

## **ASPECTOS AMBIENTAIS RELEVANTES NA CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO PARA A PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO EM AQUÍFEROS**

Élvio Caio de Oliveira Garcias<sup>1</sup>

Beatriz Ines A. Kaipper<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Este artigo estabelece aspectos ambientais relacionados à contaminação de aquíferos e que são inerentes ao processo de construção de poços de petróleo. A falta de estudos que relaciona este problema e a relevância em nível mundial da proteção dos recursos hídricos justifica a sua confecção. O diagnóstico dos aspectos foi realizado através de pesquisa exploratória e bibliográfica, apresentando os seguintes pontos relevantes: a localização e extensão da formação portadora do aquífero; a integridade estrutural relacionada aos revestimentos e cimentação dos poços e a característica do fluido de perfuração. O estabelecimento destes fatores críticos pode nortear sustentavelmente as partes interessadas na prospecção das reservas minerais.

**Palavras-chave:** *Aquíferos; poços petróleo; contaminação; aspectos ambientais.*

---

<sup>1</sup> Engenheiro de Petróleo pelo Centro Universitário Estácio da Bahia – Gerente Operacional da ALVOPETRO S/A. E-mail: [egarcias@alvopetro.com](mailto:egarcias@alvopetro.com).

<sup>2</sup> Doutora em Química e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Santa Catarina– Docente de Hidrogeologia, Gerenciamento de Áreas contaminadas, Modelagem de Análise de Risco e Remediação no curso Especialização em Soluções e Tecnologias Ambientais. E-mail: [beatrizines@fieb.org.br](mailto:beatrizines@fieb.org.br).

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com as reservas de água no planeta é uma questão de ordem mundial. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, MMA, 2007), de toda água doce disponível para consumo no mundo, 96% é proveniente de água subterrânea. Os aquíferos já são muito usados pelos brasileiros, mas ainda pouco conhecidos pela ciência (GIRALD, 2013, p. 18-25).

A construção de um poço de petróleo em terra implica, necessariamente, em aspectos ambientais relevantes quando a perfuração destes poços atravessa formações geológicas que abrigam e/ou conduzem a reservatórios de águas subterrâneas.

O Brasil possuía em março de 2016 a quantidade de 8.370 poços produtores de petróleo em terra, explorados por 25 operadores diferentes em 8 estados da federação, segundo dados estatísticos da ANP (ANP, BEDEP, 2016).

A atividade de exploração e produção de petróleo no Brasil, desde 1953 até 1995 foi, por força de lei, monopólio de uma única empresa (FONTENELLE et al., 2003, p. 7). As informações relacionadas aos poços perfurados e aos aquíferos transpassados por estas perfurações tornaram-se, portanto, durante este período, privativas desta empresa. Passadas quase duas décadas da quebra do monopólio, a carência de produção científica com este viés investigativo e informativo, justifica a busca do estabelecimento de aspectos ambientais críticos que devem ser considerados na construção de poços de petróleo para prevenir a contaminação de aquíferos.

Para a construção de poços de petróleo, a indústria petrolífera segue padrões internacionais geralmente oriundos de dois importantes organismos técnicos: a API (*American Petroleum Institute*) e o IADC (*International Association of Drilling Contractors*). No Brasil, o agente regulador para a indústria do petróleo é a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Estas agências produzem normas, resoluções e referências técnicas para indústria, baseadas nas

melhores práticas de gestão reconhecidas, incluindo a gestão ambiental. Ainda assim, os projetos de construção de poços de petróleo requerem licenças ambientais específicas para a sua realização, principalmente em função da geologia local.

O licenciamento ambiental para os projetos de construção de poços de petróleo em terra é concedido pelos órgãos ambientais estaduais brasileiros e, em condições específicas, pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) (BRASIL, CONAMA 237, 1997). A quantidade de atores envolvidos neste processo - 27 autarquias ambientais estaduais no país (BRASIL, MMA, IBAMA, 2016) - aliada ao pouco conhecimento disponível sobre o comportamento de aquíferos no contexto da perfuração de poços de petróleo, traduz-se no mínimo, numa insegurança jurídica para as partes interessadas. Esta insegurança jurídica pode ser evidenciada por morosos e prolixos processos de licenciamentos ambientais.

