

ÁGUA SUBTERRÂNEA E PETRÓLEO, UMA AVALIAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN

Carolina Cristiano Barbosa ¹; Maria Isabel Arcanjo Dias ¹; Josiane Maria da Silva ¹; Pedro Mateus Messias ¹; Tais Maria Souza Ribeiro ¹; Barbara Alves Oliveira¹; Ana Katiuscia Pastana de Souza Weber ²;

Resumo – Em função da dicotomia entre a abundância de petróleo e a escassez de água no município de Mossoró – RN o presente estudo detalhou a região por meio da elaboração de uma seção geológica N50W, com a disposição dos poços petrolíferos e poços tubulares de água. Tendo como objetivo analisar a influência da exploração de petróleo no abastecimento de água subterrânea no município em questão. O processo metodológico se deu por meio da identificação das unidades geológicas e hidrogeológicas, nas escalas regional e local, tendo como finalidade distinguir os sistemas aquíferos dos potenciais reservatórios de hidrocarbonetos. Assim, por meio dos métodos e dados utilizados não foi possível estabelecer evidências de contaminação nos aquíferos Açú e Jandaíra sendo o primeiro devido sua maior profundidade e comportamento confinado e o segundo, pela disposição mais próxima à superfície. Para maior detalhamento dos estudos, é necessário a disponibilização por parte da Agência Nacional de Petróleo dos relatórios técnicos com destino a complementar as análises do presente estudo.

Abstract – Depending on the dichotomy between the abundance of oil and water shortages in the city of Mossoro - RN this study detailed the region through the development of a geological section N50W, with the arrangement of the oil wells and wells of water. Aiming to analyze the influence of oil exploration in the underground water supply in the municipality in question. The methodological process was through the identification of geological and hydrogeological units, the regional and local scales, with the purpose to distinguish the aquifer systems of potential hydrocarbon reservoirs. Therefore, using the methods and data used could not establish evidence of contamination in Açú and Jandaíra aquifers being the first because of its greater depth and confined behavior and the second, by the arrangement closer to the surface. For more detailed studies, it is necessary to release by the National Petroleum Agency technical reports destined to complement the analysis of this study.

Palavras-Chave – Atividade petrolífera, poços tubulares, vulnerabilidade

¹ Graduando em Geologia – UNIBH, carolinaccb.94@gmail.com

¹ Graduando em Geologia – UNIBH, mabelarcanjodias@hotmail.com

¹ Graduando em Geologia – UNIBH, josianegeotec@gmail.com

¹ Graduando em Geologia – UNIBH, pm-messias@bol.com.br

¹ Graduando em Geologia – UNIBH, taismrsribeiro@yahoo.com.br

¹ Graduando em Geologia – UNIBH, barbynha@terra.com.br

² Geóloga – UNIBH, ana.weber@prof.unibh.br

1- INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o avanço das atividades petrolíferas em toda Bacia Potiguar denotou-se uma preocupação dos órgãos municipais quanto à possibilidade de escassez de água na região. Especificamente na região de Mossoró onde estão localizados dois campos de acumulação de óleo de grande importância, sendo eles Canto do Amaro e o Riacho da Forquilha, a água subterrânea é a de maior utilização para o sistema de abastecimento de água de Mossoró.

Dentro deste contexto, este trabalho objetivou avaliar a influência da exploração de petróleo no abastecimento de água subterrânea no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte. Para isso foram levantados os dados dos poços tubulares de abastecimento de água subterrânea, os dados de poços exploratórios, em desenvolvimento e abandonados, além de dados geológicos, estruturais e estratigráficos da região, tendo assim como resultado a identificação dos fatores que mais influenciam no comportamento do aquífero abordado.

O município de Mossoró localiza-se na porção noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, estando a 277 km de sua capital. O acesso é feito a partir de Natal por meio da rodovia BR-304 (Figura 01).

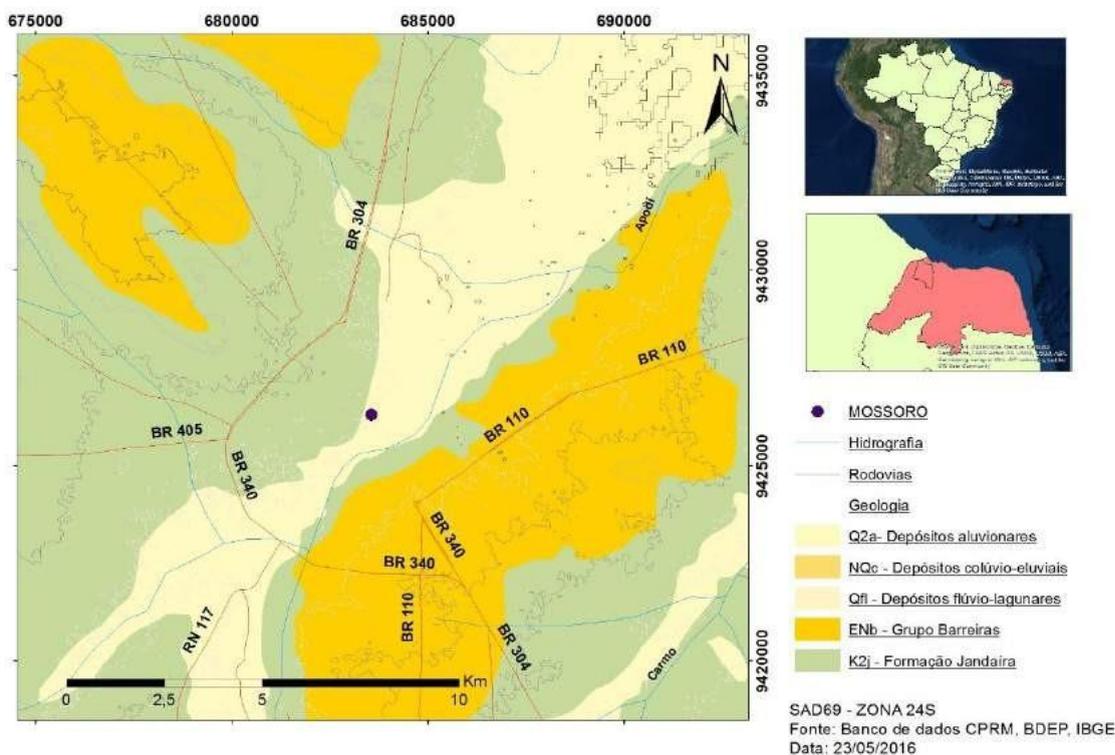


Figura 1: Mapa de localização do município de Mossoró (RN). Fonte: Banco de Dados CPRM, BDEP e IBGE (2016).

2 - CONTEXTO GEOLÓGICO

Geologicamente, a Bacia Potiguar – BP onde a área de estudo está inserida apresenta os seguintes limites: a norte e a leste pelo oceano Atlântico, cuja cota batimétrica equivale aproximadamente – 3000 metros, a leste pelo Alto de Touros, na porção sul e oeste pelo embasamento cristalino e pôr fim a noroeste pelo Alto Fortaleza, que separa da Bacia Ceará (Monrelatto & Fabianovic, 2015). Todo o pacote sedimentar da BP, segundo Almeida *et al.* (1977), está sob o substrato rochoso da faixa Seridó que corresponde a uma porção do cinturão orogênico que compõe a Província Borborema.

