

ZONEAMENTO DE EXPLOTAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DO RECIFE - PE

**Waldir Duarte Costa¹, João Manoel Filho², Almany Costa Santos²,
Waldir Duarte Costa Filho³, Adson Brito Monteiro² e
Francisco Jakson Antero De Souza²**

Resumo - O estudo hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife, realizado através de um convênio entre a Universidade Federal de Pernambuco e o IDRC- *International Research Development Center* do Canadá, teve por objetivo, dentre outros, caracterizar as reservas e as disponibilidades de águas subterrâneas na RMR, estabelecendo um programa de exploração que viesse a subsidiar a gestão daquele manancial hídrico. O resultado apresentado no balanço entre as ofertas (disponibilidades virtuais) e as demandas, mostrou-se negativo em grande parte da Planície do Recife, com rebaixamentos acentuados da superfície potenciométrica, inversão de fluxos provocando salinização e riscos iminentes de exaustão. Os 1.800 poços particulares que vêm retirando uma vazão anual da ordem de 51 milhões de metros cúbicos ou 1,6 m³/s na cidade do Recife, têm provocado um rebaixamento na superfície potenciométrica da ordem de 50m nos últimos 50 anos, atingindo em alguns locais uma situação de quase exaustão. Em decorrência dessa situação o estudo recomenda que o órgão gestor estabeleça zonas de restrição total e parcial; nas primeiras, não será permitida a perfuração de nenhum novo poço, por tempo indeterminado, enquanto na segunda haverá restrição quanto ao máximo de vazão que pode ser retirada em novos poços.

¹ COSTA Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda., Av. Santos Dumont, 320, Afritos - Recife - PE

CEP: 52.050-050 Fone: (081) 241.4815 E-mail: waldir@costa.com.br

² Dept^o de Minas do Centro de Tecnologia e Geociências/UFPE, Cidade Universitária - Recife/PE- CEP 50740-000 Fone: (081) 271.8239

³ CPRM - SUREG Recife, Av. Beira Rio, 45 - Madalena - Recife - PE - CEP:50610-100 - Fone: (081) 227.0277 FAX (081) 228.2142 E.mail: waldirfilho@costa.com.br

Palavras-chave - Água Subterrânea, Zoneamento, Exploração.

INTRODUÇÃO

A situação de uso desordenado dos aquíferos existentes na Região Metropolitana do Recife, com ênfase na Planície do Recife onde se concentram cerca de 1.800 poços numa área de apenas 110 km², levou uma equipe da Universidade Federal de Pernambuco a encetar uma pesquisa que contou com o incentivo financeiro do IDRC - *International Development Research Center* do Canadá, e durou 3,5 anos para sua conclusão.

A pesquisa foi executada a partir de um levantamento minucioso dos poços perfurados, inicialmente através da coleta de dados nos escritórios das companhias de perfuração de poços e, numa segunda etapa, numa campanha de campo, com observações em cada local, medições, quando possível, dos parâmetros do poço e observações acerca do uso do mesmo.

O resultado final do estudo se constituirá num elemento de inestimável valor para a gestão dos aquíferos na região pelo governo do estado, pois fornecerá os conhecimentos que possibilitarão um controle sobre as vazões extraídas por poços, uma avaliação da situação de qualidade da água e recomendações que possibilitarão um efetivo controle do uso do manancial subterrâneo.

GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

A Planície do Recife abrange uma área com 112 km², correspondendo morfológica e geologicamente a uma planície fluvio-marinha de formação geológica recente, situada nos limites geográficos de ocorrência das bacias sedimentares do Cabo e Pernambuco-Paraíba.

Nesse domínio, os sedimentos da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba são caracterizados pela ausência da Formação Maria Farinha que apenas aparece a partir de Olinda, e pelo modo de ocorrência da Formação Gramame que aparece em subsuperfície como lentes delgadas em áreas restritas da porção nordeste da planície. Os sedimentos da Formação Beberibe constituem o aquífero mais explorado nesse domínio em termos de volumes extraídos, conquanto o aquífero Cabo possua maior número de poços em

exploração.

Os sedimentos da Formação Cabo, que pertencem a Bacia Vulcano-Sedimentar do Cabo, constituem a segunda formação aquífera mais explorada da RMR na planície; o aquífero Cabo é explorado em profundidade até o limite com o substrato impermeável do derrame basáltico da Formação Ipojuca.

Os principais aquíferos ocorrentes nesse domínio estão referenciados na tabela 1 abaixo, descrita na ordem do mais recente para o mais antigo.

