

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE CAUCAIA - CEARÁ

Janolfta Lêda Rocha Holanda

Sônia Maria Silva Vasconcelos

Luís Parente Maia

RÉSUMÉ

Ce travail est le résultat de l'étude hydrogéologique d'une région d'environ 240 km² située sur la cote de la municipalité de Caucaia, Ceara, Brésil.

Du point de vue géologique, cette région est représentée par une couverture composée de sédiments alluvionnaires, colluvio-alluvionnaires, dunes, paleodunes et sédiments de la Formation Barreira qui reposent sur des roches du socle pré-cambrien. La municipalité de Caucaia fait partie du bassin hydrographique métropolitain de Fortaleza et ses cours d'eau les plus importantes sont les rivières Ceara, Cauipe et Anil.

D'un point de vue hydrogéologique ont été individualisés quatre systèmes aquifères: dune/paleodunes, Barreiras, alluvions et enfin, le système fracturé des roches du socle cristallin. Les résultats des analyses des données des essais de production de puits et d'aquifères confirment la vocation hydrogéologique caractéristique des régions cotières de l'Etat du Ceara, les dunes et paleodunes montrant le meilleur potentiel.

RESUMO

O presente trabalho é o resultado do estudo hidrogeológico de uma área de aproximadamente 240 km² situada na região costeira do município de Caucaia, Ceará, Brasil.

Geologicamente, esta área está representada por uma cobertura sedimentar composta de sedimentos aluvionares, colúvio-eluvionares, dunas, paleodunas e sedimentos da Formação Barreiras que repousam sobre rochas do embasamento pré-Cambriano.

O município de Caucaia está inserido na bacia hidrográfica metropolitana de Fortaleza e seus rios mais importantes são Ceará, Cauípe e Anil.

Hidrogeologicamente, foram individualizados quatro sistemas aquíferos: dunas/paleodunas, Barreiras, aluvião e o sistema fissural das rochas do embasamento cristalino. Os resultados da análise de dados de ensaios de produção de poços e de aquíferos confirmam a vocação hidrogeológica característica da região costeira do Estado do Ceará, destacando o sistema dunas/paleodunas como o de maior potencialidade.

PALAVRAS CHAVE: Hidrogeologia, aquíferos costeiros, Ceará

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas constituem reservas estratégicas vitais para o abastecimento público e privado. Este fato faz com que exista uma preocupação em se quantificar o potencial dos aquíferos e a viabilidade técnica da exploração racional do mesmo.

Na faixa costeira do Ceará, a crescente urbanização e a implantação de projetos industriais ou de irrigação resgatam o valor das águas subterrâneas como uma possibilidade viável de abastecimento.

O estudo de aquíferos em regiões costeiras revela-se de suma importância para o entendimento do comportamento hidrodinâmico das águas subterrâneas e para a caracterização hidroquímica na perspectiva de cada uma das diversas possibilidades de uso da água subterrânea. O produto deste estudo pode se constituir em uma orientação básica para projetos de implantação de comunidades, projetos agrícolas e, principalmente, para o direcionamento do uso racional destas águas.

No presente trabalho, apresenta-se o resultado de estudo desenvolvido na região costeira do Município de Caucaia, situado na porção norte/nordeste do Estado do Ceará e distando cerca de 15 km de Fortaleza. A Figura 1 mostra a área estudada, que pode ser posicionada na carta topográfica de Fortaleza (AS. 24-Z-IV), limitada ao norte pelo Oceano Atlântico, e estendendo-se da Foz do Rio Ceará até o Lagamar do Rio Cauípe. O acesso, a partir de Fortaleza, pode ser feito pela rodovia BR-222 ou pela CE-085 (Rodovia Estruturante Sol Poente).