A região de Mossoró é constituída pelos sedimentos da Formação Jandaíra, do Grupo Barreiras, depósitos Colúvios-eluviais, Flúvio-lagunares e depósitos Aluvionares (Figura 2).

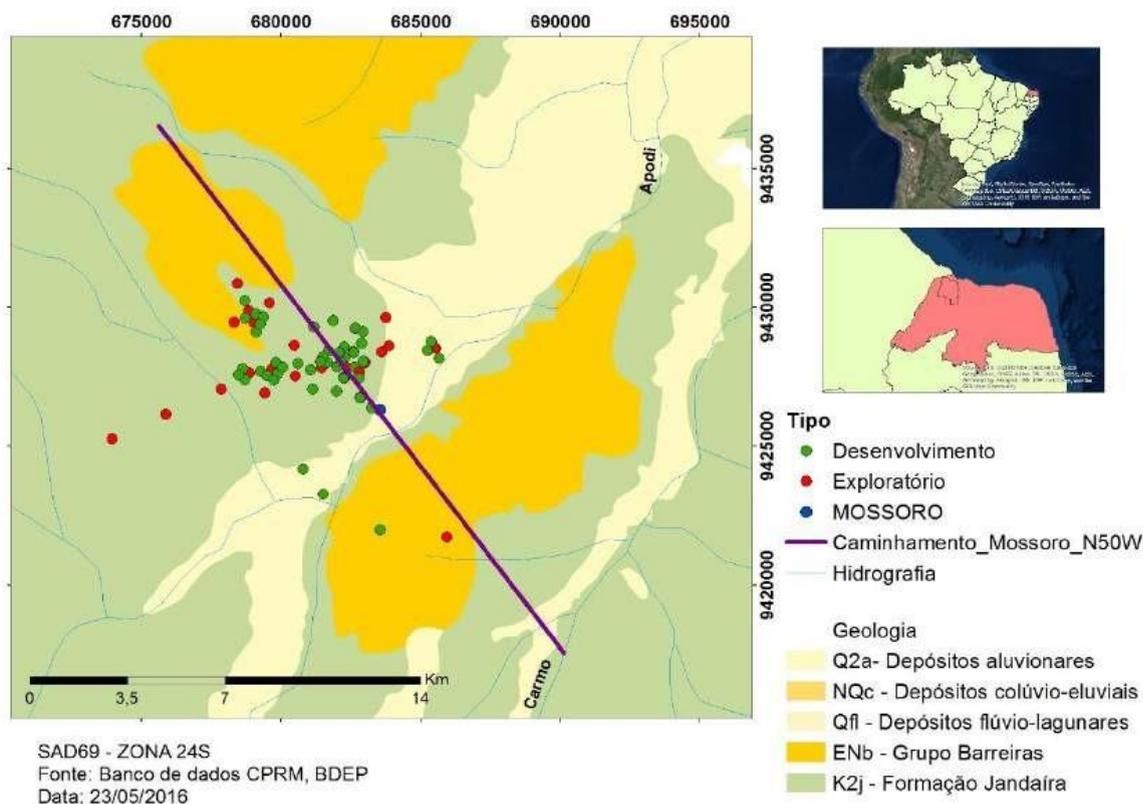


Figura 2: Mapa geológico simplificado do município de Mossoró (RN).

2.1- Litoestratigrafia

A litoestratigrafia da Bacia Potiguar foi adotada a partir da carta estratigráfica correspondente à última revisão efetuada por Pessoa Neto et al. (2007) apud Oliveira et al., 2014.

A Bacia de Potiguar, segundo Souza (1982) apud Menezes (2002), está associada a três fases de evolução tectônica: supersequência Rifte constituída pelas formações Pendência e Pescada (Figura 3) que foram depositadas no Cretáceo Inferior e são constituídas principalmente por depósitos flúvio-deltaicos e lacustres; supersequência Pós-Rifte que indica uma deposição de uma sequência flúvio-deltaica, com os primeiros sinais de regressão marinha representada pela Formação Alagamar no qual a mesma é dividida no Membro Upanema e transicional Membro Galinhos, isolados por um intervalo de folhelhos pretos e calcilutitos ostracoidais, de um ambiente transicional representado pela camada Ponta do Tubarão e, por fim, a supersequência Drifte configurado pela deposição entre o Albiano Superior até o recente indicando vestígios de uma transgressão do Grupo Apodi constituído pelas Formações Açú, Jandaíra, Quebradas e Ponta do Mel e sequências marinhas regressivas do Grupo Agulha (Araripe & Feijó, 1994).

Segundo Rocha (2009) apud Radam (1981) a região de Mossoró pertence em parte ao escudo cristalino brasileiro de rochas do Pré-cambriano e está inserida nos Complexos Presidente Juscelino; Complexo Caicó, Jucurutu e Ceará, com predominância de gnaisses, quartzitos, xistos, calcários e granitos. Além das formações sedimentares do Grupo Apodi, representadas pelas formações Jandaíra e Açú e as deposições do Grupo Barreiras, constituindo as coberturas colúvioeluviais e aluviões, tabuleiros, paleodunas e dunas.

A Formação Jandaíra é constituída por calcarenitos bioclásticos e calcilutitos, possui um contato concordante com os sedimentos clásticos transicionais das Formações Açú e Quebradas (Araripe & Feijó, 1994 apud Menezes 2002). Já a Formação Açú possui ocorrência em toda a Bacia sendo formada por uma sequência transgressiva datada do Albiano (Cretáceo Inferior), principalmente por intercalações de folhelhos, siltitos e arenitos (Bertani *et al.* 1990 apud Menezes 2002).

2.2- Evolução Tectônica

O arcabouço estrutural da BP é dividido em quatro feições morfo-estruturais, de acordo com Soares (2000), no qual estas estão relacionadas ao eventos que a afetaram a bacia como um todo. Dessa maneira, as fases de estiramento crustal (rifte) apresentam estruturas como *grabens* e altos internos enquanto a fase de deriva continental constitui as plataformas rasas do embasamento e talude.

De acordo com a literatura abordada, acredita-se que a origem da Bacia Potiguar está inserida no contexto da evolução da Margem Equatorial Atlântica sendo iniciada ao final do período Jurássico em que devido ao regime de esforços com distensão N-S e compressão E-W propiciaram o desenvolvimento da bacia rifte, característico de um regime transtensional. Dessa maneira, sob um substrato de rochas Pré-Cambrianas pertencentes à Província Borborema desenvolveu-se o Rifte

Potiguar, cujos *trends* estruturais apresentam direção N-E juntamente com um sistema de zonas de cisalhamento E-W e NE/SW.

O Rifte Potiguar, formado durante o Cretáceo Inferior, apresenta direção predominante NE/SW herdada do embasamento, no qual apresentam como falha principal o sistema de Falhas Carnaubais. Porém, é de extrema importância para o estudo de caso desse projeto, os falhamentos de direção NW/SE que foram interpretados por diversos autores como um produto de reativações pós-campanianas (Cretáceo Superior). Em que segundo Matos *et al.*(1987), essas estruturas comportam-se como falhas de transferências, associada a um sistema extensional consequentemente às falhas normais, durante toda a fase rifte constituindo posteriormente as principais direções de falhamentos na porção submersa da bacia. Já no estágio final de rifteamento, sendo este característico pelo predomínio de uma tectônica transtensional (consequência de esforços distensivos de direção E-W) associado à separação do Supercontinente Gondwana.

