

# MONITORAMENTO DE AQUÍFEROS: CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS E SITUAÇÕES NO NORDESTE DO BRASIL

Mickaelon Belchior Vasconcelos<sup>1</sup> Carlos Antônio da Luz<sup>2</sup>  
Francisco Lages Correia Filho<sup>3</sup> Antônio Reinaldo Soares Filho<sup>4</sup>

**Resumo** - Para a identificação de possíveis processos de alteração do meio natural é necessário um acompanhamento sazonal, com medidas periódicas, que pode ser definido como monitoramento. Nos estudos aplicados às águas subterrâneas, o monitoramento representa uma ferramenta essencial para a compreensão da dinâmica dos sistemas aquíferos, podendo ser qualitativo e/ou quantitativo. O conjunto de poços, onde são realizadas medições periódicas, representa uma rede de monitoramento de águas subterrâneas. O presente trabalho aborda o monitoramento das águas subterrâneas, em relação aos aspectos teóricos e práticos. São apresentadas, algumas situações do nordeste brasileiro, como casos em diferentes estágios que ocorrem nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. No desenvolvimento deste estudo foi realizada pesquisa bibliográfica, levantamento de dados de trabalhos desenvolvidos anteriormente, com sumarizações, sendo apresentadas diferentes situações de estágios, resultados e abrangência espacial no que se refere ao monitoramento das águas subterrâneas.

**Abstract** - For the identification of possible processes of alteration of the underground environment, a seasonal accompaniment is necessary, with periodic measures that can be defined as monitoring. In the applied studies the groundwater, the monitoring represents an essential tool for the understanding of the dynamics of the aquifer systems, being able to be qualitative and/or quantitative. The set of wells where periodic measurements are carried through represents a net of monitoring of groundwater. The present work approaches the monitoring of groundwater in relation to the theoretical and practical aspects. Some situations are presented northeast Brazilian, as cases in different periods of training that occur in the states of the Piauí, Ceará and Rio Grande do Norte. For the development of this work it was carried through a bibliographical research, data-collecting of developed works previously, revealing different situations of periods, results of monitoring of groundwater.

**Palavras-Chave:** Monitoramento de Águas Subterrâneas; Nordeste Brasileiro.

---

<sup>1</sup> Geólogo, M.Sc. CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil, Residência de Teresina - RETE, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, 64.001-620. Rua Goiás, 312- Ilhotas, Teresina - PI, (86) 3222.4156; mvasconcelos@te.cprm.gov.br

<sup>2</sup> Geólogo, Especialista, CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil, Residência de Teresina - RETE; carlosluz@te.cprm.gov.br

<sup>3</sup> Geólogo, Especialista, CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil, Residência de Teresina - RETE; lages@te.cprm.gov.br

<sup>4</sup> Geólogo, Especialista, CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil, Residência de Teresina - RETE; reinaldo@te.cprm.gov.br

## 1 - INTRODUÇÃO

Na identificação de possíveis processos de alteração do meio natural é necessário um acompanhamento temporal, com medidas periódicas. Este processo é conhecido como monitoramento.

Nos estudos aplicados as águas subterrâneas, o monitoramento representa uma ferramenta essencial para a compreensão da dinâmica dos sistemas aquíferos, podendo ser qualitativo e/ou quantitativo. Um conjunto de poços, onde se realizam medições periódicas, representa uma rede de monitoramento de águas subterrâneas.

A implementação de programas de monitoramento contribuem para um melhoramento no planejamento, desenvolvimento, proteção e manejo das águas subterrâneas (López-Vera, 2006).

Vrba (2006) define rede de monitoramento como sendo um “programa padronizado de metodologias e técnicas de medições, procedimentos de amostragens no campo e em análise laboratoriais de variáveis químicas, biológicas e físicas das águas subterrâneas”.

O monitoramento é um processo de avaliação contínua, com o intuito de otimizar as ações realizadas. A periodicidade (intervalo de coleta de dados) do monitoramento depende dos fatores como (Auge, 2006, com modificações) condições geométricas do aquífero considerado, regime de fluxo subterrâneo, condicionamento hidráulico e persistência dos contaminantes.

