

UNIDADE DE POTÊNCIA HIDRÁULICA

Guilherme da Silva Niedu
SRGE/ESUP/EEI/EIAC

Março de 2026

TÓPICOS

- **CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO**
- CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO
 - HPU para Equipamentos Submarinos
 - HPU para Válvulas de Topsides

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- HPU modularizada
- 3 skids
 - Tanques e bomba de recirculação
 - Bombas de suprimento, reguladoras e painel de controle
 - Banco de acumuladores

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Tanques
 - Aço inox 316L
 - Devem permitir a drenagem de todo o conteúdo, incluindo o volume morto
 - Devem possuir bocais de visita
 - Devem possuir respiros na parte superior
 - Para evitar overfill
 - Devem possuir drenos na parte inferior
 - Devem possuir transmissor de nível para intertravar em caso e nível alto ou baixo, e visor de nível

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO

- Filtros
 - Tipo Y com tela metálica
 - Com válvulas de bloqueio e dreno
- No entorno dos tanques
 - 125 μm ($\beta = 200$) para o abastecimento de fluido hidráulico
 - 3 μm para a recirculação e enquadramento da classe de limpeza
 - Boa prática: colocar um de 10 μm ($\beta=1000$) a montante do filtro de 3 μm ($\beta =200$)
- A montante das bombas de suprimento
 - 125 μm ($\beta = 200$) , em configuração 2x100%
- A jusante das bombas de suprimento
 - 3 μm ($\beta = 200$) , em configuração 2x100%

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- No entorno dos tanques para permitir recirculação entre os tanques de suprimento e retorno para enquadramento da classe de limpeza do fluido
- A jusante das bombas deve ter transmissor de pressão diferencial com alarme associado
 - Perda de performance pode provocar danos aos atuadores
- Devem possuir manômetro diferencial
- Devem ser redundantes, a exceção dos filtros de recirculação

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Qualidade do fluido e classe de limpeza
- Deve-se coletar amostras regularmente para aferição da classe de limpeza (17/15/12 conforme a ISO 4406)
- Submeter a um contador de partículas

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Bombas
 - HPU de Válvulas Topsides → aprox. 345 bar
 - HPU de Equipamentos Submarinos → aprox. 850 bar para HP e aprox. 510 bar para LP
 - Valor pode variar conforme a pressão do acumulador
 - Quanto maior a pressão, menor o acumulador, porém mais exige da bomba; quanto menor a pressão, maior o acumulador → Trade-off
 - Pistões axiais
 - Pistões revestidos com cerâmica, partes molhadas em inox 316

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Bombas
 - Instalação horizontal
 - Responsáveis por pressurizar e compensar as perdas em linhas, válvulas e filtros
 - Contador de tempo em serviço para indicar o momento de troca para a bomba reserva

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Acumuladores
 - Tipo bexiga
 - Feitos em aço inox
 - Montados em skid próprio
 - Devem conter manômetro
 - Gás
 - Líquido
 - Devem ter PSV associada

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Válvulas reguladoras de pressão
- Para HPUs de Equipamentos Submarinos
 - Um par de válvulas (2 x 100%) para cada 4 saídas LP
 - Um par de válvulas (2 x 100%) para cada 4 saídas HP
- Para HPUs de Válvulas de Topsides
 - Um par de válvulas (2 x 100%) para a saída

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Válvulas reguladoras de pressão
 - Corpo em aço inox 316
 - Vent próprio, alinhado para o retorno
 - Variação máxima de 5% da pressão ajustada
 - Devem levar em conta os efeitos “droop”, “lock-up” e “supply pressure”, mencionados, de forma a minimizá-los
 - Mais significativos para a HPU de Válvulas Topsides
 - Devem permitir o comando da maior válvula (para topsides)

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Linhas de distribuição
- Áreas não sujeitas a “splash” de água do mar
 - Aço inox para pressões abaixo de 330 bar, super duplex para pressões acima
- Áreas sujeitas a “splash” de água do mar
 - Aço 6 Mo ou Super Duplex

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Selagem das roscas NPT com produtos químicos
 - Filtas Teflon não devem ser usadas

- Devem ser suportadas a cada 1m

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Racks de solenoide
- Aplicáveis para
 - HPU de Válvulas de Topsides
 - Um por módulo ou conjunto de módulos
 - Em unidades antigas, ainda existe o “solenoid control box”
 - HPU de Equipamentos Submarinos
 - Árvore de Natal Molhada Hidráulica Direta (ANM HD)
 - SDV submarina (SESDV)

