



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE – FANESSE**

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSEMBERG DE ASSIS SEVERIANO

**IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE DESPARAFINAÇÃO
MECÂNICA: Estudo de Caso no Campo de Petróleo de Furado em
Alagoas**

**Aracaju – Sergipe
2010.1**

JOSEMBERG DE ASSIS SEVERIANO

**IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE DESPARAFINAÇÃO
MECÂNICA: Estudo de Caso no Campo de Petróleo de Furado em
Alagoas**

**Aracaju – Sergipe
2010.1**

FICHA CATALOGRÁFICA

Severiano, Josemberg de Assis

Implantação da unidade desparafinação mecânica: estudo de caso no campo de petróleo de Furado em Alagoas / Josemberg de Assis Severiano. – 2010.

52f.: il.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2010.

Orientação: Dr. João Vicente Santiago do Nascimento

1. Desparafinação 2. Petróleo 3. Surgentes 3. I. Título

CDU 665.6(813.5)

JOSEMBERG DE ASSIS SEVERIANO

**IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE DESPARAFINAÇÃO
MECÂNICA: Estudo de Caso no Campo de Petróleo de Furado em
Alagoas**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2010.1.

Prof. Dr. João Vicente Santiago do Nascimento
Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe

Profa. MSc. Helenice Leite Garcia
Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe

Prof. Dr. Jefferson Arlen de Freitas
Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe

Aprovado (a) com média:

Aracaju (SE), ____ de Julho de 2010

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Francisco de Assis e
Maria de Lourdes, a minha querida
esposa Claudiana Araujo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida.

A minha esposa Claudiana Araujo Severiano e aos meus pais Francisco de Assis Severiano e Maria de Lourdes Severiano, pois é por eles que enfrento todos os obstáculos e desafios desta vida, como também busco forças para conseguir as vitórias.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho Edson Ricardo, Ademilso Marques e Fernanda Mariella por todo apoio e incentivo a mim dedicado.

Ao meu orientador da Fanese João Vicente que não mediu esforços em acreditar no desenvolvimento do presente trabalho.

Meus sinceros agradecimentos ao meu colega de trabalho e amigo engenheiro Wallace Alves Andrade Rocha, como também para o meu gerente Francisco Lopes.

“A mente que se abre a uma nova idéia
jamais retorna ao seu tamanho original”

Albert Einstein.

RESUMO

Em grande parte dos reservatórios de petróleo contidos na bacia Sergipe-Alagoas, a característica do óleo é parafínica. Em poços, nos quais é comum ocorrer à precipitação de parafina, causando até mesmo obstrução da coluna de produção devido ao seu excesso. Diante disso, faz-se necessário a utilização freqüente de processos de desparafinação, com intuito de evitar possíveis precipitações e manter o fluxo da produção do poço constante. A unidade de desparafinação mecânica (UDM) consiste em um equipamento utilizado neste processo de desparafinação de poços surgentes, ou em poços que operam com sistema de elevação por *gás-lift*, visando apresentar vantagens operacionais e econômicas sobre os métodos tradicionais de desparafinação (térmica e mecânica) mantendo o poço em produção durante o seu processo de operação, além de proporcionar baixo custo de operação e manutenção. Em síntese, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar os aspectos e impactos operacionais antes e depois da implantação da UDM. Permitindo obter resultados expressivos, tais como: aumento da quantidade de intervenção dos poços, otimização dos impactos econômicos para produção e manutenção, como também foram constatados vantagens e desvantagens da utilização das unidades operacionais de desparafinação comumente aplicadas no campo de petróleo de Furado, localizado em Alagoas.

Palavras chave: Desparafinação. Petróleo. Surgentes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Etapas do poço <i>gás-lift</i>	28
Figura 02 – Unidade de circulação de água quente.....	30
Figura 03 – Ferramenta de corte tipo saia.....	32
Figura 04 – Unidade <i>de wire-line</i> operando no poço.....	33
Figura 05 – UDM instalada no poço.....	34
Figura 06 – Vista geral do poço equipado com UDM.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores de aquisição das unidades operacionais.....	47
Tabela 02 – Custo médio de manutenção das unidades operacionais.....	47

.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Intervenções antes da implantação da UDM.....	43
Gráfico 02: Intervenções depois da implantação da UDM.....	45

SUMÁRIO

RESUMO.....	06
LISTA DE FIGURAS.....	07
LISTA DE TABELAS.....	08
LISTA DE GRÁFICOS.....	09
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2 Justificativa.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 O Petróleo.....	16
2.1.1 Séries dos hidrocarbonetos.....	15
2.1.2 Composição do petróleo.....	16
2.1.3 Campo de petróleo.....	17
2.1.4 Reserva de petróleo.....	17
2.2 Classificação do Petróleo.....	18
2.2.1 Classe parafínica.....	18
2.2.2 Classe parafínico-naftênico.....	20
2.2.3 Classe naftênica.....	20
2.2.4 Classe aromática intermediária.....	20
2.2.5 Classe aromática - naftênica.....	20
2.2.6 Classe aromática - asfáltica.....	21
2.3 Características do Reservatório de Estudo.....	21
2.3.1 Características geológicas do campo de petróleo de Furado.....	21
2.3.1.1 Localização.....	21
2.3.1.2 Estrutura geológica.....	21
2.3.1.3 Estratigrafia.....	23
2.4 Métodos de Elevação Petróleo.....	24
2.4.1 Elevação natural – Poços surgentes.....	24
2.4.2 Gás-lift.....	25
2.4.2.1 Gás-lift contínuo.....	25
2.4.2.2 Gás-lift intermitente.....	26

2.4.2.3 Equipamentos utilizados no sistema gás-lift.....	26
2.4.2.4 Funcionamento do gás-lift com a UDM.....	27
2.4.3 Composição de poços petróleo.....	28
2.5 Métodos de Desparafinação.....	28
2.5.1 Métodos térmicos.....	28
2.5.1.1 Unidade de circulação de água quente – UCAQ.....	30
2.5.2 Métodos Mecânicos.....	31
2.5.2.1 Unidade de arame - <i>Wire-Line</i>	32
2.5.2.2 Unidade de desparafinação mecânica – UDM.....	34
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Introdução.....	36
3.2 Características da Área de Estudo.....	36
3.3 Metodologia da pesquisa.....	36
3.4 Coleta de Dados.....	37
4 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	39
4.1 Introdução	39
4.2 Princípio de Funcionamento da UDM.....	39
4.3 Procedimento de Operação da UDM.....	40
4.4 Monitoramento da Operação com a UDM.....	41
4.5 Intervenções dos Poços Antes da Implantação da UDM.....	41
4.6 Intervenções dos Poços Depois da Implantação da UDM.....	44
4.7 Impactos Econômicos com a Implantação da UDM.....	46
4.8 Vantagens e Desvantagens da UDM.....	48
4.8.1 Vantagens.....	48
4.8.2 Desvantagens.....	49
4.5 Vantagens e Desvantagens da UDM.....	48
4.5.1 Vantagens.....	48
4.5.2 Desvantagens.....	49
5 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS.....	54
ANEXO – I	55
ANEXO – II	56

1 INTRODUÇÃO

O petróleo é basicamente uma mistura de hidrocarbonetos, hidrogênio e carbono, e outros constituintes em menor percentual, como nitrogênio, enxofre, oxigênio, metais e sais. Diante da concentração destes constituintes e aspectos geológicos, grande parte dos reservatórios contidos na bacia Sergipe-Alagoas, a característica do óleo é parafínica. Em função disso e também das propriedades físico-químico do óleo produzido, como também do seu regime de escoamento até a superfície, favorece a formação das parafinas que ficam agregadas nas paredes da coluna de produção do poço, obstruindo à mesma, causando a redução ou, até mesmo, a paralisação completa da produção de petróleo e gás.

Com isso, sendo imprescindível a utilização de processos de desparafinação, a fim de manter a produção do poço, conseqüentemente, evitando obstruções causadas pelo excesso de parafinas.

Os métodos comumente utilizados para a desparafinação estão divididas em duas categorias: os processos térmicos e os processos mecânicos. O primeiro, baseia-se na injeção de grandes quantidades de óleo ou água quente, com o objetivo de aquecer a parafina fazendo com que a mesma escoe pelas paredes da coluna, desobstruindo a mesma. Por outro lado, o processo mecânico utiliza-se de ferramentas de corte e raspagem do excesso de parafina formada no interior da coluna de produção do poço, melhorando a passagem do óleo produzido.

Ambos os métodos utilizam equipamentos especiais projetados e desenvolvidos especialmente para este tipo de intervenção nos poços, chamados de Unidade de Circulação de Água Quente (UCAQ) e *wire-line*. Muitas vezes tais equipamentos, implicam em perda de tempo para mobilização e desmobilização, além de acarretar a parada total da produção durante todo o processo de operação, ocasionando perda de receita e aumento dos custos operacionais.

Deve-se considerar ainda que, as operações através dos métodos térmicos que utilizam a Unidade de Circulação de Água Quente (UCAQ), podem causar danos aos reservatórios de petróleo, como também podem contribuir na formação do chamado “pistão de parafina”. Por sua vez, as operações mecânicas são realizadas através de uma unidade operacional chamada de *wire-line*, que utiliza uma ferramenta de corte sustentada por um carretel de arame, cuja sua operação muitas vezes ocorre à quebra do arame. Conseqüentemente, tal quebra resulta em complexas operações para o resgate da ferramenta do fundo do poço, comumente chamadas de “pescaria” no jargão da indústria do petróleo.

No intuito de minimizar tais problemas, foi desenvolvido um equipamento denominado Unidade de Desparafinação Mecânica (UDM) utilizado no processo de desparafinação mecânica, seja em poços surgentes como em poços que operam com sistema de elevação por *gás-lift*.

O desenvolvimento deste trabalho é proveniente de um estudo de caso de UDMs instaladas, que vêm operando no campo específico de Furado pertencente à bacia Sergipe-Alagoas, apresentando resultados expressivos e vantajosos, econômicos e operacionais, sobre os métodos tradicionais de desparafinação (térmica ou mecânica).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar as unidades de desparafinação mecânica (UDM) no campo de petróleo de Furado, localizado em Alagoas.

1.1.2 Objetivos específicos

Aumentar o número de intervenções nos poços que comumente precipitam parafina através da implantação da UDM;

Avaliar os impactos econômicos causados depois da implantação das unidades de desparafinação mecânica (UDM);

Identificar vantagens e desvantagens da utilização das unidades de desparafinação mecânica (UDM).

1.2 Justificativa

O presente trabalho se justifica devido aos inúmeros questionamentos em relação aos aspectos operacionais e econômicos nos processos de desparafinação tradicionais, utilizados no campo de Furado.

Outro fator relevante para o desenvolvimento deste trabalho consiste na investigação de um método desparafinação inovador, no que diz respeito aos aspectos citados acima, devendo ser aplicado nos poços do campo de petróleo de Furado, pois a quantidade de intervenções nos poços que utiliza a UDM é bem maior quando se comparadas com *wire-line* e UCAQ.

Uma vantagem constatada com a implantação da UDM se refere aos custos de manutenção, sendo bem menores quando comparados com as unidades operacionais utilizadas nos métodos tradicionais (UCAQ e *wire-line*).

Este estudo é fundamental, pois evidencia a necessidade de se buscar técnicas inovadoras em relação aos métodos desparafinação, já que essa é uma atividade muito importante para o controle e manutenção da produção dos poços de petróleo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Petróleo

Conforme Rosa, Carvalho e Xavier (2006), o petróleo é a denominação dada às misturas naturais de hidrocarbonetos, podendo ser encontrados no estado sólido, líquido ou gasoso, a depender das condições de pressão e temperatura que estejam submetidos.

De acordo com Cardoso (2005), a origem do petróleo acontece a partir da decomposição da matéria orgânica, resultado de restos animais e plantas juntamente com rochas sedimentares que, depois de sofrerem ações e reações bacterianas e químicas, em parceria com as variações das pressões e temperatura, formam os chamados hidrocarbonetos.

A rocha geradora dos hidrocarbonetos em contato com a matéria orgânica e outros fragmentos minerais, em um ambiente de pouca permeabilidade, favorece para a formação do petróleo, para que assim o mesmo se acumule, formando em seguida um reservatório (CARDOSO, 2005).

2.1.1 Séries dos hidrocarbonetos

Segundo Rosa, Carvalho e Xavier (2006), os hidrocarbonetos estão distribuídos em uma grande variedade de compostos de carbono e hidrogênio, sendo quimicamente agrupados em séries. As mais comuns detectadas são as parafinas, olefinas e os hidrocarbonetos aromáticos. Muitas vezes, dentro de uma mesma série são encontrados desde compostos muito leves e quimicamente simples, a compostos bem mais pesados e quimicamente complexos.