Este artigo propõe e analisa aspectos ambientais da construção de poços de petróleo que podem ser críticos na contaminação de aquíferos. São considerados três aspectos relevantes: a localização e extensão da formação portadora do aquífero, a integridade estrutural relacionada aos revestimentos e cimentação dos poços, e a característica do fluido de perfuração.

O projeto de um poço é iniciado pelo estudo da área em que ele será perfurado, tendo em vista o cenário geológico e, se disponível, o histórico de poços perfurados na região (ROCHA et al., 2009). Nesta etapa inicial do projeto, deve-se já conhecer a presença ou não de um reservatório estratégico de água na direção de perfuração prevista para o poço.

Os dados geológicos do local da perfuração e os dados de engenharia dos poços existentes nesta área são determinantes para os cálculos das geopressões envolvidas na construção do poço e, por consequência, para a definição das fases, especificação dos revestimentos e cimentação necessária, bem como, para a projeção do tipo de fluido de perfuração a ser utilizado.

A integridade dos revestimentos e da cimentação de cada fase, dentre outros objetivos, resguarda os aquíferos alcançados pelo poço de petróleo da contaminação advinda do próprio processo de perfuração, com eventual descontrole na dinâmica das pressões hidrostáticas, ou do processo de produção com o transporte dos fluidos da formação produtora passando pelas formações portadoras de aquíferos (FERREIRA e HONORATO, 2011).

As características geológicas e a composição litológica das formações que serão perfuradas na construção de um poço de petróleo irão determinar as propriedades reológicas necessárias ao fluido de perfuração (AMORIM, 2013). A composição e performance deste fluido interagindo com a formação portadora do aquífero irá prevenir ou promover um potencial de contaminação.

É objetivo deste artigo indicar que a gestão dos aspectos ambientais, considerados como críticos, pode contribuir para a melhoria das práticas ambientais na indústria do petróleo e oferecer parâmetros específicos para os processos de licenciamento ambiental da atividade de exploração e produção de petróleo. Além disso, a consideração destes aspectos ambientais pode ser referência, como continuidade deste estudo, para a modelagem da vulnerabilidade de aquíferos e análises de riscos dos projetos de construção de poços de petróleo.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia considerada neste artigo consiste na pesquisa bibliográfica, com a revisão da literatura indexada pertinente e relevante ao tema proposto, bem como na análise documental e de dados das melhores práticas ambientais adotadas pela empresa ALVOPETRO S/A nos seus processos de licenciamentos ambientais para a perfuração de poços de petróleo, demonstrando assim, o estado da arte para a viabilidade de tal atividade no estado da Bahia.

A ALVOPETRO S/A é uma operadora concessionada pela ANP para a exploração e produção de petróleo no recôncavo baiano, possuindo campos exploratórios e maduros nesta bacia, em sua carteira de ativos.

A ALVOPETRO S/A cedeu para este estudo um mapa de isópaca da formação São Sebastião que teve como referência a base de dados de perfis de 272 poços perfurados na bacia do recôncavo e mais 21 pontos de controle do embasamento. Isópaca nas cartas geológicas é a linha imaginária que une todos os pontos de igual espessura de um corpo geológico (FERNANDEZ Y FERNANDEZ et al., 2009).

O mapa de interpolações cedido pela ALVOPETRO S/A foi trabalhado com o uso dos softwares “Surfe 9.11- Programa de interpolação de pontos” e “ArcGIS 9.3 – Confecção de mapas finais”, com as licenças exclusivas da empresa (ALVOPETRO, 2013).

O diagnóstico dos aspectos ambientais propostos neste artigo, foram identificados a partir de experiência profissional na área e das pesquisas bibliográficas realizadas, compreendendo a base metodológica para o seu desenvolvimento.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a preservação de um aquífero subterrâneo estratégico quando exposto à construção de um poço de petróleo, identifica-se como relevante e imprescindível a consideração no projeto dos aspectos ambientais relativos a determinação da localização e extensão da formação geológica, a integridade estrutural do poço e o tipo de fluido de perfuração utilizado no processo construtivo. A discussão sobre a complexidade na gestão de cada um destes aspectos é indicada a seguir.

