



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA DE PETRÓLEO

JÉSSICA PESSOA ARAÚJO

**INFLUENCIA DA CONCENTRAÇÃO DE ARGILA NAS PROPRIEDADES
REOLÓGICAS DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO UTILIZADO PELA GEOPETRO**

MOSSORÓ-RN

2015

JÉSSICA PESSOA ARAÚJO

**INFLUENCIA DA CONCENTRAÇÃO DE ARGILA NAS PROPRIEDADES
REOLÓGICAS DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO UTILIZADO PELA GEOPETRO**

Relatório de estágio supervisionado apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi - Árido – UFERSA,
Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Petróleo.

Orientador(a): Prof(a). Dra. Keila Regina Santana
Fagundes – DCAT/UFERSA-

MOSSORÓ – RN

2015

JÉSSICA PESSOA ARAÚJO

INFLUENCIA DA CONCENTRAÇÃO DE ARGILA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DO
FLUIDO DE PERFURAÇÃO UTILIZADO PELA GEOPETRO

Relatório de estágio supervisionado apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi - Árido – UFERSA,
Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Petróleo.

Defendida em: 19 / 11 / 2015 .

BANCA EXAMINADORA

Keila Regina Santana Fagundes
Profª.Dra. Keila Regina Santana Fagundes
Orientadora – UFERSA-DCAT

Rodrigo César Santiago
Profª. Dr Rodrigo César Santiago
Examinador – UFERSA-DCAT

Regina Célia D. Brasil Delgado
Profª.Dra. Regina Célia De Oliveira Brasil Delgado
Examinadora – UFERSA-DCAT

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Catálogo na Fonte Catálogo de Publicação na Fonte.

UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Araujo, Jéssica Pessoa.

Influência da concentração de argila nas propriedades reológicas do fluido de perfuração utilizado pela Geopetro / Jéssica Pessoa Araujo.

Mossoró, 2015.

36f: II

1. Fluidos de Perfuração. 2. Geopetro Perfurações. 3. Petróleo. I. Título

RN/UFERSA/BOT/724

CDD 622.3381

A663i

*A Deus pelo dom da vida, infinita misericórdia
e, sempre presente, proteção.*

*A Meus avós: João e Letice Pessoa, meu amor
maior, incondicional, essencial.*

AGRADECIMENTOS

Deus, obrigada pela minha vida, saúde, proteção e infinita bondade que sempre teve por mim. Que ainda possas derramar muitas graças em meu caminho, o qual te pertence.

À minha avó, Letice Araújo, por todo amor, a mim, dedicado. Pela atenção sempre ofertada. Pelos gestos e cuidados maternos mais carinhosos e amáveis. E por sempre torcer e vibrar pela minha trajetória, fortalecendo minha vida.

Às minhas Tias-Irmãs, Cris e Léo, pelo, sempre e certo, amor, carinho, atenção, apoio financeiro e emocional. Nunca conseguirei retribuir, á altura, tamanha dedicação e atenção a mim ofertada. Amo-as muito!

Ao meu Tio, Erik, por sempre fazer sacrifícios em prol de tornar melhor a minha jornada. Na verdade bem mais que tio, um sempre presente e indispensável companheiro de todos que o circundam. Paciência e fé em dias melhores fazem parte deste coração imenso.

À minha mãe, Socorro, que em seu ventre me gerou, ofertando-me a vida. Obrigada pelos meus irmãos, Maria Clara e Vinícius. Obrigada por tudo o que me ofereceu.

À minha Tia Lenice, por sempre ofertar carinho, atenção e fortaleza. Isso se estende ás suas filhas: Izabeli, Natália, Marília e Isadora e Sophia.

Ao meu grande amor, melhor amigo, companheiro, namorado, Jurandir Pessoa. Sempre a meu lado: amando, ensinando, apoiando, e sendo meu parceirão. Pela força, paciência e compreensão que sempre me oferta. Esse carinho e dedicação se estende á sua família: Sr. Luciano, D. Lúcia, Lela, Luciano Neto, D. Anízia, que de forma direta e indireta alegraram e fortaleceram essa minha caminhada. Á vocês, dedico muito carinho e respeito.

As minhas amigas mais que especiais e presentes: Dafne e Luiza. Meninas, levarei sempre vocês em meu coração e nas mais doces lembranças universitárias.

Ao melhor grupo de professores que já presenciei e conheci. Vocês, Senhores, foram as melhores pessoas que já foram destinadas a tal posto. Preenchidos de conhecimento, respeito e amizade foram nossos dias de aprendizado! Meu muito obrigado: Keila, Regina, Rodrigo, André, Jardel, Rodolfo, Robson, Mayra e ao Querido Fábio que tanto auxiliou em todo trabalho.

“Por vezes, sentimos que aquilo que fazemos não é, senão, uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

A Indústria Petrolífera mobiliza inúmeros recursos econômicos e humanos para efetivação de todas as operações de seus insumos com imenso valor econômico agregado a todo processo e produtos de tal fim. Uma das principais atividades realizadas pelas empresas é a perfuração de Poços. A Geopetro Perfurações LTDA atua no segmento de perfuração de poços de óleo e água, em Mossoró e região. Durante o período de estágio, buscou-se analisar e propor melhorias ao fluido destinado à perfuração de poços perfurados pela Geopetro Perfurações LTDA. Qualificou-se o Fluido de acordo com as análises de comportamento de densidade e parâmetros reológicos dos fluidos argilosos e realizou-se o ajuste de comportamento utilizando-se o modelo de Potência em função do aumento da concentração de Argila Bentonítica. Os resultados obtidos apresentaram pouca alteração ou alteração não considerável da densidade do fluido em função da concentração de argila, possivelmente por a densidade de a bentonita ser baixa. E os parâmetros reológicos aumentaram significativamente com o aumento da concentração de argila, devido as partículas de bentonita terem modificado as propriedades do fluxo da água devido a interação das partículas e então, aumento da viscosidade.

Palavras Chave: Geopetro Perfurações. Perfuração. Petróleo.Fluido de Perfuração.

ABSTRACT

The Petroleum Industry mobilizes numerous economic and human resources for the execution of all operations of its inputs with immense economic value to the whole process and that end product. One of the main activities undertaken by companies are drilling wells. The Geopetro Perfurações LTDA operates in the drilling segment of the oil and water wells in Mossoró and region. During the probation period, it sought to analyze and propose improvements to the fluid for the drilling of wells drilled by Geopetro Perfurações LTDA. He qualified the fluid according to the density of behavior analysis, concentration of clay in apparent viscosity and yield strength of clay fluid power and model adjustment due to the increased concentration of bentonite clay. It resulted in little change or no significant change in fluid density as a function of clay concentration, possibly due to the density of the bentonite to be low. And the apparent viscosity and yield stress of the aqueous dispersions increased significantly due to the bentonite particles have modified the water flow properties due to the interaction of particles and then increase in viscosity.