Na série das parafinas estão os hidrocarbonetos parafínicos normais ou alcanos, que possuem a fórmula geral C_nH_{2n+2} . Sabe-se que a série dos alcanos é

constituídas dos seguintes compostos: metano (CH_4), etano (C_2H_6), propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}), e outros. Esses podendo apresentar ramificações em um ou em mais átomos de carbono, sendo denominados de isoparafinas e isoalcanos, mas possuindo a mesma fórmula geral dos alcanos. Alguns dos hidrocarbonetos da série isoalcanos são os isobutanos, isopentanos e o 3-metil-pentano (ROSA, CARVALHO e XAVIER, 2006).

Ainda de acordo com Rosa, Carvalho e Xavier (2006), os hidrocarbonetos da série de olefinas mais comuns encontrados são os alcenos, apresentando como fórmula geral, C_nH_{2n} . Como exemplo é citado o eteno (C_2H_4) e o propeno (C_3H_6).

Já em relação aos hidrocarbonetos aromáticos, é possível citar os seguintes exemplos: benzeno (C_6H_6), tolueno (C_7H_8) e naftaleno (C_{10}H_8).

2.1.2 Composição do petróleo

Conforme Rosa, Carvalho e Xavier (2006), apesar da composição básica dos hidrocarbonetos serem de hidrogênio e carbono, há outros constituintes agregado a mistura de hidrocarbonetos, tais como: enxofre, oxigênio, gás carbônico, nitrogênio, sais, areia e outros.

O enxofre é uma substância tóxica, do qual se produz SO_2 (Dióxido de Enxofre) e SO_3 (Trióxido de Enxofre) por combustão, sendo poluentes para atmosfera. Esses gases também são indesejáveis para ação dos catalisadores no processo de refino, além de ser determinante no odor e na cor do produto final (CARDOSO, 2005).

Para Cardoso (2005), o nitrogênio pode formar os compostos nitrogenados, aumentando a capacidade de retenção da água emulsionada no petróleo contaminando os agentes catalisadores, como também podem modificar a coloração do produto e tornar instáveis os produtos finais de processo.

O oxigênio influencia na cor e na acidez dos produtos destilados, assim como é de sua responsabilidade a formação das gomas e corrosividade das frações destiladas.

Em relação aos sais, os mesmos são responsáveis pela contaminação dos catalisadores, além de provocarem a formação de incrustações dentro das tubulações, podendo causar grandes danos aos equipamentos do processo. Sendo assim, os sais devem ser removidos através de um processo denominado de dessalgação (CARDOSO, 2005).

2.1.3 Campo de petróleo

De acordo com Cardoso (2005), campo de petróleo é constituído por uma ou mais zonas produtoras de petróleo, incluindo também os equipamentos operacionais de processo. Existem dois tipos de campo de petróleo: o campo de gás e o campo de óleo. A exploração comercial de um campo de óleo ou de gás, só acontece depois de inúmeros testes e avaliações dos seus reservatórios, para comprovar se realmente os mesmos podem ser viáveis do ponto de vista de exploração e produção.

2.1.4 Reserva de petróleo

A reserva de petróleo é a denominação dada para o volume de hidrocarbonetos (óleo e gás) que podem ser economicamente extraídos de um campo de petróleo. Sabendo que apenas é retirar boa parte do volume existente no reservatório, o volume da reserva sempre será menor do que o volume total existente no campo (CARDOSO, 2005).

De acordo com Thomas (2004), além dos hidrocarbonetos, é bastante comum encontrar água nos reservatórios, logo a sua quantidade dependerá das condições em que ela se apresenta no meio poroso. Existe uma saturação mínima de água a partir da qual se torna móvel, essa saturação depende da rocha e dos fluidos nela contidos.

A água produzida também pode ser originadas através dos chamados aquíferos, que muitas vezes estão próximos às formações de hidrocarbonetos ou são resultados da injeção de água dos métodos de recuperação secundária (THOMAS, 2004).

2.2 Classificação do Petróleo

Segundo Thomas (2004), o petróleo é classificado de acordo com os seus constituintes, estudados por geoquímicos e refinadores. Os primeiros visam caracterizar o óleo para relacioná-lo com a rocha-mãe e medir o seu grau de degradação, enquanto que os refinadores determinam as quantidades das frações existentes no petróleo, como também as composições e as propriedades físicas existentes.

O petróleo pode ser distinguido de acordo com a estrutura das cadeias que o compõem, ressaltando que o petróleo da classe parafínica é o alvo do presente estudo.

2.2.1 Classe parafínica

A composição do petróleo pertencente à classe parafínica, possui 75% ou mais de parafinas. Nesta classe, consistem os óleos leves, fluidos ou de alto ponto de fluidez, com densidade inferior a 0,85. Esta composição apresenta teor de resinas e asfaltenos menor que 10% e viscosidade baixa, exceto nos casos de elevado teor de *n*-parafina com alto peso molecular e alto ponto de fluidez. A maior parte do petróleo produzido no nordeste brasileiro é classificada como parafínica (THOMAS, 2004).

Nessa classe encontramos as chamadas parafinas, que pertencem aos compostos denominados de alcanos, presentes em praticamente todos os tipos de petróleo. Dentre os quais possuem entre 18 e 60 átomos de carbono e suas propriedades estão associadas ao seu peso molecular, o qual varia proporcionalmente com o número de átomos de carbono (THOMAS, 2004).

A parafina está totalmente dissolvida no petróleo em forma de uma mistura líquida homogênea, situada no reservatório.

De acordo com Tavares (1999), alguns outros fatores contribuem para agravar o problema, tais como: a expansão do gás no interior da coluna em função

da redução de pressão, ocasionando um resfriamento adicional na temperatura do petróleo em produção; a presença de sólidos insolúveis (areia, *scale* ou óxido de ferro) que se incorporam aos depósitos de parafina, aumentando a sua consistência interna na tubulação, favorecendo enormemente a deposição de parafina.

Durante a produção, mudanças na temperatura e na composição do petróleo podem levar à deposição de parafina. Como a parafina é menos solúvel no óleo à baixa temperatura, ocorre uma precipitação e deposição, na medida em que o petróleo se resfria ao se elevar na coluna de produção. Além disso, na medida em que a pressão decresce, o petróleo tende a liberar os hidrocarbonetos mais leves, diminuindo ainda mais sua capacidade de manter a parafina em solução, aumentando desta forma, as chances de deposição das parafinas (ROSA, CARVALHO e XAVIER, 2006).

A temperatura na qual ocorre o início da precipitação da parafina é denominada ponto de névoa, variando de acordo com a concentração de parafina presente no óleo. Independente disto, a temperatura de fusão da parafina está geralmente entre 43°C a 60°C (TAVARES, 1999).

De acordo com Tavares (1999), a profundidade na qual se inicia a deposição de parafina depende do ponto de névoa do petróleo, bem como da vazão bruta do poço. Estudos mostram que esta profundidade raramente ultrapassa 800 metros.

Geralmente, nos poços de petróleo, o fator temperatura influencia diretamente na precipitação da parafina.

No campo de petróleo de Furado foi observado que a parafina mais dura é encontrada nos primeiros 300 metros, evidenciando assim que à medida que óleo se aproxima da superfície a temperatura de precipitação do óleo diminui consideravelmente. No entanto abaixo dessa profundidade o fator temperatura não exerce tanta influência em relação à formação da parafina (ST/SE–SEAL, 2006).

2.2.2 Classe parafínico - naftênico

A composição do petróleo pertencente à classe parafínico-naftênico, possui de 50 a 70% de parafinas e mais de 20% de naftênicos. Nesta classe, apresenta um teor de resinas e asfaltenos entre 5 e 15%, baixo teor de enxofre (menos que 1%), e teor de naftênicos entre 25 e 40%. A densidade e a viscosidade apresentam valores maiores que os parafínicos, mas ainda moderados. A maioria do petróleo produzido na Bacia de Campos - RJ é caracterizado por esta classe. (THOMAS, 2004).

2.2.3 Classe naftênica

Conforme Thomas (2004), a composição do petróleo pertencente à classe naftênica, possui mais de 70% de *n*-naftênicos. Nesta classe enquadra-se um número muito pequeno de óleos. Esta apresenta baixo teor de enxofre e se origina da alteração bioquímica de óleos parafínicos e parafínicos naftênicos. Alguns óleos localizados na América do Sul, da Rússia e do Mar do Norte pertencem a esta classe.

2.2.4 Classe aromática intermediária

As composições de petróleo pertencente à classe aromática intermediária possuem mais de 50% de hidrocarbonetos e aromáticos. Esta classe é composta de óleos freqüentemente pesados, contendo de 10 a 30% de asfaltenos e resinas e teor de enxofre acima de 1%. O teor de mono aromáticos é baixo. A densidade usualmente é maior que 0,85. Alguns óleos localizados no Oriente Médio, África Ocidental, Venezuela, Califórnia e Mediterrâneo são desta classe (THOMAS, 2004).

2.2.5 Classe aromática - naftênica

De acordo com Rosa, Carvalho e eXavier (2006), a classe aromática possui mais de 35% de naftênicos. O Óleo deste grupo sofre um processo natural de biodegradação, no qual foram removidas as parafinas do mesmo. Este é derivado dos óleos parafínicos e parafínicos-naftênicos, podendo conter mais de 25% de resinas e asfaltenos, e teor de enxofre entre 0,4 e 1%. Alguns óleos pertencente a essa classe estão localizados na região da África Ocidental.

2.2.6 Classe aromática - asfáltica

Segundo Thomas (2004), a classe aromática asfáltica possui mais de 35% de asfaltenos e resinas. Estes óleos são oriundos de um processo de biodegradação avançada, compreendendo principalmente óleos pesados e viscosos, resultantes da alteração dos óleos aromáticos intermediários. O teor de enxofre varia de 1 a 9% em casos extremos. Os óleos desta classe encontram-se localizados principalmente na região do Canadá Ocidental, Venezuela e sul da França.

2.3 Característica do Reservatório de Estudo

2.3.1 Características geológicas do campo de petróleo de Furado em Alagoas

2.3.1.1 Localização

De acordo com Góes *et al* (1986), os reservatórios estão localizados no campo de petróleo de Furado, localizado na cidade de São Miguel dos Campos em Alagoas, compreendido numa área de aproximadamente 170 Km² e a 50 Km de Maceió. Estruturalmente, limita-se entre o norte pela borda da bacia, a oeste pelo bloco alto da falha de Coruripe, a leste pelo baixo regional de Alagoas e ao sul pelo baixo sinimbu.

Historicamente, o primeiro poço perfurado no campo de petróleo de Furado foi o Fu - 01 que, por sua vez, foi o poço pioneiro para descoberta desse campo de Furado em São Miguel dos Campos. Foram perfurados até os dias atuais, aproximadamente, 200 poços no campo de petróleo pertencente à bacia sedimentar de São Miguel dos Campos (DÓRIA, 1986).

2.3.1.2 Estrutura geológica

As acumulações desses reservatórios de hidrocarbonetos se caracterizam principalmente pelas grandes quantidades de zonas produtoras. Também o mesmo apresenta um alto grau de complexidade para interpretação geológica. Com isso, foi

necessário que ultimamente a Petrobrás refizesse um estudo detalhado que mapeasse todo o reservatório compreendido na plataforma de São Miguel dos Campos (DÓRIA, 1986).

De acordo com Góes *et al* (1986), em face das dificuldades conhecidas para interpretar os dados geológicos do campo em estudo, esse estudo rigoroso seguiu uma linha de trabalho que fosse levado em conta alguns critérios para que se tornassem eficazes do ponto de vista exploratório.

Os critérios foram rezoneamento dos poços; reprocessamento dos perfis; confecções dos mapas de contornos estruturais; mapeamento físico das acumulações através da espessura permeável com óleo e gás; cálculos dos volumes originais de hidrocarbonetos; e elaboração de programas computacionais de comprovação de volumes por teste de formação e outros (GÓES *ET AL*, 1986).

Segundo Góes *et al* (1986), regionalmente a plataforma de São Miguel dos Campos é composto de uma grande feição anticlinal com caimento para o sul, com blocos antitéticos a oeste e noroeste, e sintéticos a leste e sudeste. Sobre esta feição anticlinal estão dois eixos que cortam os campos de Furado, Fazenda Tomada e São Miguel dos Campos.

A configuração dômica observada para os campos em estudo é determinada por falhas normais lítricas de grande porte e de direções norte/sul e nordeste/sudoeste, mergulhada à 35° e 45° pra leste e sudeste, respectivamente. O principal trapeamento das acumulações é estrutural (arqueamento e falhas) e, secundariamente estratigráfico (GÓES *ET AL*, 1986).

O campo de Furado localizado na borda da bacia possui uma grande reserva de óleo.