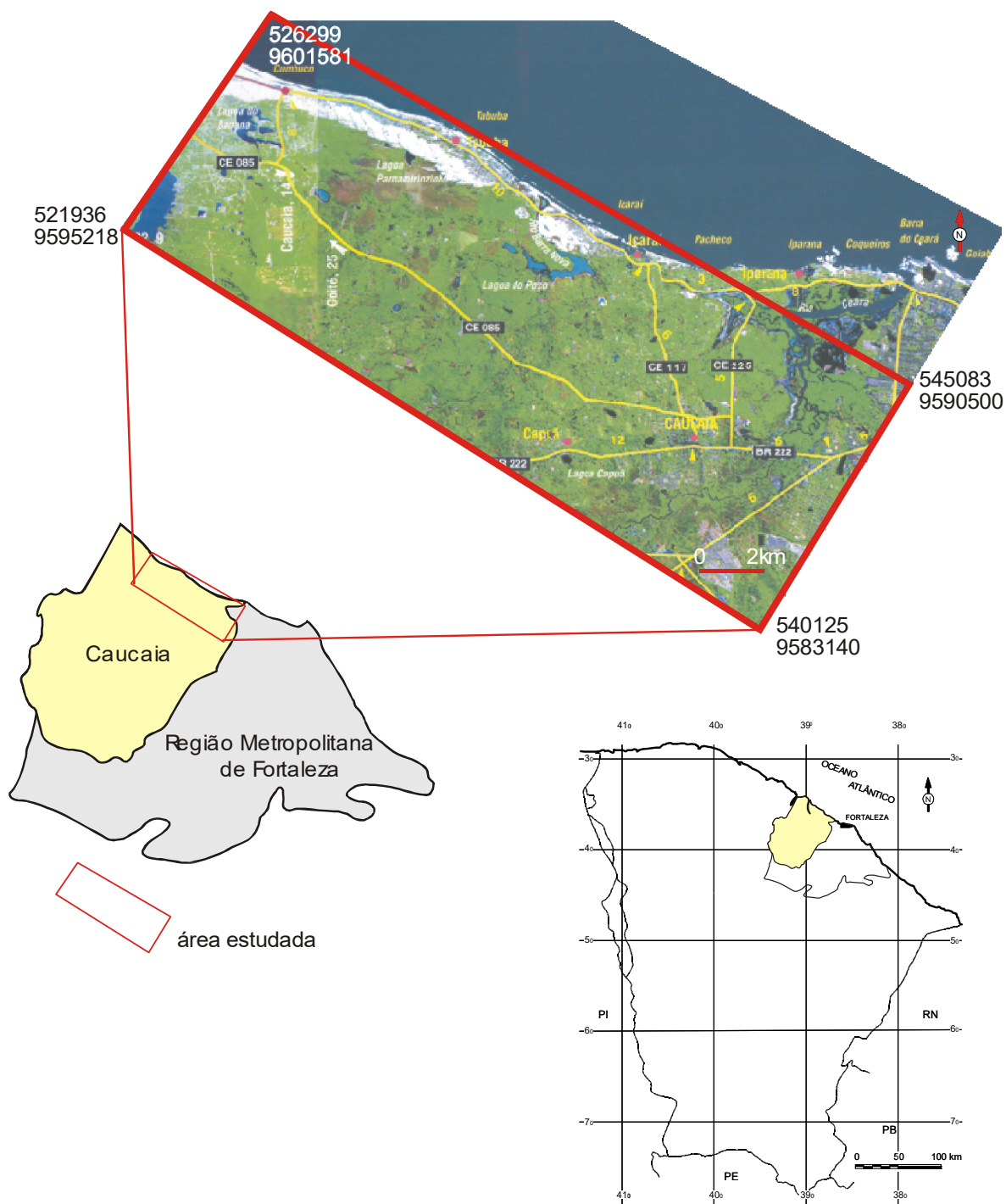


Figura 1 – Localização e acesso à área de estudo.

2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E GEOLÓGICOS

Em virtude da baixa latitude e conseqüente proximidade com a linha do Equador, o território cearense apresenta um regime térmico bastante uniforme. Na região litorânea de Caucaia, as

temperaturas são amenizadas pelos ventos alísios, sendo registrada temperaturas médias anuais situadas entre 25 e 27°C e amplitudes térmicas sempre inferiores a 5°C.

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 1976 a 2000 é de 1254,7 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.

A área enfocada integra o domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos, com base na composição geomorfológica do Ceará (Souza, 1988). Esse domínio apresenta duas unidades geomorfológicas que são: os "glacis" pré-litorâneos dissecados em tabuleiros e planície litorânea que comporta uma maior variedade de formas.

Os "glacis" se desenvolvem nas exposições tércio-quadernárias da Formação Barreiras. Têm níveis altimétricos inferiores a 80 metros, com caimento topográfico suave na direção da faixa costeira e penetram cerca de 40 quilômetros, em média, para o interior.

A planície litorânea é formada por sedimentos quadernários que repousam, discordantemente, sobre a Formação Barreiras. As feições morfológicas que a integram são muito variadas, incluindo-se: as faixas praianas, os campos de dunas, as planícies flúvio-marinhas, as planícies de marés, as planícies lacustres e falésias. Apresenta uma estrutura horizontal, característica das planícies, expondo um modelo plano suavemente ondulado que se modifica, um pouco, nas áreas ocupadas pelas formações dunares, cujo relevo mostra-se mais ondulado.

O município de Caucaia situa-se na bacia hidrográfica metropolitana e seus rios de maior porte são Ceará, Cauipe e Anil. O rio Santo Amaro, Burití e os riachos Burití Forte, Juá, Tapeba, também fazem parte da bacia hidrográfica do município. Encontram-se no contexto a Lagoa do poço, Pajuçara, Daminhão e Parnamirizinho e por fim o açude Camurupim.

O contexto geológico da área estudada (Figura 2) pode ser caracterizado pela ocorrência de coberturas sedimentares cenozóicas sobrepostas a terrenos cristalinos pré-cambrianos. As coberturas sedimentares são representadas pela Formação Barreiras, coberturas coluviais-eluviais, depósitos eólicos: paleodunas, e dunas móveis, depósitos flúvios-aluvionares e depósitos flúvio-marinhos: mangues.

A Formação Barreiras distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Por vezes ocorre muito próximo ao litoral chegando a aflorar na linha de praia, como na praia de Iparana, situada porção leste da área. Sua espessura parece ser bastante variável em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular,

aprofundando-se em direção à costa, onde se encontra sotoposto aos sedimentos eólicos que constituem as paleodunas. De acordo com os estudos de Bigarella (1975) atribui-se uma idade miocênica superior a pleistocênica para esta unidade.

