



Análise hidrogeológica do aquífero Jandaíra visando a perfuração de poços de monitoramento na área de atividade petrolífera de Canto do Amaro – RN, Brasil

P. Stein¹, J.B. Diniz Filho², E.R. de Carvalho Jr.³, G. Melo Jr.² & J.C. Ribeiro Filho³

1 Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil. Endereço Postal: Rua Auris Coelho, 1625 Nova Descoberta. CEP: 59075-050 Natal – RN, Brasil. E-mail: paula.stein@gmail.com

2 Departamento de Geologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil. Endereço Postal: Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP: 59072-970 Caixa Postal: 1639 Natal-RN, Brasil. E-mail: brazdf@geologia.ufrn.br, germano@geologia.ufrn.br

3 PETROBRAS/Unidade de Exploração e Produção do Rio Grande do Norte e Ceará/Gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde, Natal-RN. Endereço Postal: Av. Euzébio Rocha, 1000, Cidade da Esperança, 59164-100 Natal – RN, Brasil. E-mail: edeweis@petrobras.com.br, jc-ribeiro@petrobras.com.br

Abstract The petroliferous industry in the Potiguar Basin accomplishes a series of interventions that can affect the environment. In this case its necessary the environmental monitoring under different natural compartments potentially affected by these activities. In this context it's necessary to establish the background values for the groundwaters compartment in the basin without the possible influence of the oil activities, however under geologic, pedologic and climatic similar conditions. The studied area partially involves Mossoró and Areia Branca municipalities. Several hydrogeological studies were performed, including the private wells cadastre and percussion bore, aiming to the definition of the underground flow. The main aquifer in this basin corresponds to the Jandaíra Formation limestone, which presents the occurrence and saturated thickness uniform spatially. The groundwater flows as similar as the superficial waters drainage, indicating the free nature of the aquifer, which is influenced by the local relief. Using the potentiometric dates were indicated sites for the monitoring wells installation and groundwaters sampling to establish the background values in upstream sectors considering the areas of PETROBRAS activities.

Keywords: background values, groundwater, petroliferous activity, monitoring wells, underground flux.

INTRODUÇÃO O presente artigo faz parte de um Projeto intitulado "ESTABELECIMENTO DE VALORES DE *BACKGROUND* PARA SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS CAMPOS DE PRODUÇÃO DA UN-RNCE NA BACIA POTIGUAR (*ONSHORE*)/RN", sendo objeto da contratação direta da Fundação Norte-Riograndense de Pesquisa e Cultura – FUNPEC pela PETROBRAS UN-RNCE.

O estado do Rio Grande do Norte é o maior produtor brasileiro de petróleo em terra e o segundo maior produtor em terra e mar. Para alcançar essa condição, a PETROBRAS realiza diversos tipos de intervenções na Bacia Potiguar que podem afetar o meio ambiente. A Empresa, por meio de suas instalações, atua na área de prospecção, exploração, produção, transporte e processamento do petróleo produzido. Paralelamente, a referida bacia também é alvo de ocupação antrópica representada pelas atividades agrícolas de diversas magnitudes (subsistência e intensiva) e urbanas.

Portanto, torna-se necessário o controle da qualidade ambiental nos diferentes compartimentos naturais potencialmente atingidos por essas atividades.

Como primeiro passo desse acompanhamento ambiental, é necessário distinguir entre os níveis de concentração de possíveis poluentes já presentes no meio ambiente e níveis que eventualmente tenham sido adicionados pela atuação da empresa.

Em muitos casos de avaliação ambiental, a referência aos teores considerados normais (valores de *background*) toma como base os níveis estabelecidos por diversos órgãos e instituições internacionais (VROM 2000). No caso do Brasil, apenas a CETESB definiu valores de referência de qualidade para os solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo, correspondentes à “concentração natural de uma substância [...] que não tenham sido impactados antropogenicamente” (CETESB 2001). Como as concentrações naturais em solos e águas subterrâneas variam entre diferentes locais, a depender de fatores litológicos, pedológicos e climáticos, valores de referência definidos para uma determinada condição ou contexto particular não devem ser diretamente transferidos para aplicação em situações diversas das que foram utilizadas nas definições originais.