Durante o início da fragmentação do Supercontinente, Matos (1987; 1992) determinam três estágios tectônicos classificados como Sin-Rifte I (Neojurássico) refere-se ao início da distensão e não apresenta registro na Bacia Potiguar; Sin-Rifte II (Neocomiano-Eobarremiano) caracteriza-se pelas formação de bacias riftes que são controladas por falhas normais, constituindo os grabens assimétricos como por exemplo o rifte Neocomiano da BP emersa e por último, o estágio Sin-Rifte III (Neobarremiano) que se baseia no progressão do processo distensivo, no qual na Bacia Potiguar é marcado por uma mudança no eixo de rifteamento, NNW/ EW devido ao movimento transtensional dextral, na porção submersa enquanto que na porção emersa causa um levantamento e erosão admitindo um comportamento de uma ombreira do novo rifte. Desse modo, a geometria do rifte situado na porção emersa, representada o produto de duas grandes falhas lítricas, cuja profundidade máxima de deslocamento é estimada 20 e 22 km.

De modo geral, a Bacia Potiguar, em sua porção emersa, é composta por um *graben* cujo formato é rômboico alongado na direção NE e delimitado por falhas e plataformas rasas do embasamento e sua calha central é dividida em quatro meios-grabens assimétricos denominados: Apodi, Umbuzeiro, Boa Vista e Guamaré. O presente projeto contém área de estudo inserida no meio-graben Boa Vista, região onde estão localizados os poços de água e óleo.

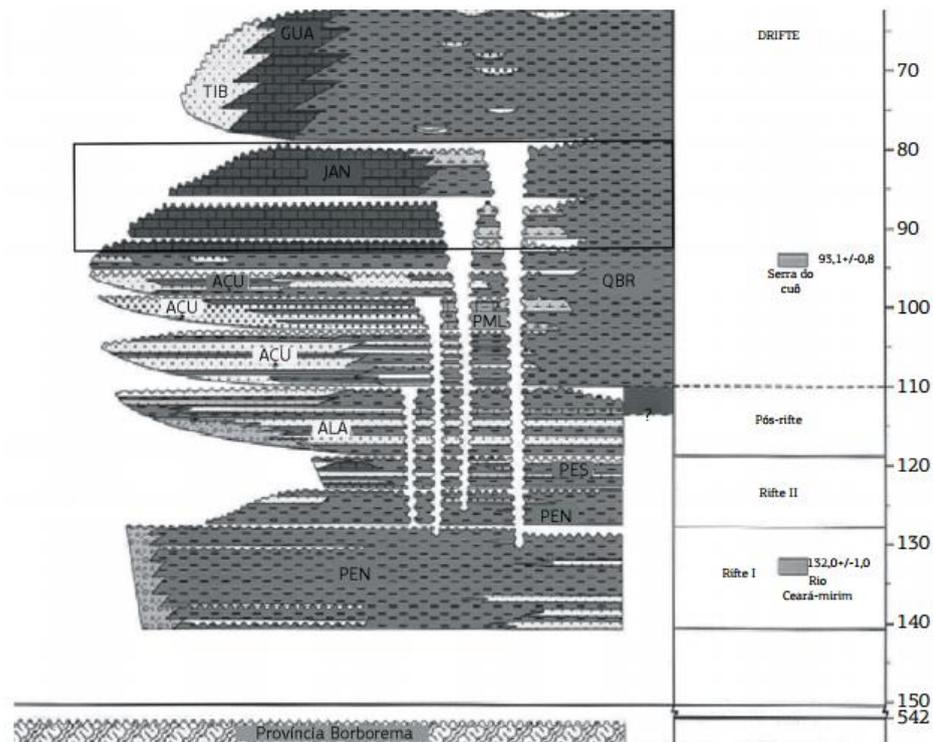
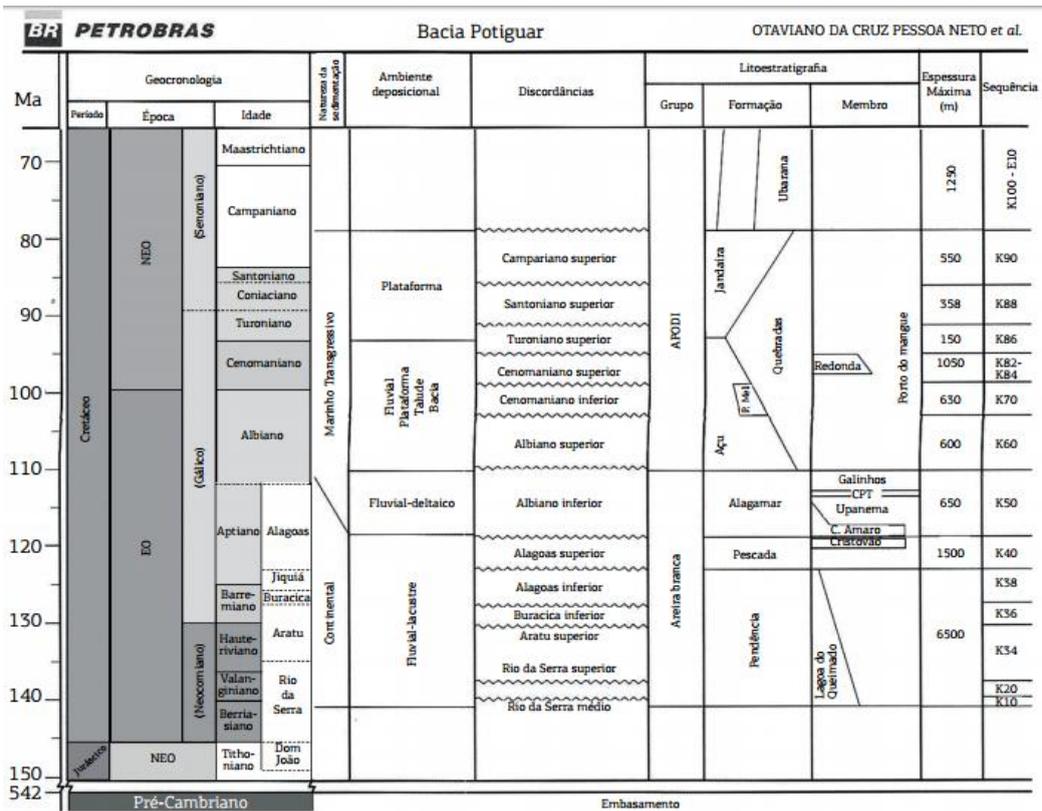


Figura 3: Coluna cronoestratigráfica da Bacia Potiguar, parte emersa. (Pessoa Neto et al. 2007 apud Oliveira et al., 2014).

3 - CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A região de Mossoró é drenada pelo Rio Apodi que tem como principal afluente o Rio do Carmo que cruza a cidade de Mossoró na direção SW/NE. As águas subterrâneas da região possuem uma associação com as águas superficiais no que tange a direção que as mesmas percorrem até o oceano. Os aquíferos principais estão representados pelos sedimentos clásticos da Formação Açú e os calcarenitos biocásticos e calcilitos da Formação Jandaíra.

A seção da bacia Potiguar (Figura 4) é representada pela disposição do aquífero Jandaíra e Açú, contendo a zona principal de recarga do aquífero Açú e sua faixa de confinamento que ocorre em todo o restante da bacia, sendo capeado pelo aquífero Jandaíra em decorrência dos calcários existentes.