Segundo Góes *et al* (1986), A porção leste do campo apresenta feição dômica alongada na direção norte/sul. Já a região da porção central e do FU-01, as mesmas possuem estruturas geológicas semelhantes com eixos orientados para leste/oeste. Ao nível da formação serraria delineia-se uma feição dômica, falhada, cujo ápice está no extremo da fazenda tomada.

As acumulações conhecidas nesta formação estão situadas no flanco sul/sudeste, possivelmente em decorrência de o reservatório ficar em contato por falha com os geradores da formação denominada de barra de Itiúba. As falhas têm direção aproximadamente norte/sul e mergulho regional para leste (DÓRIA, 1986).

Conforme Góes *et al* (1986), esses falhamentos de mergulhos divergentes formam um sistema de falha que determina um alto estrutural para área da fazenda tomada.

A estabilidade relativa desta feição, e a contínua subsidência das áreas adjacentes criaram depocentros a oeste da área central do campo de furado, também devido ao caráter positivo da área de fazenda tomada e da porção norte do campo contribui para por descontinuidade da sedimentação (DÓRIA, 1986).

2.3.1.3 Estratigrafia

Para Góes *et al* (1986), a estratigrafia do campo Furado é caracterizada pelas formações serraria e barra de Itiúba. Na formação serraria do período jurássico, constituída por arenitos grosseiros, é produto de um sistema fluvial anastomosado e leques aluviais depositados durante a fase que antecedeu o rompimento da bacia.

Em relação à formação barra Itiúba apresenta intercalações de arenitos e folhelhos, depositados durante o rifteamento da bacia. Em estudos detalhados sobre essa formação, foi definido que nas formações Ojeda e Bandeira dividiram o pacote sedimentar em níveis operacionais geológico, denominados de BIT I a VIII, da correlação lito-estratigráfica muito consistente na área (DÓRIA, 1986).

Esses intervalos são limitados por bons marcos elétricos constituindo uma unidade com valor cronoestratigráfico e, por sua vez, facilitando o rezoneamento através das curvas de potencial e resistividade dos perfis elétricos. A unidade basal, denominada de BIT VII, é predominante argilosa. As demais são constituídas por intercalações de arenitos e folhelhos (GOES *ET TAL*, 1986).

A formação coqueiro seco é constituída de arenitos e folhelhos depositados em ambientes fluvio-deltáico, apresentando hidrocarbonetos em área restrita no campo de São Miguel dos Campos (DÓRIA, 1986).

Nas zonas óleo do campo, onde existe disponibilidade de histórico de produção, em casos em que se encontra uma incompatibilidade entre os volumes produzidos e os calculados, adotou-se o critério de considerar o limite de ocorrência de hidrocarbonetos no topo da areia imediatamente inferior portadora de água.

Considerando os dias atuais, o campo de petróleo de Furado já produziu um volume de óleo considerável. No entanto, com os investimentos e incrementos em termos de tecnologias esse fato está se revertendo de forma muito favorável.

2.4 Métodos de Elevação de Petróleo

De acordo com Cardoso (2005), existem dois métodos principais de elevação de petróleo: métodos de elevação natural e o método de elevação gás-*lift*.

2.4.1 Elevação natural – Poços surgentes

Segundo Cardoso (2005), quando a pressão existente na formação é suficiente para que os fluidos (óleo, água e gás) contidos nos reservatórios alcancem a superfície, é denominado de elevação natural. Os poços que produzem por elevação natural são chamados de poços surgentes.

Conforme Souza (2006), ao longo do tempo de produção do poço, o mesmo entra em um processo natural de declínio da pressão, tornando-se esta insuficiente para deslocar os fluidos até a superfície com vazão econômica ou conveniente. Para são necessários à utilização de métodos de elevação artificiais para que os poços possam produzir.

Para Thomas (2004), comparando-se com poços que produzem por elevação artificial, os poços por elevação natural permitem produzir com menores problemas operacionais devido à simplicidade dos equipamentos de superfície e subsuperfície, com maiores vazões de líquido e, em consequência, com menor custo por unidade de volume produzido.

Segundo Souza (2006), os fatores importantes e que devem ser levados em considerações para produção de um poço surgente, são os seguintes:

- A propriedades dos fluidos produzidos;
- O índice de produtividade do poço (IP);
- O tipo de mecanismo de produção utilizado no reservatório;
- A ocorrências de possíveis danos causados à formação produtora durante a perfuração ou completação do poço;
- Os tipos de aplicações de técnicas de estimulação;
- O adequado isolamento das zonas de água e gás adjacentes à zona de óleo;
- As características dos equipamentos utilizados no sistema de produção;
- O adequado controle de produção dos poços através de testes periódicos de produção, onde é avaliado o volume óleo produzido e a pressão estática do poço.

2.4.2 Gás-Lift

De acordo com Souza (2006), o *gás-lift* é um método de elevação artificial que utiliza a energia contida em gás comprimido para elevar fluidos (óleo e/ou água) até a superfície. Existem dois tipos de *gás-lift*: o *gás-lift* contínuo e o *gás-lift* intermitente.

2.4.2.1 Gás-lift contínuo

O *Gás-lift* contínuo é similar à elevação natural. Este método baseia-se na injeção contínua de gás a alta pressão na coluna de produção com objetivo de gaseificar o fluido desde o ponto de injeção até a superfície, aumentando a quantidade de gás na coluna de produção até certo limite, diminuindo o gradiente médio de pressão, juntamente com a pressão de fluxo, acarretando no aumento de sua vazão. O gás é injetado na coluna de produção de forma controlada e contínua. Na superfície, o controle da injeção de gás no poço é feito através de uma válvula reguladora de fluxo.

Conforme Souza (2006), as vantagens de se utilizar o *gás-lift* contínuo quando comparado com o método de elevação *gás-lift* intermitente são:

- A menor consumo de gás em relação ao *gás-lift* intermitente (GLI);

- A possibilidade de operação em poços que tenha alta razão-gás-líquido;
- A viabilidade em trabalhar em poços com alta vazão e elevada temperatura;
- A utilização em poços com grandes profundidades.

2.4.2.2 Gás-lift intermitente

O método de *gás-lift* intermitente baseia-se na elevação das golfadas dos fluidos do fundo do poço para superfície, mediante a injeção de gás controlada na superfície feita por uma válvula de intermissão de ciclo, conhecido por *motor-valve*. Este método requer uma elevada vazão de gás momentânea e periódica para possibilitar uma maior velocidade crescente na elevação das golfadas. Para isso, a válvula de *gás-lift* que está instalada no mandril montado na coluna do poço de produção tenha seu ajuste de abertura e fechamento perfeitos.

Para Souza (2006), em termos de limitações, o sistema *gás-lift* intermitente (GLI) apresenta as seguintes vantagens em relação ao método do *gás-lift* contínuo são:

- A possibilidade de operar em poços com baixa vazão e pressão de fundo;
- Possibilita de operação em poços com grandes profundidades e alta temperaturas;
- A viabilidade de se operar em poços produtores areia.

2.4.2.3 Equipamentos utilizados no sistema de *gás-lift*

De acordo com Naochi (2006), os sistemas e equipamentos necessários para que os poços possam produzir pelo método *gás-lift*, são:

- A fonte de gás a alta pressão;
- O controlador de injeção de gás na superfície (válvula controladora de fluxo);
- O controlador de injeção de gás de subsuperfície feita pelas as válvulas de *gás-lift*;
- Os equipamentos para separação e armazenamento dos fluidos produzidos (tanques, separadores e outros).

2.4.2.4 Funcionamento do *gás-lift* com a UDM

Segundo Thomas (2004), a operação dos poços que utiliza o método de *gás-lift*, como forma de elevação de petróleo, é constituída por três fases muito bem distintas:

Fase 1: nesse período, ocorre o processo de alimentação de petróleo vinda da formação para o interior da coluna de produção do poço, pelo qual a válvula controladora de fluxo de gás e a válvula de *gás-lift* estão fechadas. O fluido que está chegando do reservatório se acumula na coluna da produção acima da válvula *gás-lift*, até ser atingido um determinado comprimento de golfada. A formação dessa coluna de fluído (óleo, gás ou água) não afeta a operacionalidade da ferramenta da UDM no interior da coluna de produção do poço. O tempo de alimentação dos fluidos no interior da coluna dos poços que operam com as UDMs são de 32 minutos. É importante ressaltar que o comprimento das golfadas depende da pressão de fundo (PW), da pressão da cabeça, e do tempo de abertura da válvula de *gás-lif*.

Fase 2: nessa fase, ocorre o período de injeção de gás, ou seja, tanto a válvula reguladora de fluxo de gás quanto à válvula operadora *gás-lift* estando abertas. O gás é injetado no interior da coluna durante 1 minuto em uma pressão aproximadamente de 850 psi, penetrando através da válvula de *gás-lift* montada no mandril instalado na coluna do poço de petróleo, ocasionando o deslocamento da golfada de líquido em direção à superfície. É válido destacar que a UDM opera com a sua ferramenta de desparafinação no interior do poço, minimizando possíveis riscos de serem arremessadas na direção da superfície. Durante essa fase, existe uma válvula de retenção instalada na extremidade da coluna, evitando que a pressão de injeção do gás não penetre na formação.

Fase 3: nessa última fase, ocorre a redução da pressão no interior da coluna de produção. A válvula reguladora de fluxo de gás fica na posição fechada, cessando a injeção de gás para o poço. A válvula de retenção permanece fechada até que a pressão da extremidade inferior da coluna seja menor do que a pressão da formação. Durante a redução da pressão, é observado que a pressão da linha de

produção aumenta tão próxima da pressão de injeção do gás que é de 850 psi. Isso acontece porque a válvula *been* da linha de produção encontra-se restringida na abertura 11/64 do seu anel graduado. Esse ajuste ocorre enquanto a ferramenta de corte da UDM estiver em operação.

A figura 01 mostra esquematicamente, as etapas de produção de um poço que opera com o sistema *gás-lift*.

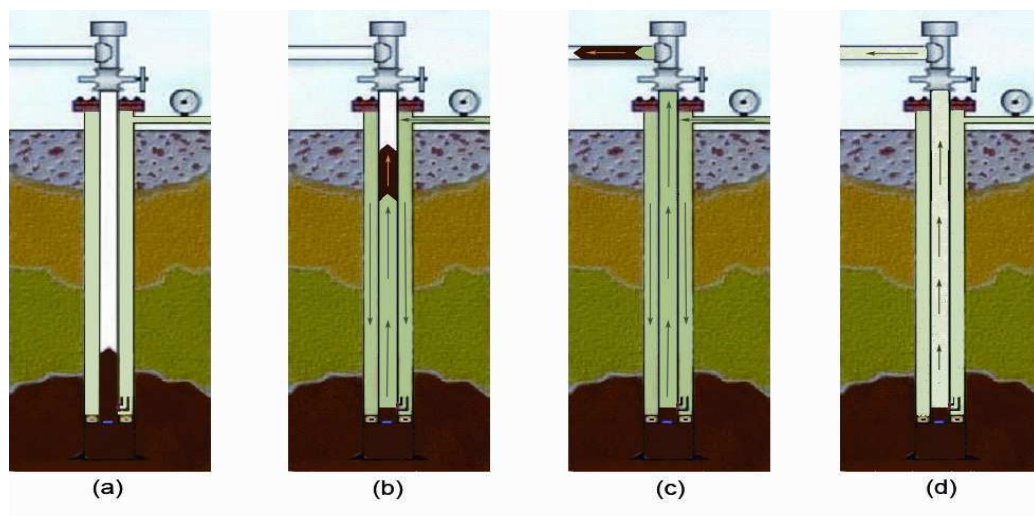


Figura 01: Etapas do poço *gás-lift*

(a) Alimentação

(b) Injeção de gás

(c) Produção

(d) Redução pressão

2.4.3 Composição de poços de petróleo

Os equipamentos básicos utilizados na completação dos poços que utilizam a unidade de desparafinação mecânica (UDM), são descritas conforme Anexo I (MANÇU, 2006). Essa composição se refere aos poços do campo de petróleo de Furado, localizado em Alagoas.

2.5 Métodos de Desparafinação

2.5.1 Métodos térmicos

Os métodos térmicos consistem na injeção de óleo a uma temperatura em torno de 130°C ou injeção de água, a 100°C, através do espaço anular do poço ou na coluna de produção, removendo a parafina das paredes internas dos tubos. No momento em que este óleo ou água troca calor com a coluna parafinada, o ponto de

fusão da parafina é atingido, dissolvendo-se e, posteriormente escoando pela linha de produção do poço (VIANA, 1996).

O volume a ser injetado deve ser previamente estabelecido. Não se pode estabelecer um volume fixo de óleo ou água para ser injetado em todos os poços. Na realidade, para se saber a quantidade de fluido a ser injetada em uma operação de desparafinação térmica, dever-se conhecer a profundidade e o ponto de fusão do depósito de parafina, além da temperatura que o fluido injetado chega a esta profundidade, RGO (Razão Gás Óleo) e pressão da formação (VIANA, 1996).

