

Laudo Pericial

Processo nº 0126945-97.2018.8.19.0001

1ª Vara Empresarial da Comarca do Rio de Janeiro

Requerente

OCEANPACT SERVIÇOS MARÍTIMOS S.A. - OCEANPACT

Requeridos

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS

PETROBRÁS LOGÍSTICA DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO S.A. - PB-LOG

Laudo Pericial

Outubro de 2019

ÍNDICE

1. HISTÓRICO DA AÇÃO E OBJETIVO DA PERÍCIA.....	3
2. ESCOPO DA PERÍCIA JUDICIAL.....	4
3. QUESITOS DA REQUERENTE - OCEANPACT.....	4
4. QUESITOS SUPLEMENTARES DA REQUERENTE - OCEANPACT	12
5. QUESITOS DOS REQUERIDOS - PETROBRAS E PB-LOG	12
6. CONCLUSÃO	16
7. ENCERRAMENTO.....	17
8. RELAÇÃO DE ANEXOS	18

1. HISTÓRICO DA AÇÃO E OBJETIVO DA PERÍCIA

A APSIS CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA., doravante denominada APSIS, com sede à Rua do Passeio, nº 62, 6º Andar, Centro, Cidade e Estado do Rio de Janeiro, inscrita no CNPJ sob o nº 27.281.922/0001-70, foi nomeada pelo juízo da 1ª Vara Empresarial da Comarca da Capital do Estado do Rio de Janeiro, para realizar uma perícia de engenharia naval, com vistas a responder ao ponto controvertido e aos quesitos apresentados pelas partes em ação de Tutela Antecipada Antecedente - Pagamento.

As partes envolvidas no processo são as seguintes:

- a) OCEANPACT SERVIÇOS MARÍTIMOS S.A. (“Requerente”); e
- b) PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS e PETROBRÁS LOGÍSTICA DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO S.A. - PB-LOG (“Requeridos”).

Os quesitos foram respondidos objetivamente para atender às solicitações das partes (requerente e requeridos). Nenhum julgamento foi realizado quanto ao mérito dos quesitos, uma vez que essa apreciação não é de responsabilidade da Perícia Judicial.

Após prévio procedimento licitatório, em 19/01/2016 foram assinados dois contratos (“Contrato Seabulk Brasil” e “Contrato Seabulk Angra”) de afretamento de navio entre a OCEANPACT e a PETROBRAS. Com início das operações previstas para 06/04/2016, as embarcações deveriam estar equipadas, segundo contrato, com bombas de deslocamento positivo.

Uma semana após a assinatura do contrato, em 25/01/2016, as partes se reuniram para tratar de detalhes operacionais – mais especificamente, a respeito do tipo de bomba que equiparia as embarcações. Nesse encontro, a OCEANPACT manifestou sua preocupação com relação às bombas de deslocamento positivo e, devido a questões técnicas e de segurança, sugeriu que tal equipamento fosse substituído por bombas centrífugas. No entanto, não houve um acordo formal entre as partes.

Equipadas com bombas centrífugas na data limite de entrega, as embarcações não satisfaziam as exigências contratuais, porém, visando não atrasar suas operações, a PETROBRAS, à época, aceitou provisoriamente o recebimento das embarcações, contanto que as bombas centrífugas fossem aprovadas pela Gerência de Inspeção da Petrobras (GINSP), fixando em 30/06/2016 a data limite para a instalação das bombas de deslocamento positivo. Uma vez aprovadas as bombas, as embarcações entrariam imediatamente em operação.

Após um período de análise e de resistência da GINSP (o que motivou enfática manifestação por parte da OCEANPACT), o início das atividades se deu em 18/05/2016, às 23:55hs, gerando, dessa forma, um atraso de 42,08 dias no início das operações, sendo assim aplicada uma multa de aproximadamente R\$ 3.000.000,00 (três milhões de reais) para a OCEANPACT pelo atraso.

Como já foi dito, ficou acordado entre as partes que as devidas substituições das bombas centrífugas por bombas de deslocamento positivo deveriam ser feitas até, no máximo, 30/06/2016, no entanto, conquanto as modificações já fossem possíveis em 19/06/2016, a substituição só foi autorizada pela PETROBRAS no dia 15/07/2016.

2. ESCOPO DA PERÍCIA JUDICIAL

O escopo da perícia compreende as respostas aos quesitos apresentados pelas partes nas folhas 1.209, 1.210, 1.237, 1.279 e 1.280. O ponto controvertido de fato refere-se ao eventual descumprimento contratual por parte da autora com relação à ré.

3. QUESITOS DA REQUERENTE - OCEANPACT

1. Queira o Sr. Perito confirmar se as exigências contidas no convite internacional 1685545148 quanto à vazão de descarga e altura manométrica, que resultou na contratação das embarcações SEABULK BRASIL (contrato nº 2050.0099541.15.2) e SEABULK ANGRA (contrato nº 2050.0099542.15.2), eram atendidas pelas BOMBAS CENTRÍFUGAS instaladas nas embarcações no momento em que foram disponibilizadas para o contrato em 06/04/2019, i.e., respectivamente, 120m³/h a uma altura manométrica de 60m e vazão de 150m³/h a uma altura manométrica de 15m, conforme o Anexo II-A (Adendo B) aos contratos mencionados anteriormente.

Resposta: A seguir, as exigências vigentes nos contratos:

- SEABULK BRASIL - Contrato nº 2050.0099541.15.2: vazão de descarga de 120m³/h e altura manométrica de 60m.
- SEABULK ANGRA - Contrato nº 2050.0099542.15.2: vazão de descarga de 150m³/h e altura manométrica de 15m.