Keywords: Geopetro Perfuração. Drilling. Oil. Fluid of drilling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arranjo de peças necessárias ao funcionamento de Máquinas Percussivas.....	19
Figura 2 – Arranjo de peças necessárias ao funcionamento de Máquina Rotopneumática....	20
Figura 3 – Arranjo da coluna de perfuração pelo método rotativo.....	21
Figura 4– (A)Folha de silicato tetraédrica (B)Folha Central Octaédrica de Alumina da estrutura do Argilomineral Montmorilonita (C)Estrutura do argilomineral montmorilonita...	24
Figura 5 – Representação da hidratação da montmorilonita cálcica e da montmorilonita sódica(Argilas Bentoníticas).....	25
Figura 6 –Planilha de Cotação de Preços da Geopetro.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela1 – Aditivos utilizados na preparação Dos Fluidos Aquosos.....	30
Tabela 2 – Determinação das Propriedades Reológicas.....	31
Tabela 3 – Parâmetros Reológicos dos Fluidos Poliméricos.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Influência – Influência da concentração de argila na viscosidade aparente dos fluidos argilosos.....	34
Gráfico 2 –Influência da concentração de argila no limite de escoamento dos fluidos argilosos.....	35
Gráfico 3 –Influência da concentração de argila no limite de escoamento dos fluidos argilosos.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.1 OJETIVOS	Erro! Indicador não definido.
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Erro! Indicador não definido.
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	Erro! Indicador não definido.
2.1 A EMPRESA.....	Erro! Indicador não definido.8
2.2 MÉTODOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO E ÁGUA..	Erro! Indicador não definido.8
2.2.1 Método de perfuração Rotopneumático	Erro! Indicador não definido.
2.2.2 Método de Perfuração Rotativo.....	Erro! Indicador não definido.21
2.3 FLUIDOS DE PERFURAÇÃO	Erro! Indicador não definido.2
2.3.1 Argila Bentonítica	Erro! Indicador não definido.2
2.3.2 Inibidores de hidratação de Argilas	Erro! Indicador não definido.5
2.3.3 O Fluido de perfuração da Geopetro Perfurações LTDA.....	Erro! Indicador não definido.7
2.4 PROPRIEDADES REOLÓGICAS.....	28
3 METODOLOGIA.....	Erro! Indicador não definido.30
3.1 PREPARAÇÕES DOS FLUIDOS	30
3.2 DETERMINAÇÕES DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS.....	30
3.3 DENSIDADE.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	3Erro! Indicador não definido.
4.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO.....	Erro! Indicador não definido.32
4.2 ESTUDOS DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO	Erro! Indicador não definido.4
5 CONCLUSÕES.....	Erro! Indicador não definido.8
REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria Petrolífera mobiliza inúmeros recursos econômicos e humanos para efetivação de todas as operações de exploração e produção de seus insumos com imenso valor econômico agregado a todo processo e produtos de tal fim.

De acordo com Thomas e Colaboradores (2004), a afirmação petrolífera no mundo data-se em 1859 quando foi iniciada a exploração comercial nos Estados Unidos, mais precisamente na Pensilvânia, com a perfuração, pelo método de percussão a vapor, de um poço de 21 metros de profundidade e produzindo cerca de 2 m³/dia de óleo. No Brasil, tal atividade viria a desencadear em 1897 em São Paulo, com a perfuração de um poço com 488 metros e produzindo 0,5 m³ de óleo.

As Indústrias Petroquímicas necessitam ter algumas áreas de conhecimentos bastante aprimoradas e interconectadas, sendo elas: geológicas e geofísicas, química, prospecção, avaliação, perfuração, exploração, refino entre outras.

A operação de perfuração envolve e exige o conhecimento prévio e coerente do caminho e do então, objetivo de alcance.

Após indicado o ponto exato a se atingir com a perfuração, elabora-se um projeto embasado no conhecimento característico da tipologia geológica e perfuracional em prol de se obter o menor investimento e maior receita possível com a concretização de um projeto coeso.

A Geopetro Perfurações LTDA atua no segmento de perfuração de poços de óleo e água, em Mossoró e região. O principal sistema de perfuração utilizado pela empresa é o sistema roto-pneumático. Tal sistema utiliza como fluido de perfuração o próprio ar, exigindo assim, menor investimento e maior conservação ambiental devido reduzir os danos por contaminação de fluidos a base de produtos sintéticos.

Além da perfuração pelo sistema roto-pneumático, a Empresa atua na perfuração pelo método rotativo, no qual as rochas são perfuradas pela ação da rotação e peso aplicados a uma broca existente na extremidade de uma coluna de perfuração, a qual consiste basicamente de comandos e tubos destinados á perfuração. Os fragmentos da rocha são removidos continuamente através do fluido de perfuração ou lama que é injetado ao poço por bombas da cabeça de Injeção.

1.1 OBJETIVOS

Acompanhar as atividades relacionadas a perfuração e atividades afins desenvolvidas pela empresa Geopetro Perfurações a fim de obter conhecimentos necessários em áreas afins, com ênfase em analisar e aprimorar o fluido destinado a perfuração de poços.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acompanhar o desenvolvimento de atividades com intuito organizacional, planejamento, implementação, execução e segurança da Geopetro Perfurações LTDA.
- Analisar e propor melhorias ao fluido destinado à perfuração de poços perfurados pela Geopetro Perfurações LTDA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A EMPRESA

A Geopetro Perfuração LTDA foi fundada em 2005 com intuito de executar perfurações de poços de Petróleo e Água pelo método rotativo convencional e roto-pneumático.

A empresa conta com um corpo de colaboradores treinados para realizar as operações, além de equipamentos modernos, proporcionando segurança e rapidez na perfuração em qualquer tipo de formação, tanto pelo método roto-pneumático quanto pelo método rotativo convencional.

Todas as atividades realizadas, segundo Geopetro (2015), pela empresa são executadas e embasadas por competência, qualificação, responsabilidade e compromisso com a Segurança do Trabalho, Qualidade e a Preservação do Meio Ambiente. A Geopetro Perfurações Ltda. já se encontra certificada pela ISO 9001 e está rumo à auditoria anual da ISO 14001.

Desta forma, buscando sempre atuar profissionalmente da forma mais coesa, entre dezembro de 2014 e fevereiro de 2015, a empresa passou por uma auditoria interna visando o monitoramento periódico das atividades estabelecidas pela ISO 9001, assegurando, assim, o grau de conformidade e manutenção do sistema de gestão da qualidade, gerando resultados de avaliação, ações eficazes que possam ser vistoriadas nas futuras auditorias.

No ato do contrato, a empresa emite o CERTIFICADO DE CONTEÚDO LOCAL, por empresa certificadora credenciada pela Agência Nacional do Petróleo – ANP. Todos os equipamentos, máquinas, veículos e mão de obra utilizada nos serviços prestados são produzidos no Brasil, contribuindo para a melhoria social do nosso país, através da geração de emprego e renda, conforme estabelece a política social daquela Agência Reguladora. Além do mais, a Geopetro Perfurações Ltda. mantém parceria com o SEBRAE – RN e a REDEPETRO – RN, para a implementação de novas técnicas e procedimentos inovadores dentro de um moderno conceito de gestão empresarial.

Outra preocupação da empresa é a de, constantemente, está desenvolvendo atividades voltadas para a qualificação de seus colaboradores, investir em novas tecnologias operacionais e administrativas, adotar decisões que garantam a sustentabilidade ambiental, e,

participar de eventos nacionais e internacionais que tratam dos temas referidos, visando agregar conhecimentos e promover o estreitamento das relações comerciais.

Em relação à responsabilidade ambiental, a Geopetro Perfurações Ltda. estabelece políticas com medidas preventivas visando minimizar seus impactos negativos ao meio ambiente e beneficiar, segundo Geopetro (2015), a todas as partes interessadas, a exemplo dos programas de redução do consumo de recursos naturais com base nos 3 R's da Sustentabilidade - Reutilizar, Reduzir e Reciclar, dentre as ações, são doados os resíduos recicláveis para entidades que fazem coleta seletiva.

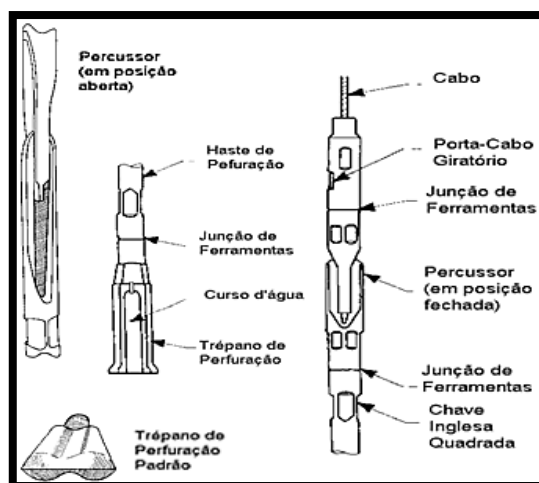
2.2 MÉTODOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO E ÁGUA

2.2.1 Método de perfuração Rotopneumático

A perfuração rotopneumática, usualmente, é um dos possíveis métodos utilizado para perfurar poços em regiões rochosas em que a formação geológica é mais compactada.

Antigamente, utilizavam-se as máquinas percussoras, onde seu princípio de funcionamento consiste em se erguer e deixar cair em queda livre alternadamente, um pesado conjunto de ferramentas (porta-cabo, percussores, haste e trépano), que está suspenso por um cabo montado em tal sistema de acordo com a Figura 1.

Figura 1 - Arranjo de peças necessárias ao funcionamento de máquinas percussivas.



Fonte: CPRM (1998).