Nessa ótica, o referido projeto pretende estabelecer valores de *background* para solos e águas subterrâneas em trechos da Bacia Potiguar que sintetizem compartimentos ambientais fora da possível influência de suas atividades, porém em condições geológicas, pedológicas e climáticas iguais àsquelas reinantes em suas área de atuação. A partir do conhecimento dessa linha de base – natural ou antropogenicamente modificada por outros atores ou empreendimentos –, pode-se então avaliar as possíveis interferências que a PETROBRAS possa estar adicionando ao meio ambiente.

OBJETIVOS Neste artigo serão apresentados os estudos hidrogeológicos realizados no âmbito do projeto para a área de Canto do Amaro, objetivando o estabelecimento de valores de *background* para o compartimento águas subterrâneas. Para tanto, foram executados uma série de procedimentos visando atingir um maior conhecimento do contexto hidrogeológico local.

A definição do fluxo das águas subterrâneas na área de pesquisa é fundamental para a locação de poços de monitoramento em setores de montante e jusante considerando trechos com e sem interferências das atividades da PETROBRAS. Tais poços constituirão, posteriormente, pontos de coleta de águas para análise e definição de valores de *background* das substâncias químicas orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas.

ÁREA DE ESTUDO Para a execução do trabalho foi selecionada uma área da Bacia Potiguar que englobasse os seguintes segmentos:

- (i) trecho geográfico com atividades típicas de exploração, produção, transporte e processamento de petróleo realizadas pela PETROBRAS no Rio Grande do Norte;
- (ii) trecho sem influência dessas atividades, e
- (iii) litologias e aquíferos representativos da Bacia Potiguar.

A Bacia Potiguar, conforme ilustrado na Fig. 1, localiza-se na porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte, com uma pequena porção na parte leste do estado do Ceará.

Apresenta-se como a mais oriental das bacias da margem equatorial brasileira, estando a sua origem relacionada a uma série de bacias intracontinentais que compõem o Sistema de Riftes do Nordeste Brasileiro, geneticamente ligado à abertura do Oceano Atlântico no Cretáceo Inferior (Matos 1987). A região desse estudo é denominada Área de Canto do Amaro e envolve parcialmente os municípios de Mossoró, Areia Branca e Serra do Mel.

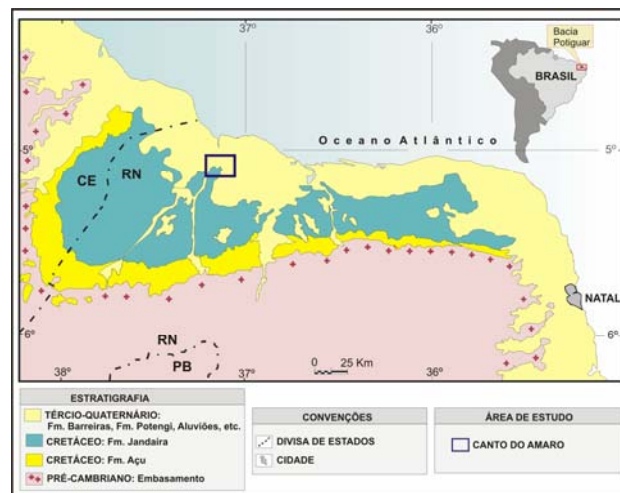


Figura 1. Localização da área de trabalho

METODOLOGIA Inicialmente, procedeu-se o cadastramento dos pontos de água. Essa etapa foi conduzida no intuito de se conhecer as fontes de captação de águas subterrâneas na área de estudo e obter informações preliminares sobre os aquíferos, seu modo de ocorrência e usos das águas subterrâneas.

Foram inventariados nove poços tubulares e quatro cacimbões/poços amazonas de particulares. Na ocasião foram obtidas as coordenadas UTM (Datum SAD 69 Zona 24S) com auxílio de um GPS em cada ponto de água, bem como, o levantamento de informações construtivas, hidráulicas e de instalação dos poços, uso e qualidade da água.