A seguir, as especificações disponíveis no site do fabricante das BOMBAS CENTRÍFUGAS Allweiler, modelo NAM 080-250/214-U3.1D-W1-S, instaladas nas embarcações SEABULK BRASIL e SEABULK ANGRA:



Performance data Series NAM	
Capacity	Q up to 2400 m ³ /h
Delivery head	H up to 100 m
Discharge pressure	pd up to 10 bar
Fluid temperature	t up to 140 °C

Considerando as especificações anteriores, confirmamos que as exigências de vazão de descarga e altura manométrica eram atendidas pelas BOMBAS CENTRÍFUGAS instaladas nas embarcações quando foram disponibilizadas.

2. Entendemos que diversas outras embarcações afretadas e a serviço da PETROBRAS para apoio às unidades *offshore*, realizando operações semelhantes àquelas desempenhadas pelas embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL, possuem BOMBAS CENTRÍFUGAS para transferência de óleo diesel – inclusive, essas mesmas embarcações operaram para a PETROBRAS durante vários anos, equipadas com esse tipo de bomba. Queira o Sr. Perito confirmar esse entendimento.

Resposta: Quesito prejudicado, sem prejuízo ao objeto da perícia. Não identificamos nos autos documentos que comprovem que diversas outras embarcações, afretadas e a serviços da PETROBRAS para apoio às unidades *offshore*, realizando operações semelhantes àquelas desempenhadas pelas embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL, possuam BOMBAS CENTRÍFUGAS para transferência de óleo diesel, portanto, essa perícia não tem como confirmar esse entendimento.

3. Queira o Sr. Perito prestar esclarecimentos acerca da diferença de comportamento de uma BOMBA DE DESLOCAMENTO POSITIVO e de uma BOMBA CENTRÍFUGA.

Resposta:

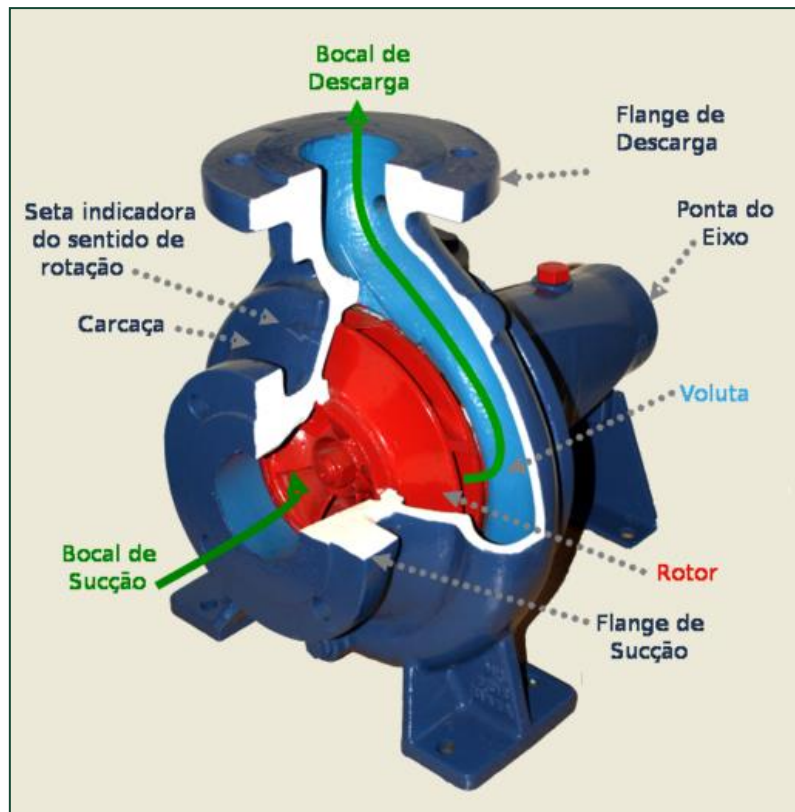
▪ **CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS**

O modo pelo qual é feita a transformação do trabalho em energia e o recurso para cedê-la ao líquido permitem classificar as bombas em dois grandes grupos: bombas de deslocamento positivo ou volumétricas e bombas centrífugas ou hidrodinâmicas. A especificação das bombas é feita de acordo com sua pressão máxima de operação e sua capacidade de deslocamento do líquido, em uma rotação pré-estabelecida.

○ **Bombas centrífugas:**

A energia mecânica fornecida ao fluido pela fonte motora transforma-se, inicialmente, em energia do tipo cinética, que é convertida em energia potencial (de pressão). Essa energia cinética pode ter origem puramente centrífuga ou de arrasto, ou até mesmo uma combinação delas.

A movimentação do fluido ocorre pela ação de forças que se desenvolvem na massa fluida, em consequência do movimento rotacional de um eixo no qual é acoplado um rotor (impulsor, impelidor). O rotor, em geral, recebe o fluido pelo centro e o expulsa para a periferia, com o auxílio de pás (palhetas, hélices) de direcionamento.



Podemos classificar as bombas centrífugas de três formas: de acordo com a trajetória do fluido no rotor; de acordo com o número de rotores; e de acordo com o número de entradas para aspiração.