Segundo Silva (2014), o cabo é acionado por meio de um balancim de curso regulável. Ao cair em queda livre, o trépano rompe o material rochoso, triturando-o, ao mesmo tempo em que gira sobre o seu próprio eixo, proporcionando um furo circular. O material solto, conhecido como fragmentos da perfuração é retirado do furo por meio de uma caçamba, necessitando para isto colocar água no furo enquanto o poço não estiver produzindo.

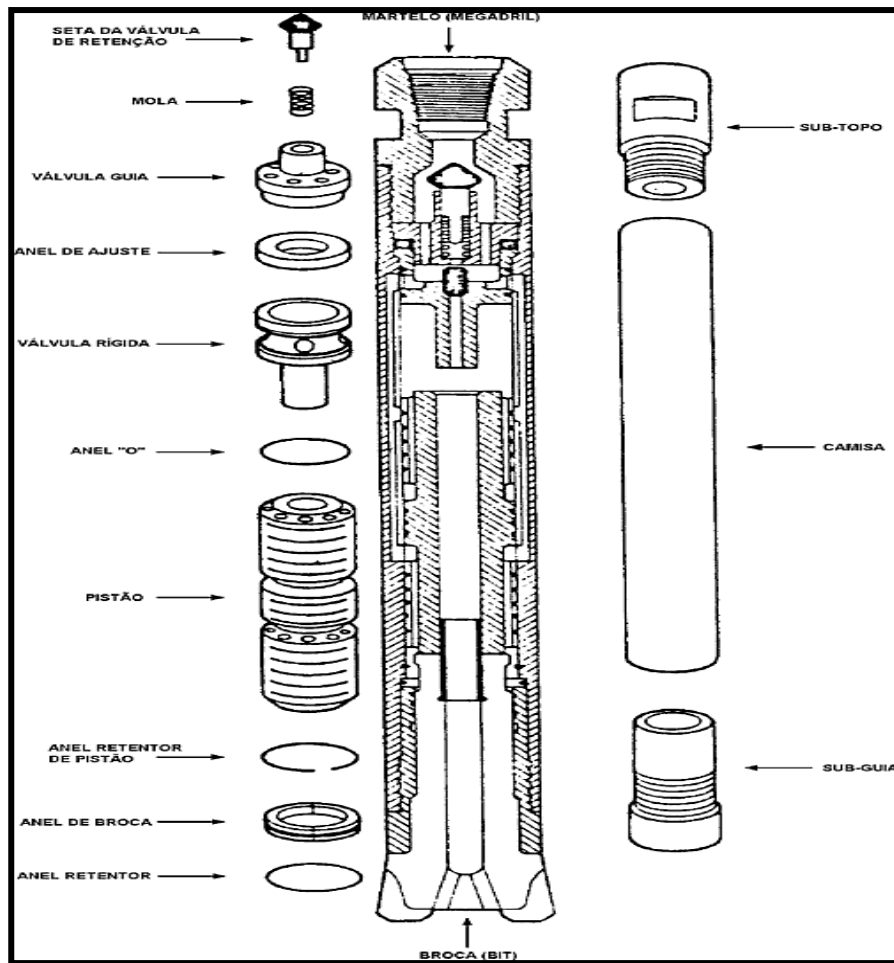
Porém, o método de perfuração de poços por percussão desperdiçava-se mais tempo e rendimento, diante das máquinas rotopneumáticas.

O princípio de funcionamento da atividade perfuracional rotopneumática é baseado, afirma Silva (2014), numa percussão em alta frequência e de pequeno curso dado por um martelo (megadrill) em uma broca (bit) que, concomitantemente, é rotacionado triturando e desgastando a rocha.

Na Figura 2, expõe-se a demonstração da disposição das peças. Tal método é indicado para perfurar em terrenos compostos por rochas compactas. Consiste na fragmentação da rocha através da combinação de uma percussão em alta frequência com pequeno curso e rotação. O Bit de perfuração é acoplado, de acordo com Silva (2014), a um martelo pneumático acionado por ar comprimido procedente de compressores de alta pressão. O fluido é o próprio ar comprimido transmitido pelo compressor por dentro da coluna de perfuração, passando por dentro do martelo e da broca. A perfuratriz é composta basicamente de: um compressor (unidade geradora do sistema pneumática), um martelo de impacto (megadrill), e brocas (bits de botões e/ou pastilhas feitas de carbureto de tungstênio).

Tal modelo de perfuração surgiu pela necessidade de minimizar o tempo de execução, reduzindo, em consequência, o custo total operacional. Além de ser um método perfuracional que se usa o ar comprimido como o próprio fluido de perfuração, não gerando, assim, riscos ambientais elevados.

Figura 2- Arranjo de peças necessárias ao funcionamento de Máquina Rotopneumática.



Fonte: CPRM (1998).

Embora o ar seja o produto principal para a execução deste método, alguns produtos ou aditivos são necessários para compô-lo, sendo eles: agentes espumantes de alto rendimento (assegurando uma operação com melhor rendimento), os óleos lubrificantes utilizados no funcionamento do martelo, além das graxas lubrificantes utilizadas nas conexões, sendo todos eles de origem biodegradável.

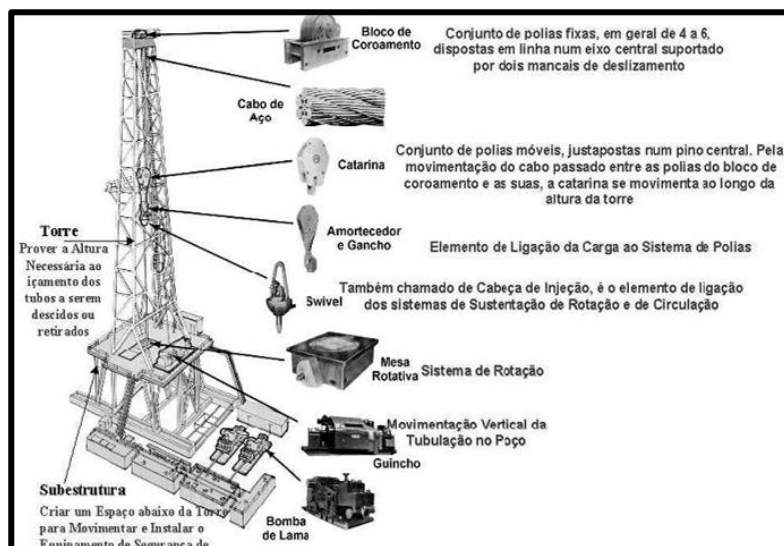
2.2.2 Método de Perfuração Rotativo

Pelo método de perfuração rotativo, a perfuração é realizada através do movimento de rotação de uma broca, comprimindo a rocha causando o seu esmerilhamento. A retirada dos cascalhos gerados é realizada através do bombeio de fluido de perfuração através dos tubos de perfuração que retorna pelo espaço entre o anular da coluna de perfuração e o poço perfurado.

O Método rotativo consiste em descer uma coluna de perfuração possuindo em sua extremidade uma broca de aço. O efeito combinado do peso sobre a broca e da sua rotação sobre a formação causa a fragmentação da rocha. Com o objetivo principal de trazer para a superfície estes cascalhos gerados, é injetado por dentro da coluna de perfuração um fluido que passa através da broca e retorna através do espaço anular existente entre a coluna de perfuração e as paredes do poço. À medida que a rocha vai sendo esmerilhada, os cascalhos gerados vão sendo retirados e acontece o aprofundamento do poço, segundo Silva (2014).

O Peso aplicado sobre a broca é resultante da própria coluna de perfuração, sendo colocados tubos pesados (*drillcollars*) acima da broca, afirma Thomas e Colaboradores (2004). A rotação pode ser transmitida para a broca através do giro da própria coluna de perfuração (mesa rotativa/top drive). O Arranjo da coluna esta demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Arranjo da coluna de perfuração pelo método rotativo.



Fonte: CPRM (1998).

