

# AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DE NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO POR SISTEMA DATALOGGER'S EM UM POÇO SOBRE A BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE - CEARÁ

*André R. de Souza<sup>1</sup> ; Alexandre Cunha Costa<sup>2</sup> ; José Y.B. Gonsalves<sup>3</sup>; Claire Anne V. de Sousa<sup>4</sup>*

**RESUMO** – O monitoramento das oscilações do lençol freático em aquíferos de abastecimento de demandas para múltiplos usos é de elevada importância para melhorias na eficiência de gestão dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, haja visto que essa variação, acarreta em interferências de disponibilidade e qualidade de água devido as interações entre as mesmas. No presente trabalho foi efetuado uma análise de dados de nível estático com sistema automatizado (Datalogger's) em uma das 24 estações integrante do sistema de monitoramento das águas subterrâneas sob responsabilidade da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará sub-bacia do rio Salgado, entre os anos de 2011 e 2013. Os resultados apontam um eficiente sistema de monitoramento assim como um gradual rebaixamento do lençol freático de 3,12m em apenas três anos de observação.

**ABSTRACT** – The monitoring fluctuations in groundwater in aquifers supply the demands for multiple uses is of high importance to improvements in the efficiency of management of groundwater and surface water resources, given the fact that this variation leads to interference of availability and quality of water due to interactions between them. The present work was carried out an analysis of data from static level of automated system (datalogger's) in one of 24 member stations of the monitoring of groundwater under the responsibility of the Company Management of Water Resources of Ceará the Salt River sub-basin system between the years 2011 and 2013. results indicate an efficient monitoring system as well as a gradual drawdown of 3,12 m in just three years of observation.

**Palavras-Chave** – Águas subterrâneas, monitoramento, rebaixamento.

---

1) Instituto Federal do Ceará, Campus Juazeiro do Norte, Av. Plácido Aderaldo Castelo 1646, Planalto. CEP: 63.040-540, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil, +55 88 2101 5300, andrezaocca@gmail.com

2) Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus dos Palmares, Rodovia CE-060 km 51, CEP: 62.785-000, Acarape, Ceará, Brasil, +55 85 3373 1593, cunhacos@unilab.edu.br.

3) Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Rua Coronel Secundo 243, Centro. CEP: 63.100.480, Crato, Ceará, Brasil, +55 88 3521 2492, yarley.brito@cogerh.com.br.

4) Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Rua Coronel Secundo 243, Centro. CEP: 63.100.480, Crato, Ceará, Brasil, +55 88 3521 2492, claire.viana@cogerh.com.br.

## 1 – INTRODUÇÃO

A água subterrânea é um dos principais recursos de água do planeta. Aproximadamente 97% da água doce disponível no planeta estão localizados no subsolo, deste modo, apenas cerca de 3% da água potável disponível na Terra provém das reservas de água superficial (Cruz 2006).

O gerenciamento de nível estático em sistemas aquíferos podem servir para diversos fins e aplicações, principalmente para preservação dos recursos hídricos, avaliando a vulnerabilidade frente a fatores antrópicos, a detecção de contaminação e poluição difusa, previsão de vazões exploráveis e a possibilidade de medidas preventivas e corretivas. (Borges et al 2007).

Águas subterrâneas e superficiais não são componentes isolados de um sistema hídrico, entretanto, esses componentes se comunicam de forma bastante dinâmica em função das paisagens fisiográficas e climáticas da região, assim como em função das pressões antrópicas no meio. Dessa forma, o desenvolvimento ou a contaminação de um afeta diretamente o outro. Portanto, o monitoramento das águas superficiais é necessário para a gestão eficaz dos recursos hídricos (Sophocleous 2002).

Segundo Uil et al. (1999), um monitoramento deve prover informações sobre a dinâmica do aquífero em relação às variações sazonais e efeitos antrópicos, sendo que para a modelagem, deve haver a integração das atividades de monitoramento de águas subterrâneas e superficiais.

O controle das oscilações do lençol freático em aquíferos que demandam múltiplos usos é de elevada importância para melhorias na eficiência de gestão dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, haja visto que essa variação, acarreta em interferências de disponibilidade e qualidade de água devido as interações entre as mesmas. Dessa forma, o monitoramento um determinado sistema aquífero subsidia informações acerca do controle de volumes de infiltração e recarga, assim como as potencialidades exploráveis, melhorando a tomada de decisões para o gerenciamento integrado das águas superficiais e subterrâneas.