As coberturas colúvio-eluviais se distribuem de forma irregular, constituindo manchas ou “ilhas” que se assentam diretamente sobre os litotipos pré-cambrianos, apresentando espessura reduzida, geralmente inferior a três metros. Estes depósitos são resultantes do intemperismo *in situ* ou com pequeno deslocamento gravitacional das rochas pré-cambrianas que constituem o embasamento. Morfológicamente, caracterizam-se como tabuleiros aplainados, muitas vezes rebaixados ao nível da superfície cristalina. Na zona costeira, as semelhanças verificadas com os sedimentos litorâneos dificultam o traçado de um contato definido entre os dois tipos de depósitos.

Litologicamente, esses sedimentos foram caracterizados por BRAGA et al. (1977), como um material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte lateritizado na base.

As paleodunas representam as dunas antigas rebaixadas quase ao nível dos tabuleiros costeiros que repousam discordantes sobre os sedimentos da Formação Barreira. Ocorrem distribuídas de forma mais ou menos contínuas ao longo da linha de costa a retaguarda das dunas recentes, constituindo uma faixa de largura variável com uma média de 2 a 4 km.

Trata-se de uma geração mais antiga de dunas que apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos (dunas edafizadas), com a conseqüente fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfológicamente exibem feições típicas de dunas parabólicas.

Segundo BRAGA et al. (1977), as paleodunas são constituídas de areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosa, com tons amarelados, alaranjados e acinzentados, de composição quatzosa e/ou quartzo-feldspática. Normalmente, são sedimentos inconsolidados, em alguns locais podem apresentar um certo grau de compactação. Estruturas sedimentares, como estratificações plano-paralelas e cruzadas, podem ser observadas em algumas exposições.

As dunas móveis são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia pela deflação eólica e são distribuídas formando um cordão contínuo, disposto paralelamente à linha de costa e interrompido, somente, pela presença de planícies fluviais e flúvio-marinhas, ou ainda pela penetração até o mar de sedimentos da Formação Barreiras e Promontórios formados por cangas lateríticas e quartzosas. As dunas móveis caracterizam-se pela ausência de vegetação ou fixação de um revestimento pioneiro que detém ou atenua os efeitos da dinâmica eólica responsável pela migração das dunas.

Os depósitos flúvio-aluvionares e os mangues são representados essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais e

lacustres. Os depósitos síltico-argilosos ricos em matéria orgânica são formados nos ambientes estuarinos ou de planície flúvio-marinha os quais são responsáveis pela sustentação da vegetação de mangue.

O complexo gnáissico migmatítico, que forma o embasamento cristalino, corresponde, no contexto da geologia da região norte do Ceará, a um conjunto de rochas estudado por vários autores. Braga et al. (1977) usam o termo complexo Caicó e definem como uma associação litológica constituída de gnaisses variados incluindo lentes de metarcósios, anfibólitos, quartzitos e calcários cristalinos subordinados, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas (metatexitos) até as mais homogêneas (diatexitos).

3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Na área pode-se distinguir quatro unidades que podem constituir sistemas de comportamento hidrodinâmico distintos: as dunas e paleodunas apresentando um único meio aquífero, as aluviões, a Formação Barreiras e as rochas do complexo gnáissico migmatítico que constituem o embasamento cristalino.

Os terrenos cristalinos não estão representados em afloramentos na área de estudo, porém estão registrados em alguns perfis de poços. Neste domínio, o contexto hidrogeológico está inteiramente associado aos fendilamentos, pois suas rochas possuem uma porosidade primária quase nula, conferindo-lhe uma permeabilidade extremamente baixa. A infiltração da água ocorre, essencialmente nas zonas fraturadas, com circulação restrita às fraturas abertas.

Os mantos de intemperismo ou as coberturas colúvio-eluviais estabelecidas sobre essas rochas podem armazenar, dependendo de suas espessuras, volumes de água que, eventualmente, podem ser aproveitados em captações pontuais. No entanto, a maior importância dessas coberturas está no fato de funcionarem como áreas de recarga para o meio fraturado subjacente.

Nos terrenos sedimentares podem ser distinguidos três sistemas aquíferos: as dunas/paleodunas, as aluviões e os sedimentos da Formação Barreiras.

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. BIANCHI et al. (1984) estimaram valores entre $5,27 \times 10^{-5}$ e $5,38 \times 10^{-7}$ m/s para a condutividade hidráulica, refletindo mais as características de um aquífero.

Das formações geológicas distribuídas na área de estudo, as dunas/paleodunas, dispostas discordantemente 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. Representam o aquífero superior livre e desenvolvendo-se ao longo do litoral, formando um cordão aproximadamente paralelo à costa, ocasionalmente recortado pela rede de drenagem.

As aluviões são pouco utilizadas para exploração de água subterrânea na área de trabalho e, possivelmente, um dos motivos é a proximidade do litoral e a baixa declividade dos rios, que favorecem a penetração das marés ao longo dos cursos d'água, influenciando na qualidade das águas armazenadas na referida unidade.