Tabela 1 - Seqüência dos Aquíferos do Domínio da Planície do Recife

IDADE	AQUÍFERO	ESPESSURA MÉDIA (m)	CONSTITUIÇÃO LITOLÓGICA
Quaternário	Boa Viagem	40	Areias, siltes e argilas
Cretáceo Superior	Beberibe	100	Arenitos com intercalações de siltitos e argílitos
Cretáceo Inferior	Cabo	90	Arenitos, siltitos e argílitos.

* **Aquífero Boa Viagem**

O aquífero Boa Viagem é formado por sedimentos de aluviões, dunas, sedimentos de praia e mangues, aflorando em quase toda a superfície da Planície do Recife, ora recobrando os sedimentos do aquífero Beberibe e Cabo e ora sobre o embasamento cristalino na região mais a oeste. Na região oeste da planície do Recife o aquífero Boa Viagem é mais explorado por poços tubulares; suas espessuras médias oscilam em torno de 50m; os poços perfurados a trado chegam a atingir até 20m de profundidade, enquanto os poços perfurados manualmente (cacimbões e poços amazonas), podem atingir até 10 metros de profundidade.

Esse aquífero desempenha um papel importante na alimentação das águas subterrâneas dos aquíferos Cabo e Beberibe pois ao longo de toda a sua superfície não urbanizada e pavimentada, recebe recarga através das chuvas e, secundariamente, através dos trechos influentes da rede hidrográfica da área deste domínio hidrogeológico, e ainda, das perdas significativas por vazamentos da rede de abastecimento e saneamento público.

• **Aquífero Beberibe**

Esse é o aquífero mais importante desse domínio hidrogeológico. É o que possui maior potencialidade e boas condições hidrodinâmicas e hidroquímicas, e vem sendo

explotado por particulares (condomínios, clubes, hotéis, hospitais, colégios, comércios, indústrias, etc.), órgãos e repartições públicas municipais, estaduais e federais, bem como pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) para abastecimento público.

O aquífero Beberibe encontra-se limitado a sul pelo lineamento Pernambuco e a oeste pelo embasamento cristalino, possui uma espessura média de 100 metros, aumentando no sentido de oeste para leste em direção ao oceano atlântico, atingindo uma espessura de 200 metros na zona costeira.

É conhecida já a existência de zonas salinizadas do aquífero Beberibe na Planície do Recife, cujos mecanismos são decorrentes, em parte, de transferências de águas salinizadas do aquífero Boa Viagem por processos de filtração vertical na zonas mais permeáveis, induzidos pela diminuição das cargas potenciométricas do aquífero Beberibe, em decorrência dos super-bombeamentos localizados ocorridos.

Por outro lado, os poços mal construídos e/ou abandonados também vêm contribuindo para salinização e a contaminação do aquífero sotoposto, face a ausência ou má construção da cimentação do espaço anelar entre o revestimento e o poço acima da zona aquífera inferior.

E finalmente, a hipótese de salinização por intrusão marinha, que não vem sendo aceita pelo fato de estudos com isótopos naturais haverem concluído que essas águas não são de origem marinha.

• **Aquífero Cabo**

O aquífero Cabo ocorre neste domínio hidrogeológico na porção sul da planície do Recife, limitado ao norte pelo Lineamento Pernambuco e a oeste pelo embasamento cristalino, a particularidade que permite individualizar esta área de ocorrência da Formação Cabo, reside na baixa permeabilidade desses sedimentos, pela presença marcante de material siltico-argiloso.

Há ocorrência nesse domínio de áreas com super-exploração do aquífero Cabo, mostrando curvas potenciométricas fechadas com inversões das cargas potenciométricas, que acarretam drenança vertical descendente de águas salinizadas do aquífero Boa Viagem, contaminando o aquífero Cabo.

O valor médio obtido para a permeabilidade dessa Formação aquífera é baixo, refletindo o elevado teor de finos principalmente argilas e uma compacidade elevada e/ou diminuição da sua permeabilidade em profundidade por influência do derrame basáltico

da Formação Ipojuca, que configura o embasamento impermeável desta camada aquífera.

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

A partir de ensaios de bombeamento realizados nos diversos tipos de aquíferos, foi efetuada a média para cada coeficiente, no que resultou na tabela apresentada a seguir.

