

“APLICAÇÕES DO SISTEMA ROTO-PNEUMÁTICO EM PROGRAMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS”

Gomes, José Lázaro

Gerente de Assistência Técnica — Prominas Brasil S/A.

Simões, Ricardo Pera

Diretor de Marketing — Prominas Brasil S/A.

ABSTRACT

The aim of choosing a certain set of equipment is that of allowing the largest operational efficiency possible, under the pre-established conditions and lowest alternative cost for the service one intends to make.

It is concluded from this principle that before the option for one specific brand of equipment, several steps of studies are necessary and if they are well performed, they will guarantee the success of the drilling program.

The first task is to choose the most adequate method to the specific conditions of every program. The following step is to define the technical characteristics which are important in the equipments which are peculiar to the selected method, through the sensible analysis of the functions performed by each part of the system.

The aim of this work is to present and discuss the several techniques which interfere in the roto-pneumatic drilling method, which because of its recent utilization in Brazil, still raises much confusion.

O objetivo da escolha de determinado conjunto de equipamentos é o de permitir o maior rendimento operacional possível, dentro das condições pré-estabelecidas para o serviço que se pretende fazer e do menor custo alternativo.

Conclui-se desse princípio que antes da opção por uma marca específica de equipamento, são necessários vários passos e estudos, que se bem executados, garantirão o êxito do programa de perfurações.

A primeira tarefa é a de escolher o método mais adequado às condições específicas de cada programa. De modo esquemático, são seis os fatores, a seguir descritos, que devem ser considerados:

a) **PREMÊNCIA DE ABASTECIMENTO:**

É um dos objetivos essenciais de qualquer sistema de abastecimento, pois exprime a variável tempo; em certa parte, incorpora o objetivo "número de poços a construir", pois uma das dimensões deste é o tempo em que devem ser construídos.

b) **VAZÃO DE CADA POÇO:**

É um objetivo do sub-sistema de perfuração de poços, que incorpora dois outros objetivos: "volume total d'água necessário ao sistema total" e "número de poços a construir", além do recurso "potencial hídrico".

c) **DIÂMETRO DO POÇO:**

É um objetivo do sub-sistema de perfuração de poço, claramente quantificável e que é uma boa medida de avaliação da adequação dos métodos de perfuração.

d) **PROFUNDIDADE DO POÇO:**

É outro objetivo claro e definido do sistema de perfuração de poços, que incorpora o recurso "localização dos aquíferos".

e) **DUREZA DOS TERRENOS:**

É um recurso do sistema, que opera como uma restrição aos vários métodos.

f) **CAPITAL DISPONÍVEL:**

É outro recurso do sistema, que incorpora dois outros recursos "Tecnologia dispo-

nível" e "recursos humanos" - na medida em que estes podem ser superados sempre, desde que haja capital para tanto.

Existe um mecanismo prático para a escolha do melhor método de perfuração, desenvolvido em trabalho apresentado no 1º Encontro de Perfuradores - São Paulo - outubro/79 que pode ser aplicado em qualquer caso, bastando apenas definir e quantificar as variáveis. (1)

Escolhido o método mais adequado, o passo seguinte é o de definir as características técnicas que são importantes nos equipamentos próprios do método selecionado, através da análise criteriosa das funções desempenhadas por cada parte do sistema.

O objetivo do presente trabalho é o de apresentar e discutir as variáveis técnicas que interferem no método de perfuração roto-pneumático, que sendo de aplicação recente no Brasil, ainda desperta muita confusão.

I - SISTEMA ROTATIVO CIRCULAÇÃO DIRETA COM LAMA

1. DEFINIÇÃO:

É um conjunto de ferramentas com um movimento de rotação dado por uma mesa rotativa (móvel ou fixa). Por esse conjunto ocorre a circulação do fluido de perfuração (lama), que vem da(s) bomba(s) de lama passando internamente pelo conjunto de ferramentas, saindo na broca e retornando à superfície no espaço anular entre o ferramental e as paredes do poço, carregando os detritos resultantes da ação da broca; uma vez atingida a superfície, estes detritos passam pelo sistema de decantação (tanques, peneiras, desareadores) onde deverão ser separados da lama, voltando esta ao tanque de sucção onde é novamente injetada para o fundo do poço, completando assim o seu ciclo.

2. APLICAÇÃO:

Para perfurações de poços tubulares profundos para água, o sistema rotativo com lama é normalmente utilizado nas perfurações em formações brandas e médias.

3. PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUEM NO RENDIMENTO DE PERFURAÇÃO

3.1. ROTAÇÃO E TIPOS DE BROCAS

São fatores importantes na velocidade de penetração, sendo que a rotação ideal é definida em função do tipo de formação, tipo de broca e peso sobre a broca. A broca ideal é escolhida em função da resistência à compressão e abrasividade da formação. Seguem abaixo, alguns exemplos de brocas e utilização:

a) BROCAS TRICÔNICAS PARA FORMAÇÕES BRANDAS

São caracterizadas por cones de dentes longos, espaçados, agudos e resistentes para permitir uma penetração máxima na formação. São projetadas para terem uma máxima ação de raspagem (arrancar material) e mínima ação percussiva (fraturação e golpe).

Normalmente este tipo de broca deveria trabalhar com peso, variando entre 450 a 1360 kg/polegada de diâmetro da broca e velocidade de rotação entre 100 e 85 rpm em relação inversa ao peso aplicado.

b) BROCAS TRICÔNICAS PARA FORMAÇÃO MÉDIA

São caracterizadas por cones de dentes mais curtos, não tão agudos, - mais duros e menos espaçados entre si. Sua geometria proporciona um maior trabalho percussivo (fraturação) dos dentes em detrimento de um menor trabalho de raspagem. Para este tipo de broca o peso deveria variar entre 450 a 2270 kg por polegada de diâmetro da broca e a velocidade de rotação entre 100 a 60 rpm.

c) BROCAS TRICÔNICAS PARA FORMAÇÕES DURAS

Geralmente para perfurações de poços tubulares profundos para água em formações duras, não se utiliza o sistema rotativo, por exigir grande peso sobre a broca para se obter um rendimento satisfatório de perfuração sendo que os equipamentos para água não são projetados para trabalharem com pesos elevados. Nestes casos o sistema roto-pneumático - "down the hole" tem maior eficiência, porém em alguns casos, somente o tradicional sistema percussão nos dará uma razoável taxa de penetração para um baixo custo operacional.

Nos casos de utilização do sistema rotativo, a broca deverá ter sua estrutura cortante com dentes curtos, pouco espaçados pois a geometria dos dentes dará uma máxima ação percussiva, triturando e destruindo as rochas com mínima ação de raspagem. Neste caso o peso sobre a broca deverá ser entre 1800 a 3200 kg por polegada de diâmetro da broca com ro

(1) "Metodologia para escolha de equipamentos de perfuração - vantagens e desvantagens dos sistemas a percussão, rotativo e pneumático" - Simões, Ricardo Pera - mimeografado.

tação que decresce de 80 a 40 rpm à medida que aumenta o peso.

d) **BROCAS DE ASAS (RABO DE PEIXE E DEDO)**

Esses tipos de brocas são utilizados para perfuração em formações brandas e pouco abrasivas. Sua geometria faz com que haja um corte do material por arraste.

Proporcionam uma boa taxa de penetração, porém têm vida curta principalmente quando a formação é abrasiva. Hoje com a aplicação de carbeto de tungstênio sob forma de pastilhas distribuídas convenientemente sobre as bordas cortantes aumentamos consideravelmente a vida dessas brocas. Para estes tipos de broca, geralmente utilizam-se pesos menores e velocidades de rotação variando de 70 a 30 rpm.

Para determinação do tipo de broca mais adequado para uma determinada formação, deveremos tomar como parâmetro comparativo, o custo por metro perfurado com cada broca, que poderá ser determinado pela seguinte equação:

$$\text{Cmt} = \frac{T + \text{Ceq} (\text{Hr} + \text{Hv})}{\text{mt}}$$

Cmt = Custo do metro perfurado

Ceq = Custo horário do equipamento

T = Custo das brocas

Hr = Horas de rotação (tempo útil)

Hv = Horas de viagens (tempo morto)

mt = Metros perfurados.

3.2. **COLUNA DE PERFURAÇÃO**

a) **HASTES**

A escolha do hasteamento de perfuração depende de vários fatores, tais como: profundidade e diâmetro do poço a ser perfurado, capacidade de empuxo para cima (pull-back) do equipamento, carga imposta à tubulação, vazão da(s) bomba(s) de lama. Em alguns casos é mais conveniente fazer uma montagem telescópica do hasteamento.

b) **COMANDOS DE PERFURAÇÃO**

É a parte importante da coluna de perfuração localizada entre a broca e o hasteamento.