4. DADOS DISPONÍVEIS

Na área de estudo, existe um posto de observações meteorológicas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME de onde foram obtidas medidas de totais mensais de precipitação pluviométrica, registradas no período de 1976 a 2000, para obtenção das médias mensais de precipitação para este período, e temperaturas médias mensais (Figura 2). Os totais anuais de precipitação para este período estão apresentados na Figura 3. Estes dados foram usados na elaboração do balanço hídrico.

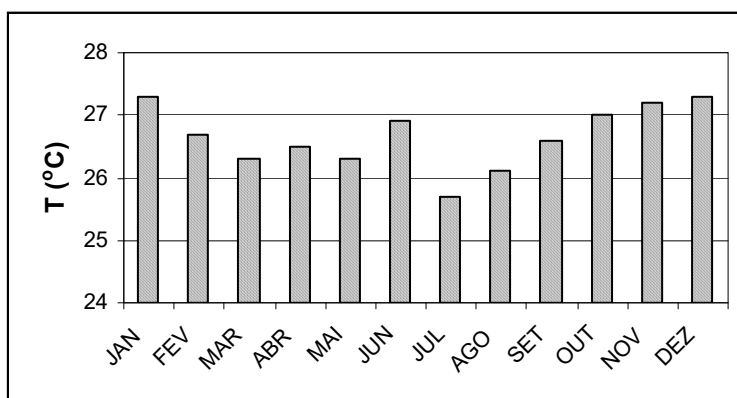


Figura 2 – Distribuição anual das médias mensais de temperatura.

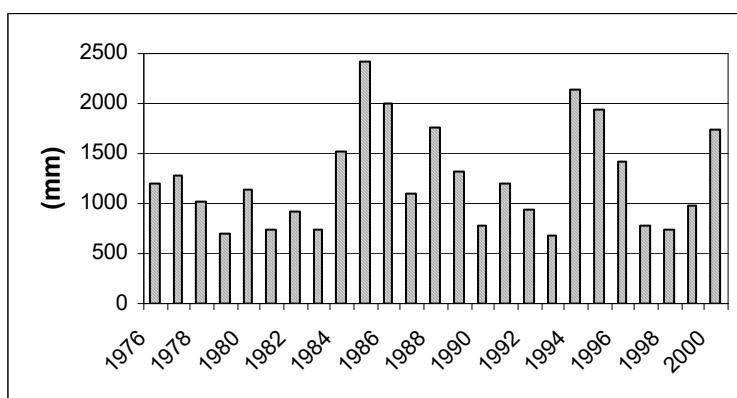


Figura 3 – Distribuição dos totais anuais de precipitação pluviométrica no período entre 1976 e 2000.

A base cartográfica com diferenciação dos tipos litológicos foi adaptada a partir de digitalização efetuada na escala de 1:100000.

Para elaboração do mapa potenciométrico com indicação do fluxo do lençol superficial, foram utilizados 11 poços do Atlas, CPRM (1999), 52 poços com cota, gentilmente, cedidos pelo Prof. Paulo Thiers do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, 299 poços do cadastro realizado pela PIVOT (2001) e 25 cacimbas e 3 poços cadastrados no Projeto Cauípe, Marinho e Vasconcelos (2000).

Dentre os poços cadastrados, apenas 32 apresentavam relatório com perfis e ensaios de bombeamento e somente em 3 destes poços (*) foram realizados testes de aquífero, conforme a Tabela 1.

A denominação de aquífero está sendo utilizada conforme o perfil de cada poço sem levar em consideração a exigência de uma permeabilidade mínima. O posicionamento dos poços está apresentado em mapa base com litologia na Figura 4.

Tabela 1 – Relação dos poços utilizados para determinação dos parâmetros hidrodinâmicos.

Nº de Identificação	UTM E-W (m)	UTM S-N (m)	Aquífero
P01	541316	9591701	Barreiras/Embasamento
P02	541472	9591731	Barreiras/Embasamento
P03	541655	9591768	Barreiras/Embasamento
P04	541149	9591891	Barreiras/Embasamento
P05	541124	9591904	Barreiras/Embasamento
P06	537101	9592394	Barreiras
P07	541163	9591933	Barreiras/Embasamento
P08	541188	9591974	Barreiras/Embasamento
P09	538623	9592778	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P10	537050	9593615	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P11	537034	9593150	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P12	534540	9595702	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P13 (*)	536653	9593641	Barreiras
P14 (*)	533441	9597017	Barreiras

Nº de Identificação	UTM E-W (m)	UTM S-N (m)	Aquífero
P15	531102	9598273	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P16	530176	9598845	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P17	529343	9599259	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P18	528551	9599833	Dunas/Paleodunas
P19	527546	9599242	Dunas/Paleodunas
P20	521546	9598878	Barreiras
P21	524558	9598170	Barreiras
P22	529870	9594208	Dunas/Paleodunas/Barreiras
P23	531600	9596837	Dunas/Paleodunas
P24	531620	9596865	Dunas/Paleodunas
P25	531633	9596913	Dunas/Paleodunas
P26	531629	9596957	Dunas/Paleodunas
P27	531668	9597019	Dunas/Paleodunas
P28	532176	9594549	Dunas/Barreiras
P29	532795	9591962	Cristalino
P30	533932	9590756	Aluvião
P31 (*)	536828	9590228	Barreiras
P32	536596	9590705	Barreiras

