

## **AVALIANDO CONTRAMEDIDAS PARA O IMPACTO DA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR NAS PRAIAS E AQUÍFEROS COSTEIROS DE MACEIÓ**

Antonio Freire COSTA SOBRINHO<sup>1</sup>, Jaime Joaquim da Silva Pereira CABRAL\*<sup>2</sup>, Suzana Maria Gico Lima MONTENEGRO<sup>3</sup>, Cleuda Custódio FREIRE<sup>4</sup>, Anderson Luiz Ribeiro de PAIVA<sup>5</sup>

### **RESUMO**

A Região Metropolitana de Maceió (RMM), vem sentindo a diminuição da faixa de areia litorânea que está sendo gradativamente ocupada pelo mar. Além da salinização nos aquíferos costeiros, a cidade vem também perdendo espaços de lazer e turismo que estão situados nesta faixa. O nível do mar, em relação ao nível médio (MSL) atual, poderá subir cerca de 800 mm e traria graves conseqüências na faixa litorânea e aquíferos costeiros, aliados a outros fatores como diminuição das áreas de recarga, excesso de exploração, carência de monitoramento. A RMM possui um relevo com dois patamares, um com cota entre 0 e 5m, na região litorânea e outro acima de 20m, na região dos tabuleiros. O avanço do mar sobre esta primeira certamente trará sérias conseqüências aos aquíferos. Este trabalho analisa a proposição de contramedidas que além de ajudar a reter o avanço da cunha salina, relativo ao aumento no MSL, traria uma proteção aos equipamentos turísticos da cidade, criando ainda, uma nova faixa de recarga. As conjecturas foram feitas para a praia da Pajuçara, mas poderia ser estendida as demais que encontrem similaridade com esta, adaptando naturalmente os fatores hidrogeológicos destas.

**Palavras-Chave** - Aquífero Costeiro, Elevação do mar, Intrusão marinha.

## **EVALUATING ACTIONS TO MITIGATE IMPACT OF SEA LEVEL RISE ON BEACHES AND COASTAL AQUIFERS IN MACEIÓ**

### **ABSTRACT**

The metropolitan area of Maceió (RMM), has experienced a decrease in coastal sand strip being gradually occupied mar. Além salinization in coastal aquifers, the city is also losing leisure and tourism that are located in this range. The sea level in relation to the average level (MSL) current may rise about 800 mm and would have serious consequences on the coastal and coastal aquifers, together with other factors such as reduction of recharge areas, over-exploitation, lack of monitoring . The RMM has a relief with two levels, one with dimension between 0 and 5 m, in the coastal region and the other above 20m, in the region of the trays. The advance of the sea on this first will certainly bring serious consequences to the aquifers. This paper examines the proposition that countermeasures and helps retain the advancing salt wedge on the increase in MSL, bring protection to tourist facilities in the city, while creating a new range of recharge. Conjectures were made for the beach Pajuçara but could be extended to other similarity to find this, naturally adapting these hydrogeological factors.

**Keywords** - Coastal Aquifer, Sea level rise, Salt water intrusion

<sup>1</sup> Doutorando, Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências – Dept. Engenharia Civil, Recife -PE, Brasil, [costasobrinhoaf@gmail.com](mailto:costasobrinhoaf@gmail.com)

<sup>2</sup> \*Professor, Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências – Dept. Engenharia Civil, Recife -PE, Brasil, [jcabral@ufpe.br](mailto:jcabral@ufpe.br)

<sup>3</sup> Professora, Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências – Dept. Engenharia Civil, Recife -PE, Brasil, [suzanam@ufpe.br](mailto:suzanam@ufpe.br)

<sup>4</sup> Profa. PhD., Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Dept. Engenharia Civil, Maceió-AL, Brasil, [ccf@ctec.ufal.br](mailto:ccf@ctec.ufal.br).