### 1.1 – Objetivos

O trabalho tem como objetivo efetuar uma análise da evolução de nível estático por sistema automatizado entre os anos de 2011 a 2013, em uma das 24 estações integrantes do plano de monitoramento das águas subterrâneas sob responsabilidade da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), gerência da Sub-bacia do Rio Salgado, observando o comportamento de rebaixamento e recarga do sistema aquífero em comparação com as médias pluviométricas influentes para a área.

## 1.2 - Localização

O presente estudo foi desenvolvido no município de Barbalha-CE, mais precisamente na localidade Tupinambá, onde a estação de monitoramento foi instalada sobre o aquífero médio na Bacia Sedimentar do Araripe (figura 1). A Bacia Sedimentar do Araripe apresenta uma diversificação litológica caracterizada por sequências alternadas de arenitos, siltitos, calcários, argilitos e folhelhos, podendo alcançar uma espessura total da ordem de 1600 metros (Mont'alverne, 1996). Essa diversidade litoestratigráfica acarreta a formação de uma alternância de aquíferos, aquípardos e aquícludes, que apresentam características variáveis também com relação à localização, variando espacialmente e mostrando discontinuidades verticais e laterais (Boto e Vasconcelos 2007). Baseado na semelhança de características hidrogeológicas, considerando a imprecisão dos perfis geológicos de poços perfurados e a pouca profundidade alcançada pelos poços (máxima de 250 m), Mont'alverne (1996) propôs a seguinte divisão hidrogeológica para a Bacia do Araripe:

1. **Sistema Aquífero Superior** – Representado pelas formações Exu e Arajara;
2. **Aquíclude Santana** – Representado pela formação homônima;
3. **Sistema Aquífero Médio** – Representado pelas formações Rio da Batateira, Abaira e Missão Velha;
4. **Aquíclude Brejo Santo** – Representado pela formação homônima;
5. **Sistema Aquífero Inferior** – Representado pela Formação Mauriti e a parte basal da Formação Brejo Santo.

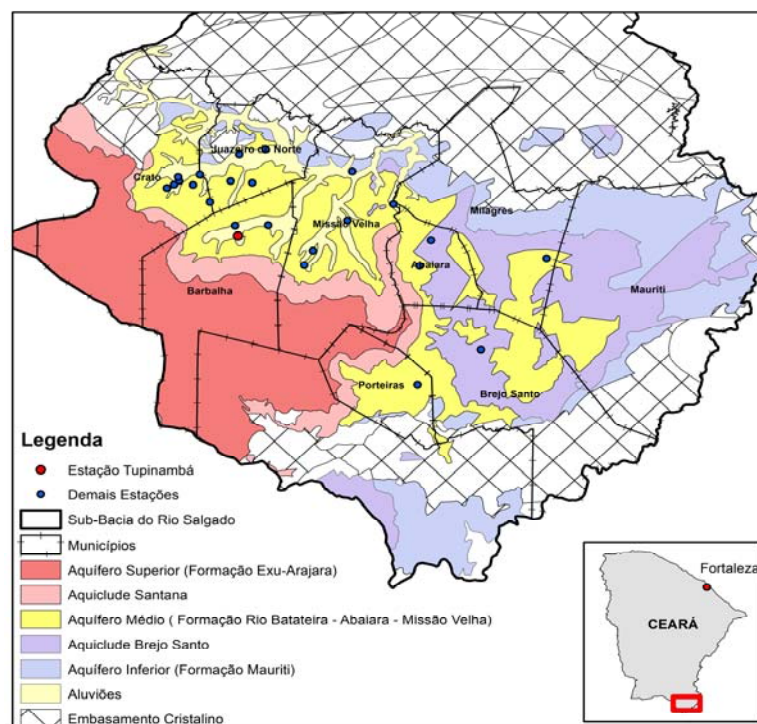


Figura 1: Localização da área em estudo

## 2 – MÉTODOS

### 2.1 – Estação de Monitoramento

Cada estação de monitoramento possui um controlador lógico programável (CLP), onde são armazenados os dados de nível estático em memória interna, para posterior extração manual via notebook e software dedicado. A memória possui capacidade de armazenamento de informações de no máximo dois meses de funcionamento, caso não haja coleta, estes são apagados automaticamente em um novo armazenamento (COGERH 2013).

No caso do poço Tupinambá II, no município de Barbalha-CE, o sistema de medição opera um poço sem bombeamento, com isso, reflete de forma mais real as oscilações de nível, muito embora, exista um poço de exploração para abastecimento público acerca de 15m de distância, que o seu cone de rebaixamento favorece a redução de nível do sistema aquífero.