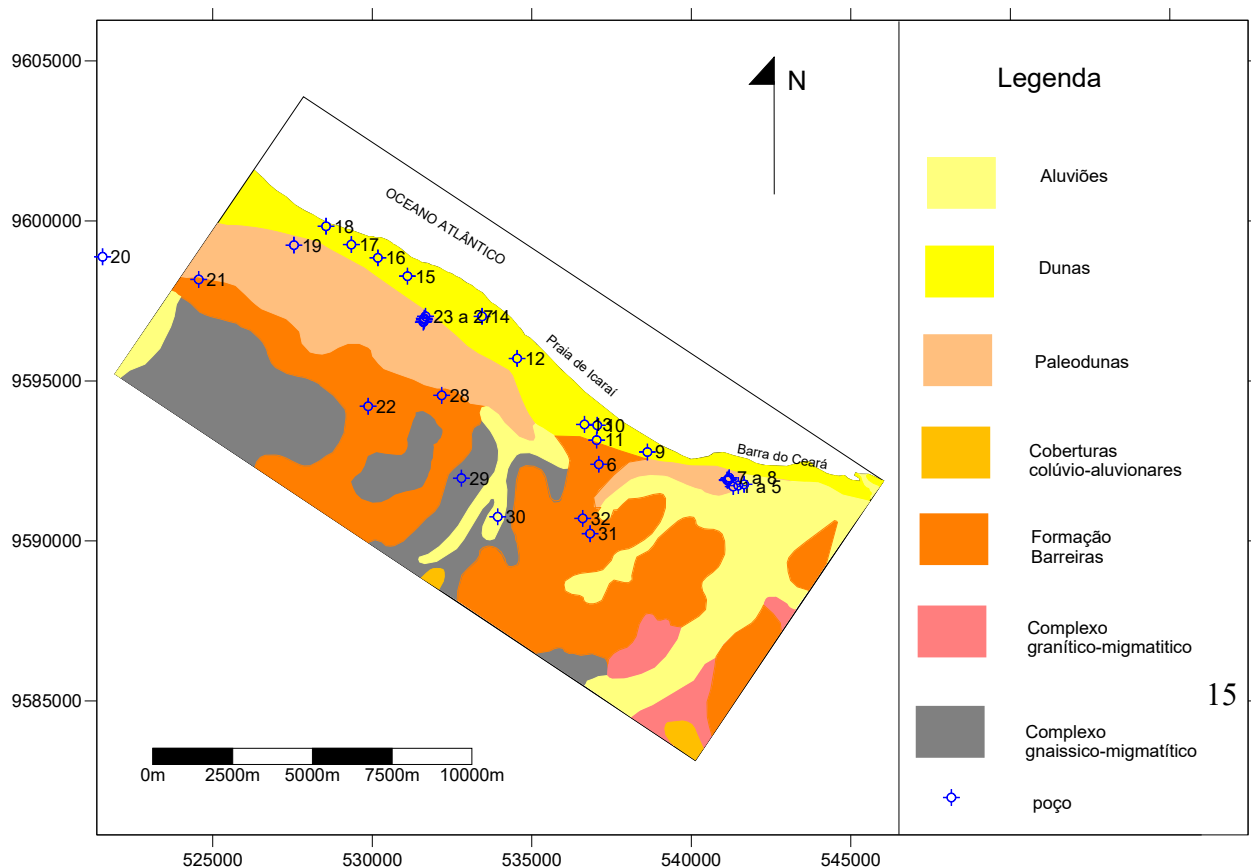


Figura 4 – Posicionamento dos poços em base com diferenciação litológica.

RESULTADOS

O balanço hídrico para a região foi realizado utilizando os dados de precipitação, médias de totais mensais do período de 1976 a 2000, designados por PPT. As temperaturas médias mensais, 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, conforme orientação de Castany, 1975. Obteve-se uma infiltração efetiva (Ie) anual de 238,3 mm, que corresponde a uma recarga subterrânea de 0,2383 m³ por ano para cada m² de área de recarga (Tabela 2 e Figura 5).

Tabela 2 – Balanço hídrico e obtenção da infiltração efetiva anual.

Meses	PPT	ETP	PPT-ETP	C	ETR	Ie
JAN	104.2	157.9	-53.7	0.0	104.2	0.0
FEV	188.3	130.5	57.7	57.7	130.5	57.7
MAR	310.1	135.3	174.9	100.0	135.3	132.6
ABR	260.8	133.7	127.1	100.0	133.7	127.1
MAI	153.6	132.7	20.9	100.0	132.7	20.9
JUN	118.6	139.8	-21.2	78.8	118.6	0.0
JUL	52.5	122.0	-69.5	9.3	52.5	0.0
AGO	17.4	130.3	-112.9	0.0	17.4	0.0
SET	14.8	135.6	-120.8	0.0	14.8	0.0
OUT	4.1	150.3	-146.2	0.0	4.1	0.0
NOV	4.3	151.4	-147.1	0.0	4.3	0.0
DEZ	26.0	157.9	-131.9	0.0	26.0	0.0
Total	1254.7	1677.4			874.1	338.3