<sup>5</sup> Prof. PhD., Universidade Federal de Pernambuco – Campus do Agreste – Núcleo de Engenharia Civil, Caruaru -PE, Brasil, [alrpaiva@yahoo.com](mailto:alrpaiva@yahoo.com)

## INTRODUÇÃO

Atualmente grande número de aquíferos, especialmente os rasos, já sofrem uma grave contaminação causada por processos naturais e antrópicos. Entretanto, maiores cuidados devem ser dispensados aos aquíferos costeiros, tendo em conta, principalmente, alguns fatores hidrogeológicos como topografia do aquífero, condutividade hidráulica, porosidade eficaz e nível de confinamento uma vez que estes estão situados dentro da zona de influência direta da maré. Visto que a distribuição da salinidade das águas subterrâneas em zonas costeiras e áreas deltaicas segundo van Dam (1999), é caprichosa, como resultado do andamento de processos naturais e das alterações climáticas do passado, dos processos geológicos e desmoronamento de terras, resultando nas mudanças do nível relativo do mar à superfície terrestre. E, é esta faixa de terra que será ainda mais ameaçada pela subida do nível médio do mar global, caso ocorra tal como apresentado no Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), cujas estimativas de aumento do MSL alcançam valores que poderão atingir a 800 mm.

Em termos mundiais, segundo Custodio (2010), alguns aquíferos são cuidadosamente estudados, controlados e gerenciados. Werne (2010) relata que “devido ao adensamento populacional na zona costeira australiana, houve um incremento na busca por recursos hídricos no litoral e isto levou alguns aquíferos desta área a serem depauperados por intrusão salina”. Fatos como este, em sua maioria, são potencializadas por ações antrópicas.

Considerando que em todo o mundo há grande adensamento populacional nas regiões costeiras, conforme Jones *et al.* (1999) este problema é intensificado devido ao crescimento populacional, e o fato de que cerca de 70% da população mundial ocupa planícies costeiras. Esta questão é ampliada no caso da RMM, que além da concentração, cada vez maior, de habitações nestas áreas ainda há uma grande concentração de hotéis e resorts com grande bombeamento de poços (Nobre & Nobre, 2008). Assim sendo, a possibilidade de diminuição destas áreas de recarga é eminente. E, segundo Monteiro *et al.* (2002), a ausência de recarga no aquífero, acarreta uma depleção nas reservas permanentes, caracterizando o regime de sobre-exploração que se desenvolve na área.

Portanto, o excesso de exploração, não está presente apenas na faixa costeira, que já é motivo natural de preocupação e objeto de alguns poucos estudos locais, há também grande volume de exploração em direção ao interior na região dos tabuleiros. Isto acarreta em extração de água acima da capacidade natural de reposição do aquífero da RMM, e tem provocado uma diminuição do nível freático em toda esta região do tabuleiro, segundo Costa *et al.*, (2011), a exploração acentuada em mais de 2.000 poços na região, sobretudo aqueles controlados pela empresa de abastecimento público, com vazões que chegaram a ultrapassar os 200 m<sup>3</sup>/h acarretaram depleções profundas e localizadas.

A RMM possui duas regiões bem distintas em termos de topográfica: (1) a região central e litorânea, com cota média de 5 m e (2) a região dos tabuleiros, que é um planalto com cotas acima de 20 m. É nesta região onde estão as maiores cotas de isolinhas, conforme modelo de Fazzio *et al.* (2011), e estas alimentam o fluxo das águas subterrâneas em direção à costa litorânea, lagunar e até algumas nascentes de pequenos córregos. Onde, em relação ao MSL atual, o nível piezométrico, tem cotas que variam de 17 metros a pouco acima de 50 metros na região dos tabuleiros enquanto na faixa litorânea, as cotas são quase nulas. Mas os vetores de velocidade são bastante acentuados na maioria dos trechos litorâneos, que vêm a gerar um gradiente em direção ao mar. Segundo Tucci & Cabral (2003), o gradiente do continente deve ser suficiente para evitar a penetração da água salgada. Quando sua carga é reduzida ocorre a penetração da água salgada tornando a água subterrânea imprópria para uso. Ainda segundo os autores, esta carga pode ser reduzida pela retirada excessiva de água por poços urbanos, o que acontece em cidades litorâneas.

