

# ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PARA ESTABELECIMENTO DE VALORES DE *BACKGROUND* EM ÁREAS DE ATIVIDADE PETROLÍFERA DA BACIA POTIGUAR, SEMI-ÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE – BRASIL

Paula Stein<sup>(1)</sup>; José Braz Diniz Filho<sup>(2)</sup>; Edeweis Rodrigues de Carvalho Jr.<sup>(3)</sup>; Germano Melo Jr.<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Na Bacia Potiguar a indústria do petróleo realiza uma série de intervenções que podem afetar o meio ambiente. Portanto, torna-se necessário o controle ambiental nos diferentes compartimentos naturais potencialmente atingidos por estas atividades. Nesse contexto, pretende-se estabelecer valores de *background* para o compartimento águas subterrâneas na referida Bacia, fora da possível influência das atividades petrolíferas, porém em condições geológicas, pedológicas e climáticas iguais àquelas reinantes em sua área de atuação. A região estudada envolve parcialmente os municípios de Mossoró, Areia Branca e Serra do Mel (Área de Canto do Amaro), Assu (Área de Estreito) e Macau (Área de Salina Cristal). Uma série de estudos hidrogeológicos foram executados, incluindo cadastramento de poços particulares, sondagens à percussão e nivelamento topográfico, objetivando a definição do fluxo das águas subterrâneas. A principal unidade aquífera nesse setor da Bacia corresponde aos calcários da Formação Jandaíra, pois apresentam ocorrência e espessura saturada espacialmente uniforme. O fluxo das águas subterrâneas mostrou-se similar ao escoamento das águas superficiais, indicando a natureza livre do aquífero, influenciado pelo relevo local. A partir da potenciometria são indicados locais para instalação de poços de monitoramento e estabelecimento de valores de *background* em setores de montante considerando as áreas de atividade da PETROBRAS.

Palavras-chave: Valores de *background*, águas subterrâneas, atividade petrolífera.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. Endereço Postal: Rua Auris Coelho, 1625 Nova Descoberta. CEP: 59075-050 Natal-RN, Brasil. Fone (84) 8847 5550. E-mail: paula.stein@gmail.com

<sup>2</sup> 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. Fone: (84) 9991 5694. E-mail: brazdf@geologia.ufrn.br

<sup>3</sup> PETROBRAS/Unidade de Exploração e Produção do Rio Grande do Norte e Ceará/Gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde, Natal-RN, Brasil. Endereço Postal: Av. Euzébio Rocha, 1000, Cidade da Esperança, 59164-100 Natal – RN, Brasil. Fone: (84) 3235 3333. E-mail: edeweis@petrobras.com.br

<sup>4</sup> Departamento de Geologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil. Endereço Postal: Rua Antônio H. de Melo, 2046, Conjunto da UFRN, 59078-580 Natal -RN, Brasil. Fone: (84) 3215 3809. E-mail: germano@geologia.ufrn.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 (Canto do Amaro Site), Assu (Estreito Site) and Macau (Salina Cristal Site). 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.

## 1 – 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 referido projeto tem o objetivo de conhecer os níveis atuais de concentração de poluentes inorgânicos e orgânicos nos compartimentos solos e águas subterrâneas da Bacia Potiguar/RN, em áreas-piloto.

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 esta condição, a PETROBRAS realiza diversos tipos de intervenções que podem afetar o meio ambiente. A Empresa, através de suas instalações na Bacia Potiguar, atua na área de prospecção, exploração, produção, transporte e processamento do petróleo produzido. Paralelamente, a Bacia Potiguar 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 estas atividades. Como primeiro passo desse acompanhamento, é necessário distinguir entre 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 dos Estados Unidos, Canadá, Holanda [1], Inglaterra, Austrália e Noruega, dentre outros países. 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” [2]. 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 nessas definições.

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 semelhantes àquelas reinantes em suas áreas 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.

## **2 – Objetivos**

O presente artigo apresenta os estudos hidrogeológicos realizados no âmbito do projeto, objetivando o estabelecimento de valores de *background* para o compartimento águas subterrâneas.

Para tanto, foram executados estudos no intuito de garantir um maior conhecimento do contexto hidrogeológico da área. 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 inorgânicas e orgânicas nas águas subterrâneas.