Tem a finalidade de promover peso para facilitar a penetração da broca na formação, fornecer estabilidade à coluna e guiar o furo.

Deveremos utilizar o máximo número de comandos compatível com a capacidade de "pull-back" do equipamento, pois estes darão um furo alinhado com um bom rendimento de penetração.

Não é aconselhável a aplicação do empuxo para baixo (pull-down) do equipamento em condições onde pode utilizar-se somente comandos pois o "pull-down" aplicado sobre a coluna de perfuração, provoca um flexionamento por compressão em complicada curva espiral no hasteamento que com o movimento de rotação pode resultar numa ruptura da coluna por fadiga, além de causar desvio do furo.

3.3. **BOMBA DE LAMA**

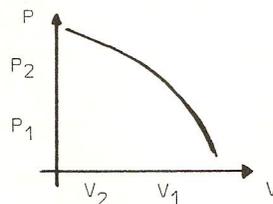
Basicamente temos dois tipos de bombas:

a) **bomba de pistão ou bomba alternativa.**

Este tipo de bomba é indicada para perfuração de poços, porque uma vez fixada a pressão, mantém, pelo menos teoricamente, o volume de saída.

b) **bomba de fluxo ou bomba centrífuga.**

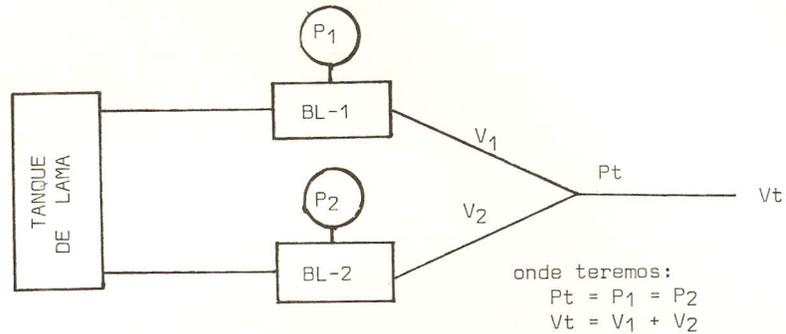
Este tipo de bomba tem sua curva característica da seguinte forma:



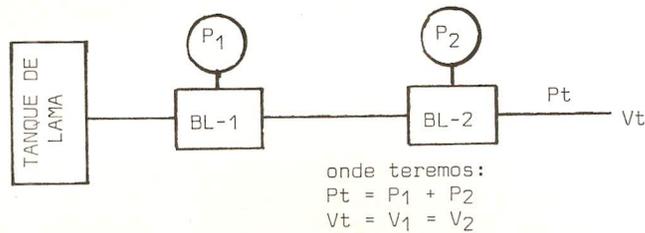
Isto significa que ao aumentar a pressão da bomba de P₁ para P₂ a vazão cai de V₁ para V₂. Tem rendimento satisfatório para perfurações em pequena profundidade.

Em um equipamento de perfuração, as bombas são os elementos que realizam a função mais importante do sistema; devem manter um volume conveniente de fluido, seja qual for a pressão necessária para elevar até a su

per�icie os detritos removidos pela broca, manter um equil6brio de press6es dentro do poço, ou, no caso das brocas a jato promover o efeito hidr6ulico para seu funcionamento e efici6ncia. Num equipamento normal de perfuraço, 6 conveniente existirem duas bombas, preferencialmente id6nticas em marca e capacidade as quais poder6o ser usadas em separado, em paralelo ou em s6rie. Quando desejarmos obter um maior volume dever6mos associ6-las em paralelo conforme esquema abaixo:



Quando necessitarmos de maiores press6es dever6mos associ6-las em s6rie, conforme esquema abaixo:



A velocidade anular de retorno da lama 6 calculada pela seguinte equaço:

$$V_A = \frac{V_Z}{A_N} = \text{onde } A_N = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$$

V_A = Velocidade anular (m/sg)
 V_Z = Vaz6o da bomba (m^3/s)
 A_N = 6rea anular (m^2)
 D = Di6metro do poço (m)
 d = Di6metro da haste (m)

Anexo, tabela de velocidades anulares com utilizaço de bombas de pist6o 6 x 5 e 6 x 6 simples e duas associadas em paralelo.