Segundo VRBA (2006), uma rede de monitoramento eficiente é desenvolvida com o aporte de diversas informações, dentre elas:

- Especificação da área de estudo a ser monitorada para a definição da escala de trabalho.
- Identificação e realização do inventário das fontes potenciais de contaminação.
- Densidade das estações de monitoramento (poços e fontes) e desenho da rede de monitoramento.
- Modelo conceitual do sistema hidrogeológico (geologia e estrutura hidrogeológica, propriedades físicas e químicas das águas subterrâneas, fluxo das águas e condições de contorno).
- Designação de um Programa de Qualidade.
- Elaboração e gerenciamento de um banco de dados.
- Avaliação dos dados para otimização do sistema de monitoramento.

Os principais objetivos de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas são (Dias, 2006; Viola, 2006, com modificações) caracterizar a qualidade das águas, por bacias hidrogeológicas, identificar as variações do nível d'água, verificar a interação com as águas superficiais e determinar tendências dos parâmetros monitorados.

## 2 - OBJETIVO

Apresentar considerações metodológicas e situações sobre o monitoramento das águas subterrâneas no nordeste brasileiro.

## 3 - METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa bibliográfica, levantamento de dados de trabalhos desenvolvidos anteriormente e sua sumarização, mostrando-se diferentes situações de estágios, resultados e abrangência espacial no que se refere ao monitoramento das águas subterrâneas. Na figura 1 são apresentados quatro áreas que serão comentadas nesse trabalho, com estágios diferenciados no que se refere ao monitoramento das águas subterrâneas:

- Aquífero Barreiras: ocorrência na cidade de Natal, onde será apresentado a sugestão dos pontos de monitoramento de águas subterrâneas, e, posteriormente detalhado na área da zona norte da cidade, no qual foi elaborado o mapa de fluxo subterrâneo, baseado nos pontos sugeridos.



Figura 1. Destaque para as áreas que apresentam situações de monitoramento da qualidade e/ou do nível das águas subterrâneas.

- Aquífero Açú: área de estudo, restrita à borda sul da Bacia Potiguar, com apresentação da seleção de poços sugerida para a realização do monitoramento.

- Aquífero Manto de Alteração do Cristalino: situado no município de Meruoca- CE, em uma microbacia hidrográfica, com aproximadamente 4,0 km<sup>2</sup>, com o resultado do monitoramento de níveis estáticos, durante três anos, em poços escavados.
- Aquífero Serra Grande: estando na Borda da Bacia Sedimentar do Parnaíba, no estado do Piauí, onde estão selecionados os locais para a construção de poços de monitoramento, pertencentes à Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas.

#### 4 - CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS NO MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O funcionamento de uma rede de monitoramento é um processo cíclico, com o intuito de buscar uma maior eficiência, em qualquer etapa do processo. A seguir serão apresentadas as etapas de uma rede de monitoramento, com as suas respectivas características, baseadas em Uil et al. (1999) in Auge (2006):

- **Cenário** - constitui o fator inicial na Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RMAS), ou seja, estão inseridos neste atributo, os fatores geoambientais como clima, geologia e desenvolvimento (expansão) da ocupação do solo. Após a definição da configuração física serão direcionados, as demais etapas. O contexto do cenário poderá ser modificado, dependendo do detalhamento das atividades.
- **Objetivo** - esse atributo é que irá direcionar as demais atividades da RMAS, em termos de magnitude do monitoramento e, em relação aos aparatos necessários para o desenvolvimento. Abrange os fatores: qualidade e quantidade.

a) Fator Qualitativo- pode ser analisado segundo dois aspectos:

*Operacionais* - avaliação das análises químicas rotineiras do manancial, geralmente para detectar variações sazonais e/ou para identificar degradações antrópicas.

*Segurança* - está relacionado com áreas propícias ou que possuem fontes potenciais de contaminação nas suas proximidades. As análises químicas realizadas podem ser direcionadas para a identificação de determinado contaminante, mais provável de afetar o aquífero.

b) Quantitativo - os aspectos deste atributo podem ser relacionados e divididos, em três tipos de obtenção de dados:

*Carga Hidráulica* - neste aspecto pretende-se verificar as variações de carga hidráulica sazonais, existentes no aquífero.

*Exploração* - identificar as variações sazonais dos volumes, retirados do aquífero.

*Recarga* - direcionado as áreas que possuem recarga artificial.