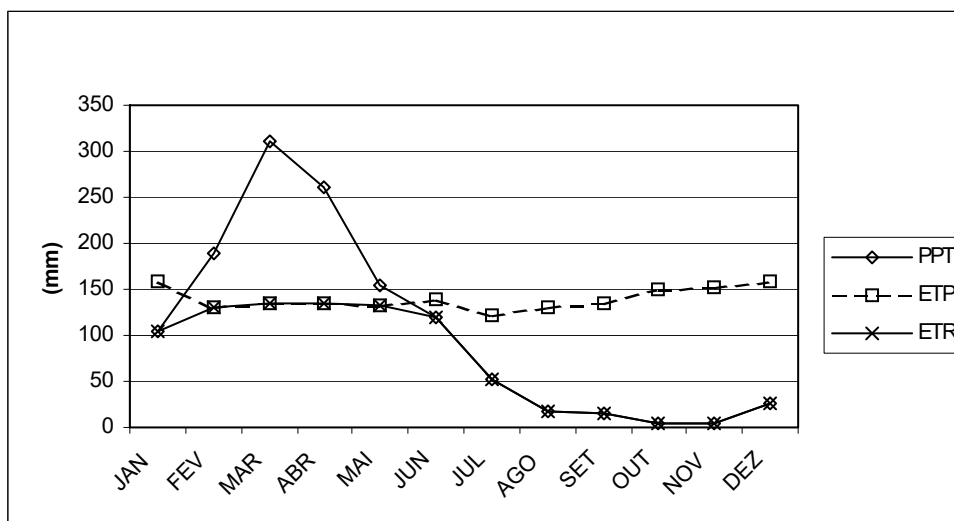


Figura 5 – Representação gráfica de elementos usados no Balanço hídrico.

Os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos, transmissividade **T** e condutividade hidráulica **K**, foram determinados a partir da análise dos dados de recuperação dos ensaios de bombeamento utilizando a adaptação da metodologia de Theis (1935) efetuada por Jacob (1963). No caso dos testes de aquífero (Poços 13, 14 e 31) foi, em princípio, adotada a solução de Newman para aquíferos livres. No caso do poço 31, o aquífero explorado (Formação Barreiras) apresenta comportamento de aquífero confinado. Neste caso, prevalece a solução resultante da metodologia de Theis. Os resultados da análise dos dados de testes de bombeamento e testes de aquíferos estão apresentados nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Tabela 3 – Parâmetros hidrodinâmicos para o sistema dunas/paleodunas.

Código do Poço	Espessura (m)	Vazão (m ³ /h)	T (m ² /s)	K (m/s)
18	2,48	3,13	2,32x10 ⁻³	9,36x10 ⁻⁴
19	7,00	1,00	-	-
23	17,83	49,5	9,06x10 ⁻³	5,08x10 ⁻⁴
24	17,69	49,5	1,21x10 ⁻²	6,86x10 ⁻⁴
25	17,27	49,5	5,52x10 ⁻³	3,19x10 ⁻⁴
26	18,38	10,03	6,64x10 ⁻³	3,61x10 ⁻⁴
27	16,18	27,33	1,21x10 ⁻³	7,49x10 ⁻⁴
Médias	13,83	27,14	7,96x10⁻³	5,93x10⁻⁴

Tabela 4 – Parâmetros hidrodinâmicos para a Formação Barreiras.

Código do Poço	Espessura (m)	Vazão (m ³ /h)	Recuperação		Newman		Theis	
			T (m ² /s)	K (m/s)	T (m ² /s)	K (m/s)	T (m ² /s)	K (m/s)

6	48,00	0,998			$2,58 \times 10^{-5}$	$2,58 \times 10^{-5}$		
13	14,15	0,200	$8,82 \times 10^{-5}$	$2,58 \times 10^{-5}$	$7,41 \times 10^{-6}$	$5,01 \times 10^{-7}$		
14	2,50	0,480	$2,15 \times 10^{-4}$	$8,63 \times 10^{-5}$	$2,90 \times 10^{-5}$	$1,16 \times 10^{-5}$		
20	13,07	0,871			$4,96 \times 10^{-5}$	$3,80 \times 10^{-6}$		
21	10,83	0,965			$3,84 \times 10^{-5}$	$3,54 \times 10^{-6}$		
31	13,00	0,200					$1,27 \times 10^{-4}$	$9,77 \times 10^{-6}$
32	12,6	1,404			$4,52 \times 10^{-4}$	$3,58 \times 10^{-5}$		
Médias	16,31	0,731						

Tabela 5 – Parâmetros hidrodinâmicos para o sistema aquífero aluvião.

Código do Poço	Espessura(m)	Vazão (m³/h)	T (m²/s)	K (m/s)
30	9,71	1,079	$2,88 \times 10^{-5}$	$2,97 \times 10^{-6}$

Tabela 6 – Parâmetros hidrodinâmicos para o sistema aquífero do meio de rochas cristalinas.

Código do Poço	Vazão (m³/h)	T (m²/s)	K(m/s)
29	0,987	$5,83 \times 10^{-5}$	$5,95 \times 10^{-6}$

Tabela 7 – Parâmetros hidrodinâmicos para o sistema misto dunas/paleodunas/Barreiras.