3.4. LAMA

As principais funçoes que a lama deve desempenhar, bem como as exig6ncias a que deve satisfazer durante a perfuraço, podem ser resumidas da seguinte maneira:

- transportar, para a superf6cie, as part6culas trituradas da camada perfurada, a fim de manter limpa a superf6cie de contato da broca com a formaço.
- lubrificar e refrigerar a broca e as hastes de perfuraço.
- sustentar as paredes do poço.
- manter, no poço, uma press6o hidrost6tica suficiente, a fim de evitar erupçoes ou a penetraço no poço, dos fluidos contidos nas formaçoes atravessadas.
- calafetar as paredes do poço, evitando, desta forma, uma perda excessiva de 6gua livre, por filtraço atrav6s dos poros da formaço.
- possuir propriedade tixotr6picas, a fim de manter em suspens6o durante a interrupço das operaçoes de perfuraço, tanto o material triturado da rocha como as part6culas inertes da pr6pria fase dispersa.

- g) permitir bombeamento fácil.
- h) permitir tratamentos químicos.
- i) não danificar o aquífero.
- j) não atacar as hastes de perfuração.

3.5. DIÂMETRO DO FURO

A velocidade de penetração decresce em razão inversa ao diâmetro do furo, desde que sejam mantidas as mesmas cargas e vazão da bomba.

II - SISTEMA ROTATIVO CIRCULAÇÃO DIRETA COM AR

1. DEFINIÇÃO

É um conjunto de ferramentas com um movimento de rotação dado por uma mesa rotativa (fixa ou móvel). Por esse conjunto oco, circula o fluido de perfuração (ar), que vem do(s) compressor(es) passando internamente pela coluna de perfuração saindo na broca e retornando à superfície no espaço anular entre coluna e paredes do poço, carregando os detritos resultantes da ação da broca; uma vez atingida a superfície estes detritos vão de encontro a uma coifa cônica perdendo a velocidade e depositando ao lado da boca do poço ou em alguns casos o detrito atingindo a superfície passa por um sistema coletor de poeira.

2. APLICAÇÃO

Em perfuração de poços para água, este sistema é aplicado para perfurar pequenas camadas sedimentares em pequenos diâmetros (normalmente Ø 6,3/4") sobre rocha, quando deve-se prosseguir o furo pelo sistema roto-pneumático com martelo (Down the hole).

3. PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUEM NO RENDIMENTO DE PERFURAÇÃO

3.1. ROTAÇÃO E TIPOS DE BROCAS

Como este sistema em poços para água é aplicado apenas em alguns casos, geralmente utiliza-se das mesas brocas tricônicas empregadas no sistema com lama na mesma faixa de pesos e rotação.

Para assegurar uma ótima vida da broca, deveremos ter volume de ar suficiente, a uma pressão adequada, com peso e velocidade de rotação recomendada.

As brocas deverão ter boquilhas (bico injetor de ar) com aberturas adequadas, por onde o ar deve ser expelido com alta energia para refrigerar a broca, remover todos os detritos da formação perfurada e manter o fundo dos dentes limpos todo tempo.

3.2. COLUNA DE PERFURAÇÃO

a) Hastes

Para este sistema, o diâmetro das hastes é um fator muito importante, pois terá que ter diâmetro compatível com o diâmetro do furo e capacidade do compressor (vazão) para promover uma velocidade anular dentro de valores estabelecidos para a operação do sistema.

b) Comandos

É tão importante como na perfuração com lama, tem as mesmas finalidades.

3.3. COMPRESSOR(ES)

O compressor(es) deverá produzir um volume de ar suficiente para provocar uma velocidade anular de retorno de 5000 pés/min para detritos leves e 7000 pés/min. para detritos mais pesados.

Para determinarmos o volume de ar requerido do compressor, utilizaremos da equação:

$$Q = \frac{V}{183,35} (D^2 - d^2)$$

onde:

Q = volume de ar necessário (pés³/min)

V = velocidade anular de retorno (pés/min)

D = diâmetro do poço (polegadas)

d = diâmetro do hasteamento (polegadas)

Quando tivermos a capacidade do compressor disponível para operação e diâmetro do poço e das hastes. Calcularemos a velocidade anular pela equação:

$$V = \frac{183,35 \times Q}{(D^2 - d^2)} \quad (\text{pés/min})$$

A pressão de descarga do compressor não deverá ser menor que 40 libras/pol.² em alguns casos chegará até 100 libras/pol.²

III - SISTEMA ROTO-PERCUSSÃO ALTA FREQUÊNCIA

1. DEFINIÇÃO

É um conjunto de ferramentas formado por hastes, comandos, martelo "Down the

hole" e bits com um movimento de rotação dado por uma mesa rotativa (móvel ou fixa). Por essa coluna circula o fluido de perfuração (ar) em grande volume e alta pressão que vem do(s) compressor(es) passando internamente pelo conjunto de ferramentas e saindo no martelo provocando a ação percussiva do bit, que combinado com a ação rotativa da mesa rompe a rocha, penetrando na formação. O ar, além de energizar o martelo limpa o furo carregando os detritos resultantes da perfuração pelo espaço anular até a superfície do solo.