Para aquisição de informações de nível estático, é utilizado na estação, o sistema de medição por borbulhamento (Figura 2).



Figura 2: Estação de monitoramento por borbulhamento  
Fonte: COGERH 2013

Em suma, o sistema possui uma mangueira pneumática submersa, alimentada por um micro compressor, que calcula a pressão necessária para que haja o borbulhamento, ou seja, quanto maior a coluna de água sobre a mangueira, maior será a pressão necessária para que haja o borbulhamento, quando isso ocorre, a pressão resultante, se equivale a pressão hidrostáticas na extremidade do tubo, sendo assim, após calibrações no software, se chega as variações de nível, o esquema do sistema pode ser observado na figura 3

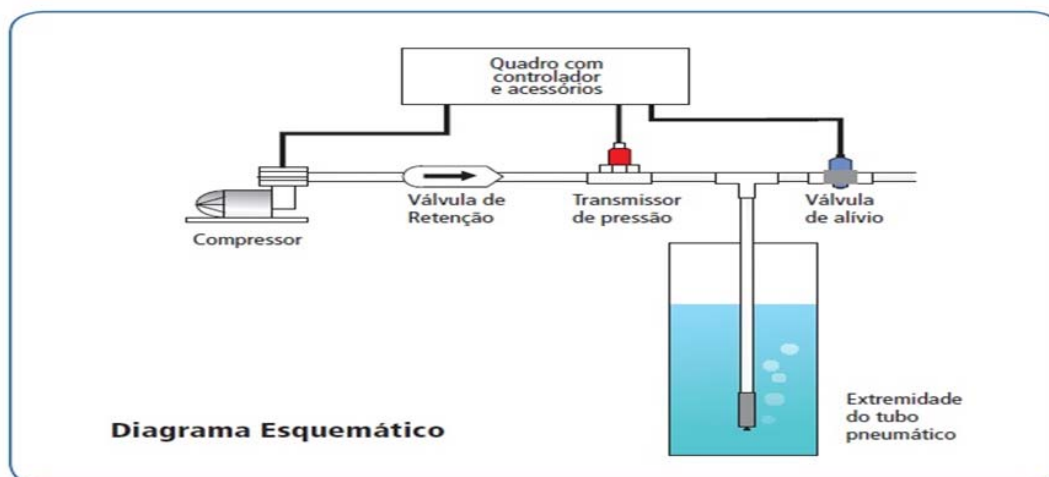


Figura 3. Esquema do sistema de medição de nível por borbulhamento  
Fonte: COGERH 2013

O compressor é acionado em intervalos de tempo programáveis pelo operador, e cada vez acionado, este registra uma determinada pressão necessária para que ocorra o borbulhamento, e assim, o sistema calcula e registra a variação de nível ( $\Delta h$ ). No caso em questão, as medições são realizadas a cada hora do dia, totalizando 720 leituras durante o mês.

## 2.2 – Coleta e Tratamento dos dados

A coleta de dados é feita mensalmente, por meio de um notebook, conectado no painel frontal do equipamento. Os dados de registro são exportados para planilhas eletrônicas em extensão *.xls*, de onde foram trabalhadas estatisticamente e analisadas por meio de gráficos. Devido à grande quantidade de valores armazenado, haja visto que o sistema coleta uma medição a cada hora, utilizou-se do Software Excel para realizar o tratamento dos dados, através do cálculo do valor mínimo registrado em cada mês, valor este que representa a melhor condição de recuperação do nível estático.

De posse dos dados trabalhados, utilizou-se de gráficos para melhor visualização e análise das oscilações de nível estático do poço monitorado, confrontando com os valores de precipitação média registrados nos pluviômetros no entorno do monitoramento, assim como os períodos de ápice das retiradas de água para abastecimento público.

Os valores de pluviometria foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia do Ceará (FUNCEME) e interpolados a partir de pluviômetros mais próximos do poço em questão. O cálculo da precipitação média foi realizado através do método dos polígonos de Thiessen, em uma área de 286 km<sup>2</sup> de influência.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSOES

O sistema de monitoramento foi implantado no final de 2009, entretanto, por inconsistência de dados, só foi possível uma análise mais contundente a partir 2011. Os valores analisados referem-se ao nível estático observado em cada mês, juntamente com os valores de precipitação média registrado entre as estações pluviométricas de influência para o ponto em questão. Vale ressaltar que as oscilações de nível sofrem grande interferência do poço vizinho, a cerca de 15m de distância, com vazões de retirada na ordem de 200m<sup>3</sup>/h para abastecimento humano, e não apenas variam em decorrência da presença ou ausência das recargas naturais.