Nº do Poço	Espessura (m)	Vazão (m³/h)	T (m²/s)	K(m/s)
28	6,00	1,000	-	-
9	23,71	2,757	$1,42 \times 10^{-4}$	$6,01 \times 10^{-6}$
10	17,85	1,650	-	-
11	26,04	4,444	$4,23 \times 10^{-5}$	$1,62 \times 10^{-6}$
12	21,05	3,000	-	-
15	28,50	3,500	-	-
16	24,50	4,670	-	-
17	25,75	1,980	-	-
22	11,30	0,800	$2,42 \times 10^{-4}$	$6,01 \times 10^{-6}$
médias	22,77	2,645		

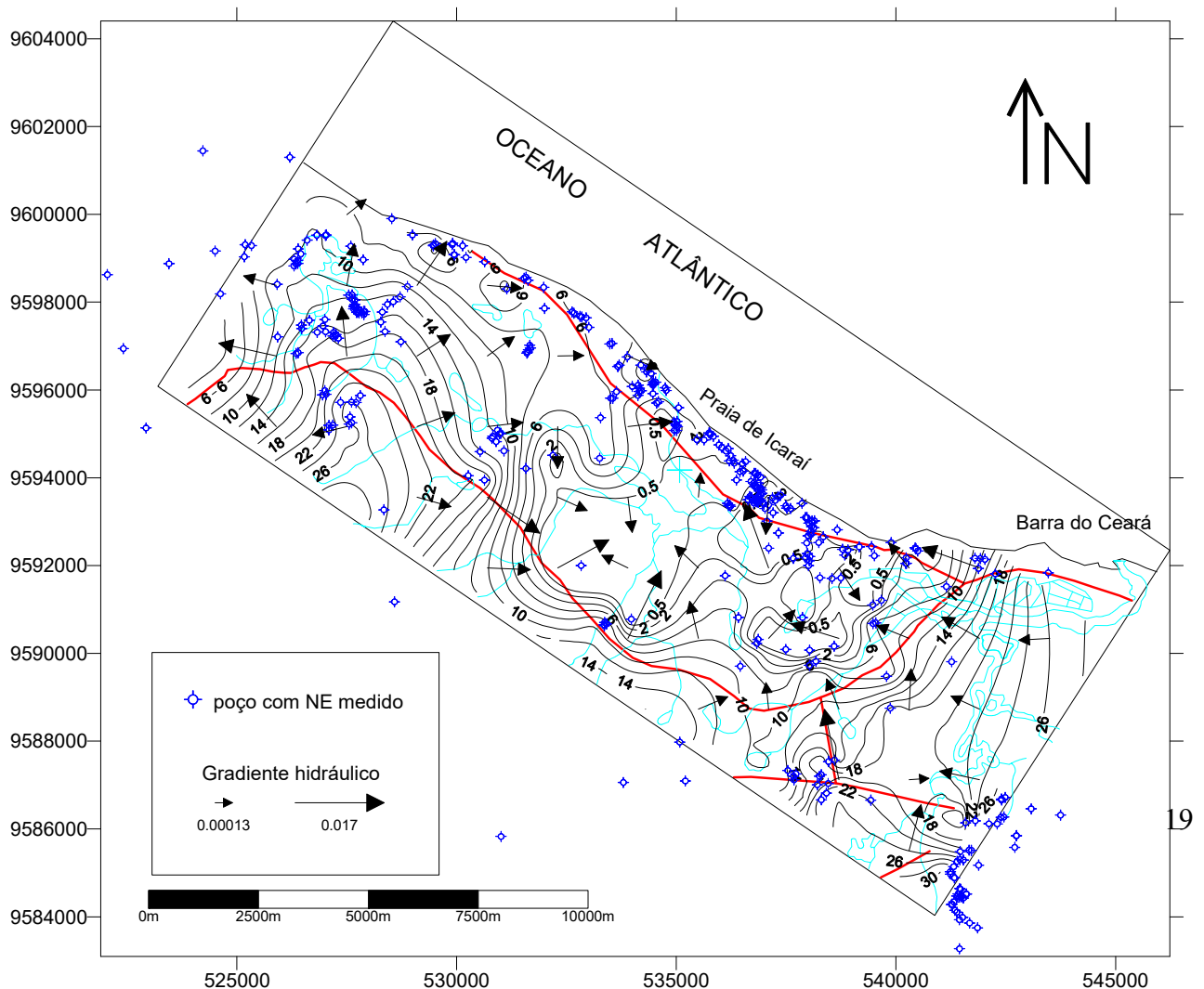
Tabela 8 – Parâmetros hidrodinâmicos para o sistema Barreiras/ embasamento cristalino.

Nº do Poço	Espessura (m)	Vazão (m³/h)	T (m²/s)	K (m/s)
1	50,66	1,955	$1,08 \times 10^{-5}$	$2,13 \times 10^{-7}$

2	45,56	1,290	$1,26 \times 10^{-5}$	$2,78 \times 10^{-7}$
3	46,31	2,258	$8,86 \times 10^{-6}$	$1,91 \times 10^{-7}$
4	34,10	2,028	$9,43 \times 10^{-6}$	$2,76 \times 10^{-7}$
5	36,30	1,196	$7,39 \times 10^{-6}$	$2,03 \times 10^{-7}$
7	45,00	1,000	-	-
8	32,00	0,900	-	-
Médias	36,24	1,518	$9,82 \times 10^{-6}$	$2,32 \times 10^{-7}$

Observa-se que os sistemas explorados nos diversos poços apresentam condutividades hidráulicas características de materiais permeáveis, ou seja, superior a 10^{-6} m/s. Apenas no sistema Barreiras/Embasamento cristalino e em um poço da Formação Barreiras, Poço 13, são registradas condutividades hidráulicas inferiores.

