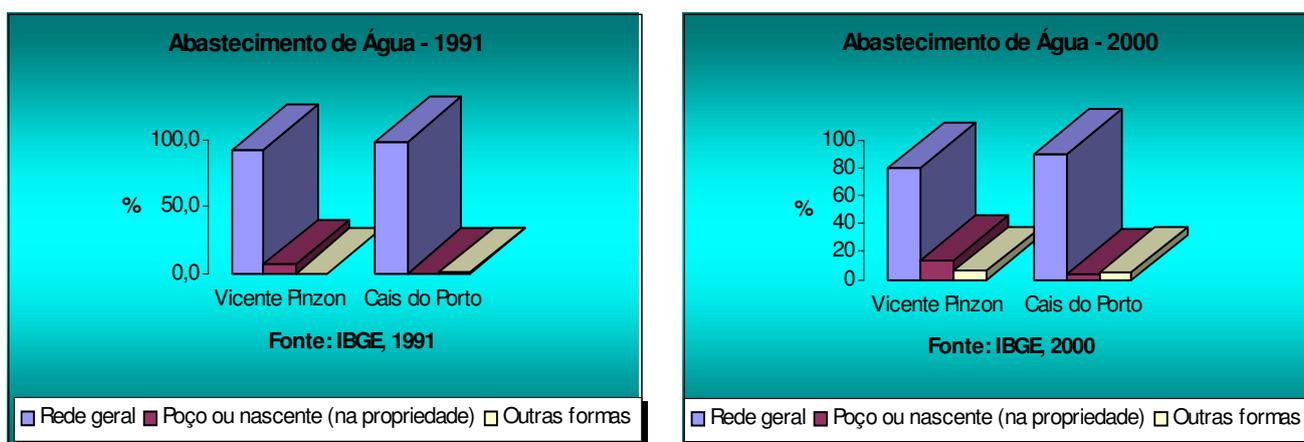


Figura 6 - Domicílios particulares permanentes, por de abastecimento de água, segundo os municípios e bairros.

Analisando os dados acima, podemos verificar um aumento da utilização das fontes naturais de águas subterrâneas, obtidas por poços tubulares, poços rasos e chafarizes para uso doméstico e industrial, como fonte única e/ou alternativa de abastecimento. O consumo destas águas é utilizado na maior proporção, pela população de baixa renda, devido à economia que a fonte alternativa proporciona, eximindo o usuário do pagamento da conta de água. Além disso, esses meios representam fonte segura e adicional no suprimento de água em áreas onde muitas vezes o funcionamento não é regular.

A água subterrânea é utilizada na maioria dos domicílios como potável e para a irrigação de hortas domésticas. Os domicílios de classe média também utilizam água subterrânea como medida de economia no abastecimento de condomínios residências e clubes recreativos. Também é comum o uso dessa água na lavagem de veículos em lava-jatos, garagens de caminhões, entre outros.

Com relação ao tipo de esgotamento sanitário realizado na área estudada (figura 7), podemos observar que em 1991, a maioria dos domicílios no Vicente Pinzon (95,4%) e Cais do Porto (99%) lançavam seus dejetos orgânicos, através das fossas sépticas, rudimentares e outros tipos de escoadouros, contribuindo em grande parte para a infiltração dos efluentes domésticos diretamente no solo. Já em 2000, por causa do programa de saneamento básico para o município de Fortaleza, Projeto SANEAR, a rede geral de esgoto já atende 51,3% das residências no Vicente Pinzon e 51% no Cais do Porto, porém o alto custo pela adesão ao sistema de tratamento sanitário, faz com que metade desta população utilize as formas mais tradicionais e econômicas para desfazer de seus dejetos domésticos.

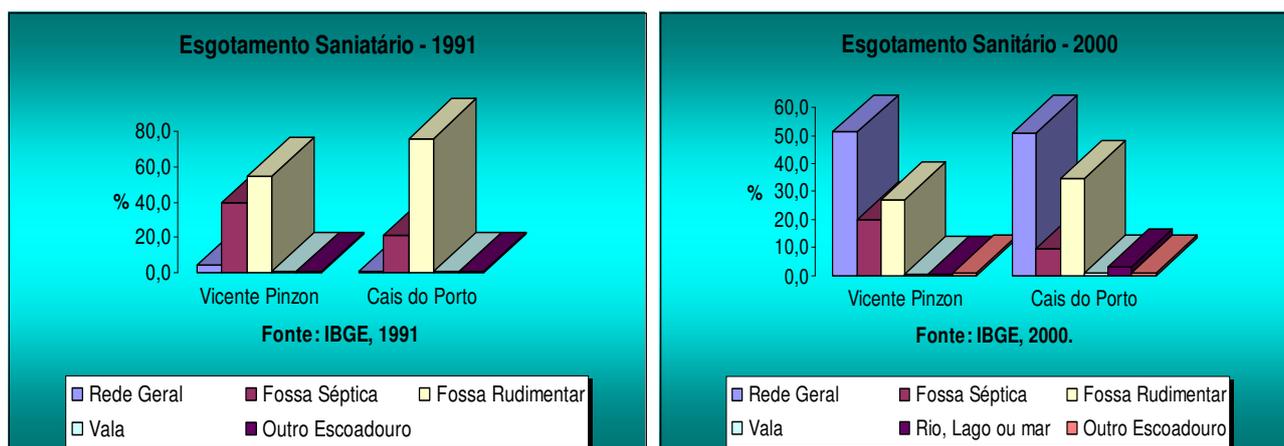


Figura 7- Domicílios particulares permanentes, por existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário, segundo os municípios e bairros.