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Devem conter
 - Um Transmissor de Pressão para cada header de suprimento
 - Um Transmissor de Pressão para cada header de retorno
 - Um manômetro por saída
 - Status de válvula aberta/fechada por saída
 - Inferida pela pressão

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Fabricados em aço inox 316L
- 2 portas dianteiras e 2 traseiras
 - Com visor transparente para visualização externa

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- DCVs
 - Comandadas por solenoide
 - Tensão de atuação 24 Vdc +- 10%
 - Consumo de potência máximo: 3.5W
 - Pressão de trabalho 3000 psi – 10000 psi
 - Pressão de shut-off 800 psi
 - Abaixo dessa pressão, a DCV alinha para retorno
 - Corpo em inox 316L
 - IP-56
 - Adequada para, no mínimo, Zona 2, Grupo IIA, Classe T3
 - Ex-db IIA T3

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- Painel de controle
 - Abriga o PLC
 - Cartões de Entrada/Saída, CPU, Fonte
 - IP-56, conforme a IEC 60529
 - Ex-pz, conforme a IEC-60079
 - Pressurizado, mantém o interior como área não classificada
 - Requer transmissor ou indicador de pressão para indicar a pressão positiva
 - Mínimo de 25 Pa
 - Localizado próximo à HPU, no skid das bombas

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO

- PSV
 - Aliviam a pressão para proteger circuitos de jusante
 - A jusante de cada bomba
 - Para proteção das linhas e das bombas
 - Em cada conjunto de acumuladores
 - Para proteção dos mesmos
 - A jusante das reguladoras
 - Para proteção dos atuadores das válvulas

CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO



- PSV
 - Calculadas conforme API 520
 - Orifício pode ser conforme API 526, mas não necessariamente flangeadas
 - Alinhadas para retorno
 - Corpo em inox 316L

TÓPICOS

- CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO
- **CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**
 - **HPU para Equipamentos Submarinos**
 - HPU para Válvulas de Topsides

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- HPU de Equipamentos Submarinos
 - Critérios de Diretriz
- Primeiramente, calcula-se o volume de líquido dos acumuladores
- Considera-se o total de válvulas de baixa pressão (tipicamente 6 por ANM, mais as SESDVs) := T_{VLP}
- Considera-se o total de válvulas de alta pressão (tipicamente uma por ANM) := T_{VHP}

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO



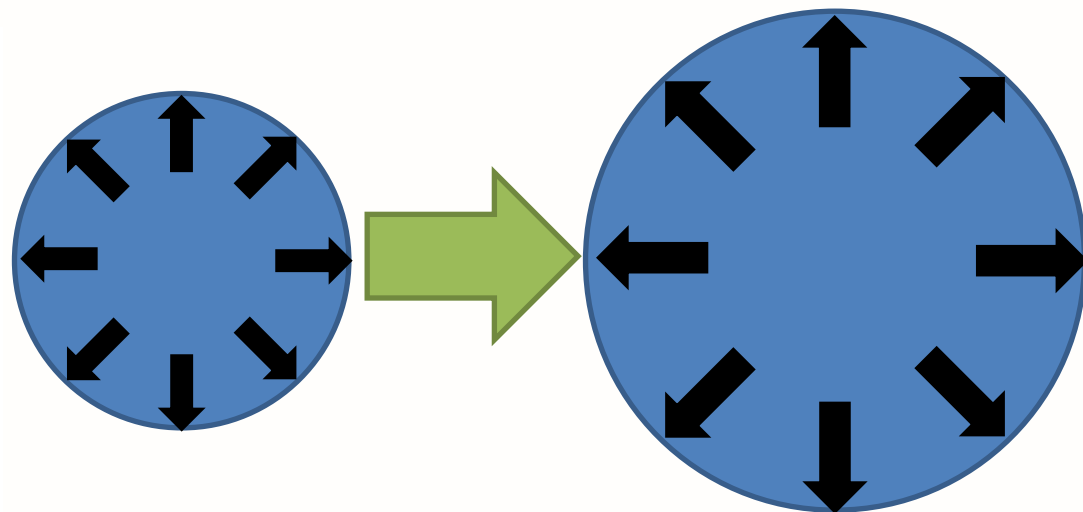
- Cada conjunto de acumuladores (LP e HP) deve ser capaz de manter um vazamento de 20 mL/h durante 12h em cada linha de transmissão hidráulica para cada válvula, com folga de 20%.
- Se o valor for menor que:
 - 40L, para os acumuladores HP, usar 40L
 - 160L, para os acumuladores LP, usar 160L

$$V_{ALP} = \text{MAIOR}(160, T_{VLP} \times 0.02 \frac{L}{h} \times 12h \times 1,2)$$

$$V_{AHP} = \text{MAIOR}(40, T_{VHP} \times 0.02 \frac{L}{h} \times 12h \times 1,2)$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Cada umbilical sofre deformação quando pressurizado, o que causa a sua expansão



CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Aumento de volume em função do comprimento do umbilical
- Umbilicais de aço sofrem bem menos expansão, porém são mais caros

Table 3 – Thermoplastic hose expansion per meter for 3/8" diameter

Pressure (psi/kPa)	Expansion (cm ³ / m)
3000 / 20684	5.67
5000 / 34474	7.56
7500 / 51711	9.66
10000 / 68948	11.76

Table 4 – Thermoplastic hose expansion per meter for 1/2" diameter

Pressure (psi/kPa)	Expansion (cm ³ / m)
3000 / 20684	10.03
5000 / 34474	13.45
7500 / 51711	17.16
10000 / 68948	20.90

Table 5 – Steel tube umbilical expansion per meter for both 3/8" and 1/2" diameter

Pressure (psi/kPa)	Expansion (cm ³ / m)
3000 / 20684	0.164
5000 / 34474	0.274
7500 / 51711	0.411
10000 / 68948	0.453

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO



- Para cada cabeça de poço (ANM) Multiplexada, deve-se considerar:
 - Expansão de 1 mangueira de ½” a 10000 psi := V_{HP}
 - Expansão de 1 mangueira de ½” a 5000 psi := V_{LP}
- Para cada cabeça de poço (ANM) Hidráulica Direta, deve-se considerar:
 - Expansão de 2 mangueiras de 3/8” a 10000 psi := V_{HDHP}
 - Expansão de 4 mangueiras de 3/8” a 5000 psi := V_{HDLP}
- Para cada SESDV, considerar:
 - Expansão de 4 mangueiras de 3/8” a 5000 psi := V_{HDLP}

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Assim sendo, o volume total de expansão (V_R) é dado por:

$$V_R = \sum_{i=1}^N ANM_MUX_i \times D_i \times (V_{HP} + V_{LP}) + \sum_{i=1}^M ANM_HD_i \times D_i \times (V_{HDHP} + V_{HDLP}) + \sum_{i=1}^P SESDV_i \times D_i \times V_{HDLP}$$

- Onde:
 - N é o total de ANMs Multiplexadas
 - M é o total de ANMs Hidráulicas Diretas
 - P é o total de SESDVs
 - D_i é a distância da Unidade até o respectivo equipamento submarino

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Para o cálculo do tanques de suprimento, considera-se que o mesmo deve ser capaz de conter:
 - Todo o volume de expansão calculado anteriormente (V_R)
 - O volume dos atuadores de todas as ANMs/SESDVs (dado pelo fabricante das mesmas) := V_{AT}
 - O volume dos acumuladores (V_{ALP} e V_{AHP})
- A esse valor:
 - Acrescenta-se 50%, se o valor original for menor que 2000L
 - Acrescenta-se 750L, se o valor original for maior ou igual a 2000L

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Portanto o volume do tanque de suprimento (V_{TQS}) é dado por:

$$V_{TOT} = V_R + V_{AT} + V_{ALP} + V_{AHP}$$

$$V_{TQS} = \begin{cases} V_{TOT} \times 1,5, & \text{se } V_{TOT} < 2000L \\ V_{TOT} + 750L & \text{se } V_{TOT} \geq 2000L \end{cases}$$

- O volume do tanque de retorno (V_{TQR}) deve ser maior ou igual ao de suprimento

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Para as bombas LP, deve-se considerar que as mesmas são capazes de pressurizar:
 - 1 mangueira de ½” a 5000 psi para cada ANM MUX
 - 4 mangueiras de 3/8” a 5000 psi para cada ANM HD
 - Em 120 minutos
- Portanto, a vazão das bombas LP (Q_{LP}) é dada por:

$$Q_{LP} = \frac{\sum_{i=1}^N ANM_MUX_i \times D_i \times V_{LP} + \sum_{i=1}^M ANM_HD_i \times D_i \times V_{HDLP}}{120 \text{ min}}$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Para as bombas LP elétricas (4x50%), deve-se considerar que cada uma é capaz de fornecer metade da vazão do conjunto, ou seja:

$$Q_{LP_ELETRICA} = \frac{Q_{LP}}{2}$$

- Para as bombas LP pneumáticas (2x100%), deve-se considerar que cada uma é capaz de fornecer 10% da vazão do conjunto, ou seja:

$$Q_{LP_PNEUMATICA} = \frac{Q_{LP}}{10}$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Para as bombas HP, deve-se considerar que as mesmas são capazes de pressurizar:
 - 1 mangueira de ½” a 10000 psi para cada ANM MUX
 - 2 mangueiras de 3/8” a 10000 psi para cada ANM HD
 - Em 120 minutos
- Portanto, a vazão das bombas HP (Q_{HP}) é dada por:

$$Q_{HP} = \frac{\sum_{i=1}^N ANM_MUX_i \times D_i \times V_{HP} + \sum_{i=1}^M ANM_HD_i \times D_i \times V_{HDHP}}{120 \text{ min}}$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Para as bombas HP elétricas (2x100%), deve-se considerar que cada uma é capaz de fornecer toda a vazão do conjunto, ou seja:

$$Q_{HP_ELETRICA} = Q_{HP}$$

- Para as bombas HP pneumáticas (2x100%), deve-se considerar que cada uma é capaz de fornecer 10% da vazão do conjunto, ou seja:

$$Q_{HP_PNEUMATICA} = \frac{Q_{HP}}{10}$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Para cada bomba de recirculação (2x100%), deve-se considerar que a mesma é capaz de encher o tanque de suprimento em 120 minutos, ou seja:

$$Q_{RECIRCULACAO} = \frac{V_{TQS}}{120 \text{ min}}$$

PRINCÍPIOS GERAIS

- Para a pressão de pré-carga dos acumuladores, considere-se:

$$P_1 V_{G1}^k = P_2 V_{G2}^k$$

- Onde:
 - P_1 é a “pressão de pré-carga do gás”, em valores absolutos
 - P_2 é a pressão final após toda a expansão, em valores absolutos, que deve ser igual a pressão regulada mais uma folga (critério de cálculo)
 - V_{G1} é o volume inicial de gás
 - V_{G2} é o volume final de gás após a expansão

TÓPICOS

- CRITÉRIOS GERAIS DE ESPECIFICAÇÃO
- **CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**
 - HPU para Equipamentos Submarinos
 - **HPU para Válvulas de Topsides**

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- HPU de Válvulas de Topside
 - Critérios de Diretriz
- Considera-se o volume total de todos os atuadores das válvulas comandadas pela HPU := V_1

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- O conjunto de acumuladores deve ser capaz de atuar metade das válvulas, portanto seu volume V_{ACUM} é dado por:

$$V_{ACUM} = \frac{V_1}{2}$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- O volume do tanque de suprimento deve o volume total dos atuadores (V_1) e acumuladores (V_{ACUM})
- Além disso, o tanque de suprimento deve ter um volume livre de 10% e um volume morto de 3%.
- Dessa forma, o volume total do tanque de suprimento é dado por:

$$V_{TQS} = \frac{V_{ACUM} + V_1}{0,87}$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- O volume do tanque de retorno deve ser o dobro do valor do tanque de suprimento:

$$V_{TQR} = 2 \times V_{TQS}$$

- A bomba de recirculação deve recircular o volume do tanque de retorno em 150 minutos
 - Se esse valor for menor que 20 L/min, usar 20 L/min

$$Q_{RECIRCULACAO} = MAIOR \left(20; \frac{V_{TQR}}{150} \right)$$

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

- Cada bomba elétrica de suprimento deve ser capaz de encher os acumuladores em 5 minutos

$$Q_{ELETTRICA} = \frac{V_{ACUM}}{5}$$

- Cada bomba pneumática de suprimento deve ter uma vazão de 10% de uma bomba elétrica
 - Se esse valor for menor que 8 L/min, usar 8 L/min

$$Q_{PNEUMATICA} = MAIOR \left(8; \frac{Q_{ELETTRICA}}{10} \right)$$

PRINCÍPIOS GERAIS

- Para a pressão de pré-carga dos acumuladores, considere-se:

$$P_1 V_{G1}^k = P_2 V_{G2}^k$$

- Onde:
 - P_1 é a “pressão de pré-carga do gás”, em valores absolutos
 - P_2 é a pressão final após toda a expansão, em valores absolutos, que deve ser igual a pressão regulada mais uma folga (critério de cálculo)
 - V_{G1} é o volume inicial de gás
 - V_{G2} é o volume final de gás após a expansão

OBRIGADO



DÚVIDAS