Tabela 2 - Parâmetros Hidrodinâmicos dos Aquíferos da Planície do Recife

Coeficientes Hidrodinâmicos	Aquíferos		
	Beberibe	Cabo	Boa Viagem
Transmissividade	$2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$8,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$7,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Condutividade Hidráulica	$2,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	$1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
Porosidade Eficaz	$1,0 \times 10^{-1}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-1}$
Coef.de Armazenamento	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	-

Considerando que o contato entre o aquífero Boa Viagem com o aquífero Beberibe (ao norte do Lineamento Pernambuco) e com o aquífero Cabo (ao sul do mesmo lineamento) não se caracteriza por uma camada impermeável contínua e sim por lentes descontínuas areno-argilosas ou siltico-argilosas; considerando ainda que a recarga dos dois aquíferos sotopostos se verifica essencialmente através de filtração vertical procedente do aquífero sobreposto; será considerado para efeito da avaliação das reservas, potencialidades e disponibilidades, dois sistemas aquíferos denominados de:

- Sistema aquífero Beberibe/Boa Viagem
- Sistema aquífero Cabo/Boa Viagem

CIRCULAÇÃO E EXUTÓRIOS

O estudo da variação das curvas potenciométricas ao longo de 50 anos constatou uma variação máxima de cotas nas regiões norte (Casa Amarela/Casa Forte), centro (Afogados/B.Vista/S.José) e sul (Boa Viagem), da ordem de 50m.

A evolução na disposição das curvas potenciométricas revela que a tendência original de fluxo das águas subterrâneas segundo a direção de oeste para leste, vem sendo gradativamente modificada, criando vários centros de convergência, com fluxo radial centrípeto na maioria dos casos.

O fluxo convergente nas proximidades da costa com rebaixamentos acentuados, sobretudo em Boa Viagem e região central da planície podem induzir uma recarga de água salinizada em decorrência de desequilíbrios provocados na interface água doce/água salgada; mesmo que não tenha ainda sido constatada pelo recente estudo de

isótopos realizado, uma intrusão salina no aquífero explorado nessas áreas de superfície potenciométrica deprimida, deve ser procedido um contínuo monitoramento da interface da região costeira.

Os gradientes de escoamento variam muito de uma região para outra, pois, enquanto na região da Cidade Universitária, onde ocorre apenas o aquífero Boa Viagem, o gradiente ficava em torno de 2,5 m/km, no restante da planície, a exceção das áreas deprimidas de Casa Amarela-Casa Forte e de Boa Viagem, era em torno de 10 m/km; nas duas áreas de acentuado fluxo radial convergente descritas, o gradiente foi de 20m/km.

Os exutórios naturais dos sistemas aquíferos da planície são os rios e o oceano, enquanto o artificial é representado pela intensa exploração dos poços na região. Uma parte da recarga anual do aquífero é drenada para os exutórios naturais enquanto outra para os artificiais.

A componente de descarga natural para a drenagem superficial e para o oceano pode ser avaliada em conjunto, pela vazão de escoamento natural - VEN - do sistema aquífero.

Sejam os valores de $T = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, $I = 0,01$ e $L = 17.000 \text{ m}$, respectivamente:

$$VEN = 0,0025 \times 0,01 \times 17.000 = 1,125 \text{ m}^3/\text{s} = 13,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

AVALIAÇÃO DAS RESERVAS

Os elementos para cálculo das reservas permanentes por aquífero bem como o respectivo valor da reserva, são expostos na tabela 3.

Tabela 3 - Elementos dos Sistemas Aquíferos para cálculo das Reservas Permanentes e respectivos valores calculados.

Sistemas Aquíferos	Área $\times 10^6$ (m^2)	Espessura Saturada (m)	Porosidade Eficaz	Reserva Permanente $\times 10^6$ (m^3)
Beberibe/Boa Viagem	56	120	0,10	672,0
Cabo/Boa Viagem	35	110	0,07	269,5
Boa Viagem	21	40	0,10	84,0

As reservas permanentes de todos os aquíferos intersticiais da área será o somatório de todos as parcelas acima calculadas, ou seja:

$$R_p = R_{p1} + R_{p2} + R_{p3} = (672 + 269,5 + 84) \times 10^6 \text{ m}^3 = 1.025,5 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{ou: } R_p \cong 1,03 \times 10^9 \text{ m}^3.$$

As reservas reguladoras foram calculadas em função dos valores de Δs , igual a 2,5m e de μ igual a 10%, encontrados para o sistema aquífero, nas áreas da Planície do Recife:

$$R = 112,5 \cdot 10^6 \times 2,5 \times 0,1 = 28,12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Além da recarga natural proporcionada pelas precipitações pluviométricas, deve-se ainda levar em conta a recarga propiciada pelos vazamentos das tubulações da rede de distribuição de água, principalmente na cidade do Recife, tendo sido avaliada em torno de $20,18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (cerca de 80% da que ocorre em toda a RMR).