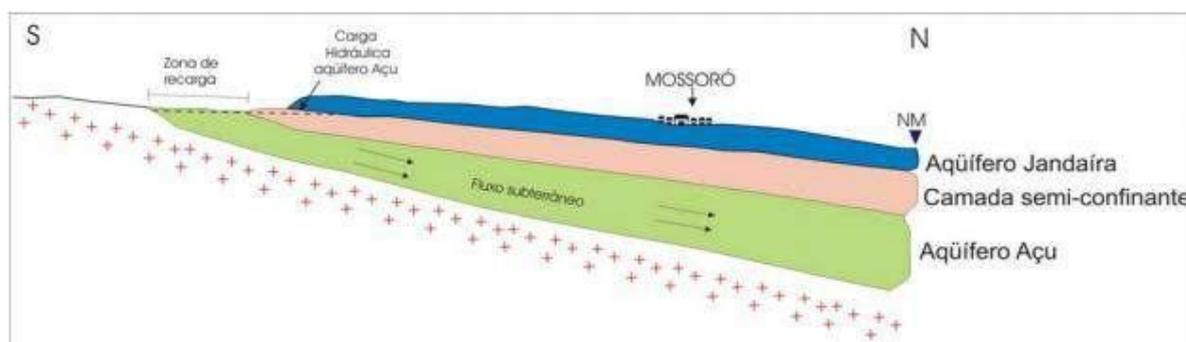


Figura 4: Seção esquemática das unidades Hidrogeológicas da Bacia Potiguar.

Fonte: Rebouças, (1992).

O aquífero Jandaíra é um dos principais da região de Mossoró, devido sua grande área de abrangência totalizada em aproximadamente 15.598 km², tem natureza cárstico-fraturada, com espessura entre 50 a 200 metros, classificado como aquífero livre, apresenta uma ampla variação litológica constituído por calcários, margas, siltitos e folhelhos descrito por Rebouças (1992). É limitado em sua porção inferior por sedimentos pouco permeáveis pertencentes à base da Formação Jandaíra e topo da Formação Açú.

O fluxo de água subterrânea do aquífero Jandaíra na região de Mossoró é de noroeste para sudeste (Agência Nacional de Águas - ANA-, 2010).

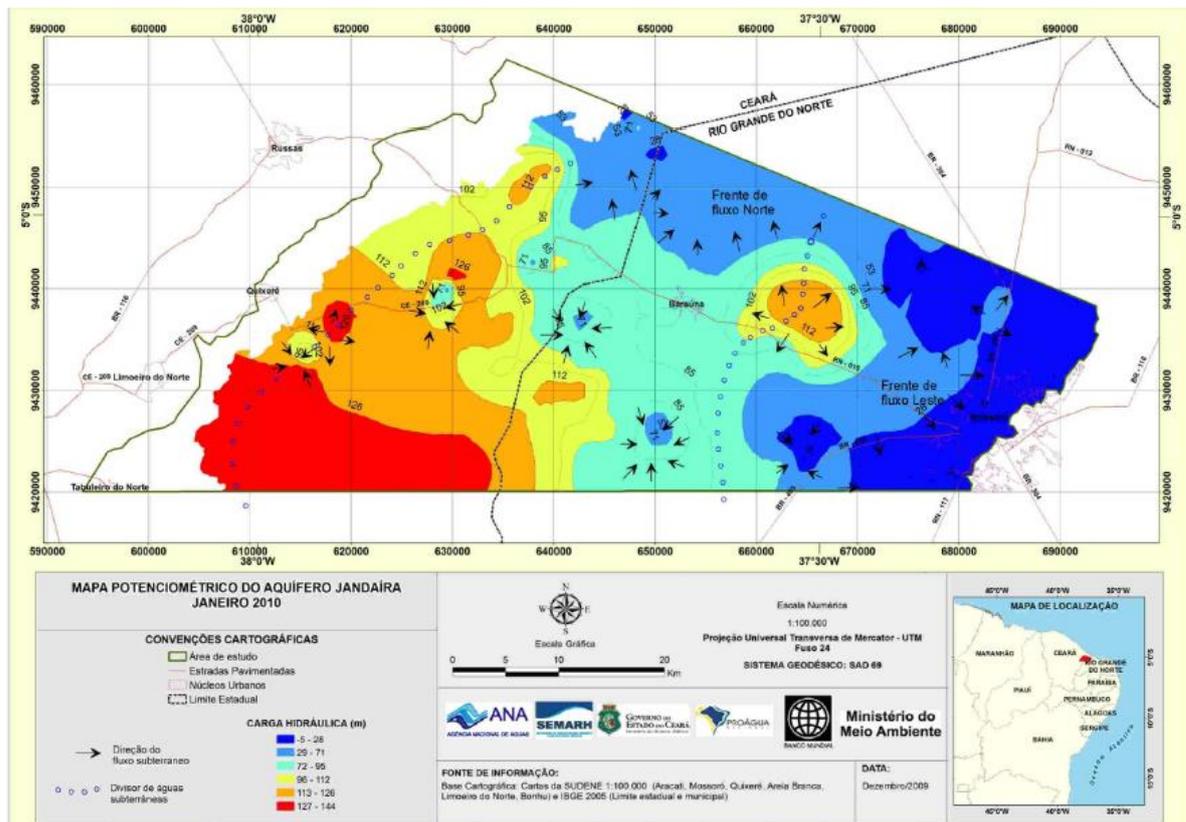


Figura 5 – Potencimetria do Aquífero Jandaíra em Janeiro de 2010. Fonte: ANA, 2010.

Segundo Vasconcelos (2006), o aquífero Açú constitui o mais importante sistema aquífero da Bacia Potiguar, aflorando na borda sul da bacia ao longo de uma faixa marginal com largura variando cerca de 5km no extremo leste e mais de 20 km no extremo oeste, sendo esta a principal área de recarga do aquífero Açú. Na parte superior do aquífero se encontram as jazidas de petróleo, que são exploradas na região de Mossoró-RN. Enquanto na porção inferior do aquífero Açú, sendo essa essencialmente arenosa, constituída de arenitos predominantemente grossos a conglomeráticos na base, passando a arenitos médios na porção intermediária e arenitos mais finos no topo, com argilosidade continuamente crescente no sentido vertical.

Ainda segundo o mesmo autor, pode-se afirmar que os aquíferos Açú e Jandaíra estão separados por uma camada semipermeável aquitarde composto por distintas litologias correspondentes ao topo da Formação Açú e a base da Formação Jandaíra. Esta formação serve como camada confinante do Aquífero Açú e dependentemente das diferenças de carga hidráulica é responsável por uma entrada (drenança vertical descendente) ou saída (drenança vertical ascendente) de água do aquífero Açú em relação ao aquífero Jandaíra.

Conforme informações de ANA (2010), o aquífero Açú vem sendo explorado pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte) para o abastecimento público de água de Mossoró há mais de 40 anos em regime de exaustão, também chamado de não equilíbrio.

De acordo com dados do Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos-Proágua Nacional (ANA, 2010), a utilização de água subterrânea no município de Mossoró distribui-se entre 5% consumo animal; 17% carnicultura; 2% consumo humano; 7% industrial; 65% irrigação; 5% para outros usos (figura 6). Enquanto que o uso de água superficial está restrito a três categorias: carnicultura em 7 processos (29%); irrigação, indicada em 12 processos (50%) e finalmente classificados como outros usos, 5 processos (21%).



Figura 6: Gráfico esquemático do Uso da Água Subterrânea no Município de Mossoró.