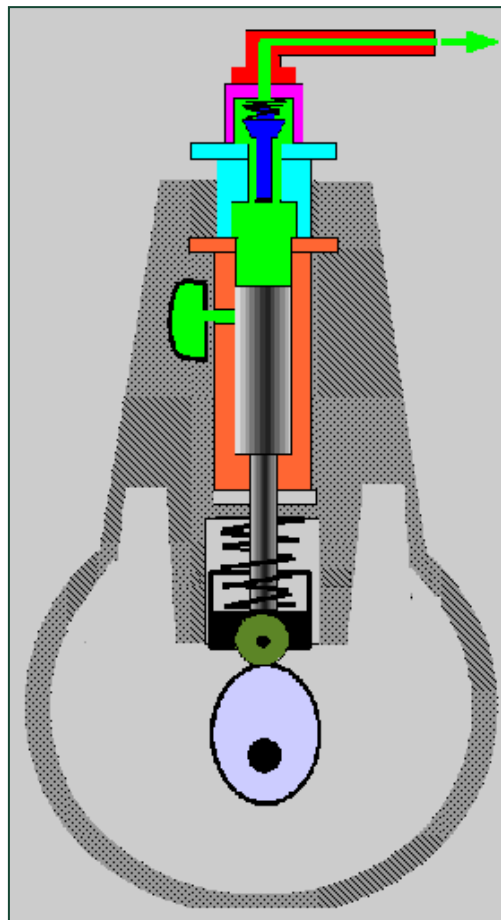
- **Bombas centrífugas puras ou radiais:** A movimentação do fluido ocorre do centro para a periferia do rotor, com sentido perpendicular (normal) ao eixo de rotação. Ao iniciar o processo de rotação, o rotor cede energia cinética à massa fluídica, deslocando-a para a periferia do rotor pela força centrífuga.
 - **Bombas centrífugas de fluxo misto:** A movimentação do fluido ocorre na direção inclinada ao eixo de rotação
 - **Bombas centrífugas de fluxo axial:** A movimentação do fluido é paralela ao eixo de rotação, onde a energia cinética é transmitida ao fluido por forças de arrasto.
- **Bombas volumétricas ou de deslocamento positivo**

Tem como característica a transferência direta da energia mecânica cedida pela fonte motora ao fluido bombeado, transformando-se diretamente em energia potencial (de pressão).

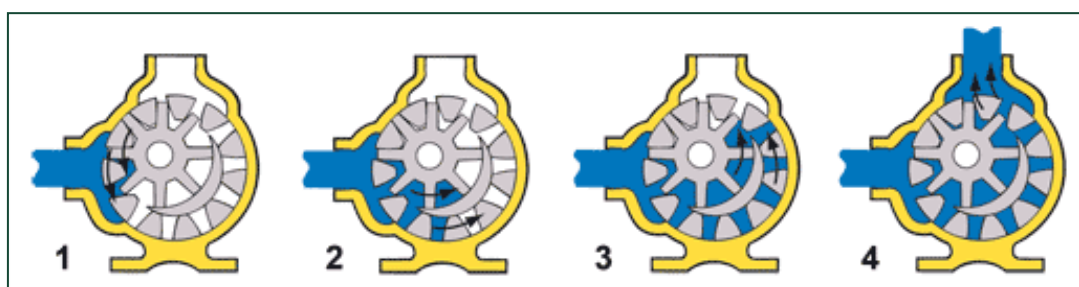
Bombas volumétricas fornecem uma quantidade determinada de fluido a cada ciclo ou rotação e o movimento do fluido é causado diretamente pela ação do impulsor. O nome de bomba volumétrica é devido ao fato de realizarem movimentos onde ocupam e desocupam

espaços no interior da carcaça da bomba, com volumes conhecidos. Como o movimento desse fluido ocorre na mesma direção das forças transmitidas a ele, esse tipo de bomba recebe, também, o nome de bomba de deslocamento positivo. Podemos classificar as bombas de deslocamento positivo das seguintes formas:

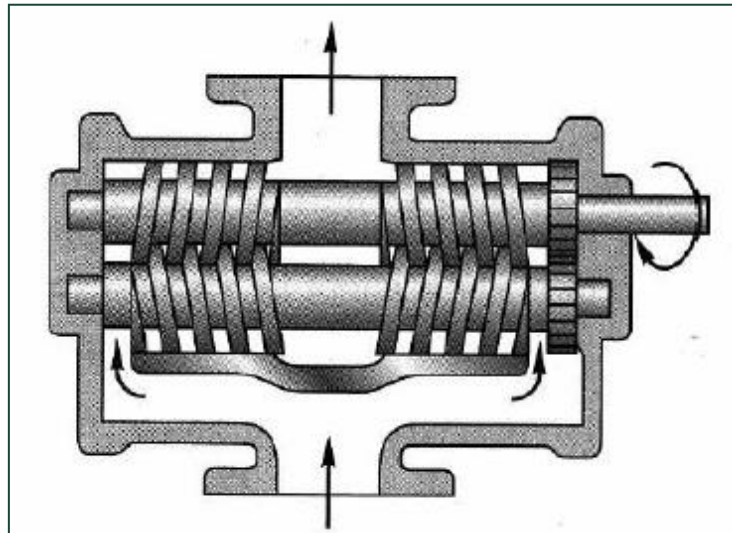
- **Bombas de êmbolo ou alternativas:** O órgão impulsor pode ser um pistão ou um diafragma. No caso das bombas de êmbolo ou pistão, um eixo excêntrico gira e provoca o movimento alternativo do pistão, como podemos ver na figura seguinte.



