

MEMORIAL DESCRITIVO

Motor de fundo acionado por fluido (*mud motor*) de 6 3/4" — configuração 9/10 lóbulos, 4,0 estágios
Modelo PH-675-910-40

1. IDENTIFICAÇÃO DO BEM

Denominação	Motor de fundo acionado por fluido de perfuração, de deslocamento positivo (motor de lama / <i>mud motor</i>)
Modelo	PH-675-910-40
Diâmetro externo nominal	6 3/4" (172 mm)
Configuração da seção de potência	9/10 lóbulos — 4,0 estágios
Classificação fiscal (NCM)	8431.43.90 — Partes reconhecíveis como exclusiva ou principalmente destinadas às máquinas de sondagem ou de perfuração das posições 84.30
Segmento de aplicação	Perfuração direcional horizontal (HDD — <i>Horizontal Directional Drilling</i>) e perfuração direcional em geral

2. DESCRIÇÃO TÉCNICA GERAL

O bem consiste em um **motor hidráulico de fundo de poço, do tipo deslocamento positivo (PDM — *Positive Displacement Motor*)**, construído segundo o princípio de bomba helicoidal de Moineau operando em modo reverso. Trata-se de um componente integrante da coluna de perfuração, montado imediatamente acima da broca, cuja função é converter a energia hidráulica do fluido de perfuração (lama) bombeado pela superfície em **energia mecânica rotativa** aplicada diretamente à broca, sem que seja necessária a rotação de toda a coluna de hastes.

O conjunto é integralmente metálico, de formato cilíndrico alongado, com corpo tubular de aço de alta resistência mecânica e elemento elastomérico interno (estator). Não possui componentes elétricos, eletrônicos, fonte de energia própria ou sistema de comando embarcado: seu acionamento é exclusivamente hidráulico, decorrente do diferencial de pressão do fluido circulante. Por não constituir máquina autônoma e por ser destinado exclusivamente à montagem em equipamentos de sondagem/perfuração, classifica-se como **parte** de tais máquinas.

2.1. Princípio de funcionamento

A seção de potência é formada por um par rotor-estator de perfis helicoidais conjugados. O **rotor**, metálico e de superfície endurecida, possui 9 lóbulos; o **estator**, constituído por revestimento elastomérico moldado no interior de um tubo de aço, possui 10 lóbulos. A diferença de um lóbulo entre os perfis cria uma sucessão de cavidades helicoidais estanques ao longo do comprimento do conjunto. Ao ser bombeado, o fluido de perfuração preenche essas cavidades e, para progredir axialmente, impõe ao rotor um movimento excêntrico (nutação) que resulta em rotação em torno do eixo do motor. O torque desenvolvido é proporcional ao diferencial de pressão através da seção de potência, enquanto a velocidade de rotação é proporcional à vazão de fluido admitida.

A designação **4,0 estágios** refere-se ao número de passos helicoidais completos do estator: quanto maior o número de estágios, maior o diferencial de pressão admissível e, conseqüentemente, maior o torque disponível para uma mesma geometria. A configuração **9/10 lóbulos** caracteriza um motor de alto torque e velocidade de rotação moderada, adequado a brocas de grande diâmetro e a formações de dureza elevada.

2.2. Conjuntos construtivos principais

- Conexão superior (*top sub*)** — subconjunto rosqueado de acoplamento à coluna de perfuração, com rosca cônica API 4 1/2" IF (caixa), incorporando o alojamento da válvula de circulação/desvio quando aplicável.
- Seção de potência (rotor/estator)** — conjunto helicoidal de 9/10 lóbulos e 4,0 estágios, responsável pela conversão da energia hidráulica em torque e rotação.
- Seção de transmissão (eixo flexível / junta articulada)** — converte o movimento excêntrico do rotor em movimento puramente rotativo concêntrico, transmitindo torque e carga axial ao eixo de acionamento.
- Alojamento curvo ajustável (*adjustable bent housing*)** — seção que permite ajuste do ângulo de curvatura do motor entre 0,31° e 3,00°, definindo a capacidade de construção de curva (*build rate*) na perfuração direcional.
- Seção de mancais (*slick bearing housing*)** — conjunto de mancais radiais e axiais, lubrificado pelo próprio fluido de perfuração, que suporta os esforços de peso sobre a broca (WOB), tração e reações laterais.
- Eixo de acionamento e conexão da broca** — eixo que transmite o torque à broca, terminando em rosca cônica API 4 1/2" REG (caixa).