#### **3.1. Determinação da localização e extensão da formação geológica**

Considerando os dados da ALVOPETRO S/A, a área dos poços de referência está restrita à bacia sedimentar do recôncavo baiano. Nesta bacia encontram-se os sistemas aquíferos do recôncavo. Este sistema possui a junção dos componentes freáticos, representados pelas formações Barreiras, Marizal e parte superior da formação São Sebastião, e, um sistema confinado formado pelos arenitos da

formação São Sebastião. Esta formação contempla então um sistema semi-confinado, multicamadas, podendo atingir 1.500m de espessura saturada de água doce, em geral, de ótima qualidade (VAQUEIRO, 2006).

Os perfis geológicos gerados nos projetos de perfuração de poços de petróleo para a identificação das formações pesquisadas, permitem analisar a resistividade das rochas perfuradas, identificando com relativa precisão as camadas portadoras de água doce e salgada.

Na interpretação do mapa de isópaca da formação São Sebastião, conforme Figura 1 abaixo, identifica-se como espessura máxima desta formação a cota de 1.200m na área de abrangência do município de Alagoinhas, a cota zero de espessura nas bordas W e E da bacia e até a inexistência da formação São Sebastião em alguns trechos, notadamente nos limites do município de Mata de São João.

Este mapeamento permite uma melhor projeção e controle da interface do poço de petróleo com a formação portadora do aquífero, oferecendo subsídios para a planificação dos revestimentos e fluidos a serem utilizados no projeto de perfuração com o propósito de prevenção de eventual contaminação.