Uma vez que, pelas previsões do IPCC, o aumento da temperatura global além de provocar a subida do nível do mar, irá também provocar outros efeitos como maiores intensificações nas chuvas, ventos e ampliações nas ondas do mar. E, tendo em conta que Poulsen *et al.* (2010) a verificarem a correlação dos perfis de condutividade com as estações chuvosas e nível do mar observaram que, em condições de inverno, estando o nível do mar alto, e a recarga ativa pela pluviosidade, que elevam a carga hidráulica, e ainda com ondas intensas devido aos ventos, uma lente espessa de água salobra cobre a de água doce próximo ao mar. Eles verificaram que, obrigado por uma oscilação das marés nas águas superficiais um volume de água que inunda de um meio poroso, meio este que Metha & Dean (2010) o definiram como prisma de maré. A pressão gradiente que gera o prisma atua no estuário subterrâneo. Havendo assim uma maior tendência de salinização deste por meio da intrusão marinha quando em maré alta. Mas isto depende, em muito, de fatores geológicos da formação do solo que faz a interface com o mar. Assim sendo, o nível do aquífero pode ser influenciado pela maré. Para tais situações de relação entre maré e salinização de aquíferos, Choudhury *et al.* (2001), verificaram que os efeitos de flutuações da maré na intrusão marinha são mais pronunciados do que para os casos onde a condição de limite em direção à terra é um fluxo específico.

Diante do que foi exposto e considerando o aumento previsto do MSL torna-se preocupante as possíveis conseqüências que poderá haver no litoral maceioense. Este trabalho visa conjecturar algumas ações de contramedidas, tendo como base as alternativas propostas e/ou adotadas em referências específicas sobre o tema.

## CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A área de estudo é a zona litorânea de Maceió, com ênfase na praia de Pajuçara, situada na costa nordestina brasileira, por ser uma cidade que possui um grande potencial turístico motivado, principalmente, pela beleza e forma das suas praias, Figura 1. A Cidade de Maceió possui clima sub-úmido seco, segundo a classificação climática de Thornthwaite-Mather (1955), megatérmico, com deficiência d'água moderada, com média pluviosidade em torno de 1.478 mm/ano e de evapotranspiração potencial 1.193 mm/ano mais concentrada de outubro a janeiro, correspondente ao verão, atingindo cerca de 39% do total precipitado (INMET, 2012). Caracterizada como de clima tropical, com baixa amplitude térmica.

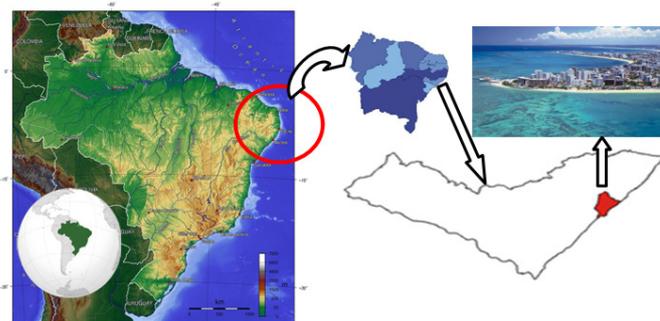


Figura 1: Localização da Área do Estudo.

Segundo levantamento feito por Costa *et al.*, (2011), o balanço hidrogeológico acusou um saldo positivo para toda a RMM, da ordem de 520 milhões de m<sup>3</sup>/ano enquanto para a cidade de Maceió já está existindo um déficit de 100 milhões de m<sup>3</sup>/ano. A RMM é uma bacia sedimentar, que segundo Cavalcante (2004), foi preenchida por sedimentos neopaleozóicos, mesozóicos e cenozóicos, que mergulharam suavemente e se espessam no sentido do oceano. Situada no domínio da bacia sedimentar de Alagoas, conforme relato de Nobre & Nobre (2008), a RMM limitada a oeste pela linha da falha principal no contato com o cristalino, que aflora no interior do continente.

Esse sistema compreende basicamente três formações: Barreiras, Marituba e Poção, sendo que as duas primeiras estão hidráulicamente conectadas entre si. Alguns parâmetros hidráulicos dos referidos aquíferos estão na Tabela 1.