Fonte: PROAGUA-NACIONAL (2010).

4 - CONTEXTO PÉTROLÍFERO

A pesquisa geológica da Bacia Potiguar se iniciou de maneira efetiva em 1945, utilizando técnicas geofísicas de mapeamento de superfície, gravimetria e magnetometria para a aquisição de dados. Porém a busca pelos hidrocarbonetos *onshore* teve um grande avanço em 1967 após a Companhia Nordestina de Perfuração e Poços – CONESP, realizar uma perfuração de um poço para abastecimento de água em Mossoró – RN, e localizar óleo, lama e gás metano tendo dados confirmados após visita dos técnicos da Petrobras e descrição do poço afirmando a presença de óleo do Grupo Apodi (Jornal Tribuna do Norte, 2014).

Os primeiros campos descobertos após as seções geofísicas foram os de Ubarana e Agulha, localizados na plataforma continental e já na década seguinte foram localizados os campos de Mossoró e Fazenda Belém. Porém, dentro do limite municipal de Mossoró estão localizados dois campos de acumulação de óleo de grande importância, sendo eles Canto do Amaro, é considerado o maior e mais campo produtor da bacia e está localizado alinhado ao Sistema de Falhas Carnaubais e, o segundo campo Riacho da Forquilha.

Dessa maneira, o campo Canto do Amaro contém trapas do tipo estruturais e estratigráficas com variações laterais de fácies e barreiras diagnéticas. Além disso, há uma associação entre baixas temperaturas do reservatório, água doce e petróleo de boa qualidade, fato incomum visto que a temperatura e a presença de água no sistema influenciam diretamente na biodegradação dos hidrocarbonetos. Ao passo que o campo do Riacho da Forquilha está localizado no domínio do Graben Apodi, tem estrutura dômica de aproximadamente 5km² com orientação sentido EW e é delimitado por um sistema de falhas e grabens em que as rochas reservatório são arenitos deltaicos (CPRM, 2013).

Pode-se determinar de acordo com Trindade et al. (1992) que as rochas geradoras pertencem a Formação Pendência, folhelhos negros cujo querogênio é do tipo I e do tipo II, além de teores além de teores de carbono orgânico (COT) entre 2% e 4% enquanto que a Formações Alagamar contêm sedimentos lacustres, marinhos evaporíticos e marinho restrito. À medida que as rochas reservatórios são constituídas por arenitos e turbidíticos da Formação Pendência, por arenitos deltaicos da Formação Alagamar e por arenitos flúvio-eólicos da Formação Açú.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consistiu inicialmente em coletar revisões bibliográficas, que são necessárias para o levantamento de dados referente à área de estudo. Abrangemos as regiões do limite municipal de Mossoró que possuem a maior concentração de poços registrados de água e óleo no qual esta região foi delimitada pelos arquivos em formato *shapefile* disponível para *download* no site de mapas interativos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Posteriormente, foi indispensável à identificação das unidades geológicas e hidrogeológicas regional e local para que em seguida fossem reconhecidos os sistemas aquíferos e potenciais reservatórios de hidrocarbonetos.

Após esta etapa se fez necessário à localização dos poços exploratórios cadastrados no Banco de Dados de Exploração e Petróleo (BDEP) alimentado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP e, os de captação de água subterrânea cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, monitorado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Em ambos os casos, as duas empresas disponibilizam os dados dos poços em planilhas *Excel*, se iniciando o processo de tratamento de dados e interpretação junto às informações litológicas captadas durante a revisão bibliográfica.

Em seguida, foi feito o *download* no site da ANP da planilha publicada em 10 de março de 2016 com a listagem atualizada de todos os poços realizados no território brasileiro e a partir daí foram feitos os seguintes filtros:

- Seleção por bacia – Potiguar
- Seleção por estado – Rio Grande do Norte
- Seleção por campo exploratório – Mossoró
- Seleção por tipo de poço – Exploratório e desenvolvimento

Após a filtragem, a quantidade de furos reduziu de 27.532 em toda bacia Potiguar para 109 furos localizados apenas no campo exploratório Mossoró.

As coordenadas destes furos foram exportadas para o Arcgis, em seguida foi feita a correlação entre os dados da planilha, informações litológicas e estruturais de acordo com literatura sendo estas analisadas juntamente com os dados e seções encontrados no Sumário Geológico e Setores de Oferta da 13ª Rodada de Licitações da ANP. Estas análises foram de extrema importância para identificação do comportamento do sistema petrolífero da Bacia Potiguar além da identificação de unidades hidrogeológicas da mesma.

Por meio do website Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS, foi realizada uma seleção de poços de água nas proximidades dos rios Apodi e do Carmo. Devido à elevada quantidade de poços tubulares de água monitorados na região, realizou-se uma filtragem por meio de análise estatística, sendo escolhidos apenas 30 poços no entorno do Campo Mossoró.

Em seguida, realizou-se um perfil no mapa estrutural cuja área de estudo localiza-se no *graben* Boa Vista, onde a orientação principal do perfil foi dada como N50W (anexo 1). Posteriormente, foi feita uma interpolação dos poços de óleo e água no mapa estrutural com o objetivo de espacializar e verificar o comportamento do sistema petrolífero e sistema aquífero.

Tendo como finalidade a representação estratigráfica em uma seção geológica dos poços, foram estabelecidas as regiões do sistema aquífero com maior susceptibilidade à contaminação pela exploração petrolífera.

6 - RESULTADOS E DISCUSSOES

A partir do levantamento de dados obtidos da cidade de Mossoró, foi possível analisar as condições as quais os aquíferos estão expostos.

Considerando a alta concentração de poços de água e óleo dentro do município, dos 141 poços selecionados para o estudo, 110 eram poços de óleo e 31 poços de água. Após segunda filtragem dos foram selecionados 63 poços de óleo classificados como em desenvolvimento, com profundidade média de 721 metros, sendo a máxima de 1050 metros e mínimo de 489 metros, 24 poços foram classificados como sendo exploratórios, desses poços foram selecionados 7 poços de óleo com profundidade média de 407 metros. Dos poços que captam água, 8 deles possuem profundidade

variando de 20 a 977, destes poços 6 atingiram o aquífero Açú, com profundidade média de 936 metros, dados superiores à média da ANA (2010), onde 41 poços cadastrados na bacia do Apodi possuem profundidade média de 720 metros, onde os poços que atingem esse aquíferos possuíam em média 732 metros, variando de 60 a 1200 metros de profundidade .

O sentido do perfil para a elaboração da seção geológica foi estabelecido por meio da maior concentração dos poços, sendo essa com direção N50W compreendendo 24 km de extensão. Para uma maior representação gráfica a seção foi reduzida para 11km. É possível observar na porção noroeste da seção que a maioria dos poços de óleo possui profundidade similar a 700 metros. Sendo que estes poços se localizam em uma faixa composta por arenitos intercalados por folhelhos ou em folhelhos, os poços de água nessa porção possuem profundidade superior a 800 metros, além de possuírem cerca de 150 metros de filtro. Observando os dados litológicos dos poços de água, percebe-se que a porção superior da seção é composta por lentes coluvionares seguidas por espessas camadas de calcários. No meio da seção observa-se uma camada que separa os aquíferos, sendo essa composta por folhelhos na porção noroeste e geralmente por argilitos na porção sudeste da seção.