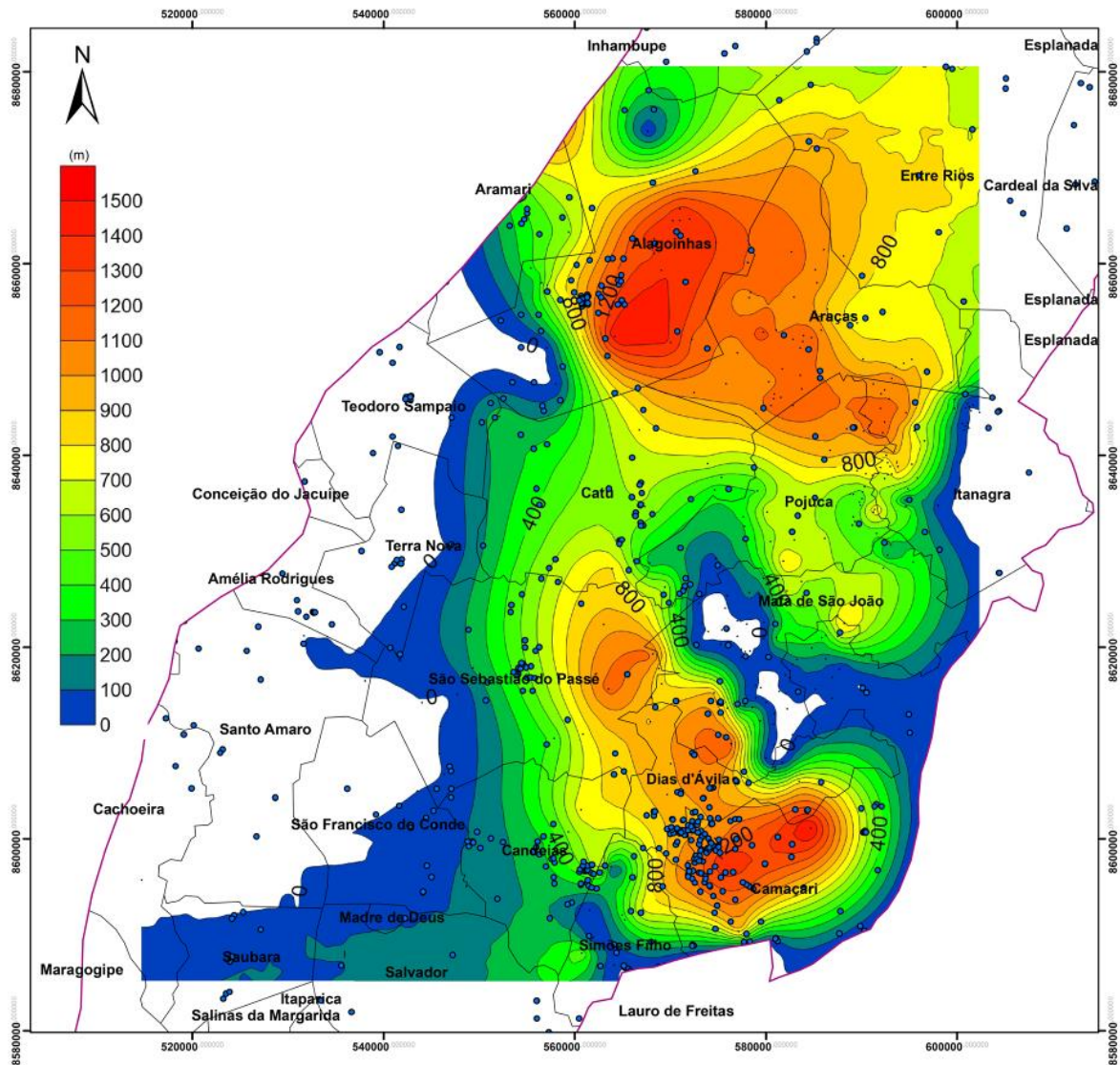


Figura 1- Mapa de isópaca da Formação São Sebastião (Fonte: ALVOPETRO, 2013)

### 3.2. Integridade estrutural do poço

A integridade estrutural de um poço de petróleo está relacionada à sua estrutura construtiva quando da necessidade de conter o fluido produzido em seu interior e evitar o fluxo indesejado de qualquer fluido das formações perfuradas para o meio externo ou para intervalos entre estas formações, principalmente aquelas portadoras de água doce.

Os revestimentos de um poço de petróleo, a cimentação no espaço anular destes revestimentos, o fluido de perfuração, os equipamentos de segurança de poço para controle de influxo durante e após a perfuração, são elementos que na indústria são conhecidos como conjunto solidário de barreiras de contenção.

Entre as várias funções da coluna de revestimento em um poço de petróleo destacam-se as de “prevenir o desmoronamento das paredes do poço, evitar a contaminação da água potável dos lençóis freáticos mais próximos à superfície, impedir a migração de fluidos da formação e confinar a produção ao interior do poço (THOMAS, 2004, p. 89) ”.

Cada coluna de revestimento descida no poço corresponde a uma fase de sua construção. Geralmente, os poços são construídos em terra com três ou quatro fases. Após a descida da coluna de revestimento, o espaço anular entre a tubulação de revestimento e as paredes do poço é preenchido com cimento de modo a fixar a tubulação e evitar que haja migração de fluidos entre as diversas zonas permeáveis do poço, por detrás do revestimento (BRET-ROZAUT e FAVENNEC, 2011). A qualidade da cimentação é geralmente avaliada através de perfis acústicos que são corridos após a pega do cimento. A Figura 2 abaixo demonstra um esquema de barreiras construtivas de um poço de petróleo que podem garantir a sua integridade estrutural com relação à proteção dos aquíferos subterrâneos transpassados pela perfuração.