Com base em dados altimétricos e em dados de nível estático dos poços cadastrados foi elaborado um mapa potenciométrico (Figura 6). Para interpolação de dados, utilizou-se o procedimento de *krigagem*, com modelo de variograma linear usando um *grid* de 200 x 200 m. 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 com inserção de dois nós. Os vetores do gradiente hidráulico foram obtidos aplicando-se a função mapa vetorial sobre a malha de interpolação da carga hidráulica.

Figura 6 – Mapa de linhas de isotencial hidráulico com indicação do fluxo subterrâneo.

Observa-se que o fluxo subterrâneo é concordante com a morfologia da superfície topográfica. A drenagem direcionada à linha de costa está bem caracterizada, e registram-se zonas localizadas de convergência de fluxo um pouco deslocadas em relação aos canais de drenagem superficial. O gradiente hidráulico na área varia entre $1,3 \times 10^{-4}$ e $1,7 \times 10^{-2}$.

5. CONCLUSÕES

O sistema dunas/paleodunas apresenta, indiscutivelmente, o melhor potencial hidrogeológico da área, com uma condutividade hidráulica média de $5,93 \times 10^{-4}$ m/s. É um aquífero livre, com espessura saturada variando entre 2 e 20 metros, e nível estático subafiorante atingindo no máximo 6 metros de profundidade.

Na área de estudo, o sistema da Formação Barreiras apresenta condutividade hidráulica de aquífero, podendo assumir característica de aquífero como no Poço 13. Em geral, se apresenta como aquífero livre. Vale destacar o comportamento constatado no Poço 31, onde este sistema apresenta um comportamento hidráulico de aquífero confinado, devido à presença de uma camada de argila com 13 metros de espessura sobre o arenito produtor. Acredita-se que a baixa vazão apresentada neste poço, $0,2 \text{ m}^3/\text{h}$, se deva a problemas construtivos, tendo em vista que o Poço 32, situado a menos de 100 metros de distância, apresenta uma vazão superior: $1,4 \text{ m}^3/\text{h}$. As baixas vazões registradas neste sistema são restritivas, no entanto, é um sistema que pode perfeitamente atender a consumo doméstico.

As aluviões não são muito exploradas por poços profundos devido à sua pequena espessura. Além disso, no período de chuvas, as faixas aluvionares, especialmente nas zonas costeiras, são cobertas pelo extravasamento das águas dos rios comprometendo a qualidade da água subterrânea ali armazenada.

O mapa com linhas de isotencial 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.

Agradecimentos: Os autores agradecem à PIVOT, ao Prof. Paulo Thiers e ao geólogo José Vitoriano de Brito Neto pelos dados fornecidos, e ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará por toda a infra-estrutura utilizada e formação acadêmica adquirida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCHI, L., MARQUES, J.C. de S., PADILHA, M.W.M. et al.,1984. Recursos de Água Subterrânea na R.M.F. Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na R.M.F. Fortaleza: AUMEF, 30p.
- BIGARELLA, J.J., 1975. The Barreiras Group in Northeast Brasil. An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 47(Sup.), 365:393.
- BRAGA, A. de P.G., PASSOS, C.A.B., SOUZA, E.M. de, FRANÇA, J.B. de, MEDEIROS, M. de F., 1977. Projeto Fortaleza: Relatório final. Recife: DNPM/CPRM, v. I.
- CASTANY,G., 1975. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Barcelona: Ediciones Omega. 738 p.
- CPRM/REFO, 1999. Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará, CD-ROM.
- KÖEPPEN, 1948. climatologia, com um estudio de los climas de la Tierra. México. FCE.
- JACOB, C.E., 1963. Recovery method for determining the coefficient of transmissibility. Water Supply Paper 15361, U. S. Geological Survey, Washington.
- MARINHO, J.M.L. e VASCONCELOS, S.M.S., 2000. Estudos hidrogeológicos e geofísicos da bacia hidrográfica do Rio Cauípe, Ceará. Relatório de projeto de pesquisa, Programa CNPq/FUNCAP-FCPC, circulação restrita, 52p.
- PIVOT / GOLDER ASSOCIATES, 2001. Projeto de monitoramento/gestão de água subterrânea de micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.
- SOUZA, M.J.N. de, 1988.Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. Revista de Geologia, v. 1, DEGEO/UFC, p. 73-91.
- SOUZA, M.J.N., BRANDÃO, R. L., CAVALCANTE, I. N.,1995. Impactos ambientais em zonas costeiras: Principais problemas relacionados ao meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. I Simpósio Sobre Processos Sedimentares Ambientais na Zona Costeira do Nordeste do Brasil. ANAIS. Recife-PE. NÃO ESTÁ CITADO.
- THEIS, C.V., 1935. The lowering of the piezometer surface and the rate and discharge of a well using ground-water storage. Transactions, American Geophysical Union, 16:519-24.