A análise completa da série (figura 4) compreende um período de 36 meses, desde janeiro de 2011 a dezembro de 2013. De modo geral, houve um rebaixamento na ordem de 3,12m. Se compararmos em períodos iguais, no início da estação chuvosa, entre janeiro de 2011 e janeiro de 2013, o rebaixamento observado é de 2,43m. Em períodos iguais durante o final da estação seca, entre os meses de novembro de 2011 e novembro de 2013 a diferença é de 1,47m.

Observa-se também que ao longo da série, o valor de nível estático do sistema aquífero vem rebaixando, em uma proporção que as recargas não conseguem reverter o quadro.

O fato mais evidente observado durante a análise é a significativa interferência no poço de monitoramento causada pelo bombeamento no poço vizinho, que entre os meses de maio e junho, tem sua vazão acrescida para atender as demandas de abastecimento público urbano do município de Barbalha-CE, que nesse período, possui um significativo aumento de sua população flutuante, devido os festejos culturais-religiosos, que alavancam o turismo na região, e com isso, eleva o consumo de água, interferindo de forma mais significativa no lençol freático.

Mesmo com a interferência do bombeamento, pode-se verificar que o sistema possui uma tendência de recuperação do nível estático por infiltração logo após o início do período chuvoso, mais evidente entre novembro de 2012 a maio de 2013.

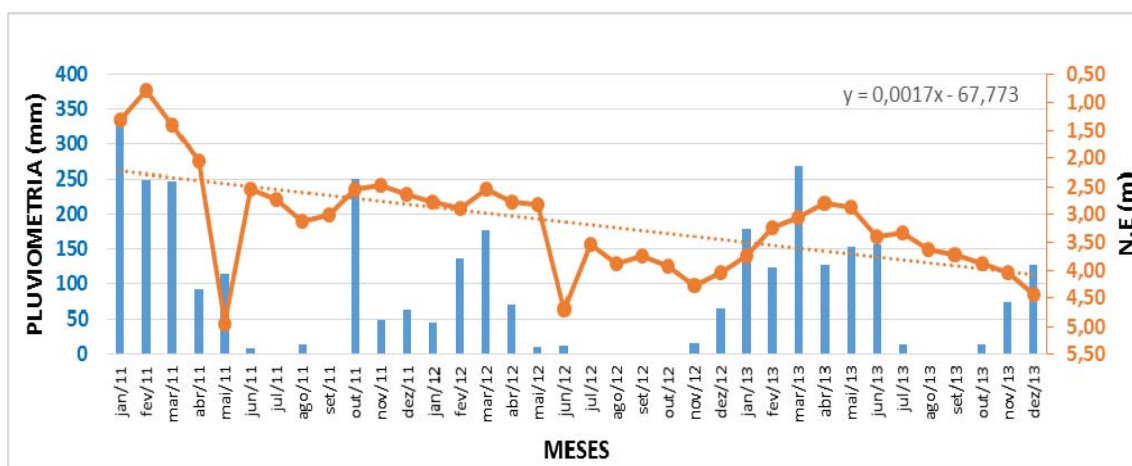


Figura 4: Flutuação de Nível Estático do Poço Tupinambá na Série Analisada

De forma análoga, ampliando o monitoramento para todas as 24 estações, o comparativo entre os dados apresentados entre 2011 e 2012 apresentaram um resultado negativo, no que diz respeito à recuperação dos níveis de água dos aquíferos. Em 2012 todos os 24 poços tiveram diminuição do nível, entre 0,53 m e 16,25 m. Este comportamento deve ser resposta à baixa precipitação deste ano, ressaltando-se que embora no Cariri tenha sido melhor do que em outras regiões do estado, ainda assim não permitiu recuperação dos aquíferos, tivemos portanto um bombeamento que superou a infiltração. O monitoramento do ano de 2013 apresentou também um resultado negativo, no que diz respeito à recuperação dos níveis de água dos aquíferos apresentando rebaixamentos médio regional de 4,75m. Repetindo a performance negativa de 2012, em 2013 todos os poços tiveram rebaixamento do nível estático, com mínimo de 1,33 m chegando ao máximo 22,41 m. Este comportamento deve ser resposta à baixa precipitação deste ano em todo estado do Ceará, que não permitiu recuperação dos aquíferos, tivemos portanto um bombeamento que superou a infiltração e o consumo crescente devido à seca. (COGERH, relatório inédito, 2013)