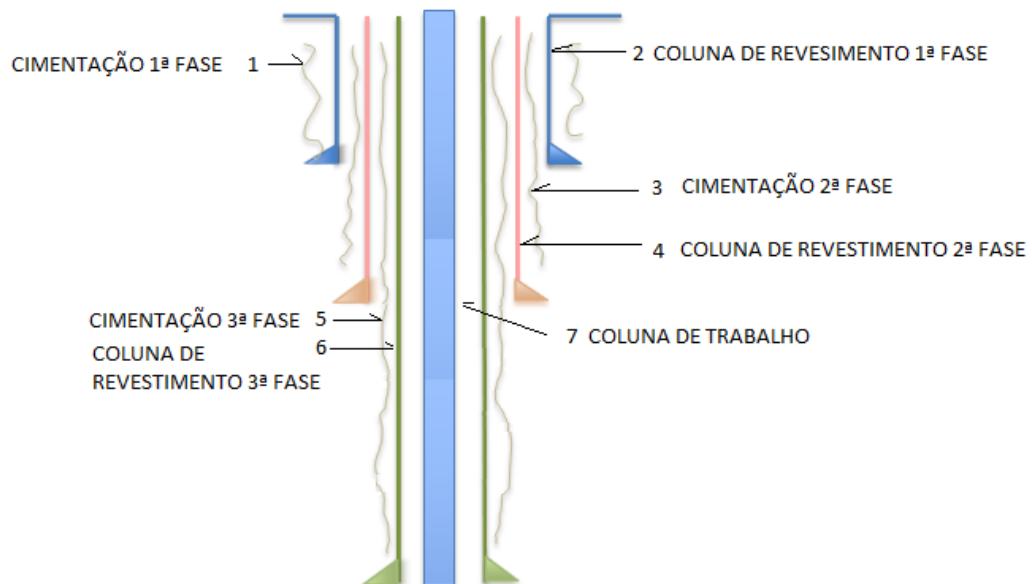


Figura 2- Barreiras Construtivas de um poço de petróleo (Fonte: Própria)

A garantia de uma adequada planificação do programa de revestimento de um poço, sua cimentação e avaliação da cimentação principalmente nas fases de construção do poço onde um aquífero de água doce tenha sido atravessado, implica num maior controle dos riscos de contaminação deste aquífero.

### 3.3. Fluido de perfuração

Para a elaboração do projeto de perfuração de um poço de petróleo, necessário se faz estabelecer a chamada janela operacional do poço, que representa o intervalo permitido para a variação de pressão exercida pelo fluido de perfuração de forma a manter a integridade do poço. Este intervalo será o resultado do estudo das geopressões do projeto, quais sejam, o cálculo das pressões e tensões existentes no subsolo e daquelas que serão impostas às formações. Na Figura 3 abaixo há uma representação esquemática da dinâmica das pressões envolvidas na determinação da janela operacional de um poço. O fluido de perfuração tem ainda várias funções tais como resfriar a broca, transportar

fragmentos rochosos, recompor o estado de tensões iniciais nas paredes do poço, entre outras (ROCHA et al., 2009).