2.3 FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

Os fluidos de perfuração são definidos como composições destinadas a auxiliar o processo de perfuração de poços de petróleo. Esses fluidos são indispensáveis durante as operações de perfuração. O sucesso da perfuração depende do bom desempenho dos fluidos, que por sua vez é determinado de acordo com as funções exercidas por este, como resfriar e lubrificar a broca de perfuração, reduzir o atrito entre a coluna de perfuração e as paredes do poço, manter a estabilidade do poço, transportar os detritos de perfuração, permitir sua separação na superfície e formar um filme de baixa permeabilidade (reboco) nas paredes do poço. Os fluidos utilizados em cada etapa de perfuração são determinados de acordo com as necessidades do poço.

Nascimento (2010) reforça que a composição do fluido é selecionada de modo a obter as propriedades ideais, como viscosidades, consistência de gel, controle de filtrado, reboco, inibição de argilas hidratáveis e coeficiente de lubricidade.

Em perfurações simples e pouco profundas, um fluido constituído de água, argila bentonítica e sal se torna o mais adequado. Em situações de difícil perfuração e/ou grandes profundidades, segundo Nascimento (2010), é necessário um fluido mais elaborado, com introdução de um ou vários aditivos como polímeros (carboximetilcelulose, Goma xantana, entre outros), agentes de pontes, adensantes, entre outros, com intuito de ajustar as propriedades físicas e químicas fluidos desejados.

2.3.1 Argila Bentonítica

De acordo com Nascimento (2005), Bentonita foi o termo dado às argilas plásticas inicialmente encontradas na região de Fort Benton, Wyoming, EUA. Ainda segundo Nascimento (2005), no Brasil, as argilas bentoníticas podem ser encontradas em poucas ocorrências, sendo com maior frequência encontrada na Região Nordeste, estado da Paraíba, no Município de Boa Vista. Tais argilas foram descobertas no início da década de 60 e os primeiros estudos tiveram como objetivo a caracterização mineralógica e as propriedades reológicas de acordo com as especificações do “American Petroleum Institute – API” para uso em fluidos de perfuração de poços de petróleo.

Sabendo-se que o termo argila refere-se a silicatos de alumínio hidratados contendo, em proporções diversas: ferro, metais alcalinos e alcalino-terrosos, entre outros elementos, a mesma apresenta algumas propriedades físicas peculiares que se manifestam diferentemente nas diversas espécies: plasticidade, sorção, hidratação, solvatação, troca de íons e endurecimento acentuado quando secos ou aquecidos a temperaturas elevadas.

De acordo com Amorim e colaboradores (2006), bentonita é qualquer argila composta predominantemente pelo argilomineral montmorilonita, do grupo da esmectita, e cujas propriedades são estabelecidas por este argilomineral.

Segundo Amorim (2007), bentonita é uma argila de granulação muito fina composta por minerais do grupo das esmectita, constituída por camadas compostas de duas folhas de silicato e uma folha central de alumina. As esmectita são fortemente hidratáveis, com propriedades viscosificantes e formadoras de géis de controles de filtrações.

De acordo com Nascimento (2010), as argilas bentoníticas sódicas têm a finalidade de aumentar a viscosidade do meio e formar o reboco, uma camada de baixa permeabilidade formada na parede do poço para impedir as perdas por filtração.

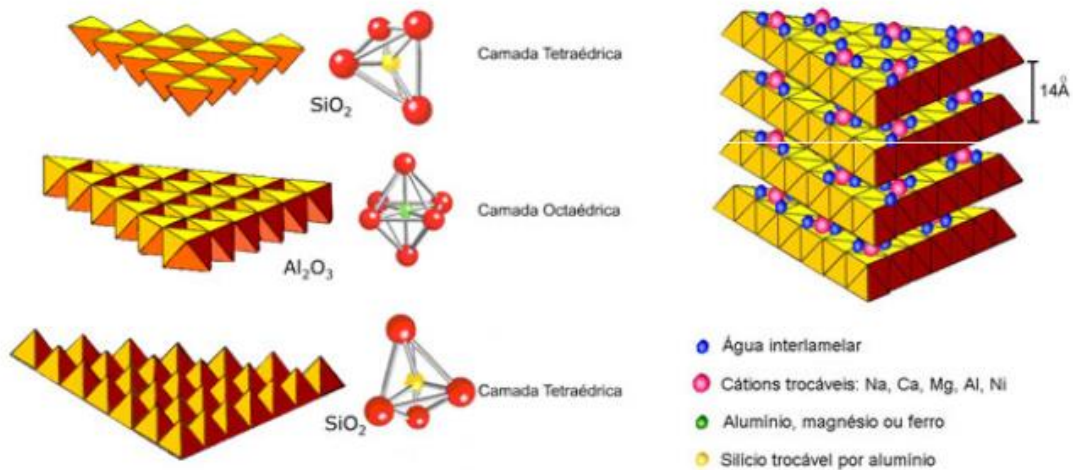
No espaço entre as camadas, Nascimento (2010) afirma que encontram-se moléculas de água adsorvidas e os cátions trocáveis, que podem ser Ca^{2+} , Mg^{2+} e/ou Na^+ . Se o cátion predominante é o Ca^{2+} , a argila é denominada de bentonita cálcica e se o cátion é o Na^+ , recebe a denominação de bentonita sódica.

Os argilominerais do grupo esmectitas são notáveis pela sua tendência em expandir-se e hidratar-se quando expostos à água. A ligação química relativamente fraca entre as camadas, comparada à forte ligação iônica-covalente dentro das camadas facilita a sua formação. O mais comum dos materiais intercamadas é a água que está normalmente presente entre as camadas das esmectita.

De acordo com Amorim (2007), Os minerais mais expansíveis pertencem ao grupo das esmectitas.

Segundo Amorim (2007), um cristal de montmorilonita consiste de três camadas: duas camadas são compostas por folhas tetraédricas de silicatos separadas por uma folha octaédrica de alumina, unidas entre si por oxigênios comuns às folhas alumina sobrepostas e sotopostas por sílica como se fosse um sanduíche (Figura 4).

Figura 4 – Representação esquemática da folha de silicato tetraédrica, da folha central octaédrica de alumina da estrutura do argilomineral montmorilonita e da estrutura do argilomineral montmorilonita.



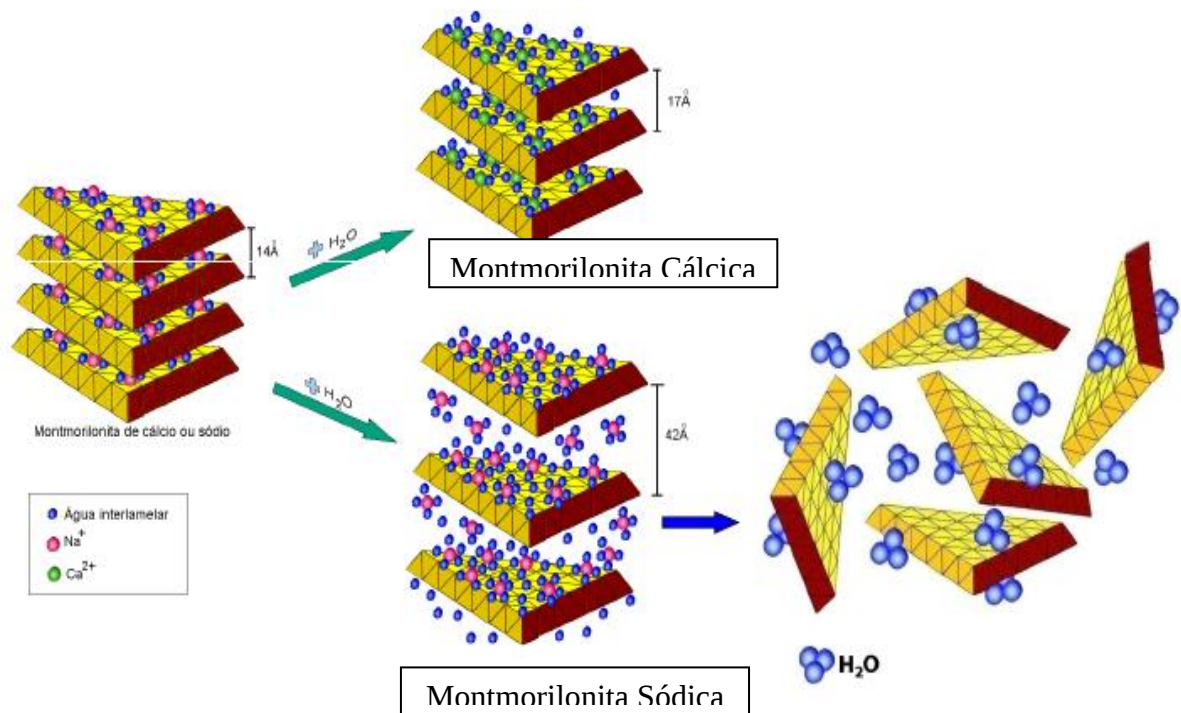
Fonte: BARBOSA, (2006).