Tabela 1: Características hidráulicas dos principais aquíferos da RMM. Cavalcante *et al.* (1982)

Aquífero	Transmissividade (T) (m <sup>2</sup> /s)	Condutividade Hidráulica (K) (m/s)
Barreiras	6 x 10 <sup>-4</sup> a 2,4 x 10 <sup>-2</sup>	9,4 x 10 <sup>-6</sup> a 8,9 x 10 <sup>-4</sup>
Marituba	2,55 a 8,99 x 10 <sup>-4</sup>	-
Barreiras/Marituba	1,99 x 10 <sup>-4</sup> a 6,62 x 10 <sup>-3</sup>	4,5 x 10 <sup>-6</sup> a 2,4 x 10 <sup>-4</sup>

Há exploração acentuada em mais de 2.000 poços na RMM, segundo Costa *et al.*, (2011), sobretudo os pertencentes à Companhia de Abastecimento e Saneamento de Alagoas – CASAL, que fazem retiradas superiores a 200 m<sup>3</sup>/h levando os aquíferos a depleções profundas e localizadas da superfície potenciométrica, o percentual de abastecimento por poços é de cerca de 69% do total.

### ELEVAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR

Em uma comparação das emissões apresentada por Houghton *et al.* (1997), afirmam que houve um crescimento em torno de 78% na concentração de *Gases de Efeito Estufa* (GEE) desde a era pré-industrial. E, mesmo que não houvesse adição de novas fontes emissoras os efeitos advindos dos lançamentos são cumulativos e isto manteria o crescimento. Meehl *et al.* (2005) fez projeção dos valores futuros destes para a experiência em que as concentrações de GEE e todos os outros constituintes atmosféricos fossem estabilizados no final do século 20, tal projeção foi corroborada por Church *et al.*, (2001), que no *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas* (IPCC) de 2001 e 2007, trouxe projeções para o aumento do nível do mar, Tabela 2, que ocorrerão durante o século 21, segundo CHEN *et al.* (2006), os principais fatores que produzem é a variação na densidade da água do mar ocasionado pelo maior incremento de água doce na mistura.

Tabela 2: Estimativas de Aumento no Nível do Mar, compiladas pelos autores deste trabalho.

Fator Motivador	Autores	Estimativa	Estimativa total (1990-2100)
(1) Calotas Polares	Meehl <i>et al.</i> , 2005	180 a 250 mm/ano	-
(2) Grandes Geleiras	Lemke <i>et al.</i> , 2007	150 a 370 mm/ano	-
(3) Cumes Montanhas	Church <i>et al.</i> , 2001	-	600 mm
(4) Alterações nas Correntes Termoalina	Church <i>et al.</i> , 2001	-	800 mm
(5) pelo efeito termostérico nos oceanos:	Cabanes <i>et al.</i> (2001) Willis <i>et al.</i> (2004) Chen <i>et al.</i> (2006)	3,1 ± 0,4 mm/ano 3,2 ± 0,2 mm/ano 0,34 a 0,39 (± 0,05) mm/ano	-
	Church <i>et al.</i> , 2001	-	844 mm

### AÇÃO DE CONTRAMEDIDAS AO AVANÇO DA SWI.

Transgressões e regressões têm ocorrido em toda a história geológica. Segundo van Dam (1999), todos eles em um ritmo muito lento (na ordem de centímetros por século e duraram muitos milhares de anos). Para Oude Essink (1999), um aumento da intrusão de água salgada nos rios e estuários podem comprometer os aquíferos adjacentes através de recarga de água de superfície com maior teor de soluto. No entanto, o autor enumera oito possíveis contramedidas que pode ser

executada para compensar o impacto da elevação do nível do mar, entre as quais destacamos para aplicação neste caso: (i) Recuperação de terras em frente à costa, gerando novas lentes de água doce; (ii) Alargamento das dunas de areia existentes em áreas onde a recarga das águas subterrâneas naturais ocorrem, criando assim as lentes mais grossas de água doce. Segundo o autor “uma combinação de contramedidas provavelmente pode reduzir o estresse nos aquíferos costeiros”.

Para Eeman *et al.* (2011), nas dunas de areia das regiões com águas subterrâneas salinas, pode se desenvolver lentes de água doce devido à infiltração de água da chuva. A quantidade de água fresca, que estará disponível depende da espessura da lente e do grau de mistura entre a água doce e salina. Sendo que o *número de Rayleigh* (refletindo a diferença de densidade) têm um efeito significativo sobre a espessura da lente. Caso a difusão e dispersão fossem ignoradas, haveria uma interface fresca/salina afiada em vez de uma zona de transição. Nesse caso, a interface de lente em estado estacionário pode ser determinada analiticamente usando a solução de Maas (2007). Para van Dam (1999), o efeito que o aumento do MSL provoca em uma lente freática de água doce é que se este aumento não leva a uma redução da largura  $L$  da duna a forma da lente de água doce permanece a mesma.