A grande maioria dos pontos de água particulares cadastrados é destinada a dessedentação animal, pois, conforme relatado por seus proprietários, constitui-se de águas salobras, captadas principalmente nos calcários da Formação Jandaíra, por intermédio da instalação de cataventos e, em alguns poucos casos, por bombas. Paralelamente à etapa de cadastramento efetuou-se a medição do nível estático em cada ponto, com o auxílio de um medidor de nível de águas subterrâneas. Essa etapa foi realizada durante o mês de abril de 2005, correspondente ao período chuvoso na região.

Verificou-se que na área de trabalho existe uma escassez de poços tubulares e cacimbões de particulares. A análise da distribuição espacial dos pontos cadastrados revelou a necessidade de informações complementares. Nesse caso, optou-se pela execução de sondagens à percussão criteriosamente locadas, objetivando a obtenção de dados de litologia e profundidade do nível da água subterrânea. Esse serviço foi realizado por empresas especializadas, totalizando dez sondagens na área de Canto do Amaro.

Concluída essa etapa, procedeu-se o nivelamento topográfico de pontos selecionados do cadastramento de poços e das sondagens executadas. Esse procedimento foi essencial para definição da potenciometria da área.

RESULTADOS Contexto hidrogeológico As sondagens executadas na área de Canto do Amaro revelaram que as coberturas terciário-quaternárias compõem o pacote sedimentar aflorante em quase toda a extensão da área, sendo compostas por material siliciclástico de cor amarelada a creme, por vezes argiloso e com níveis conglomeráticos.

Essas coberturas desenvolvem espessuras litológicas de até 90m, notadamente no trecho leste da área, nas proximidades da Serra do Carmo, município de Serra do Mel. A Fig. 2 representa um mapa de iso-espessura dessas coberturas, onde se pode observar que as menores espessuras são encontradas no trecho oeste da área, com valores inferiores a 10 m. Os maiores valores de espessura do pacote sedimentar coincidem com as regiões de cota topográfica mais elevada (trecho leste).

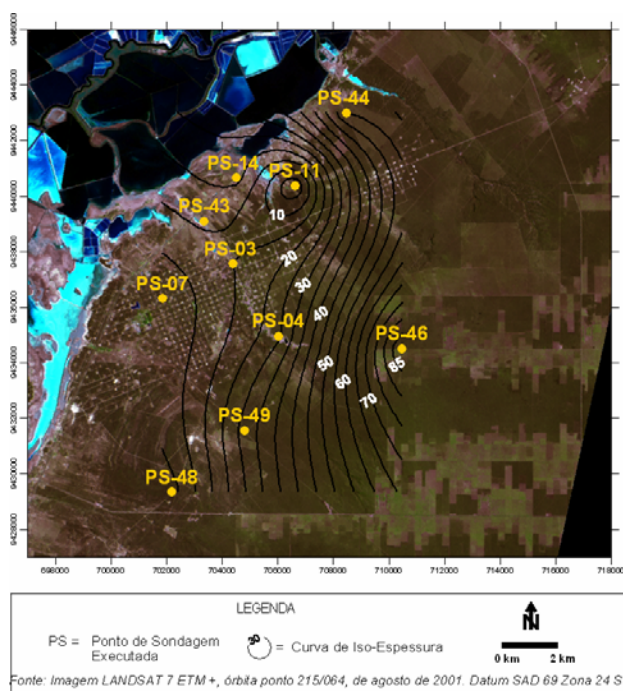


Figura 2. Iso-espessura das coberturas terciário-quaternárias na Área de Canto do Amaro

Convém ressaltar, que a espessura do pacote sedimentar corresponde à profundidade do topo do calcário Jandaíra, o qual predominantemente encontra-se subjacente, com algumas exceções, como

nas imediações do PS-11 e PS-48, onde se têm afloramentos da referida formação.

Os calcários da Formação Jandaíra formam um sistema aquífero cárstico-fissural, cuja água encontra-se armazenada ao longo das fraturas e/ou estruturas cársticas de dissolução. A litologia predominante é essencialmente composta por calcilutitos, margas e argilitos calcíferos.