Amorim (2007) ainda afirma que o inchamento dos argilominerais, causado por condições favoráveis a trocas iônicas, em grande parte, ocorre a hidratação dos cátions trocáveis que residem entre as camadas negativamente carregadas que formam suas estruturas cristalinas.

A argila bentoníticas, conforme Lucena e colaboradores (2014), aparece frequentemente como componente de formações expansíveis e causa problemas em perfurações de poços de petróleo. Ao entrar em contato com o fluido à base de água sofre hidratação, podendo reduzir o diâmetro do poço e ter os fragmentos argilosos dispersos e incorporados ao próprio fluido, contaminando-o de modo que importantes parâmetros reológicos, além do peso específico e do volume de filtrado, são alterados.

Assim sendo, atualmente, em prol de se obter otimização da segurança, velocidade de penetração, busca-se a formulações de fluidos de baixos teores de sólido e inibidores ativos. A Figura 5 expõe a hidratação da Argila (Montmorilonita).

Figura 5 - Representação da hidratação da montmorilonita cálcica e da montmorilonita sódica (Argilas Bentoníticas).



Fonte: Amorim e colaboradores (2006)

Conforme visto na figura, temos que a Montmorilonita Cálcica tende a, no momento de inchamento, se dispersar menos, em relação a Montmorilonita Sódica. Pode-se explicar essa tendência devido o Cálcio ter um raio atômico menor do que o do Sódio, fazendo com que o mesmo se encaixe perfeitamente entre as camadas da argila e consiga manter-se mais estável. Também pelo fato de o cálcio ter dois elétrons em sua camada de valência e o sódio apenas um, sendo mais fácil para este interagir na reação com água e argila.

2.3.2 Inibidores de hidratação de Argilas

Segundo Pereira (2001), alguns produtos químicos podem ser utilizados na composição dos fluidos para evitar a hidratação das argilas durante a perfuração.

Perfurações através de formações argilosas reativas, segundo Lucena e colaboradores (2014), requer a utilização de um fluido de perfuração com agentes estabilizantes para evitar a degradação das paredes da formação, e minimizar a desintegração e dispersão do cascalho

durante a sua remoção do poço. Sistemas inibidores compostos por polímeros e/ou polieletrólitos têm sido muito utilizados, porque a ação inibidora depende da interação entre o polímero e a argila. Ainda de acordo com, inibidor é qualquer composto químico que impeça a hidratação das argilas.

O movimento de água no interior dos folhelhos, conforme Lucena e colaboradores (2014), ocorre em função do gradiente de atividade química existente entre os fluidos de perfuração e os folhelhos, devido à pressão osmótica. A atividade química define a salinidade de um fluido de perfuração, sendo assim, um fluido de perfuração que possui alta atividade, apresenta baixa salinidade, fazendo assim, com que ocorra fluxo de água para dentro da formação. Deste modo, a presença de sais (inibidores de expansão) no fluido de perfuração é indispensável para a manutenção da estabilidade de formações reativas.

Chamam-se inibidores de inchamento os compostos químicos capazes de reduzir o inchamento de formações reativas, de acordo com Lucena e colaboradores (2014), ocasionados pelo contato com fluidos aquosos. Os inibidores de inchamento não devem apenas reduzir significativamente a hidratação das formações reativas, mas também atender as diretrizes ambientais cada vez mais rigorosas.

A crescente demanda ambiental, segundo Lucena e colaboradores (2014), resultou em um grande interesse no desenvolvimento de fluidos à base de água de alto desempenho. Para tal, há a necessidade do uso de inibidores de argilas e folhelhos com o objetivo de evitar a incorporação dos sólidos perfurados ao fluido de perfuração, o inchamento e o desmoronamento das paredes do poço. O uso deste aditivo torna adequada a aplicação de fluidos aquosos nas formações sensíveis à água.

Os sais de cloreto, de acordo Lucena e colaboradores (2014), possuem baixo custo, e em grandes quantidades, ação inibidora de inchamento de argilas. Entretanto, acrescido de forma demasiada ao fluido, o mesmo aumenta de densidade e degrada os polímeros, fazendo o tal fluido perder a viscosidade. Quando se trata de sais de cálcio o comprometimento do fluido ainda é maior.

Os fluidos precursores e mais utilizados eram formulados a partir de soluções salinas em alta concentração, de acordo com Almeida & Silva (2010), principalmente com o uso de cloreto de potássio (KCl) e cloreto de sódio (NaCl). Os cátions desses sais possuem diâmetros menores que o da água e tendem a ficar entre as camadas de argila, evitando assim a hidratação da mesma, pois, os cátions de tais sais quando dissolvidos em água se dissociam disponibilizando os cátions em solução, estes cátions por sua vez são atraídos pela superfície

negativa da argila promovendo assim, o controle da expansão, pois evitam o aumento do espaçamento interplanar basal de tais formações na presença de água. Entretanto, estes sais em grandes quantidades afetavam negativamente os sistemas biológicos e químicos, impondo limitações ao seu uso, como a compatibilidade aos outros aditivos do fluido de perfuração e flexibilidade ao seu uso.

Pereira (2001) afirma que o Potássio é largamente utilizado em Fluidos de Perfuração e Completação para estabilizar Folhelhos, Argilitos e qualquer outra litologia sensível a água. Pelo fato de os cátions de Potássio serem monovalentes, os mesmos deveriam permitir um maior inchamento das argilas pelo processo de hidratação, porém o seu diâmetro iônico de 2,66 Å, sendo que o espaço intercamadas da montmorilonita é de 2,8Å, ou seja, o Potássio entra como um plugue no intervalo intercamadas e proíbe a entrada de água que, de fato, iria inchar.

Além dos sais, tem-se inibidores com Polieletrólitos de baixo peso molecular e polieletrólitos de alto peso molecular, como também dispersantes químicos. Os polieletrólitos de baixo peso molecular e os dispersantes reduzem a viscosidade dos fluidos e os polieletrólitos de alto peso molecular efetuam o controle reológico, inibindo a argila hidratável, além de os dispersantes também auxiliar na limpeza do poço.

2.3.3 O Fluido de perfuração da Geopetro Perfurações LTDA

Atualmente, o campo de atividades da Empresa Geopetro Perfurações LTDA se estende pela região da Bacia Potiguar. Seu conjunto de execuções de operações é capaz de perfurar com total segurança e rapidez em qualquer tipo de formação geológica (rochas cristalinas e/ou sedimentares), tanto pelo método roto-pneumático, como pelo método rotativo com fluidos.

Nas rochas calcárias tem um excelente desempenho na produção, dando solução para os problemas de perda de circulação naquelas rochas carbonárias, proporcionando uma redução muito significativa nos custos gerais do poço de petróleo para os clientes, garantindo segurança, qualidade e responsabilidade ambiental e social.

Quase em sua totalidade de operações, encontra formações de fácil acesso, exigindo assim, uma composição simples para seus fluidos de perfuração.

Tal composição é formada basicamente por Água doce e com pH básico, Argila bentonítica e Cloreto de Sódio.

Quando se faz necessário, devido uma formação mais friável e de difícil acesso, a empresa utiliza o acréscimo de polímeros podendo ser o carboximetilcelulose (CMC), espumantes, entre outros.

2.4 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

Segundo Thomas e Colaboradores (2004), a Reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento de corpos sólidos ou fluídos (gases ou líquidos).

Os fluidos viscosos podem ser classificados em fluidos Newtonianos e não Newtonianos.

Os fluidos Newtonianos apresentam como principal característica a proporcionalidade entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento em regime laminar. Os exemplos mais comuns de fluidos Newtonianos são: a água, o ar, o óleo, as soluções salinas, a glicerina.

