

Coqueiral: uma proposta metodológica para solucionar o problema de salinização do Sistema Aquífero da Planície do Recife (PE)

Ricardo Hirata ^{*(1)}; Suzana Montenegro ⁽²⁾; Emmanuelle Petelet ⁽³⁾; Edson Wendland ⁽⁴⁾; José Marengo ⁽⁵⁾; Veridiana Martins ⁽¹⁾; Reginaldo Bertolo ⁽¹⁾; Lise Cary ⁽³⁾; Enjolras Medeiros ⁽⁶⁾; Melissa Franzen ⁽⁶⁾; Daniel Pierre ⁽⁷⁾; Luc Aquilina ⁽⁸⁾; Armelle Giglio-Jacquemont ⁽⁹⁾; Jonathan Batista ⁽¹⁰⁾

RESUMO

Recife é o quarto maior aglomerado populacional brasileiro (3,7 milhões de habitantes). Sua dependência das águas subterrâneas é historicamente conhecida, com poços perfurados no Sistema Aquífero da Planície do Recife (SAPRe), composto pelo Beberibe e Cabo (confinados) e Boa Viagem (freático, sobreposto aos anteriores). Desde 1970, tem-se notado um incremento nos teores de sais no SAPRe. Há hipóteses para explicar o problema: i) ingresso de águas salgadas de porções superficiais do aquífero através de poços abandonados; ii) intrusão salina direta do mar pelo bombeamento de poços; iii) salinização por indução de águas de paleo-mangues; e iv) indução por bombeamento de águas dos canais da cidade. Nenhuma dessas hipóteses mostrou-se conclusiva. Problemas de qualidade das águas, incluindo a salinização, são decorrentes da falta de gestão associada ao incorreto manejo do uso da terra e da instalação de atividades que influenciam a hidrologia urbana. Assim, para responder a isso, o Projeto Coqueiral propõe uma avaliação ampla, estudando os componentes hidrogeológicos, sociológicos e econômicos, visando propor recomendações de políticas territoriais e de recursos hídricos para reduzir os impactos nos aquíferos.

ABSTRACT

Recife is the fourth largest Brazilian metropolitan area (3.7 million habitants). Its dependence on groundwater is historically known with wells drilled in the Plain Aquifer System of Recife (SAPRe), composed by Beberibe and Cabo (confined) and Boa Viagem (unconfined aquifer that overlap Beberibe and Cabo Aquifers). Since 1970 the salt content in this system are growing, furthermore studies shows that groundwater exploitation are almost reaching the natural limit of recharge. There are hypotheses to explain the problem: i) inflow of salty waters of shallow portions of the aquifer through abandoned wells, ii) direct intrusion of the seawater by pumping wells, iii) induction of salinization by paleo-swamps water, and iv) induced by pumping water from canals. None of these proved to be conclusive hypotheses. Problems of water quality, including salinity, are due to the lack of management associated with incorrect handling of land use and installation

activities that influence the urban hydrology. So, to answer this, the Coqueiral Project proposes a comprehensive assessment, studying the hydrological components, sociological and economic, to propose policy recommendations on land and water resources to reduce impacts on aquifers.

Palavras Chave: salinização, urbanização.

* email: rhirata@usp.br, Rua do Lago 562 Butantã São Paulo – SP – Brasil, 3091 4808. (1) CEPAS – IGc USP;(2) UFPE e equipe;(3) BRGM e equipe; (4) EESC-USP; (5) INPE e equipe; (6) CPRM e equipe; (7) GeoHyd e equipe; (8) Caren e equipe; (9) CeRIES; (10) LAMO-IGc-USP

1. CONFIGURAÇÃO DO PROLEMA E TEMA DO ESTUDO

Com o aumento de urbanização, o número de poços privados na Região Metropolitana de Recife (RMR) cresceu, sobretudo depois da crise no abastecimento de água entre os anos de 1998 e 1999. Neste período, os índices de precipitações estiveram abaixo da média e os mananciais superficiais próximos do colapso. Essa condição levou à perfuração de mais de 13 mil poços privados na cidade de Recife ^[1,2]. Desde 1970, os poços tubulares da RMR têm experimentado rebaixamento dos níveis das águas subterrâneas e aumento dos teores de sais. Adicionalmente, uma modelagem numérica mostrou que os aquíferos Beberibe e Cabo estão sendo explotados próximos do limite da recarga natural ^[3]

A salinização de aquíferos geralmente está associada ao desequilíbrio hidráulico provocado pelo bombeamento e que acaba por induzir águas de baixa qualidade, contaminando o aquífero. No caso particular da RMR acredita-se que a origem da água salgada esteja associada à: i) intrusão marinha direta; ii) drenança de águas das camadas superiores salinizadas pela presença de pelemangues; iii) conexão com estuários; iv) passagem de água salinizada das camadas superiores por descontinuidades das camadas impermeáveis intermediárias, ou v) por infiltração através do espaço anelar de poços mal construídos ou abandonados ^[4,5].