## **3 – Caracterização da Área de Estudo**

Para a execução do trabalho foram selecionadas áreas da Bacia Potiguar que atendessem aos seguintes critérios:

- (i) trechos geográficos com atividades típicas de exploração, produção, transporte e processamento de petróleo realizadas pela PETROBRAS no Rio Grande do Norte;

- (ii) trechos sem influência dessas atividades;
- (iii) abranger litologias e aquíferos representativos da Bacia Potiguar.

A Bacia Potiguar, conforme ilustrado na Figura 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 [3]. A área de estudo envolve parte dos municípios de Mossoró, Areia Branca e Serra do Mel (Área de Canto do Amaro), Assu (Área de Estreito) e Macau (Área de Salina Cristal).

A geologia da área é representada por rochas carbonáticas da Formação Jandaíra de idade Cretácea sobreposta ao material Tércio-quaternário de natureza siliciclástica atribuído às Formações Barreiras, Tibau e Potengi e às Paleocascalheiras.

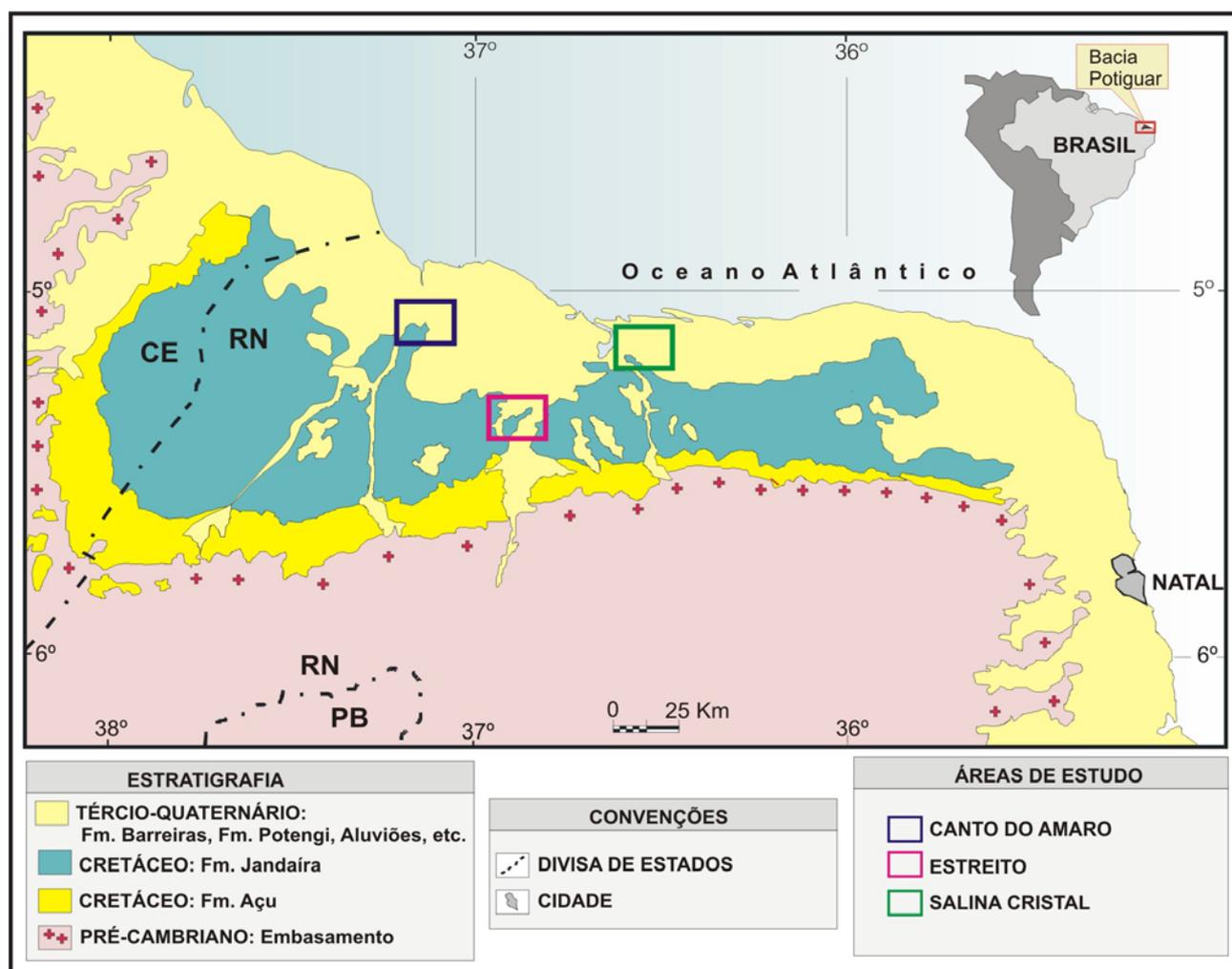


Figura 1 – Localização das Áreas de Estudo

## 4 – Procedimentos Metodológicos

A seguir segue uma sucinta descrição das ações executadas no âmbito do trabalho:

### 4.1 – Cadastramento de poços

Essa etapa foi conduzida no intuito de se conhecer as fontes de captação de águas subterrâneas nas áreas de estudo e obter informações preliminares sobre os aquíferos, seu modo de ocorrência e usos das águas subterrâneas. Foram inventariados, conforme enumerado na tabela 1, poços tubulares de particulares e cacimbões/poços amazonas de particulares. Na ocasião foram obtidas as coordenadas UTM (Datum SAD69 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.

Tabela 1 – Pontos de Água Cadastrados

Área	Poços Tubulares cadastrados	Cacimbões cadastrados	Sondagens
Canto do Amaro	09	04	10
Estreito	13	04	09
Salina Cristal	06	07	15
<b>Total Geral</b>	<b>28</b>	<b>15</b>	<b>34</b>

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, através da instalação de cataventos e, em alguns poucos casos, por bombas.

Paralelamente à etapa de cadastramento efetuou-se a medição do nível estático de cada ponto, com o auxílio de um medidor de nível de águas subterrâneas. Esta etapa foi realizada durante o mês de abril de 2005, correspondente ao período chuvoso na região.

De um modo geral, verificou-se que nas áreas de trabalho existe uma escassez de poços e cacimbões (de particulares), o que estimulou a necessidade de gerar informações adicionais para complementar os estudos.

### 4.2 – Execução de sondagens

Após o cadastramento de poços foi feita uma análise da distribuição espacial dos pontos em cada área de trabalho, possibilitando avaliar os locais onde seria necessária a geração de informações complementares. Neste caso, optou-se pela execução de sondagens à percussão criteriosamente localizadas, objetivando a obtenção de dados de litologia e profundidade do nível da água subterrânea. Esse serviço foi realizado por empresas especializadas, totalizando 11 sondagens

na área de Canto do Amaro, 09 em Estreito e 15 em Salina Cristal, conforme enumerado na tabela 1.

#### **4.3 – Nivelamento topográfico dos pontos de água**

O nivelamento topográfico consistiu em determinar a cota topográfica do terreno em pontos selecionados do Cadastramento de poços e das Sondagens executadas. Este procedimento foi essencial para definição da potenciometria da área.

#### **4.4 – Construção do mapa de fluxo das águas subterrâneas e Locação de poços de monitoramento**

De posse dos dados do Cadastramento, das Sondagens e do Nivelamento Topográfico, foi possível a confecção de Mapas de Fluxo Subterrâneo em cada área de trabalho. Com a análise desse produto foram locados os poços de monitoramento.

### **5 - Resultados Obtidos**

#### **5.1 – Hidrogeologia da área**

Com os dados obtidos das etapas de cadastramento de pontos de água e execução de sondagens foi possível individualizar, nas três áreas de trabalho, as seguintes unidades aquíferas:

- ◆ **Aluviões quaternários** – Ocorrem ao longo de riachos, sobrepostos aos calcários e/ou coberturas Tércio-quaternárias. São compostos de areias finas a grossas, argilosas, formando um aquífero livre que, em geral, é captado através de cacimbões com vistas à dessedentação animal.
- ◆ **Coberturas Siliciclásticas de idade Tércio-quaternária** – Geologicamente compostas por rochas sedimentares e sedimentos pouco consolidados, de cor amarelada, atribuída às Formações Barreiras, Tibau, Potengi e Paleocascalheiras, que apesar de aflorarem em diversos locais, nem sempre desenvolvem espessuras saturadas suficientes para constituírem reservas de águas subterrâneas passíveis de uso. Preliminarmente, optou-se por não individualizar cada formação. Serão conduzidos estudos mais detalhados no que diz respeito ao conteúdo litológico impresso nas amostras de calha de sondagens e poços de monitoramento e sua possível correlação às unidades aquíferas.
- ◆ **Calcários da Formação Jandaíra de idade Cretácea** – Encontram-se sotopostos aos sedimentos Tércio-quaternários, sendo classicamente definidos como um sistema

aquífero de natureza cárstico-fissural (porosidade desenvolvida por dissolução da rocha ao longo de discontinuidades litológicas, planos de estratificação ou de fraturas). Este aquífero é composto essencialmente por calcários (em geral calcilutitos), margas, arenitos calcíferos e argilitos calcíferos, de cor amarelada, cinza e preta.