Para os fluidos não Newtonianos, a relação entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento não é constante, em escoamento laminar. Os Fluidos não Newtonianos não apresentam a viscosidade constante. Ela varia com a magnitude da taxa de cisalhamento e deve vir acompanhada da taxa de cisalhamento correspondente e é chamada de viscosidade aparente. Os fluidos não Newtonianos são largamente utilizados na indústria de Petróleo, como por exemplo, em operações de perfuração e completação de poços.

Segundo Machado (2002), viscosimetria consiste na prática experimental de medir a resposta reológica dos fluidos, considerados puramente viscosos, onde a componente elástica pode ser desprezada. Para medir as grandezas físicas, tais como velocidade angular, torque, ângulo de deflexão, tempo, etc., utiliza-se instrumentos ou equipamentos denominados viscosímetros ou reômetros.

Os viscosímetros são instrumentos de aplicação mais limitada, pois medem apenas os parâmetros viscosos do fluido, sob cisalhamento contínuo, já os reômetros medem as propriedades viscoelásticas de sólidos, semi-sólidos e fluidos.

Para tal, é utilizado o viscosímetro FANN que utiliza o sistema de cilindros coaxiais e fornece leituras do grau de torção para diferentes rotações (L600, L300, L200, L100, L6 e L3,

que representam a leitura da torção às velocidades de 600, 300, 200, 100, 6 e 3 RPM, respectivamente).

De acordo com Perez (2008), a viscosidade aparente é definida como a viscosidade de um fluido não newtoniano como se este apresentasse comportamento newtoniano, a determinada taxa de cisalhamento. É medida a uma taxa de cisalhamento fixada pelo API, que é a medida da metade da leitura marcada em um viscosímetro rotacional a 600 rpm.

A viscosidade plástica é a medida da resistência, segundo Perez (2008), interna do fluido ao escoamento resultante da interação dos sólidos presentes. Ela tem um efeito mecânico indicativo de número, tipo e tamanho das partículas sólidas. Quando o teor de sólidos aumenta, a fricção entre as partículas aumenta.

O limite de escoamento representa o, afirma Perez (2008), esforço requerido para iniciar o movimento de um fluido. Os fluidos de perfuração apresentam um comportamento dependente do tempo, conhecido como tixotropia, definido pela primeira vez como uma transformação isotérmica reversível de um sol coloidal para um gel.

Os fluidos tixotrópicos apresentam um incremento de viscosidade quando em condições estáticas (em repouso) pela formação do estado gel, e recuperação da fluidez (estado sol), quando submetido a condições dinâmicas (cisalhamento).

A tixotropia é causada pela presença de partículas carregadas eletricamente que se encadeiam umas às outras, formando uma matriz rígida. Após um período de repouso, o fluido tixotrópico não escoar, a menos que uma tensão, igual ou superior ao limite de escoamento seja aplicada.

O efeito tixotrópico no fluido de perfuração é importante para evitar a sedimentação dos detritos gerados durante a perfuração, bem como em situações em que é necessário interromper a circulação do fluido. Nesta situação, o fluido permanece em repouso e deve manter os sólidos em suspensão.

3 METODOLOGIA

3.1 PREPARAÇÕES DOS FLUIDOS

Os Fluidos foram coletados e cedidos da produção da própria Geopetro Perfurações LTDA. de acordo com sua formulação composicional.

No Laboratório executamos a agitação para que o mesmo, reologicamente, permanecesse com as mesmas características originais.

Seguimos com a adição da Argila Bentonita, também, cedidas pela Geopetro Perfurações LTDA. ao fluido, em intervalos de 10 minutos e, posteriormente, verificadas suas propriedades físicas (densidade e parâmetros reológicos). O fluido original utilizado como padrão contém água, bentonita e cloreto de sódio, o qual é o mais utilizado pela empresa.

Tabela 1 – Aditivos utilizados na preparação dos fluidos aquosos.

Aditivos (lb/bbl)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Fluido original da Geopetro perfurações LTDA. (ml)	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Argila (lb/bbl)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fonte: O autor (2015)

3.2 DETERMINAÇÕES DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS

As propriedades reológicas foram determinadas em um viscosímetro rotativo da FANN, modelo 35 A. A análise reológica de cada fluido foi realizada em diferentes rotações (600, 300, 200, 100, 6 e 3 rpm) e, posteriormente, a viscosidade plástica (VP), viscosidade aparente (VA), limite de escoamento (LE) determinadas, conforme a norma API 13B-1 2003 (Tabela 2).

Tabela 2 – Determinação das propriedades Reológicas.

Propriedades reológicas	Fórmula	Unidade
VA	$L_{600}/2$	cP
VP	$L_{600} - L_{300}$	cP
LE	$L_{300} - VP$	lbf/100ft ²

Fonte: O autor (2015)

3.3 DENSIDADE

Para os ensaios de densidade, foi utilizado uma balança de fluidos modelo 140, da Fann com intuito de se obter o valor da densidade do fluido formulado. O sistema preparado, é vertido para o recipiente que forma o MUD BALANCE, e sua densidade é indicada quando o equilíbrio é alcançado. A unidade estabelecida neste equipamento é libra por galão (lb/gal).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

Durante o período de estágio, foram desenvolvidas as atividades de auxílio ao controle de almoxarifado, EPI's e execução do Sistema de Gestão Integrada da Empresa.

A Geopetro perfurações é certificada pela ISO 9001, a qual certifica a gestão da qualidade da empresa. Para a empresa, manter-se certificada pela ISO 9001 é necessário seguir uma série de normas gerenciais e operacionais, que compõem o SGI (Sistema de Gestão Integrada) implantado na empresa.

Durante um período do estágio, foi possível conhecer como funcionava o sistema dentro da empresa relacionado às compras de produtos e serviços.

O controle de gastos da empresa é um ponto crucial para o balanço final que determina o lucro da mesma. Quando se compra qualquer peça, equipamento ou produto para a empresa, uma lista de fornecedores é consultada e preços são pesquisados relacionados ao que necessita.

Depois, uma planilha de cotação é preenchida para cada compra efetuada, onde nela se necessitam os dados dos fornecedores, data, nome do vendedor, além da quantidade de produtos e seus preços unitários. Na figura 5 abaixo, segue um exemplo da planilha de cotação utilizada pela empresa.

Figura 6 - Planilha de Cotação de Preços da Geopetro.

 PLANILHA DE COTAÇÃO DE PREÇOS			FORM-GEO-026 REVISÃO 01 DATA / /				
			01	02	03	04	
EMPRESAS/ FORNECEDORES							
CONTATO							
TELEFONE							
PRAZO DE ENTREGA							
PAGAMENTO							
DESCONTO							
ITEM	QTD	UND	DESCRIÇÃO	PREÇOS UNITÁRIOS DOS FORNECEDORES			
				01	02	03	04
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
OBS:							

Fonte: Geopetro (2015).

A Geopetro conta com um almoxarifado, localizado na sua base, em que se estoca os equipamentos, ferramentas e produtos que são e serão utilizados nas atividades desenvolvidas.

Portanto, durante o período de estágio, executou-se o controle do almoxarifado através de uma planilha organizada via computador, a tal dispunha de todos os produtos e equipamentos contidos em estoque em unidades, Kg, L e m.

A planilha conta com “Entrada”, “Saída” e “Saldo Total” dos itens contidos em estoque. Para o correto preenchimento da planilha na parte de “Entrada”, ou seja, quando chega algum produto que será estocado, é preciso “dar entrada” na planilha necessitando para isso de informações como a data e a quantidade na unidade correspondente ao produto (Kg, m, L, Gl).

Semelhante a “Entrada” é a “Saída” de produtos, se fazendo necessário, além da data e a quantidade, também o nome do colaborador responsável e qual seria o destino (a aplicação) que o produto teria.