- **Escala** - este fator irá definir dentre os demais, a malha de reconhecimento necessária, podendo ser de três níveis:

*Detalhe* - corresponde ao monitoramento, com áreas não superiores a 10 km<sup>2</sup>, variando, por exemplo, de áreas como postos de combustíveis, áreas agrícolas, até bairros, em uma cidade.

*Local* - abrange áreas com tamanhos variando de 10 a 300 km<sup>2</sup>, correspondendo parte de um município ou mais de um município.

*Regional* - corresponde as zonas com áreas superiores a 300 km<sup>2</sup>, abrangendo bacias hidrogeológicas e bacias hidrográficas.

A densidade de poços, necessária, deve ser analisada para que os dados tenham uma representatividade, suficiente para refletir as condições hidrogeológicas e os fatores que a interferem na área, objetivando traçar as condições mais próximas da realidade.

- **Resultados** - os dados obtidos nas etapas anteriores devem ser reunidos, e agrupados, segundo a etapa de coleta. Trata-se de uma fase que requer um critério na organização desses dados, essencialmente para analisá-los.
- **Controle de Qualidade dos Dados** - caracteriza-se por uma avaliação prévia dos resultados, ou seja, irão ser filtrados e homogeneizados, possíveis erros ocorridos durante a coleta de campo.
- **Interpretação** - após o controle de qualidade, os dados serão avaliados, considerando-se as variáveis necessárias para a condição hidrogeológica existente, que depende do objetivo.
- **Divulgação/ Disponibilização dos Dados** - todos os dados serão repassados para os mais diversos tipos de públicos, com as diversas formas possíveis, seja por material escrito em jornais de circulação diária ou *INTERNET*, sendo preferencialmente apresentados em publicações de artigos científicos.
- **Ajustes Operacionais** - são verificados todos os fatores que interferiram negativamente no desenvolvimento da RMAS, sendo rotineiramente analisadas como formas mais eficientes para a realização das atividades. É imprescindível que ocorram reuniões técnicas com os operadores da rede de monitoramento, gerando um intercâmbio de informações como a identificação das dificuldades enfrentadas, em cada uma das etapas do processo.

Após o fechamento do primeiro ciclo de atividades as etapas subseqüentes poderão ser modificadas, de acordo com as necessidades, ficando estabelecido os padrões de amostragens e análises químicas das águas subterrâneas. Na figura 2 é apresentado um diagrama, com os mecanismos de funcionamento de uma RMAS, baseado em Uil et al. (1999) *in* Auge (2006).

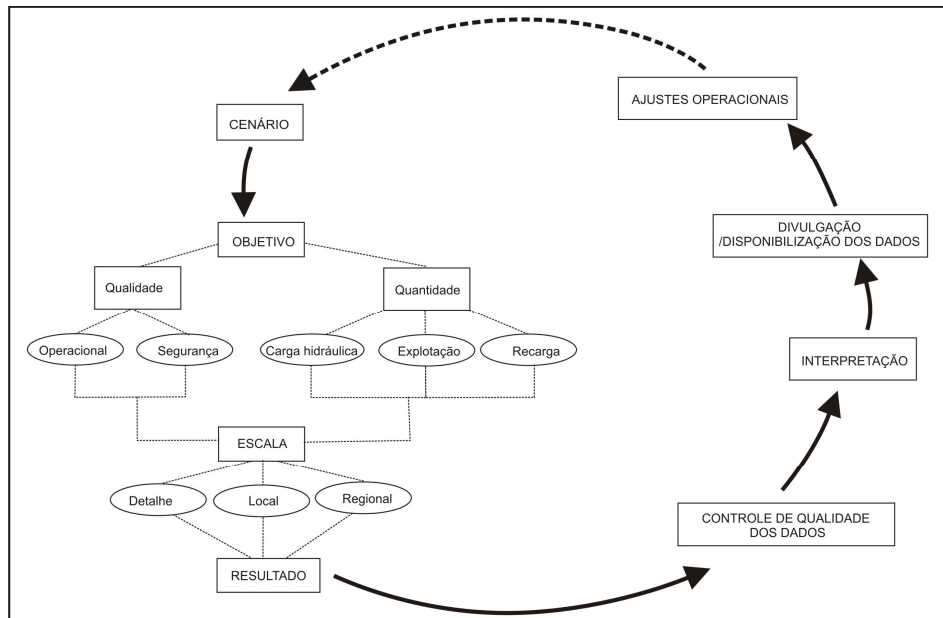


Figura 2. Mecanismo de funcionamento de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas.