Segundo van Dam (1999) um volume de solo que receberá as águas das precipitações e conseqüentemente acumulará algum volume nela infiltrado, fazendo assim o nível freático sofrer um incremento relativo a tal volume. Fato verificado por Oude Essink (1999), após análise de alguns perfis na Holanda, pela presença de uma área de dunas de 3,0 km de largura sob o qual uma lente de água doce evoluiu. O crescimento do volume de água doce subterrânea, para van Dam (1999), poderá ser obtido em recuperação de terras por preenchimento hidráulico de dunas de areia pelo lado do mar onde, a “nova terra” é criada em um nível bem acima do nível do mar, por preenchimento hidráulico, à beira-mar das dunas de areia; o lençol freático nas dunas de areia vai subir, Figura 2.

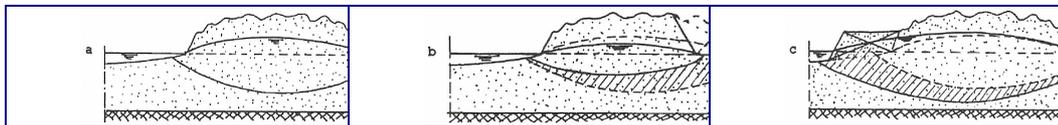


Figura 2: dunas de areia e o lençol freático na zona de interface ou de transição entre águas subterrâneas frescas e salinas. [a] o perfil original; [b] Após escavações de areia no lado interior das dunas; [c] Depois de deposição de areia na beira-mar de dunas de areia (van Dam, 1999).

No presente trabalho, o que se propõe são contramedidas ao avanço da cunha salina para a RMM, através da combinação, a princípio, dos itens (i) e (ii) como uma saída que tanto atenderia como uma atenuação do avanço da cunha salina e ainda traria a recuperação e ampliação da faixa de praia (área de lazer). A faixa atual de areia (dunas) seria recuperada e ainda alargada por mais 50 metros em seu comprimento. O preenchimento (engorda) seria feito por meio de dragagem de areia no fundo e ao largo no oceano, de forma que haveria uma leve diminuição na inclinação, relativa ao estado atual. Este novo volume seria abastecido por infiltração direta das precipitações e pelas descargas do continente em direção ao oceano.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Uma vez que a faixa litorânea maceioense tem elevação máxima em torno de 5 m, o avanço do mar sobre esta certamente traria sérias conseqüências aos aquíferos locais, Choudhury *et al.* (2001), verificaram os efeitos de flutuações maré na intrusão marinha são mais significativas para uma praia de inclinação, como ocorrem nas praia de Pajuçara, do que para uma linha costeira vertical e que a água salina penetra para o interior mais fortemente no caso da costa de inclinação. Por outro lado Metha & Dean (2010), colocaram que há uma maior tendência de salinização dos

aqüíferos litorâneos, por meio da intrusão marinha, quando em maré alta, dependendo muito de fatores geológicos da formação do solo que faz a interface com o mar. No caso da RMM o solo é basicamente composto de arenitos e areias (Nobre & Nobre, 2008), que são bons condutores hidráulicos. Entretanto Poulsen *et al.* (2010), verificaram que a lente de água salobra formada entre o aqüífero doce e a cunha salina, é diretamente influenciada pelo movimento intenso de maré em combinação com o aumento de fluxo de descarga do continente para o oceano, assim caso se verifique a elevação do mar em torno de 800 mm resultaria em um incremento na carga hidráulica por parte do oceano e, conseqüentemente, um avanço do mar sobre a região praiana da RMM.