Além disso, deve-se evitar que a hidrostática do fluido injetado na coluna do poço não ultrapasse a pressão da formação, pois, caso contrário, forçaria a penetração do fluido para interior do reservatório o que poderia resultar em danos à formação. Poços com alta RGO apresentam maiores problemas de parafina (VIANA, 1996).

Segundo Viana (1996), existe um termo muito utilizado pelos técnicos envolvidos com as operações da UCAQ chamado de circulação do poço, isso significa que o óleo existente dentro da coluna do poço de petróleo começou a escoar devido à injeção de óleo ou água quente pelo espaço anular do revestimento. No entanto, este fato não identifica de forma precisa se o óleo ou água injetada pelo espaço anular tenha retornado à superfície pelo coluna de produção do poço.

Durante a injeção do óleo ou água quente realizado pela UCAQ, normalmente é feita a verificação da temperatura do petróleo através da linha de produção, localizada na superfície, com intuito de controlar ou interromper a operação da UCAQ, depois de identificar que o poço circulou.

Esta elevação de temperatura é uma informação de certa forma pouco precisa, apesar de saber que a coluna começou a ser desobstruída por causa do óleo ou água quente não garante completamente que a coluna de produção do poço tenha sido totalmente desparafinada.

É necessário que se injete o volume previamente estabelecido e que este volume seja suficiente para que haja a desparafinação da coluna, sem ser excessivo.

De acordo com Viana (19996), outra maneira recomendada para verificar se está ocorrendo circulação, é abrir a válvula de teste para o ante-poço. Vale lembrar que ao abrir a válvula de teste, o operador deve ficar atento para uma possível poluição da locação do poço. O equipamento utilizado para efetuar a operação de desparafinação térmica é chamado de Unidade de Circulação de Água Quente (UCAQ).

2.5.1.1 Unidade de circulação de água quente - UCAQ

Conforme Viana (1986), a Unidade de Circulação de Água Quente (UCAQ) é aplicada no aquecimento de água para injeção nos poços de petróleo. Esta se constitui de uma unidade de bombeamento com pressão máxima de 950 psi, uma caldeira (aquecedor) e um tanque de suprimento de água, montados sobre um caminhão, conforme Figura 02, abaixo:



Figura 02: Unidade de Circulação de Água Quente (UCAQ)

A água aquecida é injetada nos poços de petróleo com o objetivo de dissolver a parafina formada no interior da coluna de produção do poço.

Uma transmissão mecânica chamada de tomada de força do caminhão é responsável de acionar uma bomba hidráulica. Esta, por sua vez, opera um motor hidráulico por acionar todos os equipamentos dinâmicos da unidade, tais como bomba *Kobe*, bomba centrífuga, ventilador (soprador) ventilador do trocador de calor

e bomba de combustível. A água circula do tanque para o aquecedor, passando antes pela bomba centrífuga e bomba Kobe que promove a elevação da pressão. Do aquecedor, a água quente é conduzida ao poço para efetuar a operação (VIANA, 1996).

A UCAQ é composta pelos seguintes sistemas:

- Sistema de força: responsável pelo acionamento de todos os equipamentos dinâmicos da unidade;
- Sistema de combustão: responsável pelo suprimento de combustível, ar de combustão e centelha de ignição;
- Sistema de Instrumentação e Controle: responsável pelas indicações das variáveis operacionais, operação e segurança da unidade;
- Sistema de Água: constituído pelos equipamentos e componentes pelos quais circula a água.

2.5.2 Métodos mecânicos

Para Tavares (1999), as operações com os métodos mecânicos de desparafinação, visam prover por meio mais seguro a operação nos poços, sem a necessidade de amortecê-los ou interferir em seu regime de produção, economizando tempo e custos das operações que, de outra maneira, demandariam a utilização de sondas.

Conforme Tavares (1999), os métodos mecânicos consistem na utilização de raspadores ou gabaritos do tipo saia, tipo H e arranhadores que são introduzidas na coluna de produção para desagregar a parafina depositada nas paredes da mesma, possibilitando a sua elevação juntamente com óleo produzido. Essa operação é feita através da utilização de dois tipos de equipamentos operacionais chamado de *wire-line* e de UDM, sendo este último objeto de estudo deste trabalho.

Nos métodos mecânicos de desparafinação (*wire-line* ou UDM), a medição da profundidade do arame é feita por um sistema de medição composta por uma polia e um medidor de profundidade (Anexo II.7). Esse sistema consiste em

uma polia convencionada que fica em contato direto com o arame em todo seu perímetro, cujo eixo fica instalado um cabo que transmite sua rotação ao medidor de profundidade, esse por sua vez converte a rotação da polia em unidade lineares de metros ou pé (TAVARES, 1999).

2.5.2.1 Unidade de arame - *Wire-Line*

A unidade de arame é unidade composta de um guincho com carretel de arame, que por sua vez é acionado hidraulicamente através de um motor de combustão interna, conforme a Figura 03. De acordo com Tavares (1999), todo esse mecanismo torna possível a movimentação do arame para dentro e fora do poço.

De acordo com a Figura 03, existe um carretel com arame no seu guincho, em que uma de sua extremidade está conectada a uma ferramenta de corte do tipo saia ou raspadores, provocando a desobstrução da parafina existente na coluna de produção (TAVARES, 1999).



Ferramenta de corte

Figura 03: Ferramenta de corte tipo saia

O caminhão *munk* se responsabiliza pelo o transporte da unidade ao longo dos poços no campo de Furado, como também auxilia na montagem do tubo lubrificador que é instalada no nível da cabeça do poço, permitindo a descida e retirada dos equipamentos da árvore de natal de maneira segura, conforme Figura 04.

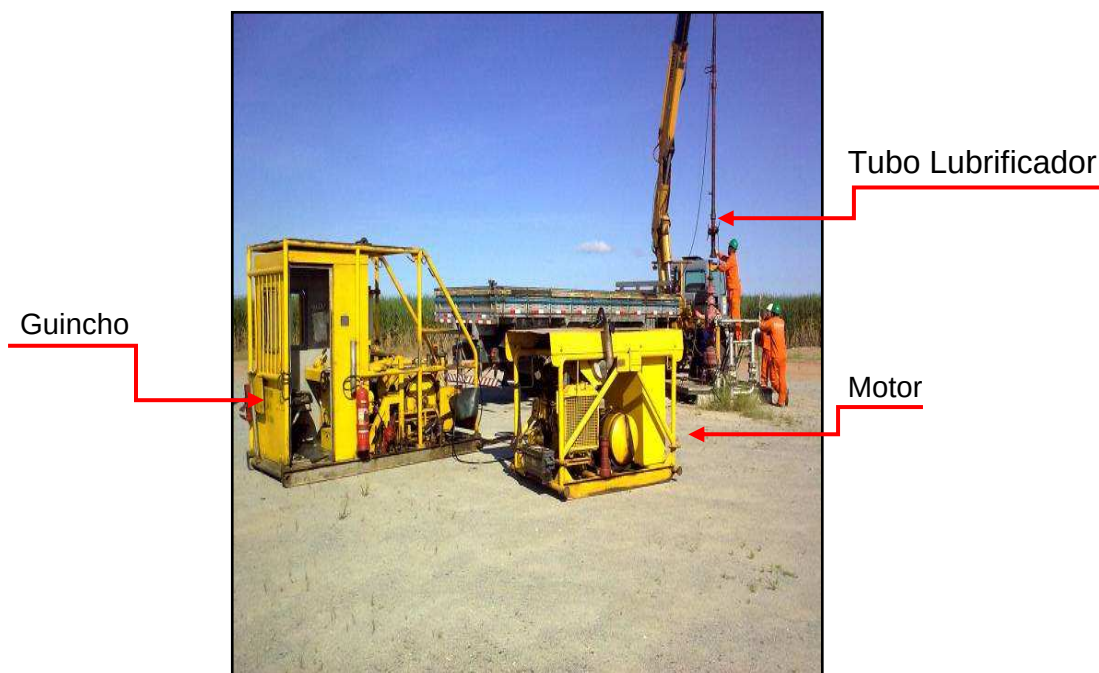


Figura 04: Unidade de *wire-line* operando no poço

Na operação de desparafinação efetuada pelo *wire-line*, muitas vezes ocorrendo à quebra do arame que sustenta a ferramenta de corte. Desta forma, necessita de uma atividade denominada de pescaria que, por sua vez é responsável pelo resgate do arame ou da ferramenta no interior do poço de petróleo.

Ao longo do processo de desparafinação com a unidade de *wire-line*, são necessários alguns procedimentos indispensáveis para uma boa operação, tais como: logística das ferramentas utilizadas pela equipe que opera a unidade e habilidade do operador, minimizando os riscos de acontecer à quebra do arame da unidade, evitando assim uma pescaria (TAVARES, 1999).

Para que a equipe de *wire-line* consiga atender a demanda de intervenções nos poços do campo de Furado é necessária a realização de um planejamento bem definido. Esse fato é importante pois se trata de uma atividade de alta relevância para a manutenção da produção, como também da necessidade dos altos investimentos tanto na aquisição das unidades e ferramentas operacionais.

Para a realização de uma atividade de desparafinação com a unidade de *wire-line* é necessário de uma equipe com seis funcionários, distribuídos da seguinte forma: 01 operador de unidade *wire-line*, 02 auxiliares de operações, 01 profissional habilitado a dirigir e operar caminhões *munk* mais 02 auxiliares.

2.5.2.2 Unidade de desparafinação mecânica - UDM

A UDM é uma unidade de desparafinação composta basicamente dos seguintes componentes: tubo lubrificador; *staffing-box*; contrapeso; Arame; motor-pneumático; válvula de quatro vias; ferramenta de corte; válvula redutora de pressão; medidor de profundidade; mangueiras; base; tampa basculante e carretel de arame. Esses componentes são mostrados conforme o Anexo II.

Esta unidade é utilizada em poços de petróleo com intuito de manter a produção livre de formações constantes de parafinas nas paredes da coluna de produção. Assim, este equipamento preserva boas condições de fluidez do líquido e ainda melhora e simplifica os mecanismos de operação da ferramenta de corte tipo H no interior da coluna de produção do poço, de acordo com a Figura 05 e com o Anexo II.

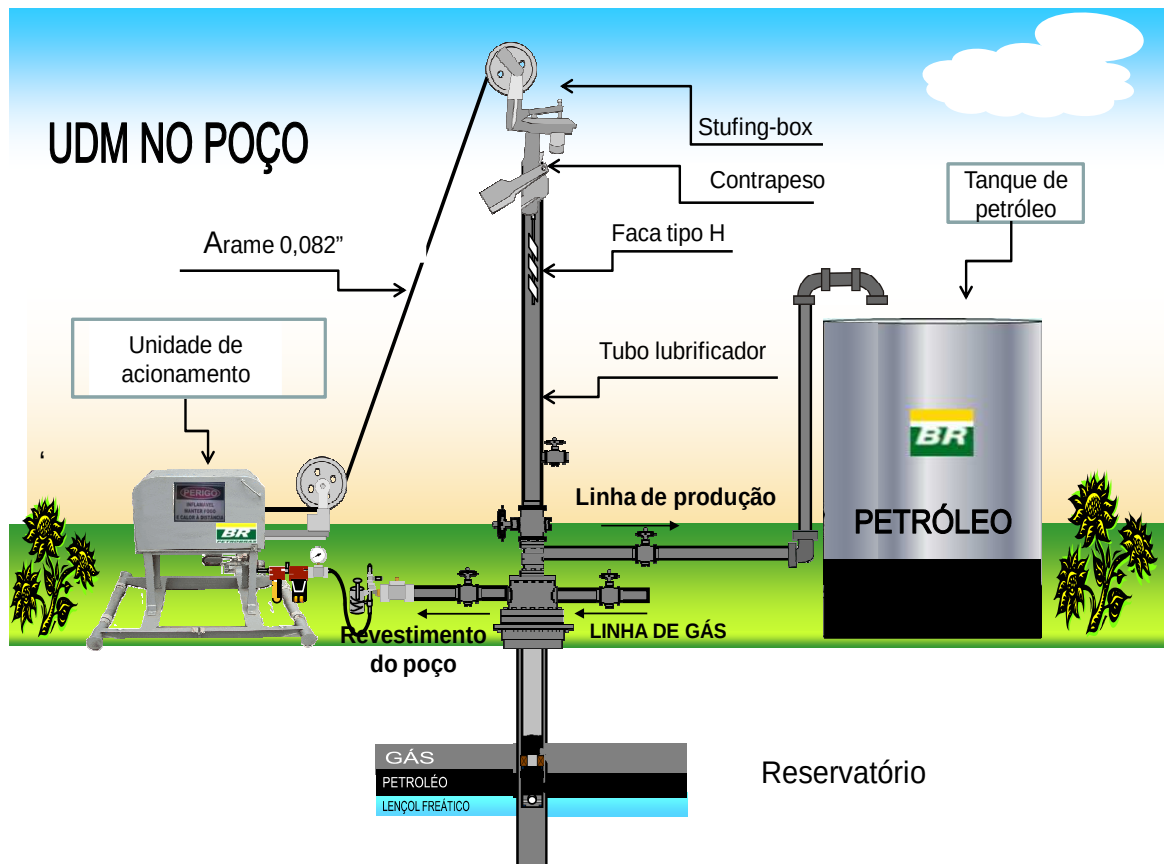


Figura 05: UDM instalada no poço

De acordo com Tavares (1999), a principal fonte de energia utilizada para o funcionamento da UDM é o gás do revestimento do próprio poço de petróleo. Vale destacar que as unidades UDMs são instaladas de forma permanente ou fixa em qualquer poço do campo em estudo, permitindo que sejam acionadas ou operadas diariamente, conforme a Figura 06.