Somando-se todas as parcelas de recarga dos sistemas aquíferos Beberibe/Boa Viagem e Cabo/Boa Viagem na Planície, obtêm-se o seguinte valor para a recarga dos aquíferos intersticiais:

$$R_r = (28,12 + 20,18) \times 10^6 =$$

$$R_r = 48,30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

AVALIAÇÃO DA PONTENCIALIDADE E DISPONIBILIDADE

A *potencialidade*, também denominada de Recurso Explotável corresponde ao volume de água que pode ser utilizado anualmente, incluindo, eventualmente, uma parcela das reservas permanentes, passíveis de serem explotadas, com descarga constante, durante um determinado período de tempo.

Admitindo uma depleção de 10% no período de 50 anos, o que corresponde a um percentual anual de 0,2% da reserva permanente, obtêm-se para área estudada:

$$P_o = (1,03 \cdot 10^9 \times 0,002) + 48,3 \cdot 10^6$$

$$P_o = 50,36 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A *disponibilidade virtual* é a parcela máxima que pode ser aproveitada anualmente da potencialidade, correspondendo à vazão anual que pode ser extraída do aquífero ou do sistema aquífero, sem que se produza um efeito indesejável de qualquer ordem.

No caso da Planície do Recife a disponibilidade virtual deverá necessariamente ser inferior à potencialidade, visto que já se configuram os efeitos indesejáveis de ordem

econômica e de caráter hidrogeológico, quais sejam o risco de exaustão em determinadas áreas, rebaixamentos acentuados que inviabilizam o uso da água e acesso ao aquífero de água de qualidade contaminada e poluída.

A espessura média saturada dos sistemas aquíferos Beberibe/Boa Viagem e Cabo/Boa Viagem, ou seja, da reserva permanente, é da ordem de 150m com uma espessura equivalente a 2,5m para a reserva reguladora; uma depleção de 10% nas reservas permanentes num espaço de 50 anos resultaria num rebaixamento da ordem de 15,0m e, mesmo o limite convencionalmente admitido de 30% resultaria em 45,0m de rebaixamento. Em grande parte da Planície do Recife os níveis estáticos já se encontram a profundidades da ordem de 70m, representando uma depleção de quase 50% nesses 50 anos de exploração dos mananciais da cidade do Recife.

Além do mais, a real recarga do aquífero provavelmente venha se fazendo na atualidade a níveis inferiores aos calculados, pois cerca de 70% da superfície urbana da cidade se acha impermeabilizada por asfalto ou calçamento de pedras e ainda construções civis.

Propõe-se que não seja permitida a perfuração de mais nenhum poço nas localidades onde o nível potenciométrico já esteja situado a uma distância igual ou menor que 10m acima do topo do aquífero Beberibe ou do aquífero Cabo, subjacente ao aquífero Boa Viagem.

A título meramente especulativo, foi fixado, o percentual máximo da potencialidade, que poderia continuar a ser explorado, com a finalidade de evitar a evolução dos rebaixamentos e a recuperação dos níveis muito deprimidos dessa superfície potencimétrica em 80%. Assim, a disponibilidade virtual de exploração na Região Metropolitana do Recife, seria de :

$$D_v = P_o \times 0,8 = 50,36 \times 10^6 \times 0,8 = \mathbf{40,29 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

A *disponibilidade efetiva instalada* corresponde ao somatório da vazão anual de todos os poços perfurados na região, considerando a vazão constante da ficha do poço e ainda um regime de exploração de 24/24h.

O valor calculado no trabalho supracitado foi de:

$$D_v = \mathbf{220 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}, \text{ ou, } 7 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Constata-se logo que os poços existentes nem estão bombeando sua capacidade máxima, nem adotando o regime de bombeamento de 24/24h pois, nesse caso, somente os poços estariam já atendendo a demanda da cidade, o que se sabe não corresponder a verdade.

A *disponibilidade efetiva atual* - D_{ea} , isto é, a vazão que os poços estão fornecendo e o regime de exploração, foi calculada no mencionado trabalho, resultando em:

$$D_{ea} = 51,46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}, \text{ ou } 1,6 \text{ m}^3/\text{s}.$$

CONCLUSÕES

Constata-se que os aquíferos da planície do Recife vêm sendo super-explotados, pois de uma potencialidade da ordem de 50 milhões de metros cúbicos anuais, dos quais 13 milhões são drenados para os exutórios naturais, ainda vem sendo explotados cerca de 51 milhões de metros cúbicos anuais.