2. APLICAÇÃO

Para perfuração de formações consolidadas médias e duras.

3. PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUEM NO RENDIMENTO DE PERFURAÇÃO

3.1. ROTAÇÃO

Cada fabricante de martelo "Down the hole" e bits recomenda uma faixa de velocidade de rotação. A TRW Mission recomenda para o Bit de botões, velocidade de rotação entre 12-30 rpm. A Ingersoll-Rand recomenda de 15 a 35 rpm.

Na prática rotações mais baixas (15 rpm) para rochas duras e abrasivas dão vida mais longa ao bit, mas diminuem a taxa de penetração.

3.2. COLUNA DE PERFURAÇÃO

a) Hastes

Geralmente para este sistema de perfuração a haste é selecionada em função da capacidade do(s) compressor(es) e diâmetros dos furos a serem perfurados. Terá que proporcionar uma área anular suficiente para ter um bom rendimento de limpeza dos detritos perfurados. Para perfurações no diâmetro de 6", 6.1/2" e 8" com compressores de vazões entre 600 a 750 cfm, a haste de Ø 4.1/2" é a mais indicada e utilizada.

b) Comandos

É aconselhável a utilização de uma ou duas barras de comando logo após o martelo, pois, elas darão ao furo uma melhor verticalidade e alinhamento.

3.3. VELOCIDADE DE AVANÇO

Alguns tipos de equipamento têm o sistema de avanço combinado com um sistema de empuxo (peso) balanceado, que a qualquer instante e profundidade teremos o peso ideal sobre o martelo com uma velocidade de avanço uniformemente variável de acordo com a dureza da rocha. Com isso, teremos uma melhor taxa de penetração com uma maior vida dos bits.

3.4. COMPRESSOR

A pressão do compressor nos dará a taxa de penetração. Ex. utilizando o martelo DHD-260 a 125 psi teremos uma velocidade de penetração teórica de 12 m/hora; a 150 psi teremos 15m/hora; a 250 psi teremos 27 m/hora. A vazão nos dará a velocidade anular de saída dos detritos que deverá situar na faixa de 3.000 a 7.000 pés/min. Normalmente utilizamos compressores com 150 psi e 600 cfm ou 250 psi e 700 cfm.

3.5. TIPO DE MARTELO

Existem vários fabricantes de martelo, hoje, aqui no Brasil, os mais utilizados são:

a) TRW Mission

Hammerdril - modelo antigo obsoleto de baixo rendimento.

Megadril - modelo mais recente com bom rendimento de perfuração.

b) Ingersoll-Rand

DHD-260 - modelo mais utilizado atualmente. Apresenta bom rendimento de perfuração.

DHD-360 - modelo que apresenta uma velocidade de penetração superior ao DHD-260, 10% superior a 250 psi, apresenta a vantagem de poder trabalhar com pressão de até 350 psi.

3.6. BITS

O modelo que apresenta melhor resultado para perfuração em rocha é o BUTTON BIT.

4. EQUIPAMENTOS AUXILIARES

4.1. LUBRIFICADOS DE LINHA

Na perfuração com martelo é necessário injetarmos um determinado volume de lubrificante especial juntamente com o ar, para fazer lubrificação do martelo no fundo do poço. O volume depende do tipo de martelo.

4.2. BOMBA PARA INJEÇÃO DE ÁGUA OU ESPUMA

Durante a perfuração pneumática deveremos injetar uma determinada quantidade de água ou espuma em função da formação geológica.

A utilização da espuma apresenta algumas vantagens, como:

- apagamento da poeira, que dá uma condição limpa de trabalho e não polui o ar.
- aumenta a vida das ferramentas e equipamentos.
- torna mais leve a coluna d'água.
- reduz a carga do compressor e estende seu alcance.
- melhora a remoção dos detritos.
- aumenta a taxa de penetração e vida do bit.

IV - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO EQUIPAMENTO ROTO-PNEUMÁTICO IDEAL PARA PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

1. INTRODUÇÃO

Deverá ser um equipamento compacto, robusto, com boa distribuição de peso, fabricação nacional e boa assistência técnica, sem adaptações, com bom rendimento operacional e baixo custo por metro perfurado.