- ♦ **Arenitos da Formação Açu de idade Cretácea** – Estão sotopostos estratigraficamente aos calcários da Formação Jandaíra. Sua captação se dá através de alguns poços construídos e cedidos pela PETROBRAS às comunidades locais. Essa unidade aquífera se encontra a dezenas de metros de profundidade, e não constitui alvo de estudo, justamente por representar um aquífero confinado muito profundo.

Nas três áreas de estudo, pode-se evidenciar que a principal unidade aquífera corresponde aos calcários da Formação Jandaíra, pois apresentam ocorrência e espessura saturada espacialmente uniforme.

Por vezes, sobreposto aos calcários encontra-se uma cobertura Tércio-quadernária, constituída por materiais sedimentares siliciclásticos, ocorrendo geralmente insaturados ou localmente desenvolvendo espessuras saturadas em alguns setores. Logo, os materiais Tércio-quadernários, embora ocorrendo insaturados na maior parte da área, compõe uma unidade física e hidráulica que favorece a recepção, infiltração e transferência de águas de chuva e a conseqüente recarga do aquífero calcário da Formação Jandaíra.

## **5.2 – Potenciometria e Locação de Poços de Monitoramento**

Com os dados obtidos em campo aliados aos recursos computacionais, foram definidos mapas de fluxo das águas subterrâneas para os calcários da Formação Jandaíra nas três áreas de pesquisa. As figuras 2, 3 e 4 correspondem aos mapas potenciométricos obtidos para a área de Canto do Amaro, Estreito e Salina Cristal, respectivamente, plotados sobre uma imagem de satélite da área.

Os locais de atividade da PETROBRAS são 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, principalmente nas áreas de Canto do Amaro e Estreito.

Como a principal unidade aquífera na área de estudo é representada pelos calcários da Formação Jandaíra, pois apresentam ocorrência e espessura saturada espacialmente uniforme, a

seguir são relatados aspectos hidrogeológicos da potenciometria do aquífero calcário nesse setor da Bacia Potiguar.

A figura 2 representa o mapa potenciométrico da Área de Canto do Amaro. 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.

Nesse contexto, o campo de produção da PETROBRAS está 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 neste 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.

Paralelamente, também pretende-se instalar poços para amostragem de águas subterrâneas nos setores de jusante, de forma a comparar com os valores obtidos nas águas das áreas mais afastadas, sem influência do campo de produção, e a montante em relação ao fluxo de águas subterrâneas.