Na porção sudeste da seção nota-se a presença uma camada composta por argilitos e argilitos intercalados com siltito que separa os calcários do aquífero Jandaíra dos arenitos que compõem o aquífero Açú.

Os poços de água foram representados segundo a configuração de cada poço retirada do bando de dados do SIAGAS, é possível observar uma variação de profundidade significativa desses poços, expondo a retirada de água tanto no aquífero Jandaíra quanto no Açú.

Informações fornecidas de acordo com relatório de Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os aquíferos dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará de 2010 – utilizando o método “GOD” para caracterização do índice de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos, representados no mapa abaixo (figura 7).

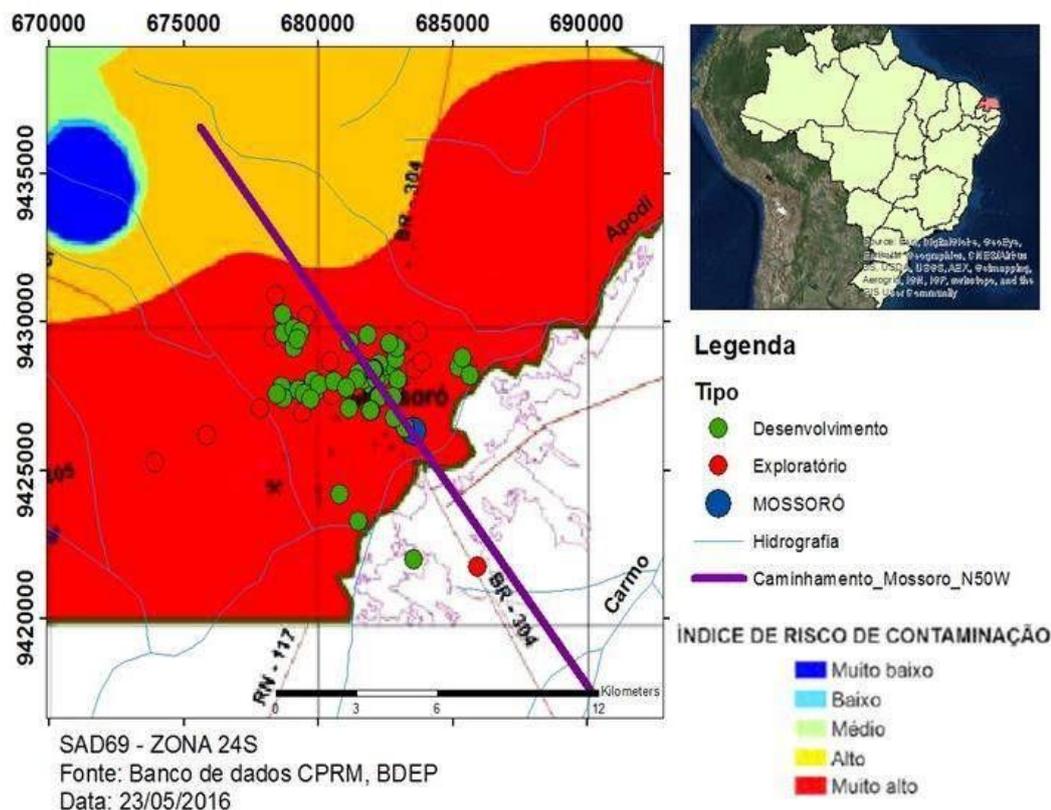


Figura 7: Mapa de risco de Contaminação do Aquífero Jandaíra. Fonte: Adaptado de ProÁgua (2010).

ANA (2010) estabelece os índices de risco de acordo com a presença de fontes potenciais de poluição, essas podem ser lixões, aterros sanitários, esgotos, extração mineral, defensivos agrícolas, fertilizantes, estações de serviço, efluentes industriais. O município de Mossoró está indicado com um índice muito alto de contaminação, o que pode ser justificado por estar em um centro urbano. Na porção noroeste do mapa o índice diminui gradativamente, sobretudo devido a descentralização dos potenciais poluidores.

Nota-se que a concentração de poços de óleo classificados como em desenvolvimento e exploratórios são próximas a falhas extensionais conforme visto na figura 8, tendo comportamento do fluxo ocorre na direção NW-SE. Quando inferida a litologia do poço de óleo por meio da proximidade desses aos poços de água, observa-se que em sua maioria os poços de óleo estão representados em meio ao aquífero Açú em meio a folhelhos e arenitos.

Tentando relacionar a evolução tectônica e estruturas presentes na área de estudo junto com outros trabalhos e modelos estruturais já conhecidos da Bacia Potiguar, foi possível associar as estruturas identificadas no município de Mossoró com os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos abordados. Dessa maneira, percebe-se que o comportamento do fluxo ocorre na direção NW-SE concordantes com as falhas extensionais de embasamento, figura 8.

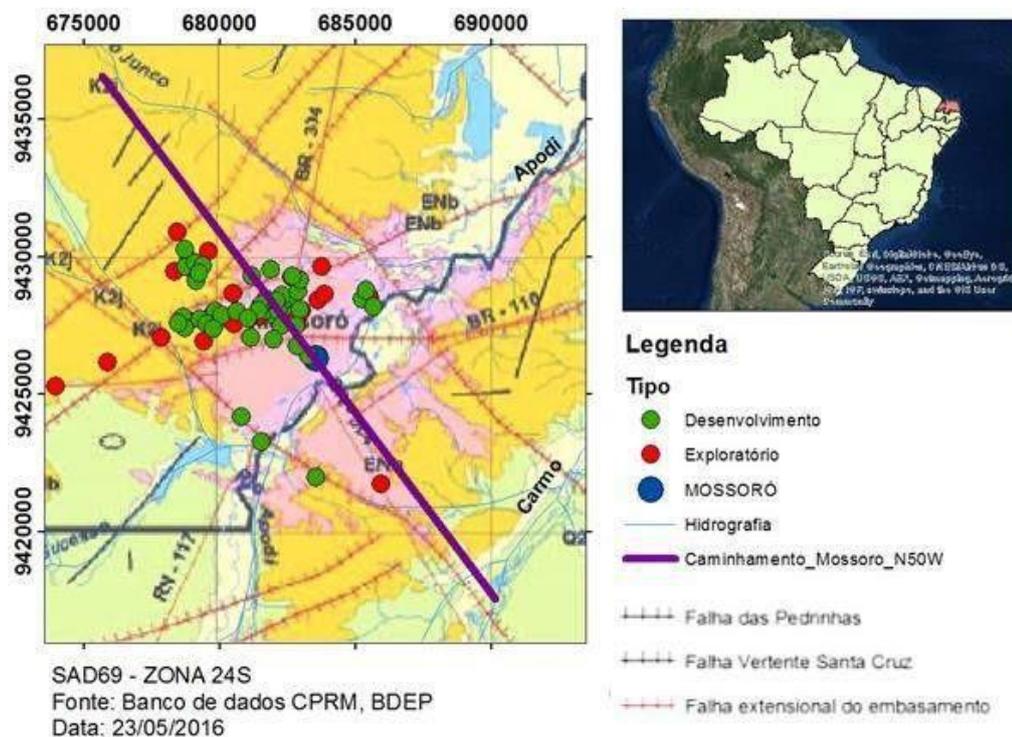


Figura 8: Mapa geológico referenciando as principais falhas da região em estudo. Fonte: Adaptado do ProÁgua (2010).