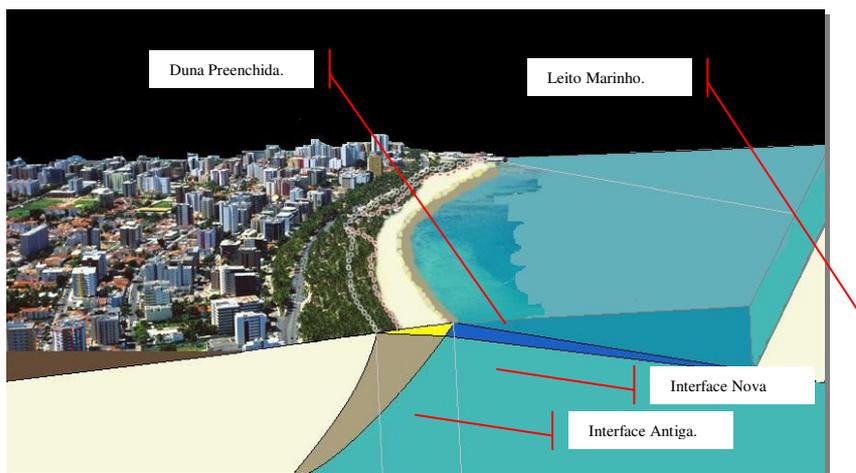


Figura 3: Forma da Duna de Preenchimento e Nova Interface.

Assim caso seja verificado a ocorrência das observações de Choudhury *et al.* (2001) –subida do nível do mar; a de Poulsen *et al.* (2010) – praia de inclinação; ao mesmo tempo e ainda, adicionalmente, se colocarmos a verificação de Werne (2010) - que relatou que devido ao adensamento populacional na zona costeira australiana, houve um incremento na busca por recursos hídricos no litoral, e ainda, a ocupação das áreas de recarga e excesso de exploração da observação que reduzem a carga hidráulica da água doce e a conseqüente redução do gradiente em direção ao oceano da observação de Tucci & Cabral (2003), de que o gradiente do continente deve ser suficiente para evitar a penetração da água salgada. Quando sua carga é reduzida ocorre à penetração da água salgada tornando imprópria ao seu uso. E esta é mais uma ação verificada, pois existem pelo menos quatro companhias de envasamento de água mineral que fazem retiradas em lençóis dos tabuleiros, além dos conjuntos habitacionais que não param de proliferar nesta área.

Com valores de espessura da lente em torno de 300mm (para uma faixa de 50m e com espessura média em torno de 2,5 m), evidentemente que a solução hora apresentada tem efeitos mais evidentes em relação à recuperação das áreas que viriam a serem perdidas para o avanço do mar, mas também contribuirá com uma fração, mesmo que pequena, na carga hidráulica do lado do continente para o enfrentamento da elevação do MSL. Para van Dam (1999), como grandes volumes de águas subterrâneas de densidades diferentes estão envolvidos, que lentamente fluem, pode levar séculos antes que a situação final ser atingida.

### AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece a CAPES pela bolsa de Doutorado e a bolsa de Doutorado Sanduíche CAPES-FCT, e os autores da UFPE, agradecem ao CNPq, no âmbito do projeto de pesquisa GERAQUI, e pelas bolsas de pós-graduação.

## REFERÊNCIAS

CABANES, C.; CAZENAVE, A.; LE PROVOST, C. (2001) - Sea level rise during past 40 years. determined from satellite and in situ observations. Science 294(5543):840–842. DOI 10.1126/science.1063556

CAVALCANTE, A. T. (2004) – Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Estado de Alagoas. Maceió-AL, 2004.

CHEN, J. L.; WILSON, C. R.; TAPLEY, B. D.; HU, X. G. (2006) - Thermosteric effects on interannual and long-term global mean sea level changes– J Geod 80: 240–247 DOI 10.1007/s00190-006-0055-7

CHOUDHURY, K.; SAHA D. K. & CHAKRABORTY, P. (2001) - *Geophysical Study For Saline Water Intrusion In A Coastal Alluvial Terrain* . Published by Elsevier Science B.V. 2001.

CHURCH, J. A.; GREGORY, J. M.; HUYBRECHTS, P.; KUHN, M.; LAMBECK, K.; NHUAN, M. T.; QIN, D.; WOODWORTH P. L. (2001) - Changes in sea level. Climate Change, 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge pp 639–694

COSTA, W. D.; Wilton J. da S. R.; Costa Filho W. D.; Galvão M. J. da T. G.; Demétrio J. G. A., Santos A. C.; Casiuch M. (2011) - Zoneamento de Exploração e Mapeamento das Áreas de Restrição das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Maceió – RMM.