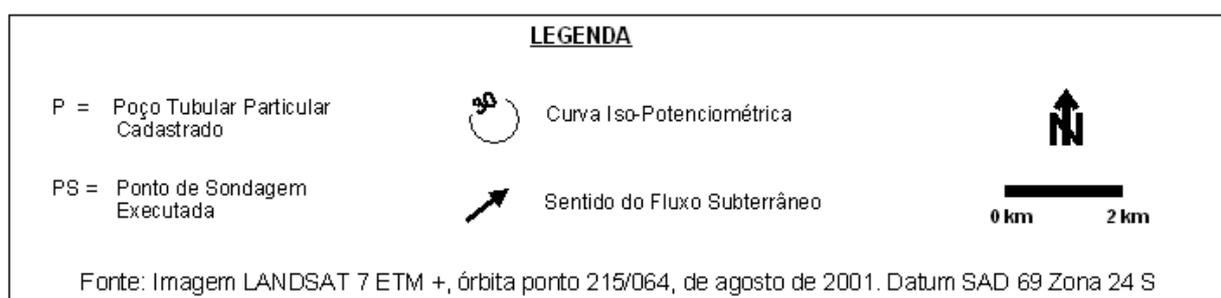
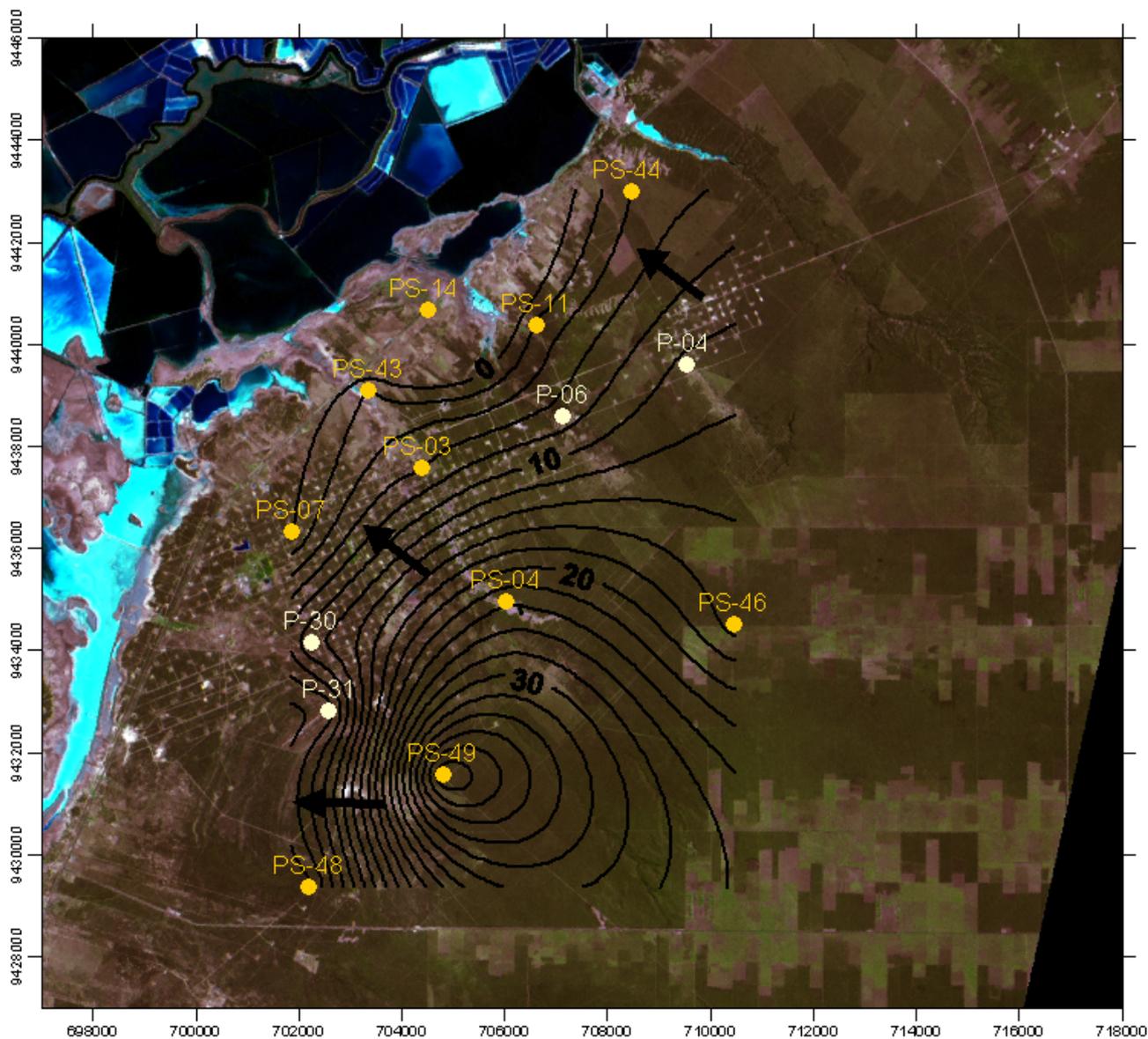


Figura 2 – Potenciometria da Área de Canto do Amaro

A figura 3 representa o mapa potenciométrico da Área de Estreito, onde o fluxo das águas subterrâneas segue o sentido geral leste, a partir de um alto potenciométrico estabelecido na porção oeste da área. O sistema de drenagem superficial apresenta fluxo para nordeste/leste/sudeste, similar ao escoamento das águas subterrâneas. Isso indica a natureza livre do aquífero, que é influenciado pelo relevo local.