7 - AÇÕES DE PREVENÇÃO

A água tem como principais usos a regulação de processos biológicos (regulação da temperatura do corpo, diluição de nutrientes em seres vivos), navegação, geração de energia, uso industrial (refrigeração de máquinas, processos químicos, limpeza, transporte de materiais), uso doméstico (produção de alimentos, limpeza) dentre outros.

Sendo assim, a proteção deste bem natural está associada diretamente com a identificação das origens de contaminação, sendo as principais: as atividades industriais, agrícolas e domésticas. Já Filho (2008 apud Fetter, 1993) mostra que algumas fontes podem atuar como vias de contaminação de aquíferos como: poços escavados, abandonados; poços mal construídos, com cimentação deficientes e/ou com revestimentos corroídos; e poços produtores (de óleo, gás, energia geotérmica e água), sendo o último um dos principais meios de contaminação e fonte de preocupação da população da região de Mossoró.

A contaminação por petróleo acontece, pois, o óleo é menos denso e imiscível a água fato que o leva a migrar para zona não saturada, gerando uma terceira fase fluida na superfície do solo onde água, óleo e ar vão competir pelos espaços vazios (poros), afetando diretamente nas relações de permeabilidade, tensão, molhabilidade, saturação, solubilidade, além de todo o impacto na fauna e flora dependentes da disponibilidade hídrica naquela região.

Para que não haja contaminação do aquífero pela perfuração de poços sugere-se seguir as seguintes etapas:

- Identificação das unidades geológicas e mapa de controle estrutural;
- Levantamento de informações sobre os aquíferos de interesse (posição, extensão, área de recarga e de descarga, confinantes, bases impermeáveis);
- Levantamento geofísico para identificação de possíveis anomalias;
- Localização de poços de água e óleo;
- Inventário de poços de água e suas fichas de cadastramento;
- Estudos de poluição;
- Estudos de diagnóstico da adequabilidade química a diferentes tipos de consumo;
- Estudo de caracterização física do sistema aquífero;
- Identificação dos aquíferos por meio da caracterização das fácies hidrogeoquímicas, identificação dos fluxos entre os aquíferos e confirmação da direção e sentido do fluxo de aquífero;

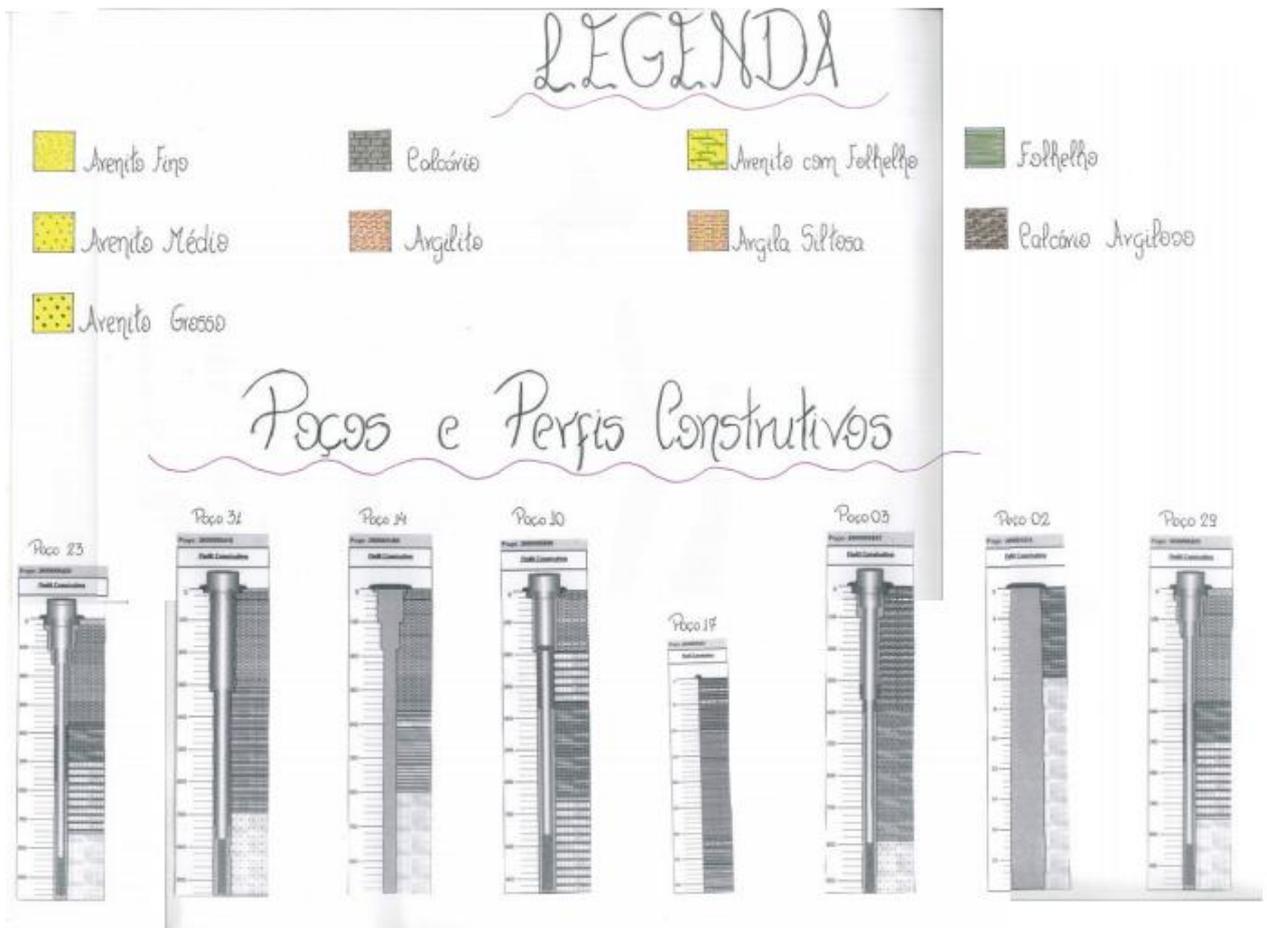
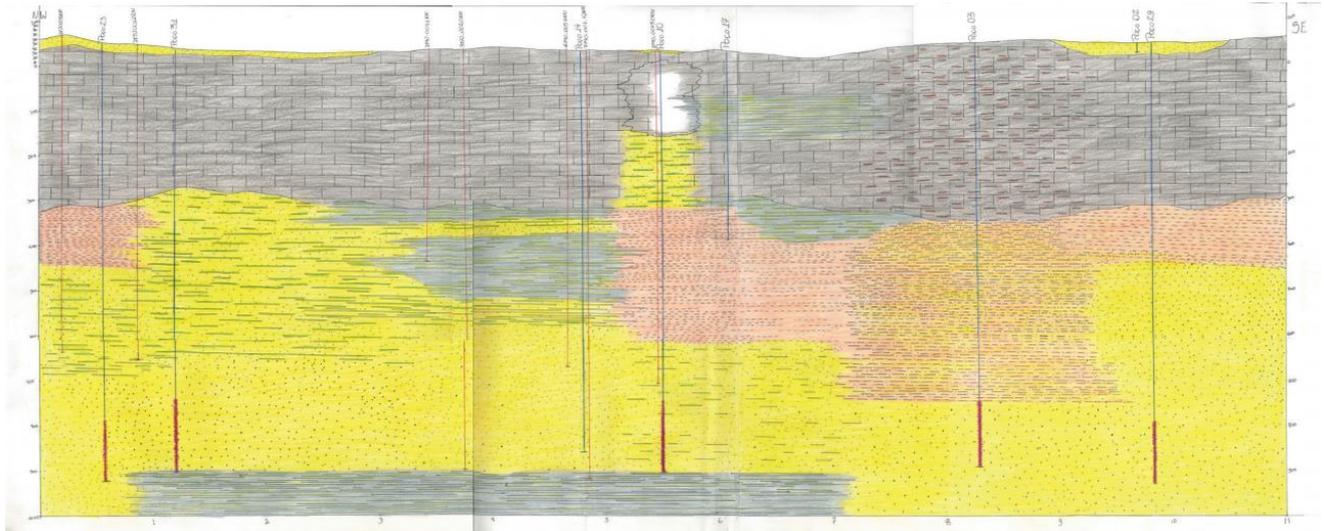
Estes estudos são feitos com o objetivo de se diagnosticar de uma possível zona de contaminação e áreas de influência para a locação de poços. O sentido do fluxo também é de extrema importância, pois o poço tubular de água deve estar posicionado acima do poço de petróleo para que em caso de vazamento o óleo não seja carregado pela água e a zona de contaminação não se dissipe.