## 5 - RESULTADOS PRÁTICOS DO MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Muitos estudos hidrogeológicos são desenvolvidos, através de um monitoramento de águas subterrâneas. No município de Meruoca, estado do Ceará, o monitoramento de poços rasos, do tipo escavado, realizado num período de três anos, identificou velocidades de variações de níveis, diferenciadas entre os poços, mas seguindo o padrão das variações pluviométricas (Vasconcelos et al., 2007). Na figura 3 é apresentada uma comparação dos dados de pluviosidade com os dados de níveis estáticos dos poços.

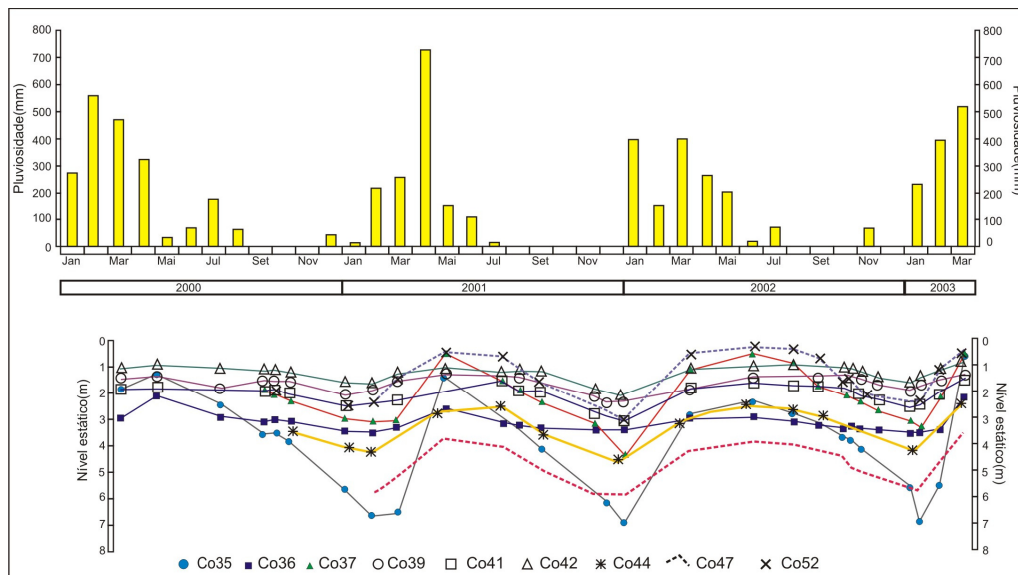


Figura 3. Monitoramento do nível estático em poços escavados, no município de Meruoca-CE.

Na cidade de Natal (FUNCERN, 2007) foi sugerida uma rede de monitoramento de poços, para se obter informações da qualidade e fluxo das águas subterrâneas (Figura 4). Para os 1.508 poços cadastrados foram selecionados 53 para compor a rede de monitoramento. Desses, 33 estão encontrados na zona sul, e 24 na zona norte de Natal. Em 2008 foi realizada uma verificação dos poços da rede de monitoramento, proposta no cadastro de Natal para a zona norte da cidade, sendo identificada a impossibilidade de medições em alguns dos poços selecionados. Para solucionar o problema foram escolhidos novos poços, sendo possível a elaboração do mapa de fluxo das águas subterrâneas.