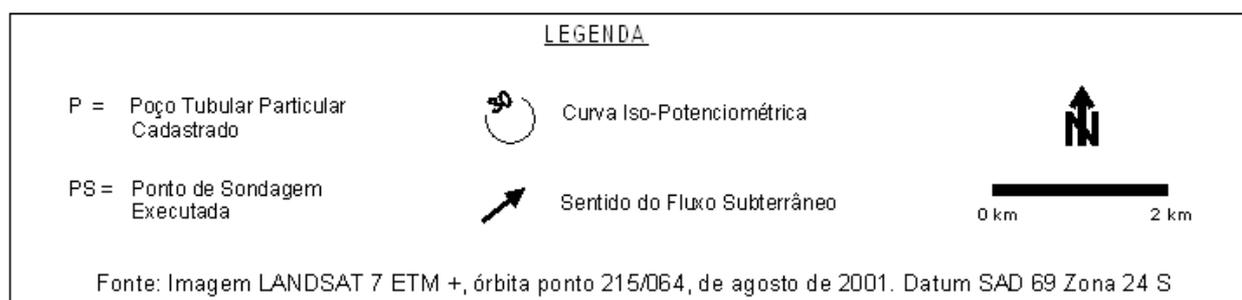
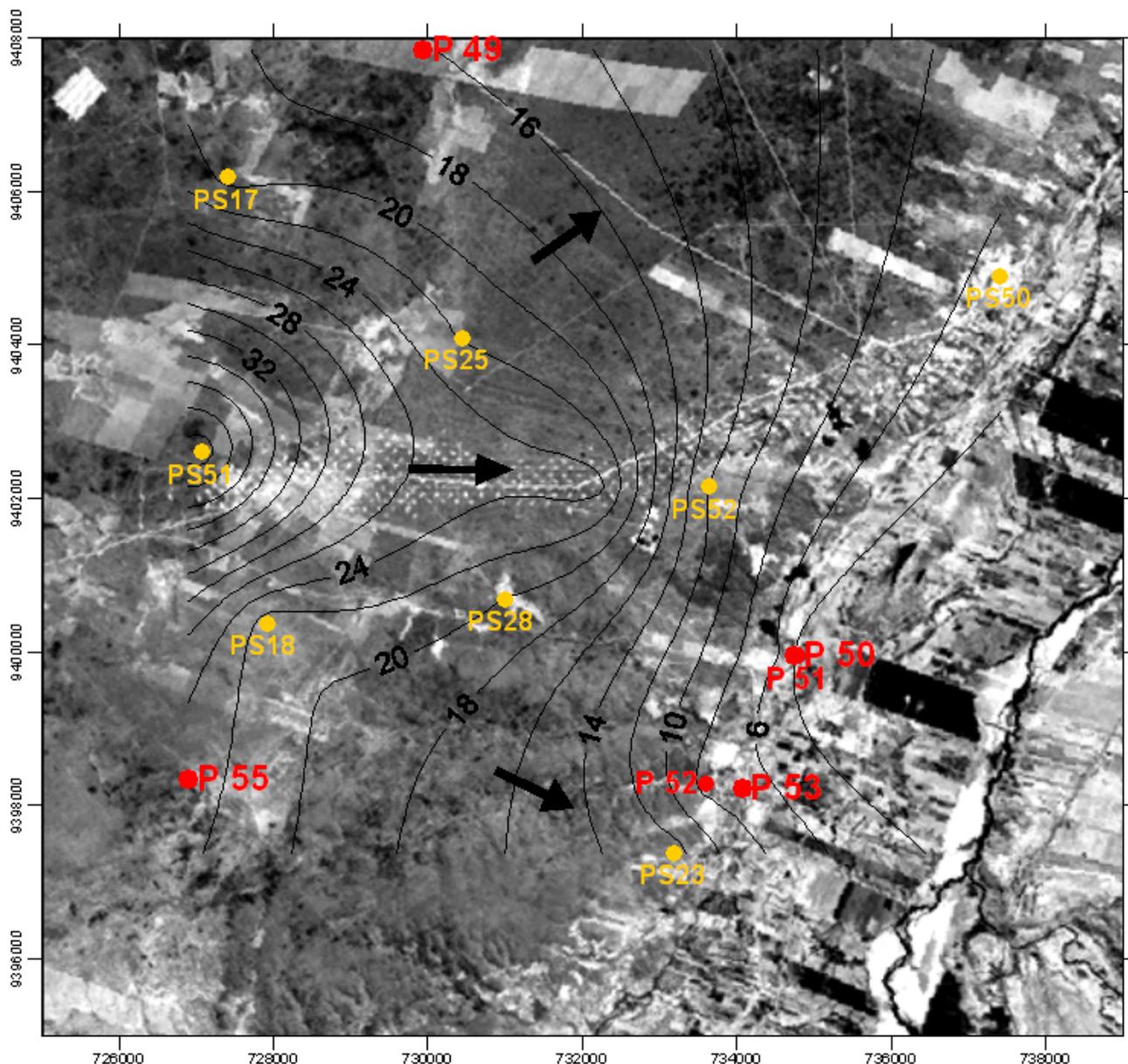


Figura 3 – Potenciometria da Área de Estreito

Dessa forma, os setores a montante do fluxo (especialmente oeste da área), correspondem aos trechos menos influenciados pelas atividades petrolíferas, sendo mais representativos para implantação de poços de monitoramento para definição dos valores de *background* do aquífero raso (calcários da Formação Jandaíra).