3. LAYOUT DO BEM (DESENHO ESQUEMÁTICO)

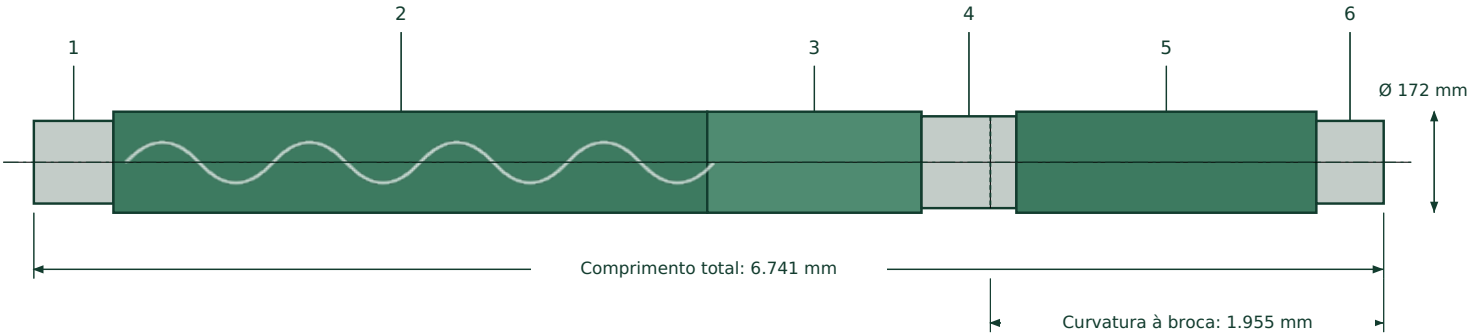


Figura 1 — Vista lateral esquemática do motor de fundo, com indicação dos conjuntos construtivos e das dimensões principais. Desenho sem escala vertical.

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Sistema imperial	Sistema métrico
Diâmetro externo da ferramenta	6,75"	172 mm
Configuração de lóbulos	9/10 lóbulos	
Número de estágios	4,0 estágios	
Distância da curvatura à broca	76,97"	1.955 mm
Comprimento total	265,39"	6.741 mm
Massa	2.135 lbs	968 kg
Diâmetro de broca recomendado	8 1/2" a 12 1/4"	216 a 311 mm
Conexão superior (caixa)	API 4 1/2" IF	
Conexão da broca (caixa)	API 4 1/2" REG	
Faixa de vazão de operação	300 a 600 gpm	1.136 a 2.271 l/min
Rotação específica	0,288 rev/gal	0,076 rev/l
Faixa de velocidade de rotação	86 a 172 rpm	
Pressão diferencial máxima	608 psi	41,9 bar
Torque máximo	5.209 ft-lbs	7.062 N·m
Pressão diferencial de travamento (<i>stall</i>)	920 psi	63,4 bar
Torque de travamento (<i>stall</i>)	7.900 ft-lbs	10.710 N·m
Potência máxima	153 hp	114 kW
Tração máxima admissível no alojamento	434.830 lbs	1.935 kN
Tração máxima admissível no eixo da broca	307.860 lbs	1.370 kN
Ângulo de curvatura ajustável	0,31° a 3,00°	
Fluido de acionamento	Fluido de perfuração (lama) à base de água/bentonita ou polímeros	
Materiais construtivos predominantes	Aço-liga de alta resistência; elastômero moldado (estator)	
Fonte de energia	Exclusivamente hidráulica — sem componentes elétricos ou eletrônicos	