2. CONSTRUÇÃO

2.1. MASTRO

Para aumentar o rendimento global da perfuratriz, o mastro deve ter as seguintes características:

- a) ALTURA - deve ser tal que permita a operação com hastes e tubos de revestimento com pelo menos 6 metros de comprimento, o que implica em um curso útil da mesa superior a 6,0 metros e uma altura de trabalho superior a 10,0 metros, sendo que quanto maior a altura, tanto maior a facilidade de operação.
- b) CARGA MÁXIMA - dá a capacidade de trabalho com folga, à medida em que aumenta a profundidade, sem que a perfuratriz sofra problemas que reduzam a sua vida útil ou prejudiquem o seu funcionamento. Considerando-se que 200 metros de revestimento de 8.5/8" pesam 6.800 kg e que a capacidade da torre deve exceder em 50% o peso do revestimento, esta deve ter um mínimo de 10,0 toneladas.

- c) CONSTRUÇÃO DO MASTRO - define a característica de robustez do equipamento, permitindo a operação com segurança, em condições extremas que frequentemente aparecem no campo.

A construção em uma única seção, sem prolongamento, permite maior segurança ao conjunto, de modo a preservar o equipamento de possíveis problemas no campo, de grande gravidade. De outro lado, a moderna técnica construtiva aconselha a fabricação de mastro duplo devido às solicitações às quais os mesmos estão sujeitos.

Durante a perfuração, o mastro está sujeito ao momento TORSOR e ao momento FLETOR. Com relação ao momento FLETOR, o sistema de mastro duplo garante a perfeita centralização da aplicação da força, mantendo-a dentro dos padrões para o qual o mastro foi projetado; ao contrário do mastro simples, que exige a descentralização por não poder dividi-la em componentes. Com relação ao momento TORSOR, a resistência a esse momento é dada pela distância entre os centros de massa e o centro de aplicação do momento, multiplicada pelo momento de inércia do corpo. Assim sendo, com o sistema de mastro duplo teremos distâncias consideravelmente maiores entre a linha de aplicação do momento e o centro de massa, bem como distribuição deste esforço entre duas estruturas, e aplicação no centro geométrico da estrutura, o que evita surgirem outras solicitações.

Desta forma, o mastro duplo garante total estabilidade ao conjunto, evitando o entortamento da torre, tão comum em perfuratrizes de mastro simples.

2.2. EMPUXO

É um dos elementos fundamentais na perfuratriz, pois permite ou não a obtenção do peso certo sobre a broca (e conjunto martelo/bit), de modo a garantir o rendimento ótimo em termos de taxa de penetração. A combinação de pull-down e pull-back deve ser tal que permita uma carga grande (pull-down), quando as condições sejam favoráveis, aumentando a velocidade de penetração no possível ou uma força para cima (pull-back) suficiente para manter o peso certo, quando aumenta a profundidade ou o diâmetro das hastes.

Por exemplo, para se obter o rendimento ótimo de perfuração com brocas tricônicas de 8", deve-se ter um peso sobre ela de aproximadamente 12 ton., entre pull-down, comandos e hastes. Deste modo, o pull-down deve ser por volta de 10 ton. De igual forma, para a retirada de 300 metros de hastes de 4.1/2", deve-se aplicar o pull-back de 7,5 ton., o que dá para o pull-back uma capacidade ótima de 8,0 ton.

O empuxo deve ter registros sensíveis, de modo a permitir ao sondador maior facilidade de operações, à medida em que mudam as condições de terre-

no. No caso do martelo, onde é exigido uma carga constante sobre o mesmo, na proporção em que aumenta a profundidade, deve ser feita paulatinamente a mudança de carga do empuxo.

2.3. CABEÇOTE ROTATIVO

É outro elemento básico na perfuratriz, pois dele depende o torque e a velocidade necessários ao giro da composição e das ferramentas de corte. Existe uma relação ótima entre a velocidade e o torque do cabeçote, em função do diâmetro do poço. Velocidades maiores e torques menores são aconselhados para perfurações a pequenos diâmetros (HW = 4"), como é o caso de sondagens. Velocidades menores e torques maiores são indicados para perfurações a diâmetros grandes (8" a 10"), como é o caso de perfurações para poços. Para uma perfuração em 8" - a 300 metros - a combinação ótima é de 60/80 rpm e de 492/500 kgm, conforme cálculo desenvolvido por CHOKUN, no livro "Course de Forage".