Figura 06: Vista geral do poço equipado com UDM

O equipamento de desparafinação mecânica UDM foi especialmente adaptado depois de vários problemas operacionais, causado pelo grande precipitação da parafina em alguns poços no campo de petróleo de Furado. Quando antes o processo de desparafinação desses poços era realizado através das unidades de *wire-line* e UCAQ, que demonstravam ser ineficientes para esse fim (TAVARES, 1999).

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução

Este capítulo visa apresentar a metodologia utilizada para analisar a implantação da unidade desparafinação mecânica (UDM), de acordo com o presente estudo de caso.

3.2 Característica da Área de Estudo

A UN-SEAL – Unidade de Negócios de Sergipe e Alagoas/Petrobras, tem sua sede localizada na rua do Acre, bairro Siqueira Campos, localizado em Aracaju - Sergipe, e possui um setor de Serviços Especiais que pertence à área da Sondagem Terrestre (ST/SE-SEAL). Este setor é responsável pelas atividades de desparafinação do campo de petróleo de Furado, localizado em Alagoas.

Todas as operações de desparafinação são executadas por equipes pertencentes ao departamento dos Serviços Especiais, cujas equipes operacionais registram os seus trabalhos através do preenchimento dos relatórios de operações diárias. De posse desses relatórios, a equipe avalia qual o melhor método de desparafinação a ser utilizado nos poços específicos do campo de petróleo em estudo, levando em consideração os critérios operacionais e financeiros.

3.3 Metodologia da Pesquisa

A realização deste estudo de caso foi caracterizado pela aplicabilidade de pesquisas exploratórias, avaliações qualitativas e quantitativas das atividades de desparafinação, com o intuito de demonstrar, esclarecer e também comparar os métodos de desparafinação tradicionais praticados no campo de petróleo de Furado em Alagoas, em relação à utilização da unidade de desparafinação mecânica (UDM).

Inicialmente, foi investigado *in loco* todas as atividades relacionadas à desparafinação dos poços do campo de Furado, com objetivo de analisar o processo de desparafinação, antes e depois da implantação da unidade de desparafinação mecânica (UDM).

Posteriormente, foram analisados os diversos registros e ocorrências feitas nos relatórios de operações e produções dos poços, realizados anteriormente pelas equipes que executavam os métodos tradicionais de desparafinação, como *wire-line* e UCAQ.

Para isso, foram identificados alguns poços pertencentes ao campo de Furado, no qual a parafina se deposita em camadas ou nas paredes internas da coluna de produção tão rapidamente que a quantidade de intervenções de desparafinação deve ser a maior possível para que não ocorra queda de produção dos poços.

3.4 Coleta de Dados

A fim de atender aos objetivos deste trabalho, foram utilizados estudos técnicos do ponto de vista qualitativos e quantitativos.

Do ponto de vista qualitativo foram feitos análises de conteúdo e também observações de campo, visando conhecer melhor as circunstâncias relativas ao melhor processo de desparafinação a ser utilizado, dando ênfase aos seguintes aspectos: operacional, financeiros e de manutenção das unidades operacionais da UCAQ, *wire-line* e UDM.

Os estudos dos relatórios operacionais dos poços foram feitos para levantar os aspectos relevantes sobre a produção e operações dos mesmos.

De posse do conhecimento qualitativo, foram obtidas as informações quantitativas por meio de um estudo detalhado da quantidade de intervenções de desparafinação realizadas tanto pelos métodos tradicionais, *wire-line* e UCAQ, como também pela UDM.

Após levantamentos dos dados qualitativos e quantitativos, foi possível efetuar a tomada de decisão em analisar o melhor método de desparafinação a ser aplicado nos poços do campo de Furado, em Alagoas.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

4.1 Introdução

Inicialmente, nos resultados foram analisados os aspectos operacionais da UDM, em relação ao princípio de funcionamento, procedimento de operação e o monitoramento das operações da UDM.

Em seguida foi feito uma análise quantitativa e qualitativa, baseado no número de intervenções que ocorreram antes e depois da implantação das UDMs nos poços do campo de petróleo de Furado. Também foi realizada uma análise econômica em relação às operações de desparafinação executadas tanto pelos métodos tradicionais, como pela UDM.

Por fim, foi abordado as vantagens e desvantagens da utilização da UDM em comparação com as unidades que operam nos métodos tradicionais de desparafinação (UCAQ e *wire-line*).

4.2 Princípio de Funcionamento da UDM

O princípio de funcionamento da UDM, consiste inicialmente abrir a válvula redutora de pressão que alimenta o circuito pneumático da unidade. Em seguida, é acionada a válvula de quatro vias na posição de descida, permitindo o acionamento do motor pneumático, ativando o mecanismo de transmissão responsável por girar o carretel do arame, que é conectado a ferramenta de corte tipo H, localizada no interior do tubo lubrificador, iniciando o movimento descendente da ferramenta de corte e assim cortando a parafina encontrada da coluna de produção até a profundidade desejada.

O retorno da ferramenta se dá em função do acionamento da válvula de quatro vias no sentido de subida, fazendo com que o carretel de arame gire no sentido inverso. O movimento ascendente da ferramenta acontece até atingir o contrapeso, indicando o final do ciclo de operação da UDM.

4.3 Procedimento de Operação da UDM

Pelos estudos e observações de campo foi definido um procedimento de operação da UDM, pelo qual mostra a maneira mais prática que deve ser seguida pelo operador da atividade de desparafinação, para que não venha correr riscos do ponto de vista operacional e de Segurança Meio ambiente e Saúde (SMS).

Esse procedimento operacional foi elaborado com o apoio dos próprios operadores e com a devida aprovação do setor de gerenciamento dos Serviços Especiais do ST/SE-SEAL. A seguir, constam os seguintes passos para execução da operação da UDM:

Passo 1: Abrir a válvula da linha de alimentação de gás do circuito da UDM;

Passo 2: Verificar se a válvula da árvore de natal do poço está aberta;

Passo 3: Ajustar o anel graduado da válvula reguladora de vazão (*bean*), localizada na linha de produção;

Passo 4: Ajustar a pressão de trabalho da UDM entre 40 e 60 psi;

Passo 5: Acionar a válvula de quatro vias da unidade UDM no sentido de rotação para descida, observando a posição do contrapeso que é responsável pela indicação do ciclo de operação da ferramenta;

Passo 6: Acompanhar e verificar se a rotação de descida e subida da ferramenta para que ultrapassa 20 rpm, para com isso evitar impactos ou quebra do arame durante o a operação;

Passo 7: Observar o medidor de profundidade tanto no percurso descendente como ascendente da ferramenta de corte tipo H;

Passo 8: Verificar a subida do contrapeso, indicando assim que a ferramenta completou o seu ciclo de operação;

Passo 9: Abrir a válvula reguladora de vazão (*bean*) na abertura total

Passo 10: Fechar válvula reguladora de pressão e despressurizar o circuito da unidade UDM;

Passo 11: Efetuar o reposicionamento da válvula de quatro vias, na posição neutra;

Passo 13: Fechar a tampa basculante da unidade e checar limpeza da locação.

4.4 Monitoramento da Operação com a UDM

Em paralelo com a operação da UDM, foi possível monitorar alguns aspectos relevantes da UDM, tais como: número de quebra do arame da unidade, quantidade de parada para manutenção, tempo de ciclo da operação, velocidade de subida da ferramenta, quantidade de operações realizadas, pressão de trabalho da unidade, registros do relatório de operações, entre outros.

Com isso, foi possível estabelecer, através da aquisição de informações para análises do ponto de vista quantitativo e qualitativo, a implantação das unidades de desparafinação mecânica (UDM) no campo de Furado em Alagoas.

4.5 Intervenções dos Poços Antes da Implantação da UDM

A intervenção é a denominação dada para cada operação realizada por qualquer unidade operacional em um poço de petróleo. Este é um requisito essencial no que diz respeito à eficiência dos trabalhos de desparafinação, pois quanto maior for a quantidade de intervenções realizadas no poço, maior será a garantia de manter a coluna de produção desobstruída da parafina. No entanto, para cada intervenção realizada pelas equipes de operação existe um custo associada à mesma.

De acordo com os dados de intervenções analisados entre o período dos meses de Agosto de 2006 a Janeiro de 2007, verificou-se que antes da implantação da UDM, o processo de desparafinação no campo de Furado estava sendo dispendioso do ponto de vista operacional e financeiro.

Em relação ao ponto de vista operacional, aconteceram constantes paradas de produção dos poços, causada pela precipitação da parafina formada. No ponto de vista financeiro, foi constatado que estavam ocorrendo altos custos operacionais, tais como: gastos com consumo de água quente, contrato com equipes operacionais de UCAQ e *wire-line*, consumo de óleo diesel para acionar as

unidades UCAQ e *wire-line*, além de contratos de alocação de caminhão *munk* e de manutenção para unidades operacionais.

De acordo com o gráfico 01, foi possível avaliar o número de intervenções em conformidade com o período analisado, antes da implantação das UDMs.

Foram observados que, durante as operações da unidade UCAQ, além dos custos com a água, existiu outros custos associados a sua operação, tais como: contrato de 01 operador e 01 auxiliar de operação, como também gastos com óleo diesel e manutenção da unidade operacional.

Em relação às operações realizadas pela a unidade de *wire-line*, de acordo com a gráfico 01, foram feitos 82 intervenções de desparafinação e 13 de pescaria, completando um total de 95 intervenções. Durante essas intervenções da equipe do *wire-line*, foi observado que os mesmos gastavam em média de 30 a 60 minutos para completar cada intervenção de desparafinação nos poços do campo. Enquanto que, nas intervenções de pescaria realizadas pela a mesma equipe, foram gastos em média de três a quatro horas para sua execução, comprometendo assim o rendimento da equipe de operação do *wire-line*. Ainda analisando as intervenções de desparafinação realizadas com *wire-line*, o gráfico 01 mostra que o comportamento das operações ao longo dos meses analisados foram praticamente constantes, variando de 12 a 15 intervenções de Agosto de 2006 à Janeiro de 2007, totalizando 82 operações de desparafinação utilizando a unidade de *wire-line*. Este fato foi relevante para manutenção da produção dos poços. O número de operações de pescaria foram 13 no total, conforme o gráfico 01 no período analisado, sendo esse um número bem menor em comparação com os demais dados de intervenções do *wire-line* e UCAQ. No entanto, esse valor para níveis operacionais de desparafinação de poços de petróleo foi indesejável, pois essa intervenção foi resultado da quebra do arame da unidade de *wire-line*, durante as operações de desparafinação dos poços.

Devido à ocorrência deste fato, houve a retirada do arame do interior do poço chamada de operação de pescaria, gerando assim trabalho de manutenção para troca do carretel de arame da unidade e, conseqüentemente, provocando custos adicionais as operações de desparafinação.