Segundo o banco de dados da CAGECE (2007), o maior número de esgoto ligado encontra-se no bairro Vicente Pinzon com 5.117 clientes, enquanto no Cais do Porto verificamos um total de 3.911 clientes.

A presença das “áreas de ocupação ilegal” (invasões) sem rede de esgoto em diversos pontos do Morro Santa Terezinha tem contribuído para o aumento, cada vez maior, de disposição de excretas que, na interação com os aquíferos superiores, livres, constituem fontes consideráveis de poluição/contaminação dessas águas. A falta de espaço em zonas densamente povoadas aumentam as fontes potenciais de poluição concorrente às águas subterrâneas.

A população da área convive diariamente com os resíduos sólidos, dispostos nas encostas do morro, (locais geologicamente vulneráveis); entre ruas e becos, observa-se descarga no solo de águas servidas, oriundas de galerias de esgotos danificadas e de fossas sépticas e rudimentares, gerando graves problemas sanitários e constituindo fontes significativas de poluição do recurso subterrâneo (Figura 8).



Figura 8 – Despejo de resíduos sólidos no Morro Santa Terezinha (Novembro/2007)

Estas fontes de contaminação dispersas ou difusas predominante na área, por não apresentam plumas de contaminação definidas, impactam numa área muito mais larga e, assim, com maior volume no aquífero. A elevada carga contaminante numa zona considerada de alta vulnerabilidade, apresenta um risco de migração direta de bactérias e vírus patogênicos para os aquíferos subjacentes e fontes vizinhas de águas subterrâneas.

QUESADO JÚNIOR (2001), analisando a problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, constatou que mais de 50% das doenças que acometem a população da cidade são oriundas de águas poluídas, a exemplo das epidemias de cólera (24.299 casos no período de 1991 a 1999), surtos de diarreia (331.002 casos no período de 1994 a 1999) e hepatite, todas de transmissão hídrica.

A preocupação com as alterações da qualidade das águas, hoje em dia é muito relevante, pois são grandes e graves as conseqüências da interação homem-água, pondo em riscos muitas vezes a sua saúde pública humana. Como a área que abrange esses pontos de risco está praticamente tomada pelo campo de dunas, é importante a realização de um diagnóstico sobre as condições físico-químicas e sanitárias do aquífero, a partir de um monitoramento sistemático dos poços localizados nas proximidades dos principais equipamentos indicativos a poluição.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema dunas/paleodunas constitui-se como o melhor reservatório hídrico subterrâneo estudado na área. É um aquífero livre, com espessuras saturadas variando de 2,0 a 20 m e nível estático sub-aflorante, atingindo no máximo 8 metros de profundidade. A recarga deste sistema deriva da precipitação pluviométrica e da contribuição direta da rede de drenagem.

As variáveis do balanço hídrico da área, para o período de (1974 a 2007), demonstram que entre os meses de março a maio ocorrem os maiores índices pluviométricos, registrando-se excedentes hídricos que resultam no armazenamento de água no solo. A infiltração efetiva (I_e) anual foi de 550,2 mm, correspondendo a uma recarga subterrânea de 34% da precipitação anual média de 1.626,7 mm.

O mapa com linhas de isopotencial hidráulico e vetores de fluxo subterrâneo fornecendo uma avaliação do gradiente hidráulico é um instrumento de identificação de zonas mais favoráveis à captação de água subterrânea na área de estudo.

A representação cartográfica da carga hidráulica e dos vetores de fluxo subterrâneo torna-se de grande utilidade, visando a exploração da água subterrânea para a preservação da qualidade deste recurso hídrico e no planejamento do controle de uso e ocupação do solo.

A rápida ocupação, de forma desordenada, no Morro Santa Terezinha entre (1978-2006), representando 76% da área total, gerou sérios problemas de ordem ambiental, social e econômica sobre o meio físico.

Em relação à poluição percebe-se que a área possui fontes potenciais de contaminação os quais são identificados em lixos dispostos a céu aberto, poços mal construídos e abandonados, drenagens deficientes de esgotos domésticos e falta de saneamento básico.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE et al, 2007. **Análise de problemas ambientais em sítios urbanos: o caso da cidade de Fortaleza-Ce.** Anais I simpósio de Geografia Física do nordeste. URCA/CE

BRANDÃO, R. L. 1995. **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza** - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. 1ª edição. Fortaleza/CE: SER/REFO/CPRM. Vol.1, 105p.

CAGECE, 2007. www.cagece.com.br

CASTANY, G. 1975. **Prospección explotación: de las águas subterráneas.** Barcelona: Ediciones Omega. 738 p.

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

FUNCEME, 2007. www.funceme.br

GOMES, M. da C. R. 2008. **Aspectos Hidrogeológicos do Município de Fortaleza-CE.** Monografia. Curso de Especialização em Gestão Hídrica. UFPA. 81 p.

IGBE, 1991. **Atlas do Desenvolvimento Humano – PNDU/ONU.**
_____, 2000. **Atlas do Desenvolvimento Humano – PNDU/ONU.**

IPECE, 2007. **Perfil Básico Municipal de Fortaleza/Secretária de Planejamento e Gestão.**

KOOPEN, W. 1948. **Climatologia, com um estúdio de los clima de la Tierra.** México, FCE.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas.** DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp. 2000. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>.

PIVOT/GOLDER ASSOCIATES, 2001. **Projeto de monitoramento/gestão de água subterrânea de micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.**

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.

RIBEIRO, J. A. P. 2001. **Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará.** Dissertação de mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 122p.

VASCONCELOS, S. M. S. 1999. **Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza-CE.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 90 p.