No “Saldo Total” apenas era feita uma equação simples como segue a seguir:

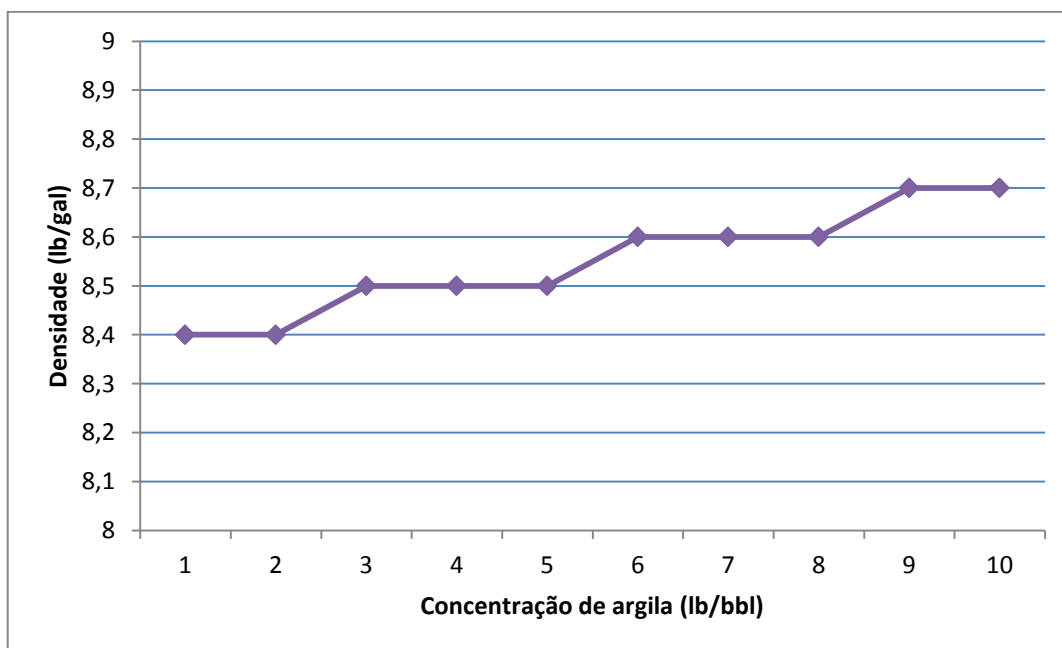
$$\text{“Saldo Total”} = \text{“Entrada”} - \text{“Saída”}$$

Analogamente, aos produtos e equipamentos, o controle dos EPI's também era feito via planilha: na mesma planilha, localiza-se os EPI's e a entrada e saída são feitas de forma similar aos produtos.

4.2 ESTUDOS DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO

Sabendo-se a importância de se formular um fluido de perfuração com densidade que exerça uma pressão hidrostática dentro de uma determinada janela operacional (pressão de poros e pressão de fratura), o Gráfico 1 mostra o comportamento da densidade do fluido com o aumento da concentração de argila utilizada.

Gráfico 1–Influência da concentração de argila na densidade dos fluidos argilosos.

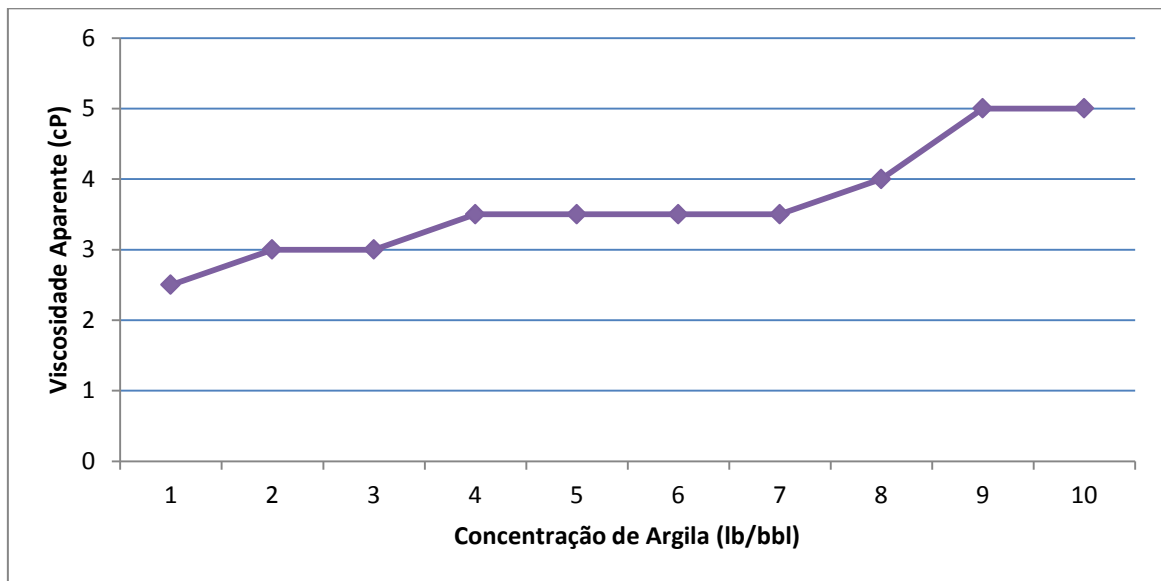


Fonte: O autor (2015)

De acordo com Gráfico 1, percebe-se que não houve alteração considerável na densidade do fluido com o aumento da concentração de argila, variando de 8,4 lb/gal a 8,7 lb/Gal, esse efeito pode ser justificado devido a densidade da bentonita adicionada ser baixa (aproximadamente 2,6 g/ml).

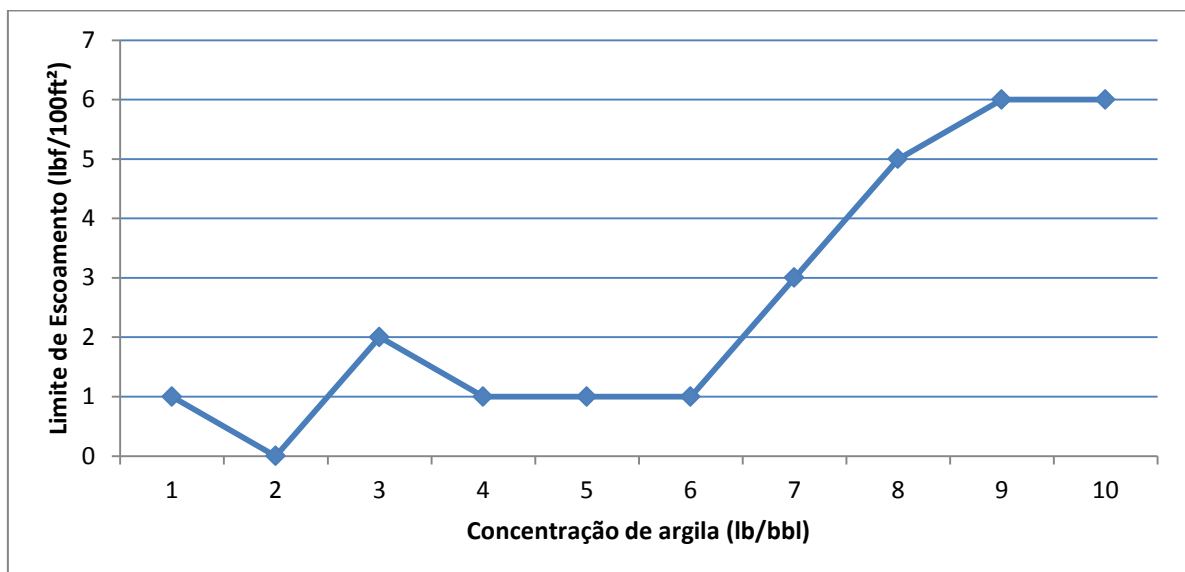
Os Gráficos 2 e 3 mostram a influencia do aumento da concentração de bentonita na viscosidade aparente e no limite de escoamento dos fluidos aquosos, respectivamente.

Gráfico 2 – Influência da concentração de argila na viscosidade aparente dos fluidos argilosos.



Fonte: O autor (2015)

Gráfico 3 – Influência da concentração de argila no limite de escoamento dos fluidos argilosos.



Fonte: O autor (2015)

As propriedades reológicas das suspensões aquosas estão diretamente relacionadas a densidade de carga e ao espaçamento interbasal da argila (Christidis e colaboradores, 2006; Oort, 2003). Em dispersões aquosas, a água penetra no espaço entre as camadas, provocando o inchamento da argila. De acordo com Mahto&Sharma (2004), o comportamento da suspensão de bentonita em água é complexo devido a ausência de isometria das partículas, que expõem diferentes faces do cristal, onde uma dupla camada elétrica pode se desenvolver.