- **Bombas rotativas:** As bombas rotativas podem ser de parafusos, engrenagens, palhetas ou lóbulos. O funcionamento volumétrico de todas elas consiste no preenchimento dos interstícios (espaços) entre o rotor e a carcaça.



- **Bombas de parafuso:** As bombas de parafusos constam de um, dois ou três parafusos helicoidais que têm movimentos sincronizados através de engrenagens. Esse movimento se realiza em caixa de óleo ou graxa para lubrificação. Por esse motivo, são silenciosas e apresentam baixo nível de pulsação na descarga.



○ **Indicações básicas**

As **bombas centrífugas** fornecem energia potencial (pressão) mais energia cinética (velocidade). Quanto maior for pressão na descarga, menor será sua vazão, e vice-versa. Elas são aplicadas em quase todos os segmentos de mercado, e sua estrutura varia de acordo com os diferentes processos de engenharia ou construção padronizada para aplicações menos severas e/ou que demandem fluxo contínuo, i.e., sem pulsações.

As **bombas volumétricas** se notabilizam por **fornecer carga de pressão extremamente elevada** e operam com **valores de vazão relativamente baixos**. A presença de ar no interior não prejudica seu desempenho, e sua vazão é praticamente invariável, independentemente da pressão de descarga. Elas são aplicadas principalmente em sistemas que demandam elevadas pressões de descarga, como no bombeamento de fluidos **muito viscosos**, como xarope, mel, óleos pesados, concreto ou em sistemas de limpeza por jato de água e elevatórias.

4. Queira o Sr. Perito prestar esclarecimentos sobre as missões realizadas pelas embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL, durante o período em que elas operaram com BOMBAS CENTRÍFUGAS, e em quais dessas missões foi necessária a transferência de óleo diesel das embarcações para unidades *offshore*.

Resposta: De acordo com os documentos de Controle Mensal de Movimentação de Óleo Diesel e Comprovantes de Fornecimento a Navio - CFN, fornecidos pela empresa OCEANPACT (Anexo 1), as embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL realizaram, somando as duas

embarcações, um total de 31 missões das quais apenas uma, em 15/07/2016, não envolveu a transferência de óleo diesel das embarcações para unidades *offshore*, no período em que elas operaram com BOMBAS CENTRÍFUGAS. Abaixo, seguem as datas das operações e as respectivas unidades abastecidas de acordo com as informações presentes nos documentos fornecidos:

▪ **SEABULK ANGRA**

20/06/2016 - FPSO VIOLA P47	23/06/2016 - TRANSOCEAN SS50
20/06/2016 - PETROBRAS 35	13/07/2016 - P-32
21/06/2016 - QUEIROZ GALVÃO SS79	

▪ **SEABULK BRASIL**

29/05/2016 - SS-85	23/06/2016 - P-53
30/05/2016 - SS-88	26/06/2016 - SS 73
30/05/2016 - P-63	27/06/2016 - NS 15
07/06/2016 - P-9	28/06/2016 - SS 79
07/06/2016 - P 32	29/06/2016 - SS 85
08/06/2016 - PCH-1	01/07/2016 - P- 33
14/06/2016 - P-17	01/07/2016 - UMPI
15/06/2016 - P-37	03/07/2016 - P 52
15/06/2016 - P-32	04/07/2016 - P 18
15/06/2016 - P-47	06/07/2016 - P 19
21/06/2016 - P-33	07/07/2016 - P 19
21/06/2016 - P-20	09/07/2016 - P 33
21/06/2016 - P-53	15/07/2016 - PORTO DE MACAÉ

5. Queira o Sr. Perito prestar esclarecimentos sobre a presença de observações, comentários e/ou avaliações por parte da PETROBRAS, referentes ao desempenho das embarcações durante as atividades de transferência de óleo diesel nas missões indicadas anteriormente. Em caso afirmativo, queira o Sr. Peito informar quais foram essas observações, comentários e/ou observações.

Resposta: De acordo com os documentos de Controle Mensal de Movimentação de Óleo Diesel, fornecidos pela empresa OCEANPACT (Anexo 1), não há presença de observações, comentários ou avaliações por parte da PETROBRAS quanto ao desempenho das embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL no período em que elas operaram com BOMBAS CENTRÍFUGAS.

6. Idem aos itens 4 e 5, após a instalação das BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO.

Resposta:

6.1. De acordo com os documentos de Controle Mensal de Movimentação de Óleo Diesel e Comprovantes de Fornecimento a Navio - CFN, fornecidos pela empresa OCEANPACT (Anexo 2), as embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL realizaram, somando as duas embarcações,

um total de 78 missões, das quais apenas 05, em 12/08/2016, 20/10/2016, 20/11/2016, 04/11/2016 e 14/11/2016, não envolveram transferência de óleo diesel das embarcações para unidades *offshore*, no período em que as companhias operaram com BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO. Abaixo, seguem as datas das operações e as respectivas unidades abastecidas, de acordo com as informações presentes nos documentos fornecidos:

▪ **SEABULK ANGRA:**

21/07/2016 - SS-75	27/08/2016 - P-35	20/10/2016 - P. IMBETIBA
23/07/2016 - SS-81	01/09/2016 - P-20	05/11/2016 - P-09
24/07/2016 - SS-75	09/09/2016 - F. SAGA	06/11/2016 - P-37
25/07/2016 - P-57	10/09/2016 - SS-58	07/11/2016 - P-37
04/08/2016 - P-12	11/09/2016 - P-58	08/11/2016 - SS-86
05/08/2016 - SS-45	17/09/2016 - P-33	09/11/2016 - SS-86
12/08/2016 - P. IMBETIBA	24/09/2016 - UMPI	11/11/2016 - SS-88
19/08/2016 - P-12	26/09/2016 - NS-44	13/11/2016 - P-32
23/08/2016 - S. VITÓRIA	27/09/2016 - P-48	20/11/2016 - P. IMBETIBA
24/08/2016 - P-57	08/10/2016 - SS-39 A.	23/11/2016 - P-57