As sondagens realizadas indicaram que as coberturas terciário-quaternárias ocorrem predominantemente insaturadas, com exceção do setor noroeste da área (Fig. 3), onde foram encontradas as seguintes situações para os sistemas aquíferos envolvidos:

(i) aquífero terciário-quaternário e aquífero Jandaíra com cargas potenciométricas distintas (PS-14) - provável interconexão hidráulica mediante drenança vertical descendente das coberturas siliciclásticas para o calcário, e

(ii) aquífero terciário-quaternário e aquífero Jandaíra com cargas potenciométricas semelhantes (PS-43, PS-44) - indicando interconexão hidráulica formando um sistema único.

De forma geral, as coberturas terciário-quaternárias ocorrem praticamente insaturadas no setor oriental, e parcialmente saturadas no setor noroeste. Isso decorre, provavelmente, das condições do próprio escoamento natural das águas subterrâneas para as áreas de menor energia e assim maior acumulação no aquífero, as quais coincidem, em geral, com as áreas de relevo mais baixo do setor noroeste. Tal fato corrobora com o padrão de escoamento esperado para aquífero livre, cuja bacia hidrogeológica apresenta contornos muito semelhantes ao da bacia hidrográfica superficial. No caso específico da área de Canto do Amaro, têm-se drenagens partindo de um trecho da vertente ocidental da Serra do Carmo (ao leste), em direção às áreas de salinas (ao noroeste).

As espessuras obtidas para o aquífero calcário Jandaíra são apenas parciais, considerando que nesse caso as sondagens tiveram a intenção de detectar o nível potenciométrico de sua porção superior, sem interferência de condutos e/ou fraturas mais profundas, que devem alterar o comportamento das cargas hidráulicas.

O conhecimento dos níveis estáticos do aquífero Jandaíra possibilitou a definição da potenciometria da área e a definição de setores representativos para instalação de poços de monitoramento e amostragem de água subterrânea para estabelecimento de valores de *background*.