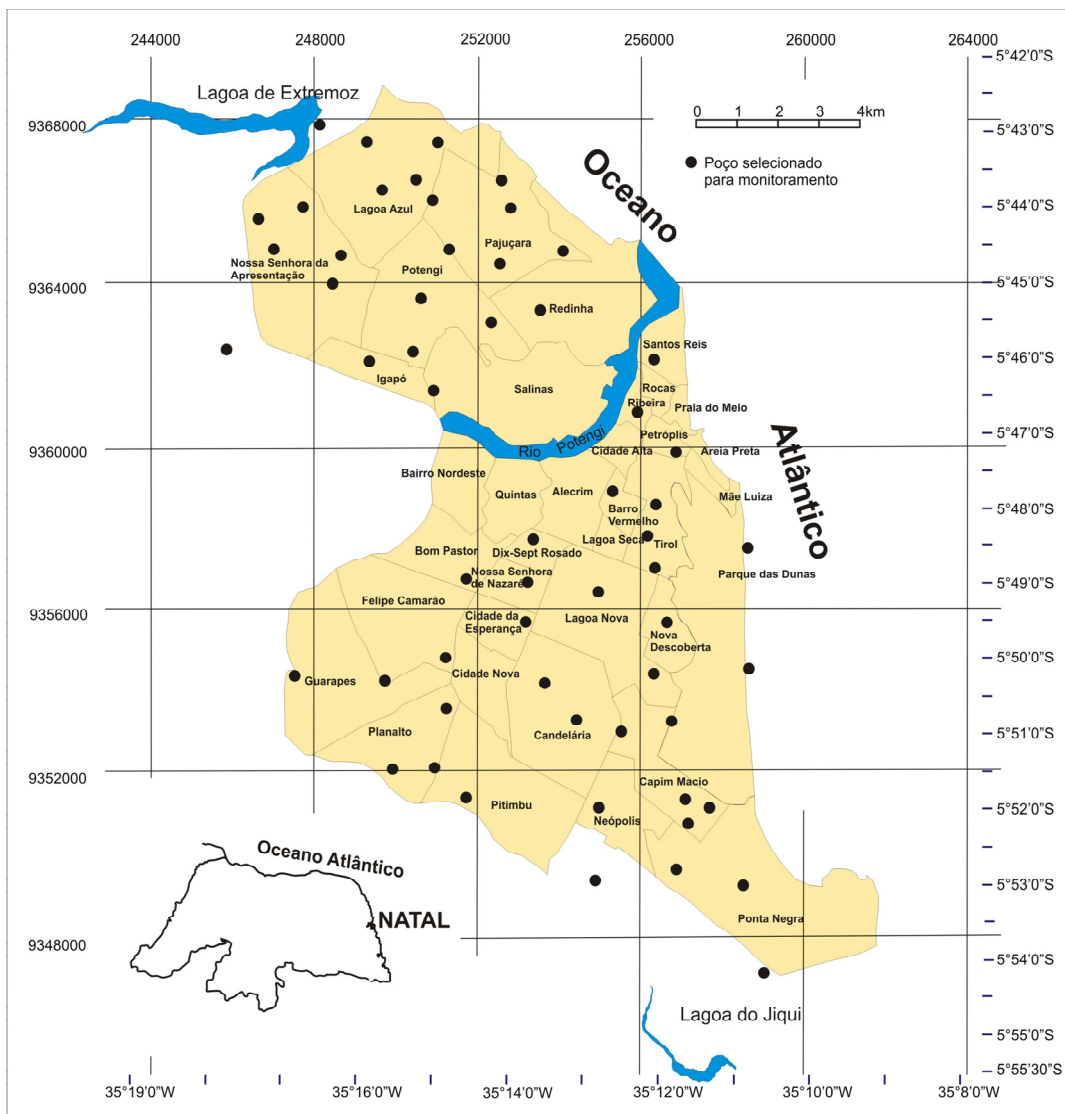


Figura 4. Sugestão de poços para compor a rede de monitoramento das águas subterrâneas na cidade de Natal-RN (Modificado da FUNCERN, 2007).

Em de 2005, um estudo direcionado para a zona de recarga do aquífero Açú, entre os municípios de Afonso Bezerra e Upanema, foram sugeridos alguns poços para compor uma rede de

monitoramento de águas subterrâneas. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a qualidade de água e acompanhar a variação sazonal de nível estático nesses poços.

A rede de monitoramento apresentada para a região de Assu (Figura 5) encontrava-se na fase inicial, ou seja, ainda estava sendo obtidos os dados de poços, como perfis litológicos e construtivos, qualidade de água, situação geológica e ambiental em suas imediações.