A salinização de aquíferos é, portanto, um problema que extrapola a hidrogeologia e a sua solução se estende ao entendimento das relações do usuário com a água, a forma de ocupação do terreno, o desenvolvimento das atividades comerciais, sociais e econômicas e como essas atividades interferem no ciclo hidrológico de áreas urbanizadas. Neste contexto, foi proposto o projeto Coqueiral: Desafio da Qualidade da Água em Ambiente Urbano: Aquíferos de Recife e Uso do Solo: Como Enfrentar a Contaminação e a Salinização das Águas Subterrâneas sob a Mudança Ambiental Global em seu Contexto Social, iniciativa conduzida e coordenada pelo CEPAS (IGc-USP), UFPE e BRGM (França) e que tem avaliado a questão sob vários pontos, incluindo o sociológico, econômico, ambiental, além do hidrogeológico e do hidrológico.

2. ÁREA DE ESTUDOS

Os três principais aquíferos explorados são o Cabo e o Beberibe, que estão sob o Aquífero Boa Viagem, não confinado, e, portanto, o mais exposto à salinização, uma vez que é conectado a manguezais, estuários de rios e áreas altamente urbanizadas. Estes três aquíferos principais formam o conhecido Sistema Aquífero da Planície do Recife (SAPRe).

O Aquífero Beberibe na RMR ocorre nas regiões centro e norte do Recife e em Olinda, com distintas características hidrogeológicas: no Recife predomina na condição de confinado a semiconfinado, encoberto por sedimentos recentes do Aquífero Boa Viagem, ocorrendo ainda como aquífero livre no vale do rio Beberibe. Devido às suas características hidroquímicas privilegiadas, suas águas são utilizadas como águas minerais e para o abastecimento público (Borba *et. al*, 2011). O Aquífero Beberibe em Olinda ocorre encoberto ora pela Formação Barreiras ora pela Formação Gramame. Ao sul é limitado pelo Aquífero Cabo, ao oeste com o falhamento normal de direção N-S e a norte se estende por toda faixa costeira até o limite com o Estado da Paraíba, e na direção leste se prolonga na plataforma continental. De uma maneira geral, os poços que são perfurados no Aquífero Beberibe Superior, com profundidades inferiores a 150 m, possuem água com dureza elevada devido à presença dos carbonatos, como ocorre, por exemplo, nos poços perfurados na orla costeira de Olinda. Na região oriental do Recife, onde os poços chegam a atingir profundidade de 260 m (Aquífero Beberibe Inferior), ocorre inclusive um pacote de calcários da Formação Gramame, enquanto na zona centro-ocidental o calcário não ocorre, sendo a água de melhor qualidade ^[6]. Vários trabalhos vêm sendo realizados para identificar e caracterizar os aquíferos que ocorrem na RMR, particularmente os associados ao SAPRe (aquíferos Cabo, Beberibe e Boa Viagem), bem como sobre a evolução da qualidade e quantidade das águas subterrâneas, processos e mecanismos de poluição, a fim de contribuir para o planejamento da exploração das águas subterrâneas. Costa Filho *et al* (1998)^[7] utilizaram ¹⁸O e ²H em 45 amostras e concluíram que o processo de salinização está relacionado à dissolução de sais e contaminação de águas de paleo-mangues. Com o uso de isótopos, de Lima *et al* (2003)^[8] mostraram que as águas subterrâneas são compostas por águas de recarga recente, águas antigas que sofreram evaporação, águas salinas, e que os aquíferos Cabo e Boa Viagem estão interconectados. Cabral *et al.* (2004)^[9] mostraram por meio de perfis de condutividade elétrica que o Aquífero Beberibe pode estar salinizado devido à introdução de água salobra de rio, decorrente de bombeamento excessivo de poços que estão próximo à foz ou devido à contaminação por poços mal construídos. Rede de esgoto e intrusão salina também são fontes potenciais de contaminação. Apesar dos esforços para entender o cenário de salinização em Recife nenhuma conclusão final foi alcançada ^[4,5].