No setor leste da área, que é aparentemente mais vulneráveis às interferências das atividades petrolíferas, também serão instalados poços de monitoramento para amostragem de águas subterrâneas, com o objetivo de comparar com os valores obtidos nos setores de montante.

Na figura 4 pode-se visualizar o mapa potenciométrico da Área de Salina Cristal, cujo fluxo das águas subterrâneas do aquífero raso representado pelos calcários da Formação Jandaíra, segue o sentido noroeste em direção ao sistema flúvio-lagunar (onde se encontram manguezais e áreas de salinas), partindo de um alto potenciométrico estabelecido na porção sudeste da área. O sistema de drenagem superficial segue o mesmo padrão de escoamento (noroeste/norte), configurando que o aquífero é de natureza livre, pois se encontra localmente influenciado pelo relevo da área.

A área de Salina Cristal não está inserida num campo de produção de petróleo, ocorrendo apenas a Central de Resíduos homônima (entorno do PS-53) e alguns poucos dutos. Dessa forma, grande parte da área apresenta boas condições para implantação de poços de monitoramento visando à definição de valores de *background* de água subterrânea, tendo em vista que a influência dos contaminantes oriundos das atividades petrolíferas nesta área, provavelmente, ocorre de forma mais localizada do que nas outras áreas deste estudo.

Os poços de monitoramento para amostragem de águas subterrâneas e definição de valores de *background* serão locados na região de montante do fluxo subterrâneo. Nas áreas de jusante, que coincidem com os locais de instalação de dutos e da Central de Resíduos de Salina Cristal, o lençol freático se apresenta mais suscetível ao alcance de substâncias poluentes solúveis potencialmente presentes na atividade, que podem ser passíveis de se infiltrar no solo. Neste caso, também pretende-se instalar poços para monitoramento e amostragem, no sentido de comparar com os valores obtidos nas águas das áreas mais afastadas, a montante e sem influência das atividades da Empresa.