Os valores da viscosidade aparente e limite de escoamento das dispersões aquosas aumentaram significativamente principalmente em concentrações acima de 6lb/bbl, esse efeito pode ser atribuído as partículas de bentonita que foram responsáveis por modificar as propriedades de fluxo da água devido a interação das partículas, com o consequente aumento da viscosidade.

A Tabela 3 reúne os parâmetros reológicos, índice de fluxo (n), índice de consistência (K) e Coeficiente de regressão (R^2) dos fluidos estudados.

Tabela 3- Parâmetros reológicos dos fluidos poliméricos.

Fluido	Índice de fluxo (n)	Índice de consistência (K)(mPasⁿ)	R²
F1	0,29	0,6498	0,9655
F2	0,35	0,5129	0,937
F3	0,19	1,4976	0,9485
F4	0,21	1,4504	0,9133
F5	0,21	1,4504	0,9133
F6	0,21	1,4504	0,9133
F7	0,17	2,1513	0,9697
F8	0,25	2,4788	0,9737
F9	0,20	2,5378	0,9861
F10	0,30	2,4327	0,9999

Fonte: O autor (2015)

Observando-se o coeficiente de regressão (R^2), percebe-se que houve um bom ajuste do modelo de potência (Equação 1) aos dados reológicos de todos os fluidos. Além disso, o índice de comportamento (**n**) apresentou valores típicos de fluidos pseudoplásticos, variando de 0,17 a 0,35.

$$\tau = K \left(\dot{\gamma} \right)^n \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento (s^{-1})

K = índice de consistência ($Pa.s^n$)

n = índice de comportamento ou de fluxo

$0 < n < 1$ – fluido pseudoplástico

$n = 1$ – fluido newtoniano

$n > 1$ – fluido dilatante

De acordo com Menezes e colaboradores (2009), o comportamento pseudoplástico pode ser causado por diversos fatores, dentre os quais as características físicas das partículas, tais como sua área superficial, formato e dimensões; o tipo de interação entre as partículas (atração ou repulsão), e a concentração, massa molar e conformação de moléculas de dispersantes no presente no meio líquido.

O índice de consistência dos fluidos (K) variara de 0,51 a 2,53. Este índice indica o grau de resistência do fluido ao escoamento; quanto mais o valor de K, maior a sua resistência ao escoamento e, portanto, maior a sua viscosidade. Portanto, como esperado os valores de K aumentaram com o aumento da concentração de argila no meio.

5 CONCLUSÕES

O Período de estágio na Geopetro Perfurações LTDA possibilitou uma ampliação no meu conhecimento, permitindo: conhecer produtos, organização de itens em estoque, equipamentos e ferramentas até então desconhecidas ou que eram apenas vista em sala de aula.

A área de atuação da empresa está inteiramente ligada a Engenharia de Petróleo. O contato com profissionais da área e experiências vividas diariamente garantiram uma experiência nova, além de novos aprendizados.

Assim sendo, a experiência obtida durante o estágio foi, de suma importância, indispensável para o aperfeiçoamento do meu conhecimento da área petroquímica. Ofertou-me, enfim, entendimento administrativo, operacional e organizacional de uma empresa de Perfuração.

A análise realizada no fluido de perfuração utilizado na Geopetro apresentou um aumento das suas propriedades reológicas (viscosidade aparente, limite de escoamento e índice de consistência) com o aumento da concentração de argila devido as partículas de bentonita alterarem as condições de fluxo da dispersão, esta apresentou comportamento pseudoplástico em todas as concentrações utilizadas.

Desta forma, concluímos que o estudo do fluido, a partir das propriedades do fluido analisado versus concentração de argila, foi favorável ao aprimoramento das qualidades do então fluido. Tivemos uma melhora em suas propriedades reológicas que estabelecem uma melhor atuação do mesmo em suas utilidades: tendo maior controle de carreamento e suspensão de impurezas, além de aumentar sua densidade de modo a influenciar no melhoramento de auxílio á pressões no interior e atuação de atividades do fluido.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, RAFAEL DIAS FREIRE DE; SILVA, WILLIAM GODOY DE AZEVEDO LOPES DA; **Avaliação de fluidos de perfuração de base aquosa contendo poliglicóis modificados** [Monografia]. : Universidade Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro; 2010.

AMORIM, LUCIANA VIANA (Org). Estudo Comparativo entre Variedades de Argilas Bentoníticas de Boa Vista, Paraíba. **Revista Matéria**, Campina Grande -PB, v. 11, n. 1, p.30-40, fev. 2006. Disponível em: <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10699>. Acesso em: 15 out. 2015.

AMORIM, L. V., PEREIRA, E., **Bentonitas da Paraíba: o barro chega a universidade**. ABAS Informa, São Paulo, v.138, 01 de maio de 2003.

AMORIM, L. V (Org). Fluidos de perfuração à base de água. Parte I: Efeitos de aditivações poliméricas nas propriedades reológicas: (Water based drilling fluids. Part I: Effects of polymeric additives in their rheological properties). **Revista Cerâmica**, Campina Grande -PB, v. 1, n. 51, 05/2005.

AMORIM, CINTIA LUGNANI GOMES DE. **Estudo do efeito das interações água-argila no inchamento de argilominerais através da difração de raios x**. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BARBOZA, K. R. A., **Estudo de Compostos Poliméricos Para Uso em Fluidos Hidroargilosos**, Relatório de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande. Agosto de 2006.

CHRISTIDIS, G.E., BLUM, A.E., EBERL, DD. **Influence of layer charge and charge distribution of smectites on the flow behaviour and swellings of bentonites**, *Applied Clay Science*, 34, 125-138. Outubro de 2006.

NOÇÕES BÁSICAS SOBRE POÇOS TUBULARES: **Cartilha Informativa**. Brasília: CPRM, 1998.

GEOPETRO. **Geopetro Perfurações**. Disponível em: <http://www.geopetroperfuracoes.com.br/>. Acesso em: 12 Fev. 2015.

LUCENA, DANIELLY VIEIRA DE (Org). **Influência de sais de potássio como inibidores de inchamento de folhelhos no desempenho de fluidos de perfuração poliméricos**. **tecnol. Metal: mater. Miner.** São Paulo, v. 11, n. 4, p. 355-362. 10/2014.

MAHTO, V., SHARMA, V.P. Rheological study of a water based oil well drilling fluid. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 45, 123 – 128. (2004).

MENEZES, R.R., CAMPOS, L.F.A., FERREIRA, H.S., MARQUES, L.N., NEVES, G.A., FERREIRA, H.C., **Estudo do comportamento reológico das argilas bentoníticas de Cubati, Paraíba, Brasil**, Cerâmica, 55, p. 349-355, 2009.

NASCIMENTO, R. C. A. M.; AMORIM, L. V.; SANTANA, L. N. L.; Fluidos de perfuração à base de água. Parte I: Efeitos de aditivações poliméricas nas propriedades reológicas. (Development of aqueous fluids with bentonite clay for drilling of onshore oil wells). **Revista Cerâmica**. . Caderno p. 191-210. Campina Grande -PB, 2005

NASCIMENTO, R. C. A. M.; AMORIM, L. V.; SANTANA, L. N. L.. Desenvolvimento de fluidos aquosos com bentonita para perfuração de poços de petróleo onshore: (Development of aqueous fluids with bentonite clay for drilling of onshore oil wells). **Revista Cerâmica**. Caderno p. 179-187. Campina Grande -PB, 2010.

OORT, E.V. On the physical and chemical stability of shales. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 38, 213-235. (2003)

PEREIRA, EUGENIO. Fluido de perfuração: o uso de inibidores de argilas como solução de problemas em sondagem. In: encontro nacional de perfuradores de poços, 12., 2001, Olinda. **Anais do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços: & IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste**. p. 1 - 17. Olinda: Abas, 2001.

PEREZ, GLÁUCIA RODRIGUES DE MELO. **Estudo da estabilidade elétrica de fluidos de emulsão inversa usados para perfuração de poços de petróleo**. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Graduação em Química Bacharelado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis / Sc, 2008.

SILVA, ROGÉRIO PONS DA. **Equipamentos**. Disponível em: <http://www.perfuradores.com.br/index.php?CAT=pocosagua&SPG=equipamentos>. Acesso em: 3 nov. 2014.

THOMAS, JOSÉ EDUARDO ET AL. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. ed.: Editora Interciência, 272 p. Rio de Janeiro, 2004.