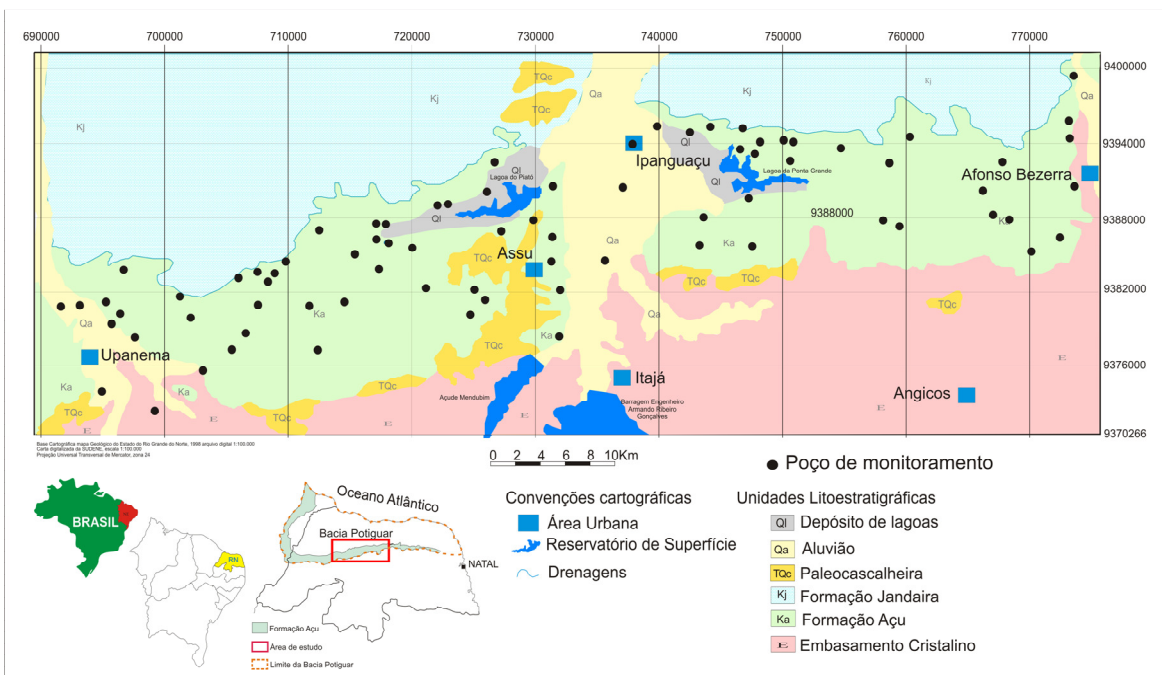


Figura 5. Poços de monitoramento sugeridos para a região do município de Assu-RN. (Fonte: Melo, 2007).

O diferencial existente entre as duas redes de monitoramento propostas na zona norte de Natal, em datas diferentes, são os objetivos, ou seja, a definição da rede de monitoramento elaborada pela FUNCERN (2007) é conhecer as características particulares das condições hidrogeológicas, enquanto para os poços de monitoramento propostos, no ano de 2008, objetivou a determinação do fluxo subterrâneo.

Na figura 6 são apresentados os mapas com as direções do fluxo das águas subterrâneas, baseados nos dados dos poços de monitoramentos dos anos de 2006 e 2008. A partir da configuração das linhas equipotenciais verifica-se que o comportamento geral do fluxo é o mesmo.

A dificuldade observada trata-se da preservação do acesso ao poço que, muitas vezes, fica obstruída com o passar do tempo, impossibilitando a continuidade na coleta dos dados.