As perfurações de poço são realizadas através de campanhas de sondagem utilizando brocas rotativas, percussivas ou rotopercussivas, dependendo do tipo de litologia da região e de extrema importância para a descrição do furo. Além disso, deve conter revestimentos, filtros e pré-filtro a fim de se evitar a contaminação por outras partículas, óleo e dar maior sustentação as paredes do furo. Os fragmentos de rocha são removidos através da aplicação de um fluido de perfuração ou lama, este é injetado por bombas para o interior da coluna de perfuração, e retorna à superfície através do espaço anular formado pelas paredes do poço e a coluna.

8 – CONCLUSÃO

Por meio dos métodos e dados utilizados não foi possível estabelecer evidências de uma contaminação nos aquíferos Açú e Jandaíra devido à falta de informações descritivas (litológicas e análises geoquímicas) referentes aos poços de petróleo se torna necessário à disponibilização junto à ANP dos relatórios técnicos dos mesmos, a fim de complementar as análises nesse projeto.

9- ANEXO



Anexo 1: Seção geológica estratigráfica de orientação N50W com a localização dos poços petrolíferos (em vermelho) e poços de água (em azul)

10 – AGRADECIMENTOS

Á todos aqueles que de forma direta e/ou indireta influenciaram e ajudaram na conclusão desse estudo. Porém, agradecemos principalmente ao Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH) e a professora Luciana Melo pela dedicação e incentivo.

11 - REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em 17 de março de 2016.

ALMEIDA, F. F.M.; BHUSUI, Y; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R. A., 1997. Província Estrutural Brasileira. Atlas VII. Simpósio de Geologia do Nordeste: 363- 991.

ANA, Agência Nacional das Águas, 2002. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil – Bacia Potiguar (Aquífera Açú, Aquífero Jandaíra). 144p.

ARARIPE, P. T. & FEIJÓ, F., 1994. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da PETROBRÁS. V. 8, n. 1, p. 127-41.

BANCO DE DADOS DE EXPLORAÇÃO E PETRÓLEO. Disponível em <http://www.bdep.gov.br/?lng=br>. Acesso em 17 de março de 2016.

BERTANI, R.T.; COSTA, I.G.; MATOS, R.M.D. 1990. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e hábitat do petróleo na Bacia Potiguar. In: RAJA GABAGLIA, G.P.; MILANI, E.J. (Coord.) Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro: Petrobras. SEREC. CENSUD. P. 291-310.

CPRM- Serviço Geológico do Brasil; UFRN- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2005. Hidrogeologia do Aquífero Açú na Borda Lesta da Bacia Potiguar: Trecho Upanema-Afonso Bezerra. Relatório do Estado da Arte. Comportamento das bacias sedimentares da região semiárida do Nordeste Brasileiro Rede cooperativa de pesquisas

FETTER, C.W. Contaminant Hydrogeology. New York: McMillan, 1993. <https://pt.scribd.com/doc/247836478/Contaminant-Hydrogeology-pdf>

IBGE-Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico - 2000. Rio de Janeiro, 2015.

MATOS, R.M.D.; LIMA NETO, F.F.; ALVES, A.C; WAICK, R. N. 1987. O Rife Potiguar- Gênese, Preenchimento e Acumulações de Hidrocarbonetos. In: Seminários de Rifes Intracontinentais, 1, Rio de Janeiro. Anais, Petrobras/DEPEX. P160-197.

MENEZES, L, 2002. Caracterização Faciológica e Parametrização de análogos a Reservatórios Petrolíferos Fluviais da Formação Açú. Relatório de Graduação. P. 7.

MORELATTO, R. & FABIANOVICZ, R., 2015. Bacia Potiguar- Sumário Geológico e Setores de Oferta. Superintendência de definição de blocos. ANP. 13 Rodada Licitações de Petróleo e Gás.

MORELATTO, F.; FABIANOVICZ, R.; Sumário Geológico e Setores em Oferta - BACIA POTIGUAR, Superintendência de Definição de Blocos, SDB; Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis Décima Terceira Rodada De Licitações, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:
<http://www.brasilrounds.gov.br/arquivos/areas_oferecidas_r13/Sumarios_Geologicos/Sumario_Geologico_Bacia_Potiguar_R13.pdf> Acessado em: 5 maio 2016.

OLIVEIRA, J de; MANSO, CLC; ANDRADE, E J. Distribuição dos equinoides na Formação Jandaíra. Brazilian Journal of Geology, 44(4): 597-606, December 2014. disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjgeo/v44n4/2317-4889-bjgeo-44-04-00597.pdf>

PESSOA NETO O.C., Soares U.M., Silva J.G.F., Roesner E.H., Florencio C.P., Souza C.A.V. 2007. Bacia Potiguar. Boletim de Geociências da Petrobras, 15(2):357-369.

RADAM. Projeto Radam Brasil. 1981. Levantamento de Recursos Naturais. Folha Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro; volume 23.

REBOUÇAS, A.C.; 1992. Impactos Ambientais nas Águas Subterrâneas. In. 7º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte, MG.

ROCHA. A B; BACCARO. C, A, D; SILVA, P, C, M. 2009. Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Apodi Mossoró – RN – NE DO Brasil. Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16.

SANTOS NETO, E. V.; MELLO, M. R.; RODRIGUES, R. 1990- Caracterização geoquímica dos óleos da Bacia Potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. Anais. Natal: SBG, v. 2, p. 974-985.

SOARES, U. M. 2000. As relações entre tectonismo e seqüências deposicionais no rifte potiguar – porção sw do graben de umbuzeiro, bacia potiguar emersa. Dissertação de Mestrado, UFRN.

SOUZA, S.M., 1982. Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador. Anais..., v. 5, p. 2392-2406.1

TEÓDULO, J.M. R; 2004. Usos de Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto no levantamento e Integração de Dados Necessários a Gestão Ambiental dos Campos de Extração de Oleo e Gás do Canto do Amaro e Alto da Pedra no Município de Mossoró- RN. UFRGN, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de pesquisa e Pós Graduação em Geociências, Natal. 67p.

VASCONCELOS, M.B.; 2006. Hidrogeologia Do Aquífero Açú na Borda Sul da Bacia Potiguar; Trecho Upanema - Afonso Bezerra. UFRGN, Centro de ciências Exatas e da Terra, Natal.100p.