▪ **SEABULK BRASIL**

31/07/2016 - UMCP	16/09/2016 - SS-57	25/10/2016 - SS-70
01/08/2016 - FPRO	16/09/2016 - SS-81	26/10/2016 - P-08
02/08/2016 - P-65	18/09/2016 - SS-81	01/11/2016 - P-20
14/08/2016 - P-53	19/09/2016 - P-40	02/11/2016 - P-20
15/08/2016 - SS-81	20/09/2016 - GEOM	04/11/2016 - P. MACAÉ
16/08/2016 - SS-81	26/09/2016 - SS-81	06/11/2016 - PCE-1
17/08/2016 - P-20	26/09/2016 - FPNT	11/11/2016 - P-61
24/08/2016 - P-63	28/09/2016 - P-37	12/11/2016 - SS-70
25/08/2016 - P-33	29/09/2016 - P-43	14/11/2016 - P. MACAÉ
25/08/2016 - UMQS	30/09/2016 - P-08	20/11/2016 - P-25
26/08/2016 - P-20	30/09/2016 - SS-81	21/11/2016 - UMPA
04/09/2016 - P-58	11/10/2016 - P-37	22/11/2016 - P-31
05/09/2016 - C. ANCHIETA	12/10/2016 - P-08	23/11/2016 - P-62
06/09/2016 - C. ANCHIETA	19/10/2016 - SS-56	23/11/2016 - P-44
07/09/2016 - P-59	22/10/2016 - P-62	
11/09/2016 - P-20	24/10/2016 - P-07	
12/09/2016 - P-16	25/10/2016 - P-15	

6.2. De acordo com os documentos de Controle Mensal de Movimentação de Óleo Diesel, fornecidos pela empresa OCEANPACT (Anexo 2), não há a presença de observações, comentários ou avaliações por parte da PETROBRAS quanto ao desempenho das embarcações SEABULK

ANGRA e SEABULK BRASIL no período em que elas operaram com BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO.

7. Queira o Sr. Perito prestar esclarecimentos: (i) quanto ao comportamento de uma BOMBA DE DESLOCAMENTO POSITIVO e de uma BOMBA CENTRÍFUGA, em situações críticas de falha do sistema de controle operacional; e (ii) quanto ao risco potencial das mencionadas bombas superarem as pressões de trabalho do mangote e, portanto, provocarem vazamentos de óleo diesel.

Resposta: É necessário esclarecer o que seriam “situações críticas de falha do sistema de controle operacional”. Ambos os tipos de bombas possuem seus modos intrínsecos de autoproteção, em caso de falhas nas instalações do sistema de bombeamento e suas seguranças próprias. Essas autoproteções visam, principalmente, a prevenir avarias ocasionadas por bloqueio das descargas com os equipamentos em operação, a saber:

- **Bombas Centrífugas (BC):** por suas próprias características construtivas, a constrição abrupta da descarga e mesmo o seu bloqueio total, provocariam uma recirculação interna automática do fluido, em vista do seu princípio de construção, baseado na força centrífuga, cuja geração de energia cinética diminui à medida em que encontra maior resistência oferecida pelo aumento da energia potencial de pressão, reduzindo a vazão de forma proporcional ao aumento da pressão de descarga. Some-se a isso as folgas consideráveis entre as partes internas, quais sejam rotor e carcaça. Obviamente, cada equipamento tem sua pressão de recirculação, definida conforme seu projeto.
- **Bombas de Deslocamento Positivo (BDP):** nesse caso, o aumento súbito da pressão de descarga não é compensado automaticamente pelo equipamento, em razão do seu princípio de projeto, que prevê a transformação direta da energia mecânica em potencial (pressão) e das folgas mínimas entre os componentes internos, necessárias ao eficiente desempenho da bomba, que utiliza o princípio de transferência volumétrica, i.e., o fluxo de descarga é formado pelo deslocamento integral de volumes de fluido admitidos no interior do equipamento, a cada ciclo de bombeamento. Para proteção intrínseca, alguns modelos possuem um sistema de recirculação interno, ativado pelo acionamento de válvulas de segurança. Outros, utilizam modos de recirculação externa, que retornam o fluido descarregado para a aspiração da bomba. Essas proteções, entretanto, não existem em todos os modelos de BDP e suas pressões de segurança são estabelecidas conforme os projetos específicos.

Num caso hipotético de bloqueio na descarga e de falha em todos os estágios de segurança, e dependendo da pressão suportada pelo mangote de transferência, evidentemente que o risco maior de vazamento ocorre em instalações que utilizam as bombas de deslocamento positivo, considerando os princípios de projeto dos tipos de bomba em questão, descritos anteriormente.

4. QUESITOS SUPLEMENTARES DA REQUERENTE - OCEANPACT

2.1. Queira o Sr. Perito confirmar que as embarcações SEABULK ANGRA e SEABULK BRASIL realizaram diversas missões de transferência de óleo diesel para unidades *offshore*, a serviço da PETROBRAS durante o período em que elas operaram com bombas centrífugas.