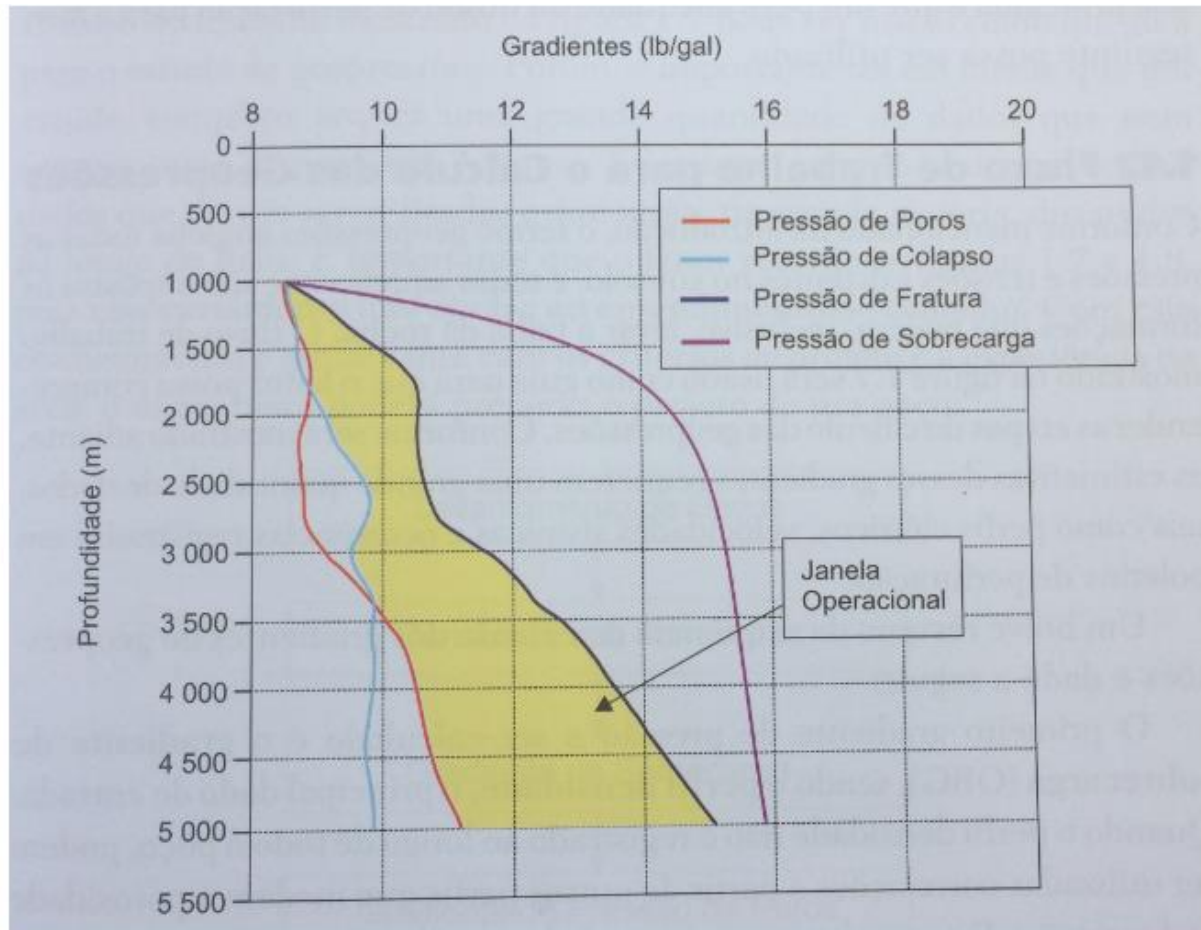


Figura 3 – Esquema de janela operacional de um poço (Fonte: ROCHA et al.,2009).

Um dos fatores primordiais para a definição do fluido a ser utilizado no processo de perfuração é a propriedade das rochas atravessadas de interagirem quimicamente com a água, tornando-se plásticas, expansíveis ou até mesmo solúveis (THOMAS, 2004).

De acordo com Thomas (2004, p.84) as camadas rochosas superficiais são praticamente inertes ao contato com a água doce permitindo assim a prática ambientalmente adequada do uso fluido a base de água na primeira fase da perfuração.

O desafio construtivo se dá quando formações mais profundas possam também vir abrigar aquíferos de água doce.

Especificamente na bacia do recôncavo, a presença das formações de folhelhos argilosos e plásticos é um fator crítico no estabelecimento do programa do fluido de perfuração a ser utilizado.

Considerando a dimensão da isópaca da formação São Sebastião, a extensão e relevância desta formação, os desafios para o estabelecimento do programa de fluido na primeira fase da perfuração e o controle sistemático da reologia nesta fase e nas demais, são imprescindíveis na prevenção da contaminação dos aquíferos que serão perfurados.

#### **4. CONCLUSÃO**

Conclui-se, a partir dos resultados discutidos neste artigo que uma boa prática de gestão recomendada para a indústria petrolífera na construção de poços de petróleo para prevenir a contaminação de aquíferos seria considerar como crítico a gestão dos aspectos relacionados à localização e extensão da formação portadora do aquífero, a integridade estrutural relacionada aos revestimentos e cimentação dos poços e a característica do fluido de perfuração.

O estabelecimento de aspectos ambientais como fatores de preocupação nos projetos de construção de poços representa objetividade nas tomadas de decisões das partes interessadas na prospecção de petróleo e proteção dos recursos hídricos subterrâneos estratégicos, assim como fomenta a percepção prática de empresas que trabalham no setor, servindo de referência para os processos de licenciamento, uma vez que existem poucas diretrizes ambientais para o setor em nosso país.

Quando se sabe que poços de petróleo são construídos no Brasil desde 1919, pode-se prever um importante nicho investigativo relacionado a potenciais passivos ambientais de poços antigos construídos na interface com aquíferos.