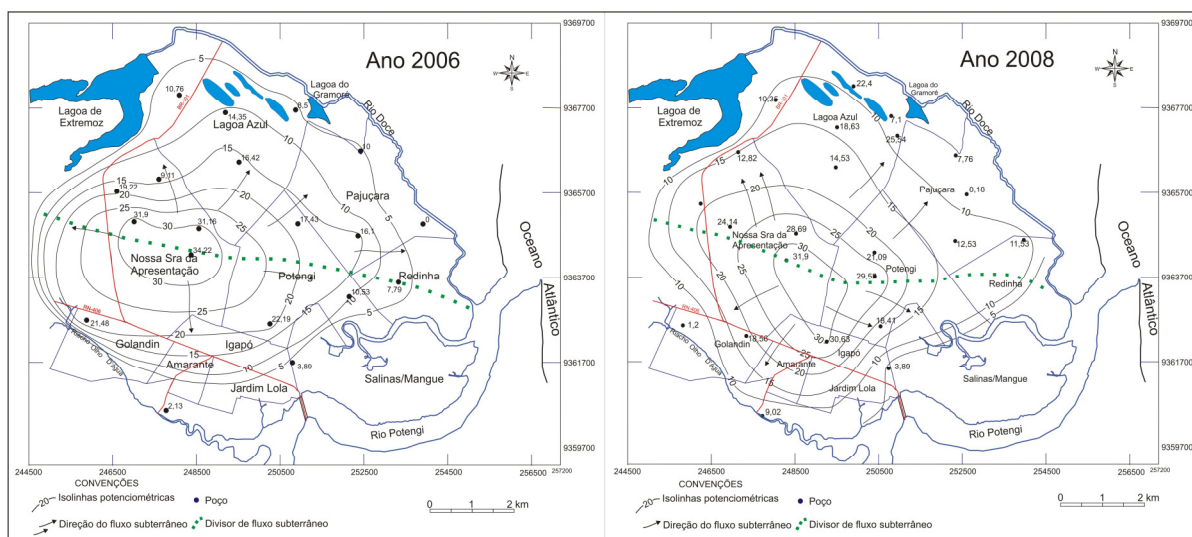


Figura 6. Mapa de fluxo das águas subterrâneas na cidade de Natal-RN, elaborado, a partir de poços selecionados para monitoramento.

## 6 - CONDIÇÕES PRELIMINARES DA IMPLANTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO INTEGRADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DO PIAUÍ

A rede de monitoramento, implantada no estado do Piauí, faz parte do projeto intitulado “Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas” coordenado pela CPRM/SGB- Serviço Geológico do Brasil. Visa implantar uma rede nacional de coleta de dados de águas subterrâneas, em diversos aquíferos em todo o território nacional. No estado do Piauí, será instalada inicialmente, no aquífero Serra Grande, em parceria com as seguintes instituições: SEMAR-Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí; AGESPISA - Águas e Esgotos do Piauí S/A; DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, além de prefeituras municipais de Buriti dos Lopes, Cocal dos Alves, Domingos Mourão, São Miguel do Tapuio, Itainópolis e Francisco Santos. Na figura 7 mostra a zona de recarga do aquífero Serra Grande, com a localização dos poços que serão construídos para monitoramento.

Após a construção desses poços de monitoramento apresentados na figura 7, serão selecionados para monitoramento alguns já construídos, pertencentes às instituições que parceiras da CPRM/SGB no estado.

Em cada poço selecionado para o monitoramento deverá ser instalado um equipamento para medição de nível estático, sendo um atributo quantitativo. Em termos qualitativos, as amostras de águas desses poços serão submetidas à análises físico-químicas de elementos maiores, elementos traços, compostos nitrogenados e características físicas, como potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE).