Outra característica importante do cabeçote é o seu posicionamento, quando da descida do revestimento. O ideal é que ele seja retrátil no topo, de modo a permitir a livre operação do guincho.

2.4. GUINCHO

É utilizado na colocação de revestimentos e excepcionalmente, na subida do hasteamento, em condições extremas, quando a capacidade do pull-back é insuficiente. Considerando-se a definição da profundidade do poço a ser construído como de 300 metros, para fazer um revestimento final em 6.5/8", considerando-se um tubo que pese 20 kg/m, teremos 6.000 kg - de modo que a capacidade do guincho deverá ser superior a isto.

2.5. SISTEMA DE MANEJO DE HASTES

É um sub-sistema de extrema importância, pois dele depende a minimização do tempo morto perdido na troca de hastes. É conveniente que o processo - seja operado hidráulicamente, para evitar a perda de tempo e o risco implícitos na operação manual. A utilização de mordentes hidráulicos na base da torre (preendendo a composição que se encontra dentro do poço) e no próprio cabeçote (que, ao bascular, apanha a haste e a rosqueia na composição), assim como de um pistão hidráulico para dar o torque necessário - ao rosqueamento, garantem uma operação rápida e segura. Se a este conjunto acrescentarmos uma unidade de apoio que serve de estaleiro das hastes (evitando mudanças desnecessárias e perigosas) e que, munida de guincho próprio, transporta as hastes do estaleiro para o cabeçote, teremos um sistema completo, automático, rápido, eficiente e seguro.

2.6. MACACOS HIDRÁULICOS

São os instrumentos de apoio da perfuratriz no solo. Devem permitir um rápido nivelamento, de modo a diminuir o tempo morto e uma perfeita estabilidade. Com a operação a partir do painel de comando e com níveis instalados em pontos estratégicos da perfuratriz, o nivelamento é feito em menos de 5 minutos. Três é o número ideal de macacos, pois três pontos definem um plano. A utilização de 4 macacos é desnecessária e inconveniente, pois não permite um nivelamento perfeito, possibilitando um desequilíbrio de consequências danosas durante a perfuração.

2.7. PAINEL DE COMANDO

É o instrumento centralizador das operações, a partir do qual todas as ações são tomadas. O operador deve ficar à esquerda do mastro, com visão completa sobre a abertura do poço, confortavelmente instalado sobre uma plataforma, que evite o contato com o chão. O painel único é possível devido à localização de todos os componentes (bomba de lama e compressor) no mesmo veículo da perfuratriz.

As vantagens do painel único são as seguintes:

- a) permite o controle imediato da vazão da bomba de lama, indispensável - nos casos de modificação nas condições de operação, quando da ocorrência de prisão de ferramentas, cavernas, etc.
- b) permite a manutenção do empuxo correto sobre as brocas, bits e martelo, de modo a garantir sempre o peso certo, à medida em que se aprofunda o poço e, portanto, altera-se o peso da composição, assim como, de acordo com as diferenças de dureza das formações.
- c) permite o imediato alívio do empuxo, no caso de passagens de um terreno para outro, quando é frequente a prisão de ferramentas. Isto é tanto mais importante quando se trata do martelo, eis que sua prisão exige um grande tempo para o reinício da operação.
- d) permite o imediato alívio da pressão do compressor, quando da ocorrência de passagens, evitando assim, de outro lado, a prisão do martelo.

e) permite o controle absoluto da pressão do compressor, aumentando-a ou diminuindo-a em função da dureza do terreno, de modo a otimizar a taxa de penetração.

f) permite a rápida operação de toda a perfuratriz (nivelamento dos macacos, levantamento da torre, rosqueamento e quebra de hastes, empuxo, torque/velocidade do cabeçote, funcionamento do compressor e bomba de lama) de modo a operar com menos pessoal, e com mínimo tempo morto.

2.8. RELAÇÃO IDEAL DE PESO

É importante que a perfuratriz seja estável, não muito pequena, com carga bem distribuída sobre o chassi, seja compacta, com unidade compressora montada no mesmo chassi para dar maior peso, que dará toda estabilidade ao equipamento quando for utilizado o pull-down, isto é, agirá como força de reação do empuxo não deixando levantar o equipamento, tirando assim toda sua estabilidade operacional, e pondo em risco a vida dos operadores. Assim sendo é preciso que todos esses elementos sejam considerados na hora de definir a perfuratriz, pois a função básica da perfuratriz é permitir aos outros equipamentos o rendimento ótimo, garantindo o mínimo possível de tempo morto. Para finalizar é preciso atenção especial para o porte e as condições de fabricação da perfuratriz, pois a sua robustez é essencial no campo, de modo a garantir uma longa vida útil e evitar frequentes manutenções.