Vide resposta 5 dos quesitos iniciais do requerente.

2.2. Conforme a documentação Controle Mensal de Movimentação de Óleo Diesel e Comprovantes de Fornecimento a Navio - CFN das do período de maio a novembro de 2016 em anexo, entende-se que as embarcações desempenharam suas missões satisfatoriamente antes e depois da troca das bombas de transferência, e que não foram registradas observações, comentários ou avaliações por parte da PETROBRAS quanto ao desempenho insuficiente nas missões registradas nos documentos referenciados anteriormente. Queira o Sr. Perito confirmar esse entendimento.

Vide respostas 5 e 6.2 dos quesitos iniciais do requerente.

2.3. Considerando o Laudo Técnico TOS 181001, de 05/11/2018, emitido pelo engenheiro João Alberto Pereira Gomes em anexo, queira o Sr. Perito confirmar se, conforme a conclusão do referido Laudo Técnico, a utilização de bombas de deslocamento positivo para bombeamento de óleo diesel das embarcações para unidades *offshore* acarretaria maior possibilidade de rompimento dos mangotes de transferência e consequente risco de dano ambiental.

Vide resposta 7 do quesito inicial do requerente.

5. QUESITOS DOS REQUERIDOS - PETROBRAS E PB-LOG

1. Queira o Sr. Perito informar qual era o tipo de bomba exigido nos contratos firmados entre as partes, referentes aos afretamentos das embarcações SEABULK BRASIL (Contrato nº 2050.0099541.15.2) e SEABULK ANGRA (Contrato nº 2050.0099542.15.2), com especial atenção a seus respectivos anexos técnicos (ANEXO III - REQUISITOS TÉCNICOS DA EMBARCAÇÃO – ADENDO B)?

Resposta: De acordo com os documentos fornecidos pela PETROBRAS, o tipo de bomba exigido nos contratos firmados entre as partes, referentes aos afretamentos das embarcações SEABULK BRASIL (Contrato nº 2050.0099541.15.2) e SEABULK ANGRA (Contrato nº 2050.0099542.15.2), eram, de acordo com o Anexo III (adendo B), página 132, de deslocamento positivo e de rotação variável, com vazões de 120 m³/h a uma altura manométrica de 60 m e vazões de 150 m³/h a uma altura manométrica de 15 m, conforme mencionado no subitem 3.1 (página 129).

2. Queira o Sr. Perito explicar o que seriam uma "bomba de deslocamento positivo" e uma "bomba centrífuga", bem como as respectivas diferenças relacionadas aos seus modos de operação.

Resposta:

▪ **BOMBAS VOLUMÉTRICAS OU DE DESLOCAMENTO POSITIVO**

Têm como característica a transferência direta da energia mecânica cedida pela fonte motora ao fluido bombeado, transformando-se diretamente em energia potencial (de pressão). As bombas volumétricas fornecem uma quantidade determinada de fluido a cada ciclo ou rotação e o movimento do fluido é causado diretamente pela ação do impulsor. O nome de bomba volumétrica é devido ao fato de realizarem movimentos onde ocupam e desocupam espaços no interior da carcaça da bomba, com volumes conhecidos. Como o movimento desse fluido ocorre na mesma direção das forças a ele transmitidas, recebem, também, o nome de bombas de deslocamento positivo. Podemos classificá-las da seguinte forma:

- **Bombas de êmbolo ou alternativas:** O órgão impulsor pode ser um pistão ou um diafragma. No caso das bombas de êmbolo ou pistão, um eixo excêntrico gira e provoca o movimento alternativo do pistão.
- **Bombas rotativas:** As bombas rotativas podem ser de parafusos, engrenagens, palhetas ou lóbulos. O funcionamento volumétrico dessas bombas consiste no preenchimento dos interstícios (espaços) entre o rotor e a carcaça. As bombas de parafusos constam de um, dois ou três parafusos helicoidais que têm movimentos sincronizados através de engrenagens. Esse movimento se realiza em caixa de óleo ou graxa para lubrificação. Por esse motivo, são silenciosas e apresentam baixo nível de pulsação na descarga.

▪ **BOMBAS CENTRÍFUGAS**

A energia mecânica fornecida ao fluido pela fonte motora transforma-se, inicialmente, em energia do tipo cinética, que é convertida em energia potencial (de pressão). Essa energia cinética pode ter origem puramente centrífuga ou de arrasto, ou até mesmo uma combinação desses dois tipos.

A movimentação do fluido ocorre pela ação de forças que se desenvolvem na massa fluídica, em consequência do movimento rotacional de um eixo no qual é acoplado um rotor (impulsor, impelidor). O rotor, em geral, recebe o fluido pelo centro e o expulsa para a periferia - com o auxílio de pás (palhetas, hélices) de direcionamento.

Podemos classificá-las de três formas: de acordo com a trajetória do fluido no rotor; de acordo com o número de rotores; e de acordo com o número de entradas para aspiração.

- **Bombas centrífugas puras ou radiais:** A movimentação do fluido ocorre do centro para a periferia do rotor, com sentido perpendicular (normal) ao eixo de rotação. Ao iniciar

o processo de rotação, o rotor cede energia cinética à massa fluídica, deslocando-a para a periferia do rotor pela força centrífuga.

- **Bombas centrífugas de fluxo misto:** A movimentação do fluido ocorre na direção inclinada ao eixo de rotação
- **Bombas centrífugas de fluxo axial:** A movimentação do fluido é paralela ao eixo de rotação, onde a energia cinética é transmitida ao fluido por forças de arrasto.