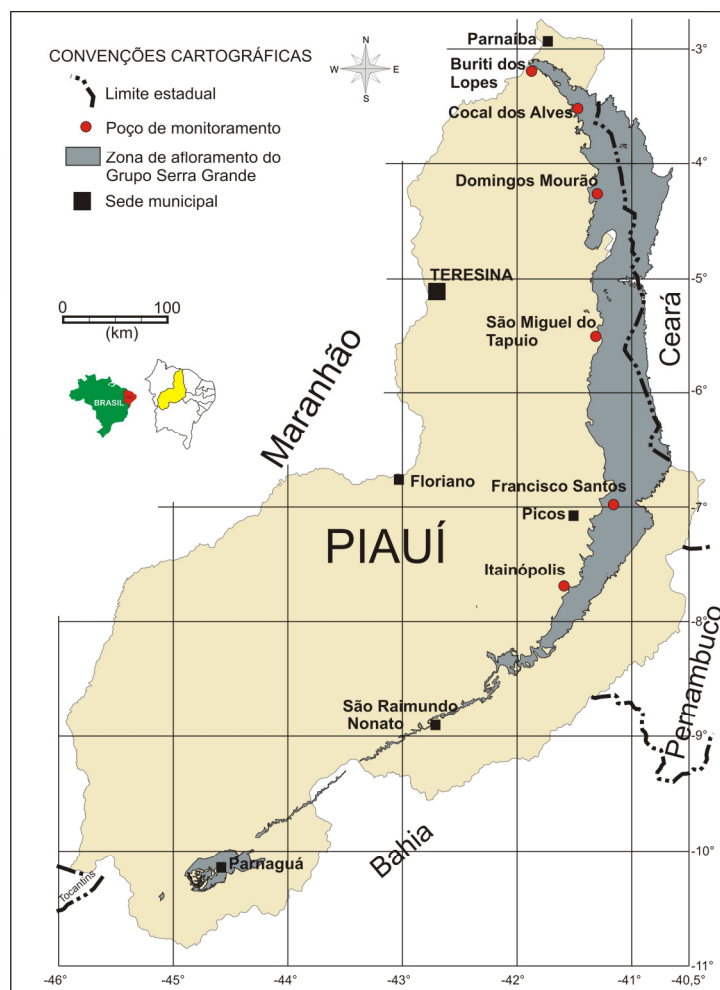


Figura 7. Áreas selecionadas para a construção dos poços de monitoramento do aquífero Serra Grande no estado do Piauí.

## 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento de águas subterrâneas torna-se útil para identificar os processos que atuam nos aquíferos, seja por fatores antrópicos ou naturais. Por se tratar de um mecanismo contínuo de medidas padronizadas, o mesmo deve ser submetido constantemente por uma avaliação de ajustes de possíveis erros, e buscado- se otimizar as atividades desenvolvidas.

A maior dificuldade encontrada são os dados completos da construção do poço, que é essencial para a identificação do aquífero captado, evitando assim erros na distinção dos aquíferos.

Nos casos apresentados, foram verificados diversas fases de uma rede de monitoramento, e nenhuma delas com dados históricos, mostrando uma falha na continuidade da coleta de informações. A CPRM - Serviço Geológico do Brasil, como uma instituição responsável por gerar conhecimento hidrogeológico básico, está implantando a Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas e pretende padronizar as medições para todos os aquíferos monitorados, tornando possível a comparação das informações quantitativas e qualitativas entre os mesmos.

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGE, Miguel; Métodos y Técnicas para el Monitoreo-Estado del Arte en América Latina . I Simpósio Latino-Americano de Monitoramento das Águas Subterrâneas, 2006.

DIAS, C.L.; CASARINI, D.C.P.; BARBOUR, E.D.A.; Monitoramento Regional da Qualidade das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, Brasil: Critérios Para Projeto de Rede.-VIII Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterrânea, 2006.

FUNCERN; Cadastramento e Nivelamento de Poços do Aquífero Barreiras no município do Natal/RN. Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte (FUNCERN), Relatório Final, 2007.

LÓPEZ-VERA, Fernando; Estado Actual del Monitoreo en La Unión Europea, *In* I Simpósio Latino-Americano de Monitoramento das Águas Subterrâneas, 2006.

MELO, J.G.; Avaliação do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar; Trecho Upanema-Afonso Bezerra, Relatório. CT-HIDRO/FINEP/CPRM/UFRN, Natal, 2007.

UIL, H; VANGEER,F; GEHRELS,J; KLOOSTERMAN.F.; State of the art on monitoring and Assessment of Groundwaters. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment. Vol. 4:1-84 Deift, Holanda, 1999.

VASCONCELOS, M. B.; SILVA, C. M. S. V.; SABADIA, J. A. B.; MELO, J. G.; SANTIAGO, M. M. F.; Fatores Condicionantes da Qualidade e da Variação do Nível das Águas Subterrâneas no Município de Meruoca, Ceará. Águas Subterrâneas (São Paulo), v. 21, p. 23-34, 2007.

VIOLA, Z.G.G; FRÓES, C.M.B.; ALMEIDA, M.C.; BRITO, K.C.B.; MELO, S.D.M.; MELO, R.C.; COELHO, P.S.;SARAIVA; V. K; PEREIRA, K.M.M.S; BARROS, C.F.A.; NACIF, W.F.; PAIXÃO, M.M.O.M.; O Atual Estágio do Monitoramento no Estado de Minas Gerais. I Simpósio Latino-Americano de Monitoramento das Águas Subterrâneas, 2006.

VRBA, J; The Role of Groundwater Monitoring in the Management of Groundwater Resources. *In*: I Simpósio Latino-Americano de Monitoramento das Águas Subterrâneas, 2006.