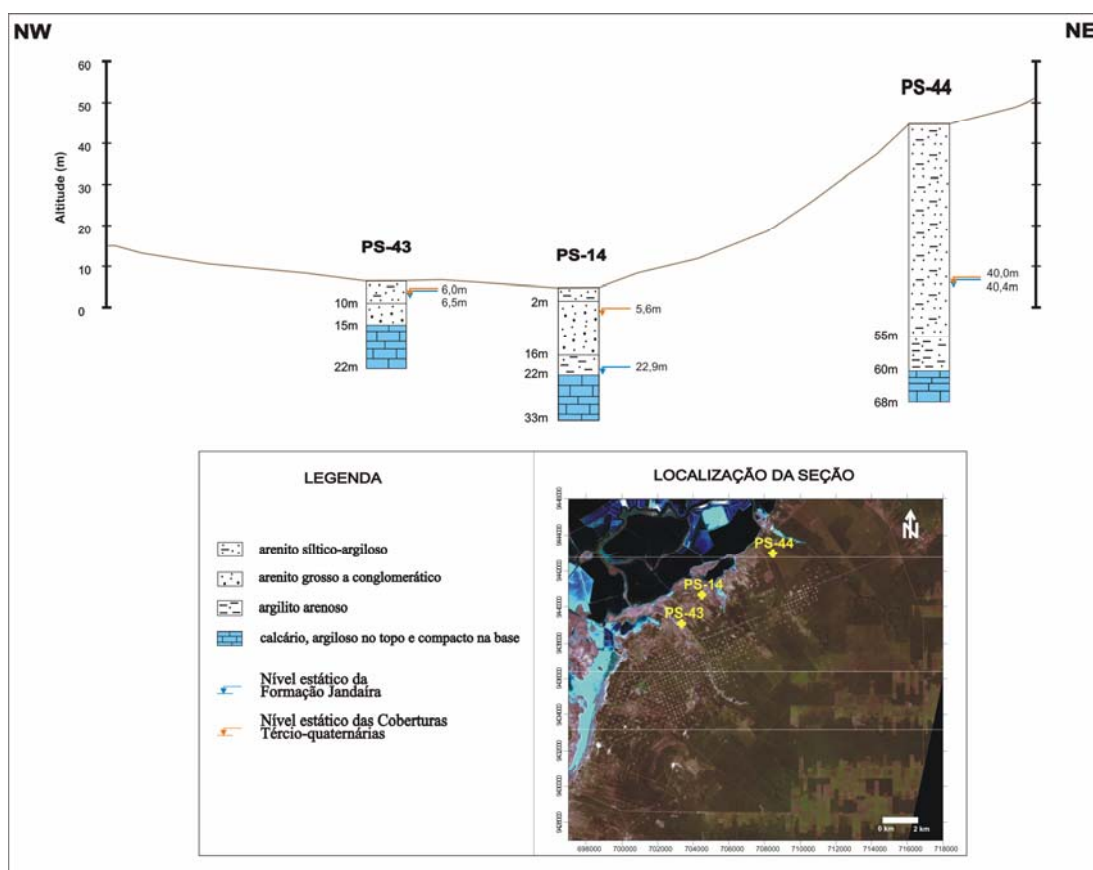


Figura 3. Seção hidrogeológica da área de Canto do Amaro

Potenciometria da área de Canto do Amaro Com os dados obtidos em campo aliados aos recursos computacionais, foi definido o mapa de fluxo das águas subterrâneas para a área de estudo.

De acordo com os resultados obtidos por meio das sondagens executadas, é fato que as coberturas tércio-quaternárias não constituem um aquífero de ocorrência e espessura saturada espacialmente uniforme, dessa forma, torna-se inviável a produção de mapas potenciométricos para essa unidade. Portanto, a seguir são apresentados aspectos hidrogeológicos da potenciometria do aquífero calcário Jandaíra nesse setor da Bacia Potiguar.

A Fig. 4 corresponde ao mapa potenciométrico obtido para a área de Canto do Amaro plotado sobre uma imagem de satélite (LANDSAT 7) da região. Os locais de atividade da PETROBRAS estão representados por uma junção de pequenos pontos esbranquiçados, que correspondem a locações de poços de produção de petróleo ou poços de injeção de água ou vapor para recuperação secundária de petróleo.

O fluxo das águas subterrâneas segue, em geral, o sentido noroeste, a partir de um alto potenciométrico estabelecido na porção sul da área. Percebe-se que o sistema de drenagem superficial tem o mesmo sentido

de fluxo, indicando a natureza livre do aquífero, que se mostra influenciado pelo relevo local.

Locação de poços de monitoramento para definição de valores de background O aquífero Jandaíra constitui o alvo do presente estudo, justamente por representar o aquífero mais raso da região e, conseqüentemente, estar mais suscetível às interferências inerentes à atividade da indústria do petróleo.

Dessa forma, os poços de monitoramento e amostragem de água para estabelecimento de valores de *background* devem ser instalados nesse domínio. Haja vista, que as coberturas tércio-quaternárias não apresentam ocorrência nem espessura saturada espacialmente uniforme.

Na análise da Fig. 4 pode-se observar que o campo de produção da PETROBRAS está preferencialmente no setor de jusante do fluxo subterrâneo. Portanto, os setores a montante, que coincidem com os altos potenciométricos (porções leste e sudeste da área) são, provavelmente, pouco influenciados pelas atividades petrolíferas. Logo, será mais representativa a implantação de poços de monitoramento nesse setor da área, com vistas à definição de valores de *background* no aquífero Jandaíra, pois o fluxo das

águas subterrâneas não evidencia que possa haver indução e carreamento de poluentes das atividades petrolíferas para esse domínio específico da área.