▪ **CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS**

As **bombas centrífugas** fornecem energia potencial (pressão) mais energia cinética (velocidade). Quanto maior for pressão na descarga, menor será sua vazão, e vice-versa. Elas são aplicadas em quase todos os segmentos de mercado, e sua estrutura varia de acordo com os diferentes processos de engenharia ou construção padronizada para aplicações menos severas e/ou que demandem fluxo contínuo, i.e., sem pulsações.

As **bombas volumétricas** se notabilizam por **fornecer carga de pressão extremamente elevada** e operam com **valores de vazão relativamente baixos**. A presença de ar no interior não prejudica seu desempenho, e sua vazão é praticamente invariável, independentemente da pressão de descarga. Elas são aplicadas principalmente em sistemas que demandam elevadas pressões de descarga, como no bombeamento de fluidos **muito viscosos**, como xarope, mel, óleos pesados, concreto ou em sistemas de limpeza por jato de água e elevatórias.

Apesar das diferenças construtivas e de desempenho, as bombas centrífugas e as bombas volumétricas podem ser utilizadas indiferentemente em determinadas aplicações, como o bombeamento de líquidos de baixa viscosidade. Nesses casos, seriam considerados apenas fatores de outras origens, como conveniência de posicionamento, facilidades de controle de fluxo - regulagem da descarga, no caso das bombas centrífugas e controle de velocidade do dispositivo motor, nas bombas volumétricas -, vantagens comerciais etc.

3. Queira o Sr. Perito informar, com base nos preços de mercado, a diferença do custo de aquisição e manutenção de cada tipo de bomba, para o atendimento de um mesmo nível de serviço.

Resposta: Para uma definição técnica realista de valores de compra e de manutenção dos tipos de bomba em tela, mesmo que para um mesmo tipo de trabalho, seria necessário um estudo aprofundado do projeto. Deveriam ser consideradas variáveis como: fluidos a serem operados, especificação dos tipos de operação a serem efetuados, local de instalação, controles de fluxo, controles de segurança a serem instalados, fonte geradora de energia motriz, projeto de tubulações e respectivas perdas de carga etc. Sem esses tipos de informação, qualquer estimativa de custos seria, no mínimo, passível de contestação.

4. Queira o Sr. Perito, considerando a operação média de uma embarcação do tipo PSV (*Plataform Supply Vessel*) para o bombeamento e transferência de óleo diesel a uma unidade marítima, explicar quais os eventuais impactos advindos da escolha de um determinado tipo bomba, em detrimento de outra (bomba de deslocamento positivo x bomba centrífuga)?

Resposta: Considerando uma operação típica de transferência de óleo diesel marítimo de um PSV para uma unidade marítima, e desconsiderando-se características específicas operacionais, que poderiam vir a tornar preferível a utilização de um ou de outro tipo de bomba, qualquer dos dois tipos é aplicável.

No caso do uso de bomba centrífuga (BC), pode-se contar com as seguintes vantagens principais:

- O fluido é descarregado a uma pressão uniforme, sem pulsações;
- A linha de descarga pode ser estrangulada (parcialmente fechada) ou completamente fechada sem danificar a bomba e/ou as instalações de transferência, com baixo risco de vazamentos do fluido operado;
- Operação razoavelmente silenciosa; e
- Os sistemas de segurança operacional podem ser simplificados.

Por outro lado, esse tipo de equipamento possui as seguintes desvantagens operacionais:

- Fluxo variável em função da pressão de descarga; e
- Perda de vazão, no caso de entrada de ar na bomba, que deve ser contornada por meio de escorva manual ou automática, no caso das bombas autoescorvantes.

A utilização da bomba de deslocamento positivo (BDP) apresenta os seguintes pontos positivos:

- Fluxo praticamente constante, independentemente das variações de pressão na descarga;
- A descarga do fluido pode ocorrer sem pulsações, dependendo do tipo de BDP utilizado. Essas pulsações podem acontecer se o equipamento for do tipo alternativo (pistões);
- Não há entrada de ar na bomba, em razão do seu projeto construtivo; e
- O controle de fluxo pode ser feito diretamente no sistema motriz da bomba, de forma eletro/eletrônica.

As desvantagens seriam:

- Bloqueio na descarga pode danificar a bomba e/ou as instalações de transferência, com risco de vazamento do fluido operado;
- Necessidade de sistema de segurança operacional sofisticado, incluindo controles de *shut off* e válvulas de *by-pass*, que devolvam o fluido bombeado para a sucção ou para tanques; e
- Ruído operacional na maior parte dos tipos de BDP.

5. Queira o Sr. Perito, considerando a hipótese anterior, esclarecer como poderia ser realizado o bombeamento e transferência de diesel, caso uma bomba centrífuga não fosse capaz de atender a operação de forma plena (diferentes alturas manométricas)?

Resposta: Pelo que foi aventado naquela hipótese, só seriam possíveis dois modelos de instalação: utilização de bomba centrífuga ou utilização de bomba de deslocamento positivo. Se eliminada uma das possibilidades, no caso o uso de bomba centrífuga, restaria o emprego de bomba de deslocamento positivo.