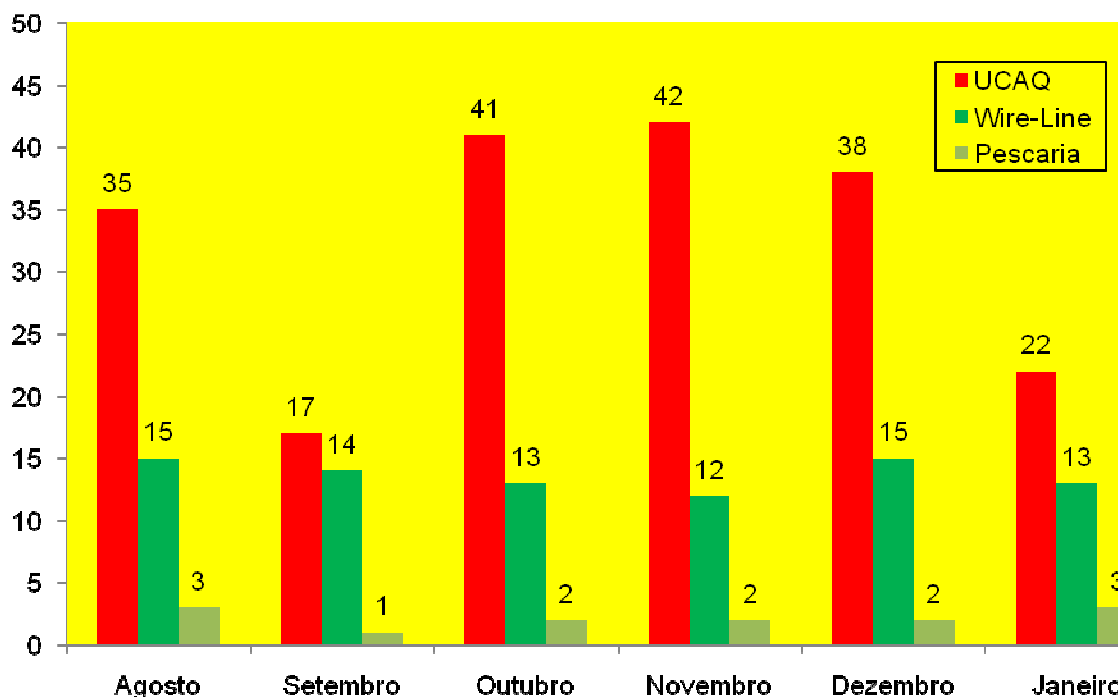


Gráfico 01: Intervenções antes da implantação da UDM

Enfim, de acordo com o gráfico 01, o somatório de todas as intervenções no período de Agosto de 2006 à Janeiro de 2007 totalizou 290 intervenções envolvendo as operações de UCAQ, *wire-line* e pescaria.

Conforme o gráfico 01, foi possível verificar que a quantidade total de intervenções com a UCAQ foi de 195 operações, em contra partida, a *wire-line* e pescaria obteve apenas 95 intervenções. Assim foi constatando que os números de operações com a UCAQ são bem maiores quando comparado com as demais intervenções no período analisado.

Por outro lado, é sabido que para cada intervenção com a UCAQ são necessários aproximadamente 1.000 litros de água quente. Considerando um total de 195 intervenções realizada pela UCAQ, logo foram consumidos 195.000 litros de água quente para desparafinação dos poços do campo em estudo, conforme período analisado.

4.6 Intervenções dos Poços Depois da Implantação da UDM

De acordo com os dados analisados de intervenções no período entre Março e Agosto de 2007, depois da implantação da UDM foi possível tornar as operações de desparafinação no campo Furado viáveis no ponto de vista operacional, conforme o gráfico 02 abaixo.

Através do gráfico 02, foi possível observar que não houve nenhuma operação com a utilização da UCAQ, ao contrário que ocorria antes da implantação da UDM. Em função desse resultado, foi descartada a necessidade de utilizar a UCAQ no campo em estudo. Conseqüentemente, acarretou o cancelamento dos contratos de abastecimento de água, de mão-de-obra operacional e de abastecimento de combustível.

Depois da devida implantação das UDMs nos poços do campo de petróleo de Furado, foi constatado que o tempo de percursos dos Pigs raspadores da linha do poço até a estação coletora diminuíram drasticamente, de 2 horas para 1 hora, aproximadamente.

Ainda de acordo com o gráfico 02, as quantidades totais de operações depois da implantação das unidades operacionais UDMs passaram de 290 para 971 operações de desparafinação.

Ficando evidente que esses números de intervenções de desparafinação nos poços triplicaram, quando comparados com a situação do período anterior analisado, implicando em ganhos operacionais e de produção para o poço de petróleo, no qual a UDM se encontra instalada. Esse resultado é extremamente relevante para os níveis operacionais envolvendo as atividades de desparafinação.

Outro fator relevante que foi considerado na análise das intervenções operacionais, diz respeito à carga de trabalho em que os operadores foram submetidos durante as intervenções antes e depois da implantação da UDM.

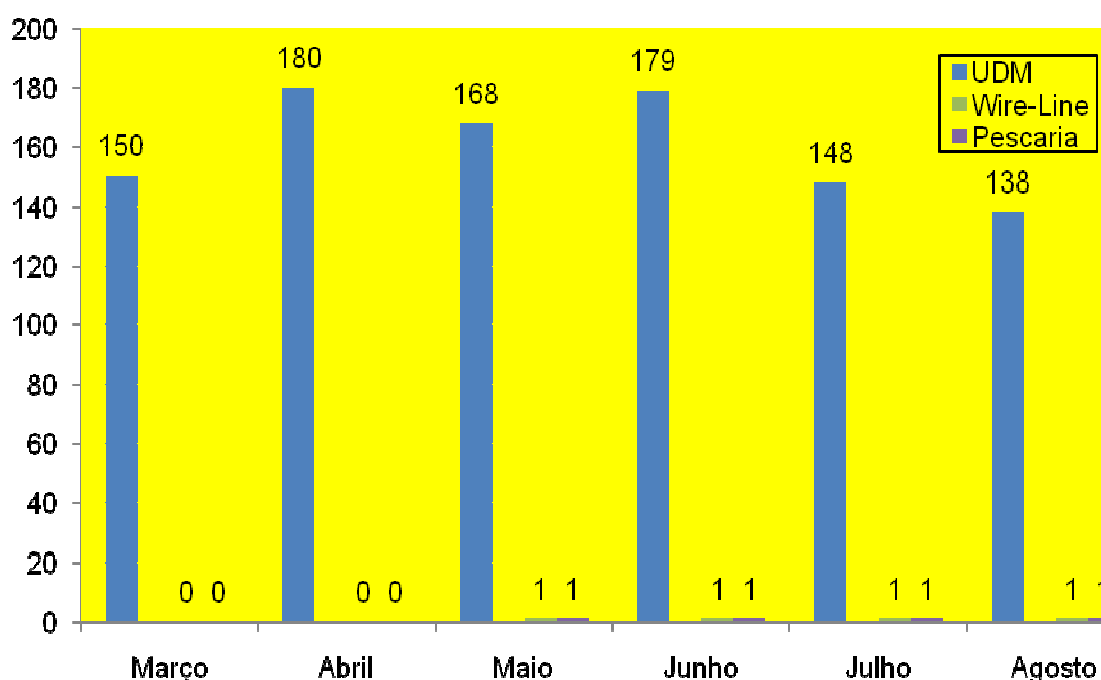


Gráfico 02: Intervenções depois da implantação da UDM

Antes da implantação da UDM, os operadores do *wire-line* e UCAQ fizeram um total de 290 intervenções. Para atender essa mesma demanda de poços trabalhavam-se em média, quatro horas diariamente. Depois da implantação da UDM, houve uma redução significativa no número de intervenções totais, de 290 para 08 operações, conforme pode ser constatado no gráfico 02 acima. Conseqüentemente, houve uma diminuição na carga de trabalho dessas equipes operacionais da UCAQ e *wire-line*.

De acordo com o gráfico 02, a UCAQ não realizou nenhuma operação. No entanto, em comparação com o período analisado anteriormente, esse tipo de intervenção foi a que prevaleceu em relação às demais intervenções no período considerado anteriormente, isso não aconteceu depois implantação das UDMs.

Conforme observação no gráfico 02, foi notório que houve praticamente uma eliminação nas atividades de *wire-line* e pesca depois da implantação da UDM, pois passaram de 95 para apenas 08 operações totais, ou seja, ocorrendo essa redução nas atividades em mais de 90% em comparação com período anteriormente analisado.

Como se pode observar nos dados do gráfico 02, as operações com as UDMs prevaleceram de forma considerável em relação aos métodos tradicionais de desparafinação (UCAQ e *wire-line*), pois possibilitou a realização de 963 intervenções de um total de 971 depois da implantação da UDM,

Dessa forma, a UDM realizou mais de 99 % das intervenções de desparafinação nos poços do campo, dentro do período analisado, conforme pode ser visto no gráfico 02.

4.7 Impactos Econômicos Causados com a Implantação da UDM

Após a implantação da UDM, possibilitou estabelecer subsídios suficientes para análises sob o ponto de vista econômico, devendo abordar alguns aspectos relevantes sobre os impactos econômicos da implantação desta unidade.

Analisando os dados de produção dos poços nos quais foram instaladas as UDMs, foram constatados um aumento de produção diária dos poços em torno de 25% em relação ao período anterior da implantação das UDMs, pois não houve mais interrupções no fluxo de óleo, devido à formação da parafina no interior da coluna de produção. O que, além de reduzir a vazão do petróleo produzido, implicava muitas vezes no uso freqüente de UCAQ ou *wire-line* para sua desparafinação, estes nem sempre se encontravam disponíveis para operação imediata.

Outro aspecto relevante em relação aos resultados econômicos, envolveu a minimização de custos de manutenção para substituição das linhas de produção, pois, antes da implantação da UDM, comumente acarretava a obstrução do pig raspador causada pela quantidade de parafina formada na linha de produção, localizada na saída do poço até a estação de coleta óleo mais próxima.

Em relação aquisição das unidades operacionais como UDM, UCAQ e *wire-line*, foi feito um levantamento técnico com alguns fornecedores, no intuito de obter o custo de aquisição para cada tipo de unidade utilizada no processo de desparafinação de poços. Foram constatados que o investimento inicial para aquisição de uma unidade UDM foi 8 vezes menor do que o custo inicial de uma UCAQ e 15 vezes menor do que uma unidade de *wire-line*, conforme a Tabela 01.

Tabela 01: Valores de aquisição das unidades operacionais

Unidades	Valor de aquisição (R\$)
UDM	12.0000,00
UCAQ	96.000,00
Wire-line	180.000,00

Ainda em relação aos aspectos econômicos, foi observado que os custos de manutenção da UDM foram inferiores, quando comparados com as outras unidades operacionais utilizadas na desparafinação de poços. Os gastos médios com manutenção foram cerca de 25 vezes menores quando comparados com os custos de manutenção realizados com as unidades tradicionais de desparafinação (*wire-line* e UCAQ) aplicados no campo de Furado, de acordo com a Tabela 02.

Tabela 02: Custo médio de manutenção das unidades operacionais

Unidade	Custo médio de manutenção (R\$)
UDM	100,00
(UCAQ e Wire-line)	2.500,00

*Estimativa de um custo médio de manutenção

Finalmente, foi calculado o lucro cessante que é resultado das paradas de produção devido às intervenções de desparafinação nos poços do campo em estudo. Para a realização do cálculo lucro cessante, foram feitas as seguintes considerações:

- A duração de 30 e 60 minutos para operação de desparafinação da UCAQ e *wire-line*, respectivamente.
- O preço do barril de petróleo a 50 US\$ (cinquenta dólares);
- A duração média diária de 04 horas para as intervenções dos métodos tradicionais de desparafinação;
- Base de cálculo para apenas um poço do campo.

Além dessas considerações, foram obtidas informações operacionais da produção média diária de alguns poços do campo, foi possível calcular o lucro

cessante em 66 dólares por dia, essa perda monetária é causada devido às intervenções realizadas pelos métodos tradicionais desparafinação.

O lucro cessante torna-se ainda mais significativo quando multiplicada pela quantidade dos poços em operação. Entretanto, no que diz respeito ao lucro cessante, a UDM não exerceu nenhuma influência, pois a mesma operou com o poço aberto, ou melhor em produção. Dessa forma, não ocorrendo paradas de produção durante o seu funcionamento.

4.8 Vantagens e Desvantagens da UDM

4.8.1 Vantagens

No que diz respeito ao processo de operação da UDM, o seu funcionamento é semi-automática, possibilitando que o operador durante o seu funcionamento se ausente da locação do poço. No entanto, na desparafinação realizada pelos métodos tradicionais, *wire-line* e UCAQ isso não é possível, pois sua operação é totalmente mecânica, necessitando da presença constante do operador da unidade como também dos demais membros da equipe.

O sistema operacional UDM possui um motor pneumático (Anexo II.3) que é acionado pelo próprio gás do revestimento do poço, enquanto que nos demais métodos é necessário o uso do motor de combustão interna de quatro cilindros.

Em relação ao aspecto ergonômico, a UDM reduziu o trabalho físico e humano, necessitando de apenas de um operador para acionar e acompanhar o processo de operação. No entanto, para se operar uma UCAQ ou uma unidade de *wire-line* com a mesma finalidade de uma UDM, foi necessária uma equipe com no mínimo duas a cinco pessoas trabalhando durante quase toda a operação de desparafinação.