As reservas de água subterrânea, apesar de renováveis, são limitadas. A situação atual de exploração dos aquíferos na região dos municípios de Crato, Juazeiro e Barbalha pode superar as recargas naturais, o que pode provocar acentuado rebaixamento dos níveis d'água e interferências múltiplas entre poços. Esta ocorrência foi diagnosticada no estudo técnico da Coegerh (op. cit) que apresentou áreas com rebaixamento de mais de 20m desde a década de 60, quando iniciaram as perfurações na região, caracterizando-se, portanto como uma área crítica e suscetível de enquadramento em programas de racionalização da captação.( COGERH 2011).

#### **4 – CONCLUSÕES**

Após análise dos resultados apresentados, observa-se que as respostas de recuperação de nível estático do sistema aquífero são pouco significativas no período analisado, mas seguem uma tendência logo após o início da estação chuvosa, induzidas pelas recargas diretas, mais evidentes entre novembro de 2012 e maio de 2013, enquanto que os rebaixamentos são ocasionados por duas principais condicionantes, a primeira em decorrência do período seco, e ocorrem mais lentamente, a segunda ocorre devido o bombeamento nas proximidades, que são bem mais intensas e significativas, devido ao cone de rebaixamento produzido nas proximidades do bombeamento. De modo geral, em apenas três anos de monitoramento, pode-se observar um rebaixamento na ordem de 3,12m apenas três anos de monitoramento. Quando comparado esses resultados com a análise geral das 24 estações de monitoramento, observa-se uma correlação de rebaixamento de nível em toda a região monitorada, sendo mais ou menos significativo em um ponto e outro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará, Sub-Bacia do Rio Salgado.

## BIBLIOGRAFIA

BORGES et al (2007). “*Avaliação de tecnologias para o monitoramento de Águas subterrâneas*”. In anais do XVII simpósio brasileiro de recursos hídricos, São Paulo, nov. 2007

BOTO e VASCONCELOS (2007). “*Balanço hídrico da bacia sedimentar do Araripe, Ceará*”. In anais do XXII Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal, nov. 2007

COGERH (2013). Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. “*Plano de monitoramento e gestão dos aquíferos da Bacia do Araripe*”. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/publicacoes/coletanea-relatorios-da-cogerh-2007-2010>. Acesso em: 09 jul. 2013.

COGERH (2012). “*Boletim de Monitoramento dos Poços Com Datalogger no Cariri – CE*”. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao/estudos-e-projetos/aguas-subterraneas/projetos/boletins-de-monitoramento-de-pocos-com-datalogger/Boletim-Monitoramento-Pocos-Cariri-2012.pdf>, acesso em 10 jul. 2013

COGERH (2011) “*Cartilha Águas Subterrâneas da Bacia do Araripe*” 1.ed. 2011.

COGERH, relatório inédito, (2013). “*Relatório inédito desenvolvido internamente na COGERH sub-bacia do rio Salgado através da análise do boletim de monitoramento dos poços com dataloggers no Cariri-CE*”.

DA CRUZ J.L.F (2006), “*Modelagem de Fluxo Subterrâneo com Vistas à Depleção do Rio como Efeito do Bombeamento Extremo em uma Área de Estudo Situada no Oeste Baiano*”. Tese (Mestrado em engenharia civil) Universidade federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

MONT’ALVERNE, A.A.F. (Coord). Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros. Departamento Nacional de Produção Mineral (MONT’ALVERNE), Distritos Regionais Pernambuco e Ceará. Recife, 1996.101p. il.

PACTO DAS ÁGUAS (2013). Secretaria de recursos hídricos do estado do Ceará. “*Caderno regional da sub-bacia do salgado*”. Disponível em: <http://www.srh.ce.gov.br/index.php/projetos-especiais/pacto-das-aguas>. Acesso em: 09 jul. 2013.

SOPHOCLEOUS, M. (2002) “*Interactions between groundwater and surface water: the state of the Science*”. Hydrogeology Journal 10, pp. 52–67

UIL. H.; GEER. F.C; GEHERELS J.C. KLOOSTERMAN (1999). “*State of art on monitoring and assessment of groundwaters*”. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assesemt. Working Programme 1996/1999. Volume 4. The Netherlands Institute of Applird Geoscience: pp. 84.