CUSTODIO E. (2010) - Coastal aquifers of Europe: an overview, Madrid, Spain. Hydrogeology Journal (2010) 18: 269–280

EEMAN S., LEIJNSE A., RAATS P. A. C., VAN DER ZEE S. E. A. T. M. (2011) - Analysis of the thickness of a fresh water lens and of the transition zone between this lens and upwelling saline water. The Netherlands. doi:10.1016/j.advwatres.2010.12.001.

FAZZIO, A. L.; MENEZES, J. C. M.; FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; SILVA, F.V; FERREIRA, I. V.L; FREIRE, C.C. (2011) - Avaliação da qualidade das águas subterrâneas na região metropolitana de Maceió e influência do fluxo subterrâneo na dispersão dos contaminantes. 2011.

HAILONG Li, & JIAOB, Jiu Jimmy (2002) -*Tide-Induced Seawater–Groundwater Circulation In A Multi-Layered Coastal Leaky Aquifer System.*, Pokfulam Road, Journal of Hydrology, Volume 274, Issues 1-4, April 2003, Pages 211-224. Received 23 April

HOUGHTON, L. J. T.; MEIRA FILHO, G.; GRIGGS, D. J.; MASKELL, K. (1997) - Estabilização atmosférica dos Gases de Efeito Estufa: Implicações Físicas, biológicas e sócio-econômicas. PAINEL Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas IPCC -Technical Paper III, ISBN: 92-9169-102-X.

JONES B. F., VENGOSH A., ROSENTHAL E. & YECHIELI Y. (1999) - Chapter 3 - Geochemical Investigations. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

LEMKE, P., J. REN, R. B. ALLEY, I. ALLISON, J. CARRASCO, G. FLATO, Y. FUJII, G. KASER, P. MOTE, R.H. THOMAS and T. ZHANG. (2007) - Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground, Intergovernmental Panel on Climate Change-C. U. P., New York.

MAAS K. (2007) - Influence of climate change and sea level rise on a Ghijben Herzberg lens. *J Hydrol* 2007;347:223–8.

MEHTA A. J. & DEAN R. G. (2010) - Analytical models for the groundwater tidal prism and associated benthic water flux. *Hydrogeology Journal* (2010) 18: 203–215

MONTEIRO, A. B.; COSTA, W. D., LIMA FILHO, M. & BARBOSA, D. L., (2002) - Hidrogeologia e Gestão do Aquífero Barreiras nos Bairros De Ibura e Jordão – Recife – Pernambuco. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas..

NOBRE, M. M. M. & NOBRE, R. C. M. (2008) - Uso sustentável de águas subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2008. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2008.

OUDE ESSINK, G. H. P. (1999) - Impact of Sea Level Rise in the Netherlands - Chapter 14. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) *Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

POULSEN S. Erbs, Rasmussen K. Rømer, Christensen N. Bøie. (2010) - Evaluating the salinity distribution of a shallow coastal aquifer by vertical multielectrode profiling (Denmark). *Hydrogeology Journal* (2010) 18: 161–171

SKYSCRAPERCITY (2013) - Site de divulgação de imagens de espaços urbanos e de laser na Internet. Disponível em <http://www.skyscrapercity.com>, acessado em fev/2013

TUCCI, C. E. M. & CABRAL, J. J. S. P., (2003)- Qualidade da Água Subterrânea - Documento Final - Anexo II-b - Prospecção Tecnológica Recursos - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, tecnologia e Inovação Hídricos..

VAN DAM, J. C. (1999) - Exploitation, Restoration and Management - Chapter 4. In: Bear J, Cheng AHD, Sorek S, Ouazar D, Herrera I (eds) *Seawater intrusion in coastal aquifers: concepts, methods and practices*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

WERNE A. D. (2010) - A review of seawater intrusion and its management in Australia, School of Chemistry, Physics and Earth Sciences, Flinders University, *Hydrogeology Journal* 18: 281–285

WILLIS J. K. (2004) - Interannual variability in upper ocean heat content, temperature, and thermosteric expansion on global scales. (2004). *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 109, C12036, DOI:10.1029/2003JC002260.