No que diz respeito ao ponto de vista de logística, a unidade UDM é montada em *skid* (Anexo II.10), com olhais de suspensão, possibilitando fácil e rápida locomoção. Por outro lado, na desparafinação com a unidade de *wire-line* é necessário um contrato de locação de um caminhão *munk* para movimentar a unidade nos poços do campo em estudo.

Ainda em relação aos aspectos logísticos, a unidade UDM é de extrema versatilidade, pois foi possível ser instalada em qualquer poço de petróleo que possua uma fonte de gás para o seu funcionamento, independente das características técnicas dos poços do campo.

Do ponto de vista operacional, caso a ferramenta de corte prendesse ao longo da coluna de produção por algum motivo operacional, na UDM a mesma iria acionar um sistema de alívio no motor pneumático, evitando causar danos ao mecanismo de acionamento da unidade ou rompimento do arame. Por outro lado, esse fato não ocorre com a unidade de *wire-line* que utiliza o princípio de funcionamento semelhante.

Com relação à manutenção das UDMs, as mesmas foram montadas e instaladas nos poços, de tal forma que a manutenção seja mais simples possível. Este fato tornou-se possível devido à simplicidade do projeto e dos componentes da unidade, permitindo assim que próprio operador realize as manutenções periódicas de rotina, com isso garantindo o perfeito funcionamento da UDM. No entanto, para se realizar a manutenção das unidades utilizadas nos demais métodos, muitas vezes houve a necessidade de equipes especializadas para executar a manutenção dos equipamentos.

A UDM é um equipamento muito compacto e equipado com conexões tipo engate rápido, para fácil e rápida instalação nos poços, não ocorrendo nos demais equipamentos dos demais métodos tradicionais (UCAQ e *wire-line*) que possuem inúmeras conexões que são utilizadas em sistemas hidráulicos variados.

4.8.2 Desvantagens

No ponto de vista operacional, a UDM possui apenas um propósito operacional, ou seja, a desparafinação de poço. Enquanto que as unidades de *wire-line* e UCAQ, além de efetuarem operações de desparafinação, podem executar outras atividades operacionais em poços de petróleo do campo em estudo.

Além disso, a UDM se limita em operar apenas em poços com sistema *gás-lift* ou surgentes. Por outro lado, os métodos tradicionais de desparafinação

(UCAQ e *wire-line*) podem operar em poços que empregam outros métodos de elevação de petróleo.

5 CONCLUSÃO

A indústria petrolífera ao longo dos anos tem crescido bastante, esse fato acontece devido à grande demanda pelo uso e utilização dos combustíveis e derivados de petróleo. Por outro lado, as empresas têm investido de forma considerável na exploração e produção de petróleos com características parafínicas, a fim de conseguir atender o consumidor.

Nessa visão, ficou observado que existe uma busca intensa da Petrobras em otimizar a produção dos poços de petróleos parafínicos, nos quais é comum a formação de depósitos de parafinas que causam obstruções ou até mesmo paralisação da produção do poço. Para isso, foi feito um estudo detalhado do campo de Furado, em Alagoas, com o intuito de desenvolver um método de desparafinação inovador, capaz de otimizar a eficiência produtiva e minimizar os custos operacionais.

Em relação à quantidade de intervenções nos poços, foi verificado que aplicando os métodos de tradicionais desparafinação, os mesmos não estavam sendo eficientes para manter a produção do campo de petróleo em estudo. Dessa forma, a intervenção é um fator muito importante para manutenção da produção dos poços que acumulam parafina na sua coluna de produção.

Outro problema identificado, diz respeito aos impactos econômicos ocasionados pelo uso dos métodos tradicionais desparafinação (*UCAQ* e *wire-line*), sendo esses motivos de inúmeros questionamentos operacionais.

Diante disso, verificou-se a necessidade da implantação da Unidade de Desparafinação Mecânica (UDM), tornando a operação desparafinação do campo de Furado uma atividade vantajosa em comparação com os métodos tradicionais aplicados.

Os resultados obtidos permitiram concluir que, as quantidades de intervenções realizadas nos poços depois da implantação da UDM aumentaram mais do que 3 vezes, ou seja, passaram de 290 para 923, quando comparados ao mesmo período tempo anteriormente analisado, ou seja, 06 meses antes e 06 meses depois da implantação da UDM. Em decorrência disso, ocorreu à extinção dos trabalhos com a UCAQ, ao mesmo tempo diminuiu drasticamente o volume de trabalho da equipe de *wire-line*.

Além disso, houve uma redução expressiva dos custos operacionais associados à UCAQ e *wire-line*, tais como: custos com locação de caminhão *munk*; custos com combustível; custos de contrato de mão-de-obra; custos de contrato de fornecimento de água e custos de aquisição e manutenção das unidades operacionais.

O presente estudo possibilitou também concluir que a confiabilidade da UDM está em patamares superiores a UCAQ e *wire-line*, por se tratar de uma unidade operacional com poucas partes móveis e de não necessitar fonte externa de energia para o seu funcionamento.

No que diz respeito ao poço de petróleo, a operação diária e contínua da UDM manteve o fluxo de produção do poço constante, com isso as perdas de cargas tanto na coluna como na linha de produção foram reduzidas, de modo que se tenha aumento na produção do poço e eliminação dos custos de manutenção das linhas.

Portanto, a pesquisa apresentada neste trabalho possibilitou concluir que a implantação da UDM no campo em estudo é um processo extremamente vantajoso em relação às unidades utilizadas nos métodos tradicionais de desparafinação, pois se mostraram viáveis economicamente e eficazes no ponto de vista operacional.

REFERÊNCIAS

Cardoso, Luiz Cláudio – **Petróleo: do poço ao posto** – 1.ed. - Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

DÓRIA, Maria Assunção Fontenele Soares. **Noções de Geologia e Reservatório**. Curso de Formação de operadores. UN-SEAL/RH/DRH, 2006.

GÓES, Raul Oliveira et al – **Mapeamentos dos campos de Furado**, Cidade de São Miguel dos Campos Bacia Sergipe/Alagoas– Goiânia – 1986.

MANÇU, Raymundo Jorge de Sousa. **Fundamentos de Completação de Poços**. Manual da supervisão. UN-BA/ATP-N/OP-BA, 2004.

NAOCHI, Araki. **Curso de Equipamentos de Poços de Perfuração**, Agosto de 2006.

ROSA, Adalberto José; CARVALHO, Renato de Souza; XAVIER, José Augusto Daniel **Engenharia de Reservatório de Petróleo** - Rio de Janeiro - Interciências: PETROBRAS, 2006.

SOUZA, Natanael Fernandes de – **Apostila Métodos de Elevação Artificial** – Aracaju: UFS, 2006.

ST/SE-SEAL - **Relatórios de Operações de Desparafinação** – Sergipe/Alagoas: UN-SEAL 2006 e 2007.

TAVARES, Élson Correia – **Apostila de Wire-Line**: PETROBRAS, 1999.

THOMAS, José Eduardo - **Fundamentos da Engenharia de Petróleo** – Segunda edição – Rio de Janeiro – Interciência: PETROBRAS, 2004.

VIANA, Humberto Lopes – **Manual de operação e manutenção da unidade de circulação de água quente (UCAQ)**: PETROBRAS, 1996.

ANEXOS

ANEXO I – EQUIPAMENTOS PARA COMPLETAÇÃO DE UM POÇO QUE UTILIZA UDM.

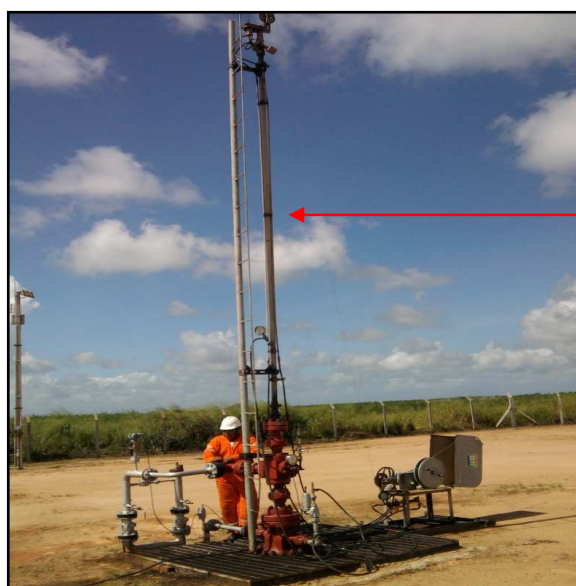
- Revestimento de produção: 5.1/2" OD x 17 lb. / pé, N-80.
 - Intervalos estimulados / abertos à produção de óleo: 1350,0 – 1355,0 m e 1361,0 - 1366,0 m (BIT-11C). Fundo do poço: 1384,4 m (tampão de cimento, acima do colar flutuante).
 - Coluna 2.3/8" EU.
 - 1º mandril mod. "KBMG", com válvula para 1050 psi, a 594,4 m;
 - 2º mandril mod. "KBMG", com válvula para 1020 psi, a 1002,6 m;
 - 3º mandril mod. "KBMG", com válvula para 850 psi, a 1337,0 m;
 - *On off lynes*, **2.3/8" EU**, CD-4083, à 1339,0 m
- Observação: Entre o *on-off lynes* e o *packer*, existe 01 tubo curto.
- Packer* modelo "FH" a 1341,2 m, OH-11119 → anel p/ 30.000 lbs.
- Niple modelo "F", sem / para *standing valve* de 2", a 1352,4 m;
 - Niple modelo "R", sem / para *standing valve* de 2", a 1362,0 m.
- Extremidade com boca de sino a 1362,5 m.

ANEXO II – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA UDM

Partes integrantes da UDM

II.1 Tubo lubrificador

O tubo lubrificador é fabricado com aço especial de alta resistência, podendo suportar uma pressão de trabalho maior que a pressão do poço.



Tubo lubrificador

Figura 01: Tubo lubrificador

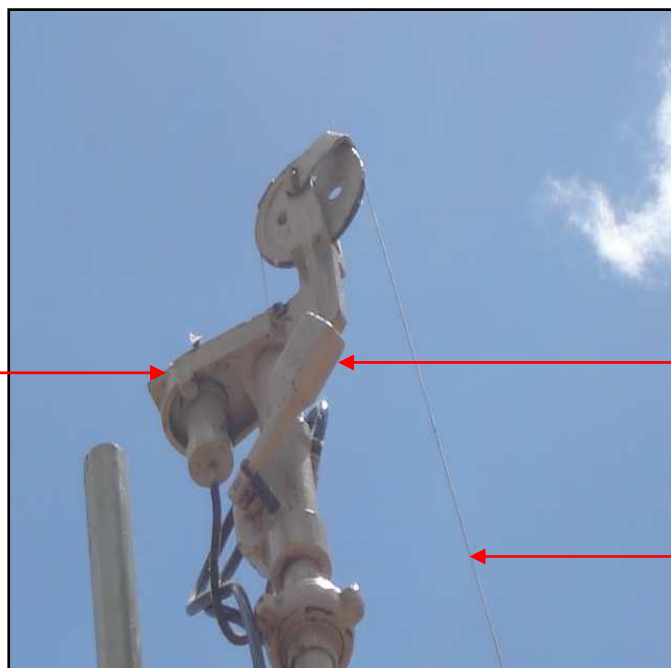
II.2 *Stuffing-Box*, arame e contra peso

O *Stuffing-Box* permite o acesso do arame ao poço em fluxo estabelecendo estanqueidade durante a movimentação da ferramenta de corte no interior da coluna de produção. É constituído de um corpo onde fica alojado um conjunto de gaxetas vazadas por onde passa o arame da unidade.

Ainda no *Stuffing-Box*, se encontra o contra peso que funciona como um sensor para indicar de final do ciclo operacional.

Em relação ao arame, o mesmo é fabricado de aço inoxidável com diâmetro de 0.082 de polegada.

Stuffing-Box



Contrapeso

Arame

Figura 02: Stuffing-box

II.3 Motor pneumático

O motor pneumático é responsável pelo funcionamento do mecanismo de acionamento da UDM. O mesmo é acionado pelo próprio gás do revestimento do poço e, é construído de aço especial com palhetas internas que giram de acordo com o sentido de fluxo do gás.