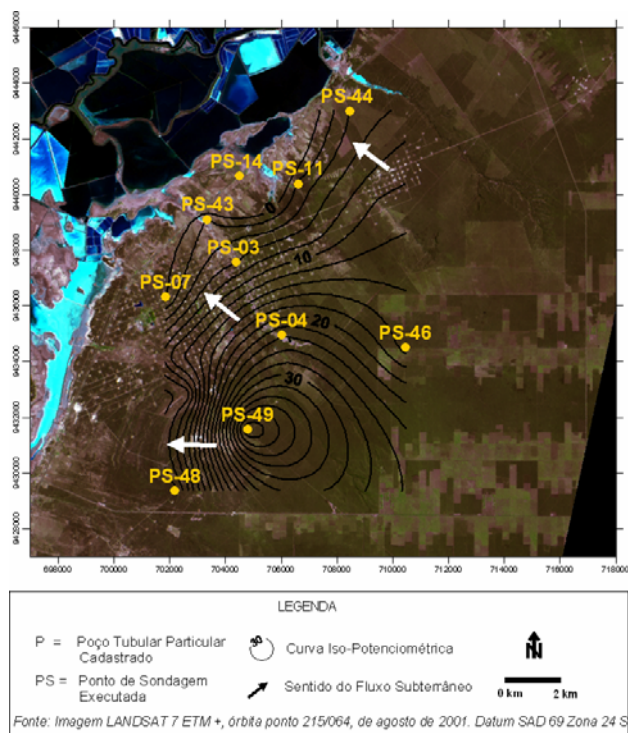


Figura 4. Potenciometria do aquífero Jandaíra na Área de Canto do Amaro

Paralelamente, também se pretende instalar poços para amostragem de águas subterrâneas nos setores de jusante, no sentido de se avaliar se os teores das substâncias dissolvidas nessas águas são significativamente diferentes dos teores obtidos nas águas de áreas mais afastadas, sem influência do campo de produção e a montante em relação ao fluxo de águas subterrâneas.

CONCLUSÃO As sondagens executadas pelo método de perfuração à percussão revelaram que a principal unidade aquífera na área de Canto do Amaro corresponde aos calcários da Formação Jandaíra, pois apresentam ocorrência e espessura saturada espacialmente uniforme.

As coberturas terció-quaternárias subrepostas, geralmente ocorrem insaturadas, ou localmente saturadas nas regiões topográficas mais baixas. Esses materiais compõem uma unidade física e hidráulica que favorece a recepção, infiltração e transferência de águas de chuva e conseqüente recarga ao aquífero subjacente.

Nesse contexto, o aquífero calcário Jandaíra constitui o alvo do presente estudo, justamente por representar espacialmente o aquífero mais raso da região e, conseqüentemente, estar mais suscetível às interferências inerentes à atividade da indústria do petróleo.

O fluxo das águas subterrâneas do aquífero calcário na região de Canto do Amaro é de nordeste para noroeste, similar ao escoamento das drenagens superficiais, indicando a natureza livre do aquífero Jandaíra, que se mostra influenciado pelo relevo local.

Para o conhecimento dos valores de *background* nas águas subterrâneas do aquífero Jandaíra, os poços de monitoramento serão locados nas regiões de montante em relação ao sentido do fluxo subterrâneo e distante das atividades petrolíferas. Também serão instalados poços em áreas a jusante dos campos de produção, no sentido de conhecer e comparar os valores obtidos nas águas subterrâneas das duas regiões (montante e jusante).

A potenciometria mostrou-se como uma poderosa ferramenta para monitoramento de águas subterrâneas, tendo em vista que foi possível definir áreas prioritárias para instalação de poços de monitoramento, de acordo com a concepção do estudo. Nesse caso, será possível estabelecer valores de *background* que reflitam as condições físico-químicas naturais controladas pelo fluxo das águas subterrâneas.

O registro da ocorrência de dois sistemas aquíferos livres (coberturas terció-quaternárias e aquífero Jandaíra) e interconectados, embora em setores limitados da área, permitirá estudar os processos de mistura de águas subterrâneas, e sua influência na definição dos valores de *background* das águas subterrâneas.

Referências

- CETESB. 2001. *Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas*. Companhia de Saneamento e Tecnologia Ambiental, São Paulo.
- MATOS R.M.D. 1987. *Sistema de Rifts Cretáceos do Nordeste Brasileiro*. PETROBRAS/DEPEX/DEBAR. Relatório Interno, 34p.
- VROM, 2000. *Circular on Target Values and Intervention Values for Soil Remediation*. DBO/1999226863, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Holanda.