Disso resulta um acentuado rebaixamento dos níveis potenciométricos, com depleção das reservas permanentes da ordem de 50% em 50 anos, salinização dos aquíferos mais inferiores por inversão de cargas hidráulicas e níveis dinâmicos dos poços em profundidade anti-econômica para exploração.

Sugere-se assim, a adoção de medidas restritivas à exploração de determinadas áreas, com proibição de novas perfurações por tempo indeterminado e controle das vazões a explotar em outras áreas.

No mapa de zoneamento explotável apresentado, foram identificadas quatro zonas:

Zona A - onde não poderão ser perfurados novos poços por tempo indeterminado;

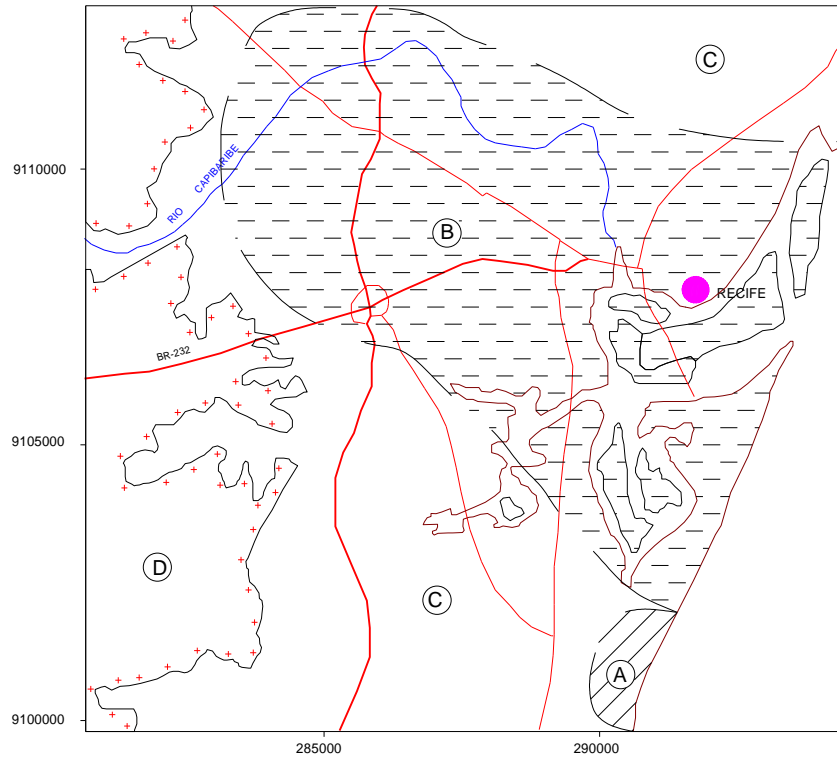
Zona B - onde os poços terão a vazão limitada, ficando a zona sob constante vigilância quanto ao comportamento do nível potenciométrico;

Zona C - onde não serão por enquanto limitadas as vazões, porém se procederá um contínuo monitoramento do comportamento hidrogeológico.

Zona D - correspondente aos terrenos cristalinos, com potencialidade limitada e baixas vazões.

BIBLIOGRAFIA

COSTA,W.D., SANTOS, A.C., COSTA FILHO, W.D., FILHO,J.M., MONTEIRO,,A.B., E SOUZA,F.J.A.DE - 1998 - Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife - Projeto HIDROREC- Convênio IDRC(Canadá) e UFPE/FADE. Relatório inédito.



LEGENDA

- RODOVIA PRINCIPAL
- RODOVIA SECUNDÁRIA
- CENTRO DA CIDADE
- ~ RIO

CONVENÇÕES DAS ÁREAS

- A - Restrição total à perfuração de novos poços por tempo indeterminado, com monitoramento contínuo
- B - Controle da vazão em novas captações e monitoramento contínuo do aquífero
- C - Sem restrições atualmente, mas sujeito a monitoramento
- D - Embasamento cristalino, sem restrições, porém com reduzida potencialidade

ESCALA 1 : 200.000
 0 1 2 3 Km

MAPA DE ÁREAS EXPLOTÁVEIS NA PLANÍCIE DO RECIFE