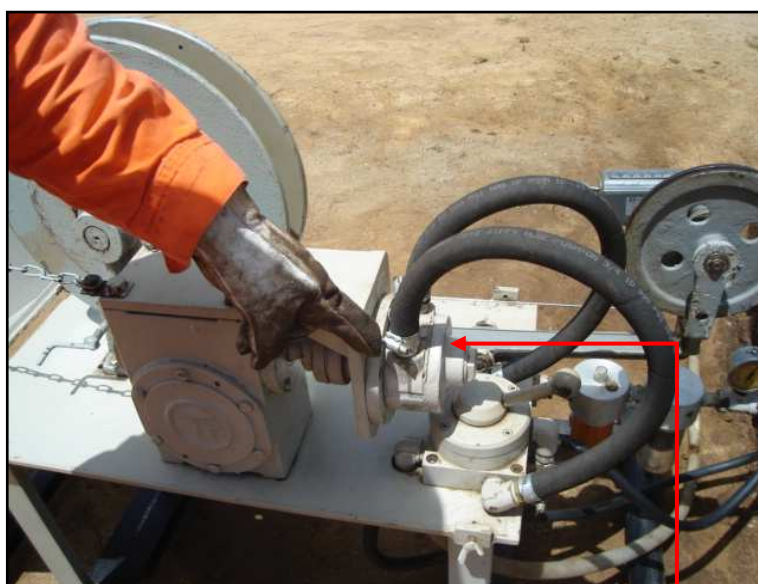


Figura 03: Motor pneumático

Motor pneumático

II.4 Válvula de quatro vias

A válvula de quatro vias é responsável pelo direcionamento do fluxo do gás para o interior da câmara do motor pneumático, possui uma alavanca de onde o operador aciona o mecanismo principal para acionamento da UDM.

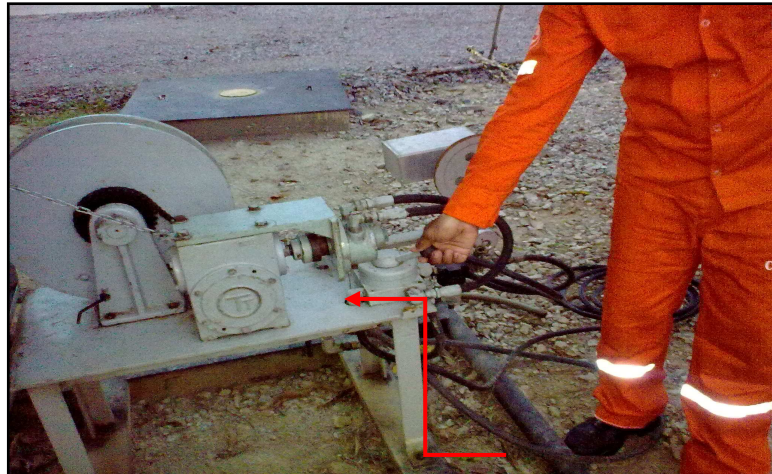


Figura 04: Operador acionando válvula de quatro vias

II.5 Ferramenta de corte

A ferramenta de corte é composta dos seguintes componentes: lâmina de corte, barra de peso, preventor de explosão e porta cabo.

A Lâmina de corte é fabricada de aço especial que corta a parafina oferecendo menos chances de obstrução, pois sua ação raspadora positiva de 360 graus é igualmente dividida pelos seus dois elementos cortadores denominado de hélices, localizados nos lados opostos da ferramenta, permitindo mínima resistência do fluido ao atravessá-la.



Figura 05: Lâmina de corte helicoidal

A Barra de peso é um equipamento de forma cilíndrica que fornece um maior peso possível ao conjunto da ferramenta de corte, de tal forma que facilite o trabalho de desagregar a parafina na coluna do poço petróleo, as mesmas são construídas de aço especial.



Figura 06: Barra de peso

Preventor de explosão é fabricado de aço especial, com o objetivo de evitar que a ferramenta de corte seja arremessada do interior da coluna de produção. A mesma possui um mecanismo em forma de garras que permite travar a ferramenta na coluna de produção.



Figura 07: Preventor de explosão

O porta cabo é o elo de ligação entre o arame e o restante da composição da ferramenta de corte. Construído de aço especial e com o corpo oco, permitindo o alojamento do nó e outros acessórios que propiciam o amortecimento dos impactos e livre rotação da composição da ferramenta.

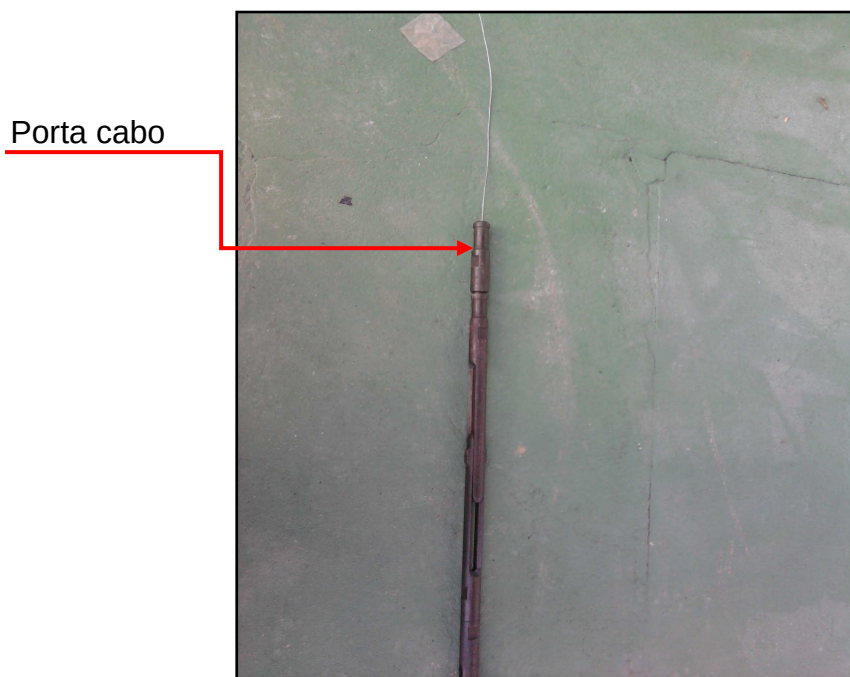


Figura 08: Porta cabo

Vista geral da ferramenta de corte montada conforme os seus componentes, citados acima:



Figura 09: Ferramenta de corte

II.6 Válvula redutora pressão

A válvula redutora de pressão está conectada a linha do revestimento do poço, sendo responsável pela redução da pressão do gás do revestimento para a pressão de trabalho que alimenta o circuito de acionamento da UDM.

Válvula Redutora

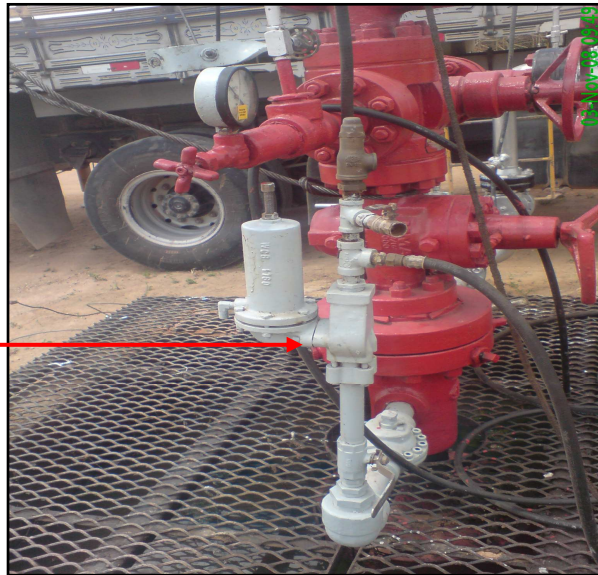


Figura 10: Válvula redutora de pressão

II.7 Medidor de profundidade

O medidor de profundidade é um instrumento que realiza a medição do arame durante a operação da UDM, proporcionando o melhor controle da localização da ferramenta no interior da coluna de produção do poço.

Medidor Profundidade

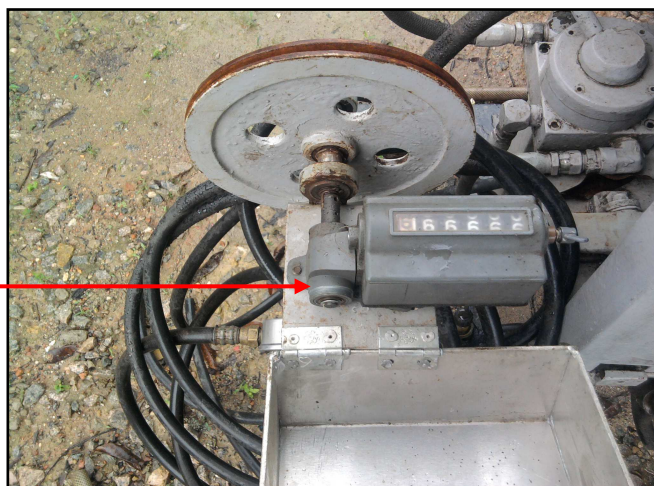


Figura 11: Medidor de profundidade

II.8 Mangueiras

As mangueiras são usadas para canalizar o gás do circuito pneumático da UDM. Geralmente são fabricadas de uma borracha especial, de tal modo que venham a atender as especificações e normas técnicas relativas as classes de pressão e temperatura.



Figura 12: Mangueiras

II. 9 Tampa basculante

A tampa basculante é construída de aço e tem a função de proteger o equipamento contra a exposição ao sol, chuva, poeiras e outros.

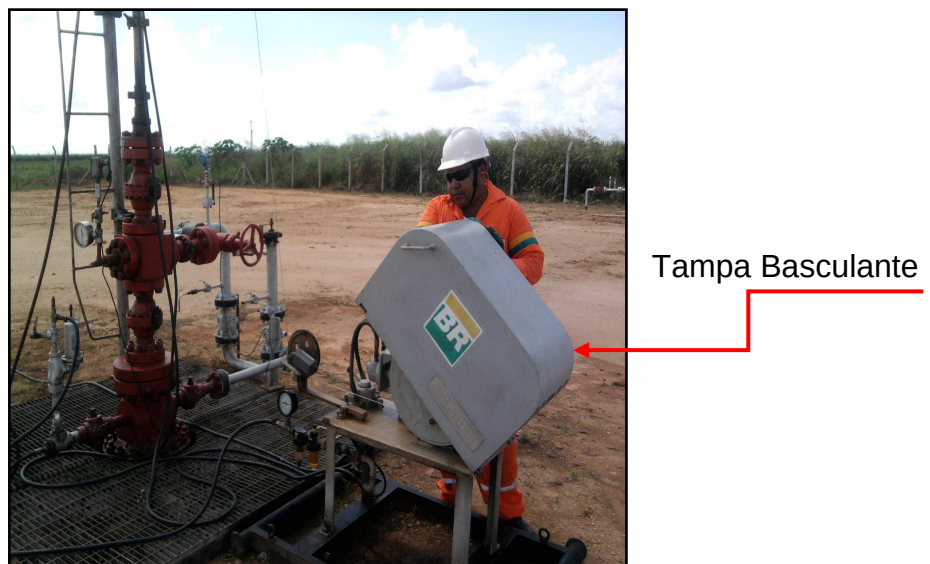


Figura 13: Tampa basculante

II.10 Base da UDM e carretel de arame

A base da UDM é composta de uma estrutura metálica robusta denominada de *Skid*.

Já o carretel de arame é construído de aço. Sendo o local onde o arame é enrolado e desenrolado durante as operações de descida e subida da ferramenta de corte da UDM.

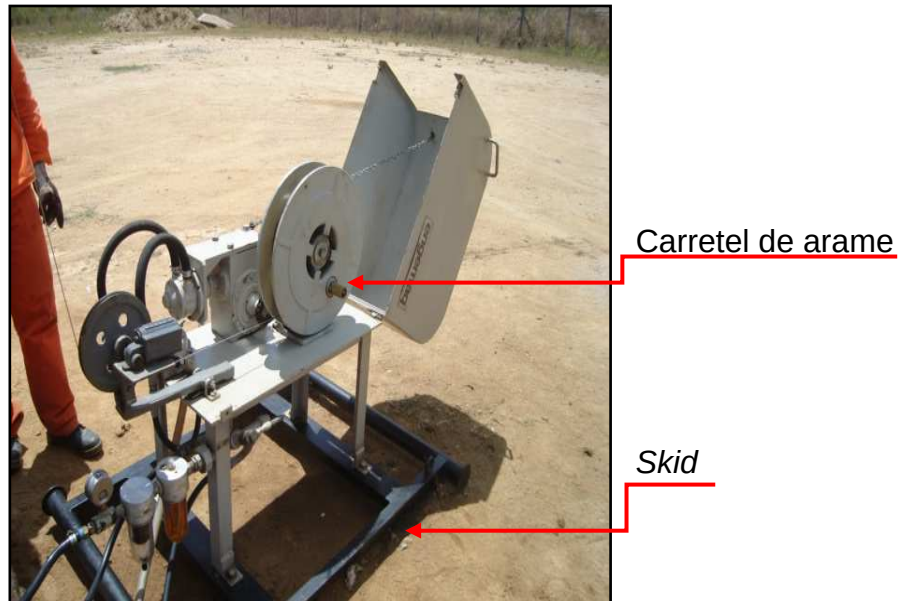


Figura 14: Carretel de arame e Skid