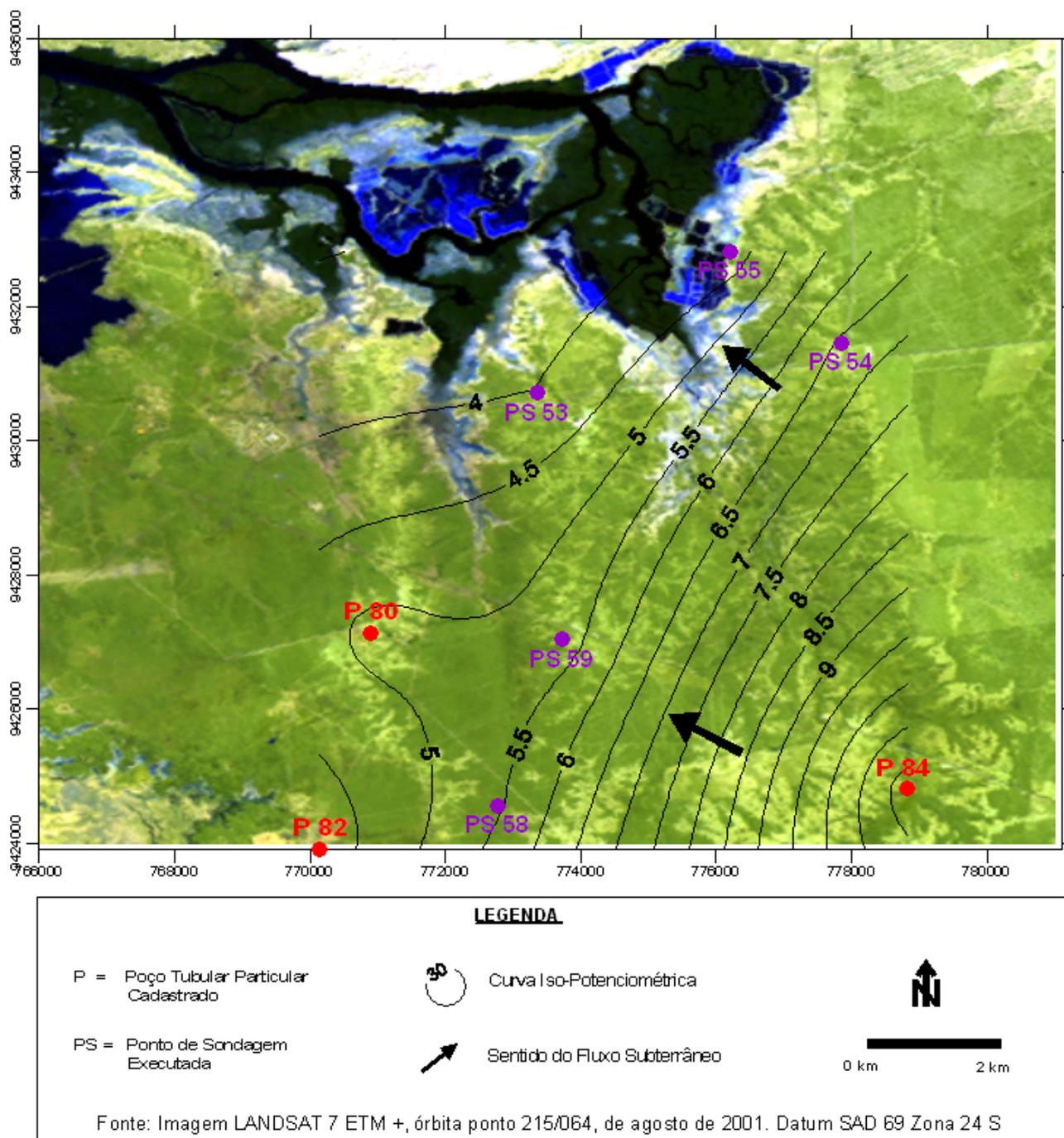


Figura 4 – Potenciometria da Área de Salina Cristal

## 6 – Conclusão

Nos trechos selecionados da Bacia Potiguar afloram sedimentos Tércio-quaternários compostos por material siliciclástico. Na ausência das coberturas supracitadas, encontram-se afloramentos dos calcários da Formação Jandaíra, compostos essencialmente por calcilitos, margas, arenitos calcíferos e argilitos calcíferos.

Essas formações dão origem a unidades hidrogeológicas distintas. As coberturas Tércio-quaternárias ocorrem, geralmente, insaturadas ou desenvolvem apenas localmente espessuras saturadas situadas preferencialmente nas regiões topográficas mais baixas. Esses materiais, embora

ocorrendo insaturados na maior parte da área, compõe uma unidade física e hidráulica que favorece a recepção, infiltração e transferência de águas de chuva ao aquífero subjacente. Os calcários da Formação Jandaíra quando não são aflorantes, ocorrem sotopostos aos sedimentos supracitados e compõem um sistema aquífero de natureza cárstico-fissural.

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.

Ressalta-se, que de forma local, também, será estudado o aquífero Tércio-quadernário. Porém, a avaliação dos dados obtidos através das sondagens indicou que esses materiais apenas desenvolvem espessuras saturadas passíveis de serem amostradas nos setores de jusante do fluxo subterrâneo, portanto, esses valores obtidos não seriam representativos de valores de *background*, e sim de águas que possam estar sendo influenciadas pelas atividades da indústria do petróleo. Nesse caso, os estudos serão concentrados, principalmente, no aspecto de avaliar a conexão hidráulica e a mistura de águas entre as duas unidades aquíferas.

A potenciometria mostrou-se 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 desse estudo. Neste caso, será possível estabelecer valores de *background* que reflitam as condições físico-químicas naturais controladas pelo fluxo das águas subterrâneas.

Nas três áreas de pesquisa o fluxo das águas demonstrou que a superfície potenciométrica é, em geral, influenciada pelo relevo local, revelando o caráter essencialmente livre do aquífero Jandaíra nesse setor da Bacia Potiguar.

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).

## 7 - Referências Bibliográficas

- [1] VROM, 2000. Circular on Target Values and Intervention Values for Soil Remediation. DBO/1999226863, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Holanda.
- [2] CETESB, 2001. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas. Companhia de Saneamento e Tecnologia Ambiental, São Paulo.

- [3] MATOS, R.M.D., 1987. Sistema de Riftes Cretáceos do Nordeste Brasileiro. PETROBRAS/DEPEX/DEBAR. Relatório Interno, 34p.