## **RELEVANT ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE CONSTRUCTION OF OIL WELLS FOR THE PREVENTION OF AQUIFER CONTAMINATION**

Élvio Caio de Oliveira Garcias

Beatriz Ines A. Kaipper

### **ABSTRACT:**

This article establishes the environmental aspects related to the contamination of aquifers that are inherent to the process of building oil wells. The lack of studies that address this issue as well as its relevance at a global level for the conservation of water resources warrant its realization. The aspects were determined through investigative and bibliographical research, presenting the following relevant points: the location and extension of the aquifer-bearing formation; the structural integrity related to well casing and cementing, and drilling fluid characteristics. Establishing the critical factors are instrumental in guiding stakeholders in the exploitation of mineral reserves in a sustainable manner.

**Keywords:** Aquifers; oil wells; contamination; environmental aspects.

### **REFERÊNCIAS**

ALVOPETRO S/A. **Softwares: “Surfe 9.11 – Programa de interpolação de pontos” e “ArcGis 9.3”**. Licença própria dos softwares utilizados na interpolação de dados e confecção de mapas. Salvador, 2013.

AMORIM, Luciana Viana. **Melhoria, Proteção e recuperação da Reologia de Fluidos Hidroargilosos para Uso na Perfuração de Poços de Petróleo**. Tese de Doutorado em Engenharia de Processos. Campina Grande: UFCG, 2003. Disponível em [http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH25/Luciana-Viana-Amorim\\_PRH25\\_UFPB\\_D.pdf](http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH25/Luciana-Viana-Amorim_PRH25_UFPB_D.pdf). Acesso em 15 ago. 2016.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. BEDEP – Banco de Dados de Exploração e Produção. Superintendência de Dados Técnicos. Superintendência de Tecnologia da Informação. **Produção de Petróleo e Gás Natural por Poço (março de 2016)**. Disponível em <<http://www.bdep.gov.br/?pg=7490&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1463235043573>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em <http://www.idaf.es.gov.br/Download/Legislacao/DRNRE/resolucoes%20conama/RESOLU%C7%C3O%20CONAMA%20237-1997%20-20LICENCIAMENTO%20AMBIENTAL.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, Petrobras. **Águas Subterrâneas – Um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://agrolink.com.br/downloads/%C3%81GUAS%20SUBTERR%C3%82NEAS.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Portal IBAMA: Órgãos Estaduais de Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/prevfogo/orgaos-estaduais-de-meio-ambiente>. Acesso em: 15 ago. 2016.

BRET-ROZAUT, Nardine e FAVENNEC, Jean-Pierre. **Petróleo & gás natural: como produzir e a que custo**. Editado por Center for Economics and Management (IFP School). 2ª Edição revisada e ampliada. Rio de Janeiro: Synergia, 2011.

FERNÁNDEZ Y FERNANDEZ, Eloi; PEDROSA JUNIOR, Oswaldo A.; PINHO, António Correia de. **Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa**. 1. Ed. Editora Lexicon, 2009.

FERREIRA, F. Doneivan e HONORATO, Nicolas. Organização e adaptação da versão brasileira. **Manual do operador de produção de petróleo e gás**. Campinas, SP: Komedi, 2011.

FONTENELLE, Miriam e AMENDOLA, M. Cynthia. **O Licenciamento Ambiental do Petróleo e Gás Natural**. Editora Lumen Juris. Rio de Janeiro, p. 7, 2003.

GIRALD, Alice. **O futuro no fundo do poço**. UNESPCIENCIA. Maio de 2013, Ano 4, nº 41, p. 18-25. Disponível em <<http://www.unespciencia.com.br/2013/05/unespciencia-41/>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

ROCHA, L. A. Santos e AZEVEDO, C. TOLEDO. **Projeto de Poços de Petróleo: geopressões e assentamento de colunas de revestimento**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2009.

THOMAS, José Eduardo, Organizador. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2004.

VAQUEIRO, Ricardo Luiz de Campos. **Avaliação do potencial de contaminação de aquíferos porosos a partir da perfuração de poços de petróleo utilizando fluido n-Parafina**. 2006. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-16032007-163331/>>. Acesso em: 15 ago. 2016.