6. CONCLUSÃO

O escopo da perícia consistiu em responder aos quesitos apresentados pelas partes com a finalidade de sanear o ponto controverso apresentado pelo juízo. Apresentamos a seguir um resumo das principais conclusões dessa perícia técnica:

▪ **Com relação aos contratos de afretamento das embarcações:**

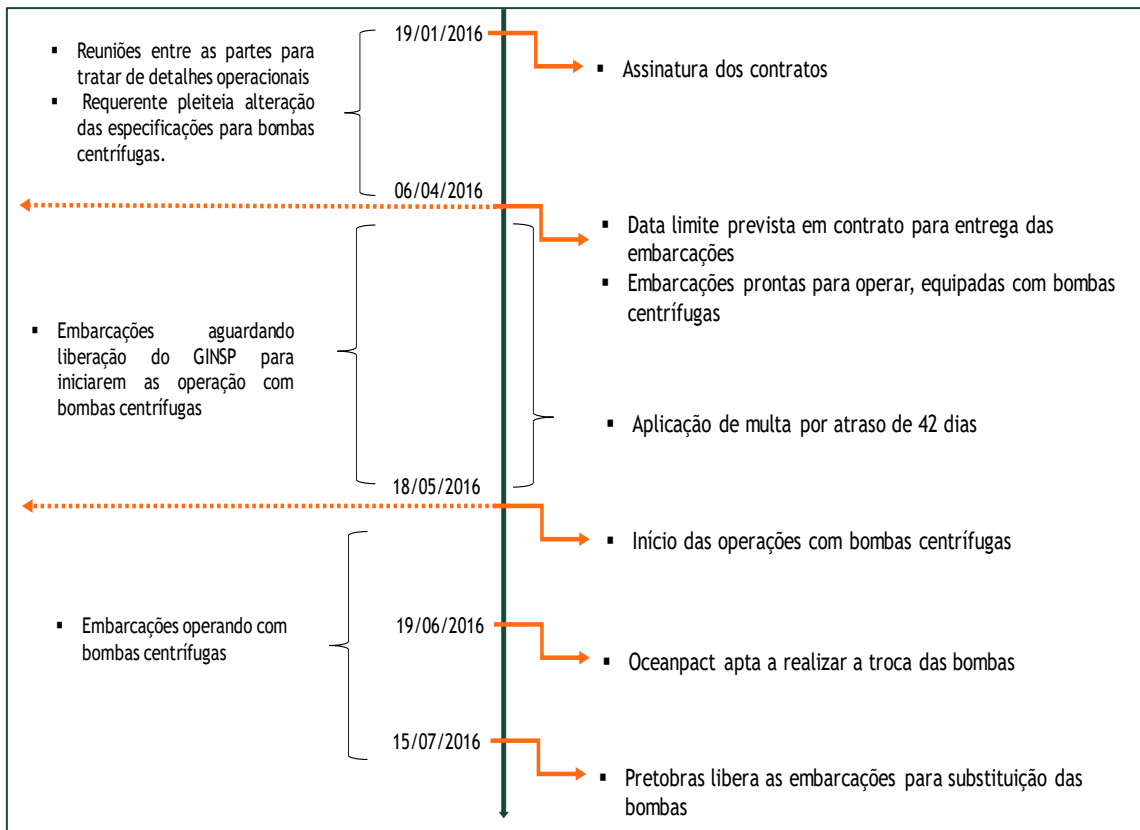
Conforme respondido no quesito “a” da REQUERIDA, os contratos de afretamento das embarcações previam as bombas de deslocamento positivo

▪ **Com relação ao posicionamento da Requerida sobre a alteração das especificações técnicas previstas em contrato:**

Conforme documentos às folhas 652 e 653 dos autos, a REQUERIDA foi informada sobre as alterações técnicas efetuadas pela REQUERENTE ao longo da negociação da configuração das embarcações, e em nenhum momento houve acordo sobre tais alterações. Corroborando tal fato, a REQUERIDA aceitou o recebimento das embarcações, incluindo a ressalva técnica de que as bombas centrífugas deveriam ser substituídas pela REQUERENTE, de acordo com a especificação técnica prevista nos contratos, até 30/06/2016. Vale ressaltar que a requerida só liberou as embarcações para a referida troca na data de 15/07/2016 (vide folha 653 dos autos).

▪ **Com relação a performance operacional resultante das especificações técnicas distintas:**

Conforme quesitos 4, 5 e 6 enviados pela OCEANPACT, as alterações técnicas objeto da lide (substituição da bomba de deslocamento positivo pela bomba centrífuga) não afetaram o desempenho operacional das embarcações entre sua data de entrega à REQUERIDA até a data de substituição das bombas pela REQUERENTE.



7. ENCERRAMENTO

E, nada mais havendo, encerramos o presente Laudo Pericial com 18 (dezoito) páginas e 02 (dois) anexos, em formato eletrônico.

É o que nos cumpre relatar.

Rio de Janeiro, 22 de outubro de 2019.

LUIZ PAULO CESAR SILVEIRA
Engenheiro Mecânico

PHILIPPE UÉBE
Engenheiro Naval

ALEXANDRE CECCHETTI MOREIRA
Engenheiro de Produção

8. RELAÇÃO DE ANEXOS

1. CONTROLE MENSAL DE MOVIMENTAÇÃO DE ÓLEO DIESEL E COMPROVANTES DE FORNECIMENTO A NAVIO - CFN (COM BOMBA CENTRÍFUGA)
2. CONTROLE MENSAL DE MOVIMENTAÇÃO DE ÓLEO DIESEL E COMPROVANTES DE FORNECIMENTO A NAVIO - CFN (COM BOMBA DE DESLOCAMENTO POSITIVO)