PERFURAÇÃO COM SISTEMA ROTATIVO CLÁSSICO COM LAMA						
HASTE		DIÂMETRO DO POÇO				
NORMAL	Ø EXT.	6" (152)	8" (203)	9" (228)	10" (254)	12" (304)
2.3/8	60,3	s = 0,015	s = 0,029	s = 0,038	s = 0,048	s = 0,070
		v = 0,6 (2)	v = 0,32 (3)	v = 0,24 (.)	v = 0,19 (.)	v = 0,13
		v = 0,89 (1)	v = 0,46 (2)	v = 0,35 (3)	v = 0,28 (3)	v = 0,19 (.)
2.7/8	73	s = 0,014	s = 0,028	s = 0,037	s = 0,046	s = 0,068
		v = 0,65 (2)	v = 0,33 (3)	v = 0,25 (3)	v = 0,20 (.)	v = 0,13
		v = 0,95 (1)	v = 0,48 (2)	v = 0,36 (3)	v = 0,29 (3)	v = 0,20 (.)
3.1/2	88,9	s = 0,012	s = 0,026	s = 0,035	s = 0,044	s = 0,066
		v = 0,76 (1)	v = 0,35 (3)	v = 0,26 (3)	v = 0,21 (.)	v = 0,15 (.)
		v = 1,11 (1)	v = 0,51 (2)	v = 0,38 (3)	v = 0,30 (3)	v = 0,21 (.)
4.1/2	114,3	s = 0,008	s = 0,022	s = 0,031	s = 0,040	s = 0,062
		v = 1,15	v = 0,42 (3)	v = 0,30 (3)	v = 0,23 (.)	v = 0,15 (.)
		v = 1,67	v = 0,61 (2)	v = 0,43 (2)	v = 0,33 (3)	v = 0,22 (.)

área m²
 bomba 6 x 5
 bomba 6 x 6

(.) - velocidade baixa 0,15 - 0,29
 (3) - velocidade razoável 0,3 - 0,5 m/s
 (2) - velocidade boa 0,5 - 0,8 m/s
 (1) - velocidade muito boa 0,8 - 1 m/s

PROMINAS BRASIL S/A.

PERFURAÇÃO COM SISTEMA ROTATIVO CLÁSSICO COM LAMA						
HASTE		DIÂMETRO DO POÇO				
NORMAL	Ø EXT.	6" (152)	8" (203)	9" (228)	10" (254)	12" (304)
2.3/8	60,3	s = 0,015	s = 0,029	s = 0,038	s = 0,048	s = 0,070
		v = 1,2	v = 0,64(1)	v = 0,48(2)	v = 0,38(3)	v = 0,26
		v = 1,78	v = 0,92(1)	v = 0,70(2)	v = 0,56(2)	v = 0,38(3)
2.7/8	73	s = 0,014	s = 0,028	s = 0,037	s = 0,046	s = 0,068
		v = 1,3	v = 0,66(2)	v = 0,50(2)	v = 0,4 (3)	v = 0,26
		v = 1,9	v = 0,96(1)	v = 0,72(2)	v = 0,58(2)	v = 0,4 (3)
3.1/2	88,9	s = 0,012	s = 0,026	s = 0,035	s = 0,044	s = 0,066
		v = 1,52	v = 0,70(1)	v = 0,52(2)	v = 0,42(3)	v = 0,3 (3)
		v = 2,2	v = 1,02	v = 0,76(2)	v = 0,60(2)	v = 0,42(3)
4.1/2	114,3	s = 0,008	s = 0,022	s = 0,031	s = 0,040	s = 0,062
		v = 2,30	v = 0,84(1)	v = 0,6 (2)	v = 0,46(3)	v = 0,3 (3)
		v = 3,34	v = 1,22	v = 0,86(1)	v = 0,66(2)	v = 0,44(3)

área m²
 bomba 6 x 5
 bomba 6 x 6
 2 bombas em paralelo

(.) - velocidade baixa 0,15 - 0,29
 (3) - velocidade razoável 0,3 - 0,5 m/s
 (2) - velocidade boa 0,5 - 0,8 m/s
 (1) - velocidade muito boa 0,8 - 1 m/s