3. A METODOLOGIA COQUEIRAL

O Coqueiral apresenta uma metodologia para tratar problemas de águas subterrâneas em meio urbano e que consiste em analisa-los sob um enfoque mais holístico (Fig. 1), incluindo: i) **geológico-geomorfológico**: que estabelece a geometria do substrato rochoso-sedimentar e a topografia da área; ii) **hidrogeológico-hidrológico**: voltado à caracterização do modelo de fluxo, potencialidades do reservatório subterrâneo e as respostas da hidráulica, frente ao bombeamento das águas (incluindo as relações água subterrânea-superficial-oceano) e a modelação numérica de fluxo; iii) **hidrogeoquímica natural**: avaliação das características naturais de qualidade das águas e a sua evolução geoquímica; iv) **salinização das águas subterrâneas**: identificação dos mecanismos de salinização dos aquíferos, estabelecendo relações com o uso da água e ocupação do terreno; v) **contaminação antrópica**: avaliação das vulnerabilidades à contaminação dos aquíferos e os perigos de contaminação do aquífero e de poços importantes; vi) **acesso formais e informais à água**: avaliação das inseguranças hídricas do abastecimento público e a função do abastecimento privado legal e ilegal e efeitos no sistema de abastecimento de água por poços e outras captações; vii) **socioeconômico**: avaliação dos aspectos culturais e sociais associados ao uso da água, salinização e contaminação, incluindo a percepção dos conflitos e riscos pessoais e sociais; viii) **organização e manejo dos dados**: estabelecimento de um sistema geográfico de informações inteligentes e que permita não somente acessar e analisar informações diversas, mas também integrar os membros da equipe e *stackholders*; ix) **mudança climática global e a evolução dos aquíferos**: construção de várias situações hipótese para as próximas décadas, estabelecer um amplo debate sobre governança de água em nível local, continental e global; x) **disseminação**: compartilhar resultados de pesquisa com autoridades locais, gestores e governantes, cientistas especialmente por meio de redes de disseminação tais quais publicações científicas, exposições multimídia e reuniões científicas e não científicas; xi) **políticas públicas**: propor mecanismos de governança para a melhor gestão da água na superação de problemas urbano-ambientais.