5. DESEMPENHO E RAI0 DE CURVATURA

5.1. Comportamento operacional

A velocidade de rotação de saída   função direta da vazão admitida, na razão de 0,076 rev/l (0,288 rev/gal), resultando em 86 rpm a 300 gpm e 172 rpm a 600 gpm em regime sem carga. O torque desenvolvido cresce linearmente com o diferencial de pressão através da seção de potência, atingindo 7.062 N·m no diferencial máximo recomendado de 41,9 bar (608 psi). Acima desse valor, e até o diferencial de travamento de 63,4 bar (920 psi), o motor ainda desenvolve torque crescente — até 10.710 N·m —, porém em condição de sobrecarga que compromete a integridade do elastômero do estator, razão pela qual a operação contínua deve permanecer restrita à faixa recomendada.

5.2. Raio de curvatura previsto

A tabela abaixo apresenta o raio de curvatura previsto (em metros) em função do ângulo ajustado no alojamento curvo e do diâmetro do furo executado, considerando a configuração com seção de mancais lisa (slick bearing housing).

Ângulo de curvatura (°)	Raio de curvatura previsto (m) — por diâmetro de furo		
	8 1/2"	9 7/8"	12 1/4"
0,31	1.134	1.919	—
0,62	477	805	—
0,93	318	537	—
1,22	223	409	—
1,50	173	268	—
1,76	144	203	—
2,00	124	166	375
2,23	110	141	269
2,42	100	126	219
2,60	92	114	185
2,74	87	106	166
2,85	84	101	153
2,93	81	97	145
2,98	80	95	140
3,00	79	94	139

Valores de referência de projeto. O raio efetivamente obtido em campo depende da litologia atravessada, do peso sobre a broca, da rigidez da coluna e da configuração do conjunto de fundo (BHA).

6. APLICAÇÃO DO BEM

O motor de fundo destina-se à execução de **furos direcionais**, sendo empregado como elemento motriz do conjunto de fundo (BHA) em operações de perfuração direcional horizontal (HDD) e de perfuração de poços direcionais. Sua função específica é acionar a broca a partir do escoamento do fluido de perfuração, permitindo que a trajetória do furo seja controlada e desviada da vertical/retilínea sem rotação da coluna de hastes.

As aplicações típicas compreendem:

- **Travessias dirigidas (HDD)** sob rios, canais, rodovias, ferrovias, áreas urbanas e faixas ambientalmente sensíveis, para instalação de dutos, adutoras, cabos elétricos e de telecomunicações, sem abertura de valas.
- **Execução do furo piloto** em travessias de médio e grande porte, no qual o motor, associado a broca de 8 1/2" a 12 1/4" e a sistema de navegação, define a trajetória projetada.
- **Perfuração em formações consolidadas** (rochas sedimentares, formações cimentadas e trechos de rocha alterada), nas quais a configuração 9/10 lóbulos de alto torque e rotação moderada apresenta melhor desempenho que os sistemas rotativos convencionais.
- **Correção de trajetória e construção de curvas**, mediante ajuste do alojamento curvo entre 0,31° e 3,00°, conforme o raio de curvatura requerido pelo projeto da travessia.

6.1. Condições de instalação e operação

O equipamento   acoplado por rosca  c nicas API, posicionando-se entre a coluna de perfuração e a broca, sendo comum a montagem de instrumentação de navegação (sonda/steering tool) e de estabilizadores no mesmo conjunto de fundo. Sua operação requer sistema de bombeio capaz de fornecer vazão entre 1.136 e 2.271 l/min de fluido de perfuração adequadamente tratado e filtrado, uma vez que o próprio fluido   responsável pelo acionamento, pela lubrificação dos mancais e pelo transporte dos detritos gerados pela broca.

Este memorial descritivo tem por objeto exclusivamente a descrição técnica e a aplicação do bem, não constituindo manual de operação, de montagem ou de manutenção do equipamento. As características apresentadas referem-se ao modelo PH-675-910-40, em sua configuração padrão. Documento redigido em língua portuguesa.