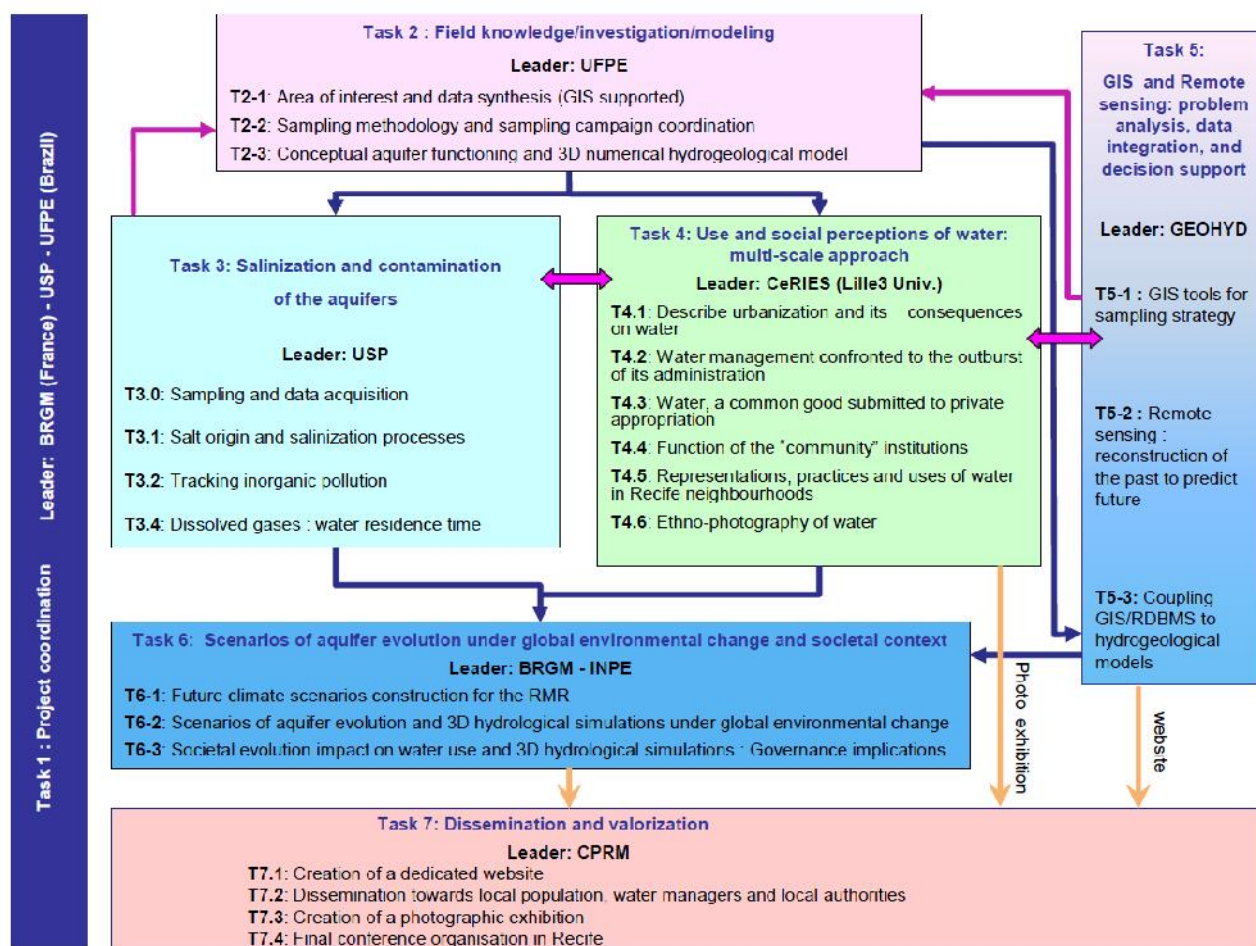


Figura 1. Resumo das Tarefas do Projeto COQUEIRAL

4. AGRADECIMENTOS

Os autores querem agradecer a FAPES (Projeto Temático 2011/50553-0), a FAPECE e a ANR (França) pelo apoio financeiro a este projeto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Costa, W. D.. *Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes (HIDROREC II)*. Recife, **2002**.
- [2] Foster, S. D; Hirata, R.; Howard, K; *Groundwater use in developing cities: policy issues arising from current trends*. Hydrogeology Journal 19, 271-274, **2011**.
- [3] Monteiro, A. B., 2000. *Modelagem de Fluxo subterrâneo nos aquíferos da planície do Recife seus encaixes*, dissertação de mestrado apresentada à UFPE, **2000**.
- [4] Montenegro, S. M. G., Montenegro, A. A. D., Cabral da Silva Pereira, J. J., and Cavalcanti, G. L. *Intensive exploitation and groundwater salinity in recife Coastal Plain (Brazil) : monitoring and management perspectives*. Joint Saltwater Intrusion Conference, Cagliari-Chia Laguna, Italy, **2006**.
- [5] Montenegro, S. M. G., Cabral da Silva Pereira, J. J., Ribeiro de Paiva, A. L., Montenegro, A. A. d. A., Demetrio Alves, J. G., and Cavalcanti, G. L. *Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e*

Perspectivas de Gerenciamento. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 14, 81-93, **2009**.

[6] Borba, A. L. S., Troian, G. C., Filho, W. D. C., Costa, M. R. *Qualidade das águas do aquífero Beberibe na Região Metropolitana de Recife* – PE. XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica. III Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul. Gramado/RS, pg 1125-1128, **2011**.

[7] Costa Filho, W. D., Santiago, M. F., Costa, W. D., and Mendes Filho, J. *Isótopos estáveis e a qualidade das águas subterrâneas na planície do Recife*. Proc. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, Brazil, **1998**.

[8] de Lima, E. S., Montenegro, S. M. G., and Montenegro, A. A. D. *Environmental isotopes and the analysis of the origin of groundwater in the Cabo Aquifer in Recife coastal plain, Pernambuco, Brazil*. IV South American Symposium on isotope geology. Proceedings of the IV South American Symposium on isotope geology, Salvador, BA, **2003**.

[9] Cabral, d. S. P., J. J., Montenegro, S. M. G., Paiva, A. L. R., and Farias, V. P. *Groundwater Salinisation in Central Region of Recife (Brazil) due to Brackish Water in Capibaribe River at High Tide*, 18th SWIM, Cartagena (Spain), **2004**.